



VÝSKUMNÝ ÚSTAV PÔDOZNALECTVA  
A OCHRANY PÔDY, BRATISLAVA



SOCIETAS PEDOLOGICA SLOVACA

# ŠTVRTÉ PÔDOZNALECKÉ DNI NA SLOVENSKU

14. – 16. jún 2005

Čingov

Jaroslava Sobocká (ed.)

Bratislava, 2005





Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy  
Bratislava



SOCIETAS PEDOLOGICA SLOVACA

# **ŠTVRTÉ PÔDOZNALECKÉ DNI V SR**

**Zborník referátov z vedeckej konferencie**

**pôdoznalcov SR**

**Čingov, 14. – 16. 6. 2005**

**Jaroslava Sobocká (ed.)**

**Bratislava, 2005**

## **Štvrté pôdoznalecké dni v SR**

Zborník referátov z vedeckej konferencie pôdoznalcov SR, Čingov, 14. – 16. jún, 2005

Societas pedologica slovac

Výskumný ústav pôdoznalstva a ochrany pôdy, Bratislava

Zodpovedný editor: Jaroslava Sobocká

Recenzenti: Doc. Ing. Juraj Gregor, CSc.  
Prof. Ing. Bohdan Juráni, CSc.  
Doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.  
Doc. Ing. Viliam Pichler, PhD.  
RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.  
Prof. Ing. Bořivoj Šarapatka, PhD.  
Doc. Ing. Anton Zaujec, CSc.

**ISBN: 80-89128-18-1**

**© Výskumný ústav pôdoznalstva a ochrany pôdy, Bratislava, 2005**

## ***Predslov***

V dňoch 14. – 16.6.2005 sa v Čingove (Slovenský raj) konali **Štvrté pôdoznalecké dni v SR**, vedecká konferencia pôdoznalcov Slovenska s medzinárodnou účasťou. Tohtoročné stretnutie pôdoznalcov malo trochu smutný úvod, podčiarknutý úmrtím prezidenta Societas pedologica slovac Ing. Pavla Jambora, CSc. len štyri pred zahájením konferencie. On sám sa vo svojich značných aktivitách angažoval za každoročné stretnutie pôdoznalcov, za presadzovanie záujmov pôdoznalstva a príbuzných disciplín v rámci našej spoločnosti a za zvýšenie povedomia odbornej i laickej verejnosti o pôde, jej funkciách a postavení vo vede i spoločnosti. Jeho pracovné zapálenie i vysoký odborný kredit ostanú príkladom pre všetkých, ktorí ho chcú a budú nasledovať.

Bola to v poradí štvrtá národná konferencia pôdoznalcov, ktorá bola tento krát organizovaná Slovenskou pôdoznaleckou spoločnosťou v úzkej spolupráci s Výskumným ústavom pôdoznalstva a ochrany pôdy v Bratislave a Katedrou prírodného prostredia Lesníckej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene. Konferencia sa konala za účasti 76 účastníkov domácich a 43 zahraničných účastníkov (Česká republika, Poľsko, Maďarsko, Chorvátsko). Bolo prezentovaných 51 plenárnych vystúpení a 26 posterových prezentácií.

Štvrté pôdoznalecké dni v SR boli svojim programovým zameraním venované problémom ochrany pôdy a jej produkcie v zmysle regionálnej politiky Slovenska a v rámci EÚ. Ako hlavné okruhy prezentovaných vedeckých tém boli:

1. Ochrana a využívanie pôdy
2. Poľnohospodárska produkcia vo vzťahu k pôde a regiónom
3. Produkcia lesnej hmoty vo vzťahu k pôde a regiónom

V tomto kontexte boli oslovení viacerí vedeckí pracovníci, aby prezentovali svoje kľúčové referáty. Záujem o túto problematiku bol enormne veľký, o čom svedčí nielen počet účastníkov a prezentovaných príspevkov, ale aj mnoho podnetných vystúpení a diskusií k daným témam.

Jednodňová pôdoznalecká exkurzia bola venovaná niektorým problémom antropogénnych pôd (lokalita Smolnická Huta, pôdy vyvinuté z haldovej výsypky, Prof. Ing. Bohdan Juráni, CSc.) a problémom hodnotenia stavu ekosystémov Vysokých Tatier po kalamite z 19.11.2004 (Infocentrum TANAPu Tatranská Lomnica Vysoké Tatry, Ing. Milan Koreň, CSc.).

Všetky príspevky boli odborne recenzované. Vo väčšine prípadov to boli dobre koncipované a vedecký fundované články s charakterom pôvodnej vedeckej práce. Len niektoré z nich bolo problematické posudzovať, nakoľko výsledky práce boli len čiastočné, alebo mali len charakter vedeckého oznámenia, resp. mali mnoho gramatických, či stylistických chýb (predovšetkým mladších prispievateľov). V tomto ohľade bude asi potrebná intenzívnejšia práca školiťov i nás všetkých, aby sa správne podchytil rast mladých vedeckých pracovníkov.

Využívam príležitosť poďakovať recenzentom, ktorí si dali námahu, príspevky prečítali a vypracovali k nim svoje stanoviská. Sú to Prof. Ing. Bohdan Juráni, CSc., Doc. Ing. Jozef Kobza, CSc., Prof. Ing. Bořivoj Šarapatka, CSc., Doc. Ing. Juraj Gregor, CSc., Doc. Ing. Viliam Pichler, PhD. a Doc. Ing. Anton Zaujec, CSc. Príspevky som posudzovala aj ja a s pomocou asistentky Martinky Morovej, ktorá zabezpečovala celú agendu recenzií a formátovania príspevkov (za čo jej patrí veľká vďaka) mohol zborník vzniknúť.

Záverom si dovoľujem poďakovať organizátorom konferencie menovite Prof. Ing. Jozefovi Vilčekovi, PhD. a Ing. Stanislavovi Tormovi, PhD. a celému organizačnému tímu za perfektné zvládnutie svojich postov, za ako aj Prof. RNDr. Pavlovi Bielekovi, DrSc., riaditeľovi VÚPOP, za pomoc a podporu pri organizácii tejto konferencie.

RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.  
prezident Societas pedologica slovac



## OBSAH

	Predslov . . . . .	1
GABRIELA BARANČÍKOVÁ	Vývoj pôdnej organickej hmoty na vybraných pôdnych typoch trvalých trávnych porastov a orných pôd v priebehu monitoringu . . . . .	7
JURAJ BEBEJ, VILIAM PICHLER, JURAJ GREGOR	Štúdium hydrologických pomerov svahových pôd za pomoci nástrojov sedimentárnej petrológie – pracovná hypotéza . . . . .	14
ZOLTÁN BEDRNA	Rozdiely v štruktúre antropogénnych pôd vidieckych a mestských sídiel . . . . .	21
BLAŽENA BENČAŤOVÁ, JAROSLAV KONTRIŠ, JURAJ GREGOR	Pôdne pomery lužných lesov Pieninského národného parku . . . . .	28
LADISLAV BREZINA	Vplyv zmien množstva vody v pôde na produkčnú schopnosť duba zimného . . . . .	34
EDUARD BUBLINEC, JÁN MACHAVA, JURAJ GREGOR, VILIAM PICHLER, PETER BELINA	Koncentrácia živín v zložkách dendromasy a ich odber ťažbou dreva . . . . .	40
ŠTEFAN BUDAY	Komparácia využitia pôdy a výšky trhových cien pozemkov . . . .	46
RADOSLAV BUJNOVSKÝ	Ochrana pôdy pred degradáciou a jej celospoločenské a globálne aspekty . . . . .	53
JOZEF CAPULIAK, VILIAM PICHLER, JURAJ GREGOR, MAGDALÉNA PICHLEROVÁ, JURAJ BEBEJ	Výpočet desukcie lesného porastu na báze indikátorového experimentu . . . . .	60
JANA DUFKOVÁ, MARTINA VIČANOVÁ, MILADA ŠŤASTNÁ	Determination of climate change influence on wind erosion in chosen areas of southern Moravia . . . . .	65
MICHAL ĎURIŠ, RICHARD MIČUDA, PAVEL DLAPA	Hodnotenie obsahov stopových rizikových prvkov (As, Cr, Ni, Pb) v pôdach Bielych Karpát a časti Myjavskej pahorkatiny . . . .	73
ZDENĚK FILIP, KATERINA DEMNEROVÁ	Legislative and ecological aspects of soil protection in the European Union and in Germany . . . . .	81
MILAN GOMBOŠ, JÚLIUS ŠÚTOR, ANDREJ TALL	Závislosť zásob vody v ťažkých pôdach od fluktuácie jej polohy v podmienkach Východoslovenskej nížiny . . . . .	88
MILAN GOMBOŠ, JÚLIUS ŠÚTOR, ANDREJ TALL	Vplyv pôdnych prostredí na ich vodný režim . . . . .	96
ERIKA GÖMÖRYOVÁ, EDUARD BUBLINEC, JURAJ GREGOR, VILIAM PICHLER	Bonita smrekových porastov a kvalita pôdy . . . . .	102
ERIKA GÖMÖRYOVÁ, DARINA HOLČÍKOVÁ	Význam pôdnych mikroorganizmov pre rast a produkciu lesných porastov . . . . .	108
JURAJ GREGOR, VILIAM PICHLER, EDUARD BUBLINEC, LADISLAV TUŽINSKÝ	Produkcia lesných ekosystémov v súčasných environmentálnych podmienkach . . . . .	113
JÁN HALAS	Priestorová variabilita vybraných pôdnych parametrov . . . . .	119
MAREK HANUŠ, MIROSLAV HLÁVKA	Lesní pôdy Ústeckého kraje z pohľadu diverzity drevín . . . . .	127
KATARÍNA HARNOVÁ, MIROSLAV KROMKA	Vplyv vápnenia na mikrobiálnu biomasu v pôdach emisne zaťaženej oblasti Slovenského Rudohoria . . . . .	133
EDGAR HILLER, KATARÍNA SLIVKOVÁ, MIKULÁŠ BARTAL, ZUZANA DERZSIOVÁ	Vplyv času trvania kontaktu pôdy s vodným roztokom na sorpčné správanie polycyklických aromatických uhlíkovodíkov (PAU) v pôdach . . . . .	138
EDGAR HILLER, KATARÍNA SLIVKOVÁ, MIKULÁŠ BARTAL, ZUZANA DERZSIOVÁ	Sorpcia polycyklických aromatických uhlíkovodíkov (PAU) v pôdach: Vplyv fyzikálno-chemických vlastností sorbátu a sorbentu . . . . .	145
MIROSLAV HLÁVKA, JAROSLAVA VRÁBLÍKOVÁ	Orientační hodnocení průběhu rekultivačního procesu . . . . .	151

JAN HORÁČEK, ROSTISLAV LEDVINA, VĚRA ČECHOVÁ, OLGA ŠABATKOVÁ, JANA KOPEČNÁ, JIŘINA HŘEBEČKOVÁ	Změny organické hmoty při půdoochranném zpracování kambizemě . . . . .	155
ONDREJ HRONEC, JÁN TOMÁŠ, EMÍLIA HUTTMANOVÁ	Metalizácia slovenských pôd, jej rozsah a dôsledky . . . . .	161
BLANKA ILAVSKÁ, RICHARD LAZÚR, MARTIN GRANEC	Optimalizácia využívania poľnohospodárskej pôdy a jej ochrana pri pozemkových úpravách . . . . .	165
JOZEF IŠTOŇA, JOZEF PAJTÍK, PAVEL PAVLENDÁ	Odraz nedostatku pôdnej vlhkosti na hrúbkový prírastok duba . . . . .	171
BOHDAN JURÁNI JOZEF KOBZA	Ochrana, využívanie pôdy a vplyv človeka . . . . .	178
DANA KOTOROVÁ, BOŽENA ŠOLTYSOVÁ, RASTISLAV MATI	Monitoring a jeho postavenie pri stratégii ochrany a využívania pôdy . . . . .	181
KAROL KOVÁČ, EVA DEMJANOVÁ, MILAN MACÁK, ADAM KUCHAROVIC	Pôdoochranné technológie vo vzťahu k fyzikálnym vlastnostiam pôdy . . . . .	184
KAROL KOVÁČ, MÁRIA BABULICOVÁ	Produkčné a ekologické parametre rastlinnej produkcie vo VPP SPU Kolíňany, s.r.o. v Požitavskej pahorkatine . . . . .	189
JÁN KUKLA, MARGITA KUKLOVÁ	Produkčné a kvalitatívne parametre pšenice letnej f. ozimnej získané pri rôznej intenzite pestovania na Trnavskej pahorkatine . . . . .	195
JURAJ MAJERČÁK	Pedoeologické podmienky a fytoparametre druhov Dryopteris dilatata (Hoffm.) A. Gray a Vaccinium myrtillus (L.) v oblasti Spiša . . . . .	201
JARMILA MAKOVNÍKOVÁ	Matematický model a indexy sucha . . . . .	207
JARMILA MAKOVNÍKOVÁ, BORIS PÁLKA, MILOŠ ŠIRÁŇ	Variabilita bázičných kationov vo vybraných pôdnych typoch SR . . . . .	214
FRANTIŠEK MÁLIŠ, BARTOLOMEJ RUDAŠ, JAROSLAV KONTRIŠ	Modelovanie objemovej hmotnosti s využitím údajov z databáz KPP a ČMS-P, potenciálne zhutnenie a acidifikácia . . .	220
RASTISLAV MATI	Pôdne pomery lesných spoločenstiev v oblasti masívu Bykovo . . . . .	226
MARTINA MIKUŠOVÁ, JAROSLAV ANTAL	Parametrizácia produkčných schopností pôd Východoslovenskej nížiny . . . . .	232
JURAJ NIČ	Zmeny výšky povrchu pôdy pod porastom ozimnej repky – indikátor vodnej erózie pôdy . . . . .	238
PAVEL NOVÁK	Dynamika lesných fytoocenóz v zmenených ekologických podmienkach . . . . .	245
KATARÍNA NOVÁKOVÁ	Zatravnňování a zalesňování zemědělské půdy . . . . .	250
JIŘÍ OBRŠLÍK, RADIM CZELIS	Vplyv vodného režimu pôdy a hnojenia na pohyb dusičnanov . .	255
JURAJ PACHOTA, MIROSLAV KROMKA	Antropizace půdy v povodí Trkmanky . . . . .	261
VILIAM PICHLER, JURAJ GREGOR, EDUARD BUBLINEC, ERIKA GÖMÖRYOVÁ, JURAJ BEBEJ	Zmeny vybraných fyzikálno-chemických vlastností pôd a obsahu ťažkých kovov a arzénu v emisne zaťaženej oblasti Nálepko vo v období 1995 – 2003 . . . . .	269
VLADIMÍR PÍŠ, DAGMAR TRŠŤANSKÁ	Produkcia buka a smreka vo vzťahu k živinám . . . . .	278
RICHARD POSPIŠIL, JURAJ CHLPÍK, MARTINA MITRUŠKOVÁ	Zhodnotenie strát dusíka z pôdy v plynnej forme . . . . .	281
JOZEF RŽONCA, MARIE SVOZILOVÁ, PAVLÍNA MIČOVÁ, MARIE ŠTÝBNAROVÁ, JANA KRHOVJÁKOVÁ	Vplyv aplikácie biokalu po výrobe bioplynu na štruktúrnosť a vodoodolnosť pôdnych agregátov . . . . .	287
	Fyzikální vlastnosti půdy u TTP s různou intenzitou využívání . .	294

JOZEF RŽONCA, JAN POZDÍŠEK, MARIE ŠTÝBNAROVÁ, PAVLÍNA MIČOVÁ, MARTINA MITRUŠKOVÁ, V. KLČ	Energetická analýza lúčnych porastov v podmienkach Hrubého Jeseníka . . . . .	298
JAROSLAVA SOBOCKÁ, KATARÍNA POLTÁRSKA, MARIÁN JAĎUĎA JÁN STYK, PAVEL JAMBOR	Kontaminácia urbánnych pôd a ich ochrana (Príklad mesta Bratislavy) . . . . .	303
MARIE SVOZILOVÁ, JOZEF RŽONCA, VÁCLAVA GENČUROVÁ, JANA KRHOVJÁKOVÁ, PAVLÍNA MIČOVÁ, MAREK BJELKA RUDOLF ŠÁLY	Erózia pôdy a implementácia protieróznych opatrení v podmienkach Slovenska . . . . .	311
	Vliv zimování skotu na kvalitu půd a povrchových vod . . . . .	316
BOŘIVOJ ŠARAPATKA, MILAN BUSSINOW	Pôvod humusového ilúvia v našich subalpínskych a alpínskych pôdach . . . . .	321
BOŽENA ŠOLTYSOVÁ, DANA KOTOROVÁ, RASTISLAV MATI MARIE ŠTOLBOVÁ STANISLAV TORMA	Limitující faktory ekosystému lesa v územích ovlivněných těžbou polymetalických rud (případová studie Zlaté hory) . . . . .	329
	Pôdoochranné technológie vo vzťahu k obsahu a kvalite pôdneho humusu . . . . .	334
	Využití půdy v méně příznivých oblastech pro zemědělství v ČR . . . . .	340
	Predpoklad režimu živín v pôdach z aspektu prognózovanej klimatickej zmeny . . . . .	346
LADISLAV TUŽINSKÝ, VILIAM PICHLER, JURAJ GREGOR, LADISLAV BREZINA JANA UHLÍŘOVÁ	Vplyv vlhkosti pôdy na bioprodukciiu lesných ekosystémov . . . . .	350
RADIM VÁCHA, MARKÉTA VYSLOUŽILOVÁ, JARMILA ČECHMÁNKOVÁ, VĚRA HORVÁTHOVÁ	Protierozní ochrana v agroenvironmentálních programech . . . . .	356
RADIM VÁCHA, VĚRA HORVÁTHOVÁ, MARKÉTA VYSLOUŽILOVÁ, JARMILA ČECHMÁNKOVÁ GYÖRGY VÁRALLYAY	Vliv útlmu hospodaření na vlastnosti rizikových prvků v půdě . . . . .	360
	Doporučené obsahy POP v kalech ČOV pro aplikaci na zemědělskou půdu . . . . .	366
ZDENĚK VAŠKŮ	Soil conservation strategy in an extended Europe and in Hungary . . . . .	372
DUŠAN VAVŘÍČEK, PAVLÍNA ŠIMKOVÁ	Hydrologické armatury zemědělské krajiny . . . . .	380
JOZEF VILČEK	Srovnání edatopu a přirozené vegetace 7. LVS se skarifikovanými plochami v PLO Krušné hory . . . . .	390
KAREL VOPLAKAL, JITKA LAGOVÁ	Regionalizácia poľnohospodárskych pôd z hľadiska ich produkčných a ekonomických parametrov . . . . .	398
JAN VOPRAVIL, TOMÁŠ KHEL, KAMILA KUCHAROVÁ, MONIKA ČERMÁKOVÁ	Legal aspects of phosphorus related problems in farm practice at E.U. member states level . . . . .	404
JAROSLAVA VRÁBLÍKOVÁ, MIROSLAV HLÁVKA, MILAN ADÁMEK	Změny půdních vlastností vlivem odvodnění na modelovém území v České republice . . . . .	408
JAROSLAVA VRÁBLÍKOVÁ, PETR VRÁBLÍK, MIROSLAV HLÁVKA	Rekultivace půd na Mostecku . . . . .	411
ANTON ZAUJEC, RUDOLF HOLÚBEK	Antropogenní půdy a jejich využívání v regionu severních Čech . . . . .	415
ŠTEFAN ŽÁK, KAROL KOVÁČ, MARTA KLIMEKOVÁ	Vyhodnotenie dopadov rozorania prirodzeného lúčneho porastu na pôdne vlastnosti v lokalite Černachov . . . . .	419
	Dynamika zmien koeficienta štruktúrnosti pôdy vplyvom systémov hospodárenia . . . . .	425



# VÝVOJ PÔDNEJ ORGANICKEJ HMOTY NA VYBRANÝCH PÔDNYCH TYPOCH TRVALÝCH TRÁVNÝCH PORASTOV A ORNÝCH PÔD V PRIEBEHU MONITORINGU

## Soil organic matter development on selected soil types of grassland and arable land during monitoring

Gabriela BARANČÍKOVÁ

*Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Raymanova 1, 08 001 Prešov, SR*

[bar@vupop.sk](mailto:bar@vupop.sk)

### Abstrakt

Pôdna organická hmota (POH) je produktom rastlinných a živočíšnych zvyškov syntetizovaných mikroorganizmami pod vplyvom teploty, vlhkosti a ďalších pôdnych podmienok. Od začiatku 90-tych rokov sa v Slovenskom poľnohospodárstve vyskytli veľké zmeny, ktoré môžu ovplyvňovať úroveň POH. Pôdny monitoring umožňuje nájsť trendy vo vývoji POH v súčasnosti. Na základe 10 ročných výsledkov Monitoringu POH môžeme konštatovať, že vo všetkých skupinách sledovaných orných pôd v 90-tych rokoch bolo zaznamenané nepatrné zníženie organického uhlíka, čo môže súvisieť so komplexnými zmenami v Slovenskom poľnohospodárstve. V prvých rokoch nového milénia však pozorujeme slabý nárast Cox, ktorý sa môže spájať s aplikovaním organických hnojív na orné pôdy. Na sledovaných pasienkoch boli zmeny v obsahu POH nepatrné, avšak počas 10-ročného obdobia bol zaznamenaný nevýrazný nárast organického uhlíka.

**Kľúčové slová:** pôdna organická hmota, monitoring pôd, faktory obsahu pôdnej organickej hmoty

### Abstract

Organic material in the soil is essentially derived from residual plant and animal material, synthesized by microbes and decomposed under the influence of temperature, moisture and ambient soil conditions. There are two groups of factor that influenced inherent organic matter content: natural factors (climate, soil parent material, land cover and /or vegetation and topography), and human induced factors (land use, management and degradation). During last decades great changes were occurred also in Slovak agriculture, which could influence also level of soil organic matter (SOM). To find the trend in development of SOM in Slovak agricultural soils is possible by Soil monitoring. Throughout ten years of Soil monitoring some trends in development of SOM was found. For the period of 90-ties on all arable soil groups slight decrease of organic carbon contents was recovered, which can be connected with complex changes in Slovak agriculture. On the beginning of new millennium minor increasing of SOM was detected. Small increase of SOM can be connected with increased of farmyard manure on arable land. On grassland during monitoring period, negligible, however gradually increasing of soil organic carbon was found.

**Key words:** soil organic matter, soil monitoring, factors of soil organic matter content

### ÚVOD

Obsah organickej hmoty v pôde je produktom rozkladu rastlinných a živočíšnych zvyškov, ktoré sú následne syntetizované mikroorganizmami pod vplyvom teploty, vlhkosti a fyzikálno-chemických podmienok pôdneho prostredia do heterogénneho komplexu pôdnej organickej hmoty (POH). Principiálne existujú dva druhy faktorov, ktoré v značnej miere ovplyvňujú obsah POH:

- prirodzené faktory (klíma, materská hornina, pôdny pokryv, vegetácia a nadmorská výška)
- faktory ľudskej činnosti (využitie krajiny, hospodárenie na pôde) (Jones a kol., 2004).

V dôsledku expanznej a intenzifikačnej činnosti poľnohospodárstva počas 20. storočia sa obsah organickej hmoty v pôde vo všeobecnosti znižuje v porovnaní s prirodzenou vegetáciou. Nakoľko POH je dôležitým faktorom pre tvorbu pôdnej štruktúry a stabilných agregátov, ovplyvňuje infiltráciu rýchlosť, slúži ako tlmič rýchlych výkyvov pH a ako energetický zdroj pre mikroorganizmy, cieľom súčasných snáh je ochrana pôdnej organickej hmoty, ktorá okrem úrodnotvornej funkcie plní tiež nezastupiteľnú funkciu pri eliminácii kontaminácie pôdy a pri sekvestracii uhlíka (Jones a kol., 2004, Baritz a kol., 2004). Sprievodným znakom intenzifikácie poľnohospodárstva (premena pasienkov na ornú pôdu, nízky prísun kvalitnej organickej hmoty) môže byť postupné znižovanie stavu POH, ktoré v konečnom dôsledku môže znamenať zníženie poľnohospodárskej produkcie, zvýšenie riziko erózie, záplav, zhutnenia pôdy i zníženie pufrovacej schopnosti pôdy. Z uvedeného dôvodu Európska komisia vytvorila v rámci tematickej stratégie pre ochranu pôdy aj pracovnú skupinu, ktorá v období rokov 2003 – 2004 identifikovala súčasné problémy spojené s POH.

Výraznými zmenami, ktoré mohli mať podstatný vplyv na množstvo POH prešlo aj Slovenské poľnohospodárstvo, nakoľko hlavne v druhej polovici 90-tych rokov sa uvádza vysoký ročný deficit v hospodárení s POH. Stav organického uhlíka v poľnohospodárskych pôdach Slovenska umožňuje zistiť pôdny monitoring, v rámci ktorého sa v pravidelných 5-ročných cykloch monitorujú aj základné parametre pôdnej organickej hmoty.

V príspevku hodnotíme zmeny v množstve organického uhlíka a celkového dusíka ako aj ich vzájomného pomeru v treťom 5-ročnom monitorovacom cykle (obdobie rokov 1993 – 2002) na 4 pôdnych skupinách trvalých trávnych porastoch (TTP) a šiestich skupinách orných pôd (OP) v rámci základnej monitorovacej siete.

## MATERIÁL A METÓDY

V rámci základnej monitorovacej siete boli na hodnotenie POH vybrané tieto pôdne skupiny trvalých trávnych porastov:

Kambizeme a kambizeme pseudoglejové na vulkanitoch – KM+KMg TTP (1)

Kambizeme na vápencoch a dolomitoch – KM TTP (2)

Podzoly, rankre podzolové a litozeme – PZ, RNp, LI/TTP (3)

Andozeme – AM/TTP (4)

a orných pod:

Kambizeme na vulkanitoch – KM OP (1)

Kambizeme kyslé na kyslých substrátoch – KM OP (2)

Kambizeme na vápencoch a dolomitoch – KM OP (3)

Rendziny – RN OP (4)

Regozeme na karbonátových sedimentoch – RM<sup>c</sup>/OP (5)

Regozeme na nekarbonátových sedimentoch – RM/OP (6)

Okrem základnej monitorovacej siete v rámci pôdneho monitoringu existuje sieť 20 vybraných kľúčových lokalít, na ktorých sa sleduje priestorová a časová variabilita pôdnych parametroch v kratších časových intervaloch. Na ilustráciu v tomto príspevku uvádzame hodnoty Cox v priebehu rokov 1995 – 2004 na kľúčovej lokalite Sihla (kambizem – trvalý trávny porast) a Moravský Ján (regozem – orná pôda).

Konkrétne sa hodnotenie týka obsahu organického uhlíka (Cox) a dusíka (Nt) v orničnom horizonte (0 – 10 cm), ktoré predstavujú kvantitatívne ukazovatele stavu humusu a pomeru týchto dvoch parametrov (C/N) ako kvalitatívneho indikátora stavu pôdneho humusu. Stanovenia Cox a Nt bolo realizované metódami uvedenými v Záväzných metódach Monitoringu (Kobza a kol., 1999).

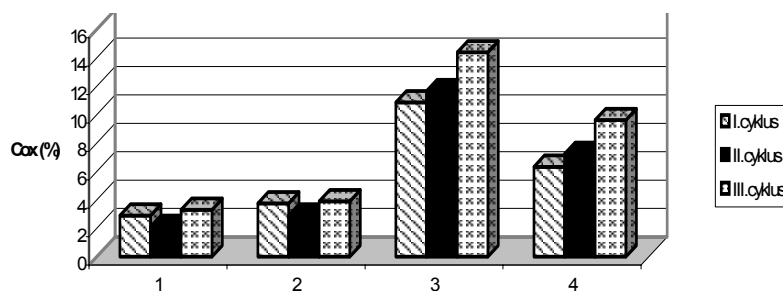
Štatistické spracovanie a zhodnotenie údajov bolo realizované t-testom, resp. Lordovým testom (Barančíková, 1999).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

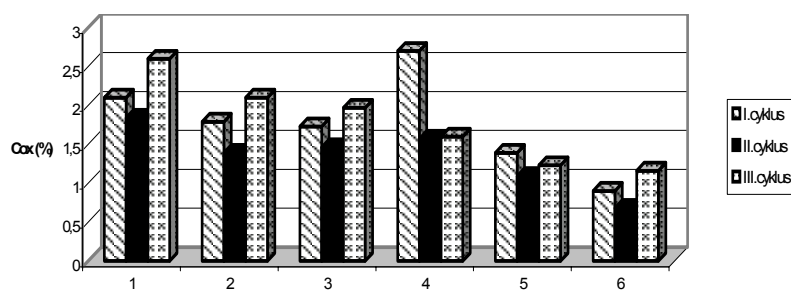
Obsahy organického uhlíka v jednotlivých pôdnych skupinách sú značne rozdielne, nakoľko obsah POH závisí hlavne na pôdnom type, zrnitostnom zložení pôdy a jej poľnohospodárskom využití (Sotáková, 1982). Vo všeobecnosti môžeme konštatovať, že hodnoty Cox na trvalých trávnych porastoch (TTP) sú niekoľkonásobne vyššie ako na orných pôdach.

Vysokým obsahom organickej hmoty disponujú podzoly a rankre, ktoré sa vyskytujú vo vysokých horských polohách, ale aj andozeme na trvalých trávnych porastoch. V dôsledku intenzívnejšej mineralizácie organickej hmoty na orných pôdach (OP) v porovnaní s trvalými trávными porastami (TTP), zásoba organického uhlíka na OP je podstatne nižšia ako na TTP (obr. 1, 2). Pri rozoraní pasienkov dochádza k porušeniu prirodzenej rovnováhy a obsah humusu sa podstatne zníži v dôsledku intenzívnej mineralizácie hlavne v orničnom horizonte (Chukov, 2000). Priemerná hodnota Cox na orných pôdach rendzín v poslednom monitorovacom cykle (2002) je 1,67 a na kambizemiach sa hodnota organického uhlíka pohybuje od 2 do 2,7 %. Najnižšie hodnoty Cox boli namerané na regozemiach.

Obr. 1 Hodnoty organického uhlíka v orniciach vybraných trvalých trávnych porastov



Obr. 2 Hodnoty organického uhlíka v orniciach vybraných orných pôd



- I. cyklus – odber 1993
- II. cyklus – odber 1997
- III. cyklus – odber 2002

V prípade orných pôd regozemí a rendzín uvedené hodnoty Cox sú nízke, na kambizemiach hodnoty Cox sú stredné (Jones a kol., 2004). Priemerné hodnoty Cox na TTP kambizemi sú podstatne vyššie a pohybujú sa v rozsahu 3,4 – 3,9 %. Aj uvedené hodnoty Cox spadajú do kategórie pôd so stredným obsahom organického uhlíka, pretože v súčasnosti sa pri hodnotení Cox používajú štyri kategórie (Jones a kol., 2004):

- Veľmi nízky obsah Cox < 1 %
- Nízky obsah 1,1 – 2 %
- Stredný obsah 2,1 – 6 %
- Vysoký obsah > 6 %

Vysokým obsahom organickej hmoty disponujú vysokohorské pôdy a andozeme na TTP.

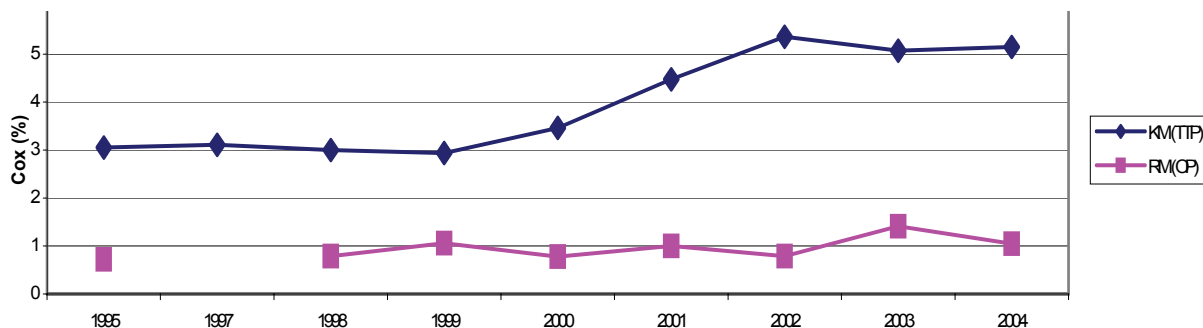
Obsah organickej hmoty u rovnakého pôdneho typu je ovplyvnený aj substrátom, nakoľko vyššia priemerná hodnota Cox, bola zistená na regozemiach karbonátových oproti regozemiam na nekarbonátových viatych pieskoch. Aj na TTP u kambizemí na vápencoch bola hodnota Cox vyššia oproti kambizemiam na kyslých substrátoch (obr. 1, 2).

V priebehu 10-ročného monitorovacieho obdobia boli v množstve organického uhlíka zistené určité trendy. V priebehu prvého 5 ročného cyklu bol na všetkých sledovaných pôdnych skupinách orných pôd zaznamenaný pokles organického uhlíka (obr. 1, 2). Uvedený trend v danom období bol zistený aj na ostatných sledovaných pôdnych skupinách (Barančíková, 2002). Jednou z príčin intenzívnejšej mineralizácie POH na orných pôdach môže byť intenzívne konvenčné obrábanie pôdy

(Chan a Hulugalle, 1999), bez dostatočného prísunu kvalitnej organickej hmoty (Bayer a kol. 2000, Devere a Horwath, 2000) a aplikácia minerálnych živín (Sevcova et al., 2003). Na Slovensku došlo hlavne po roku 1989 k postupnému znižovaniu produkcie maštalného hnoja a úroveň hospodárenia s pôdnou organickou hmotou bola obmedzovaná aj poklesom úrod poľnohospodárskych plodín a s tým súvisiacim nižším prísunom rastlinných zvyškov do pôdy (Jurčová, 1996). V priebehu ďalšieho 5 ročného cyklu bol zaznamenaný opačný trend, t.j. nárast organickej hmoty za sledované obdobie, pričom v dvoch prípadoch bol tento nárast v porovnaní s rokom 1997 štatisticky významný (tabuľka 1). Avšak pri porovnaní prvého (1993) a tretieho (2002) cyklu sme nezaznamenali žiadne štatisticky významne zmeny a teda môžeme konštatovať, že úroveň POH na kambizemiach dosiahla počiatočný stav. Jedným z možných vysvetlení uvedeného trendu môže byť skutočnosť, že koncom 90-tych rokov ako jedna z priorít štátnej dotačnej politiky bolo realizované tiež zvyšovanie obsahu organických látok v pôde prostredníctvom organického hnojenia, čoho následkom môže byť aj nárast Cox na kambizemiach v r. 2002.

Na rendzinách a regozemiach na karbonátových viatych pieskoch uvedený trend zaznamenaný nebol, nakoľko hodnota Cox 3. cyklu je identická s hodnotou 2. cyklu. Na regozemiach nekarbonátových bol stav Cox počas 10-ročného monitorovacieho obdobia takmer identický. V súlade s týmto konštatovaním je aj priebeh obsahu Cox na kľúčovej lokalite regozeme (Moravský Ján), ktorý sa pohybuje v celom sledovanom období okolo hodnoty 1 % Cox (obr. 3). Uvedené hodnoty Cox sú typické pre hodnotený pôdny typ, keďže regozeme na pieskoch sú charakteristické najnižšou zásobou pôdnej organickej hmoty medzi hlavnými typmi poľnohospodárskych pôd Slovenska (Linkeš a kol. 1997, Barančíková, 2002) a aj v súčasnom období priemerné hodnoty Cox na regozemiach nadobúdajú hodnotu okolo 1,2 % (obr. 2). Hodnoty Cox, stanovené na regozemiach, patria k podprahovým hodnotám organického uhlíka pre poľnohospodárske pôdy, nakoľko Loveland a Webb (2003) uvádzajú ako prahovú hodnotu Cox 2 %, keďže na pôdach s nižšou hodnotou Cox môže potencióálne dochádzať k značnému zníženiu pôdnej kvality.

Obr. 3 Priebeh obsahu Cox na kľúčovej lokalite Sihla (TTP, kambizem) a Moravský Ján (OP, regozem)



Tab. 1 Porovnanie rokov 1993/2002, 1997/2002 na hladine významnosti 0,1

Skupina pôd		1	2	3	4	5	6
Parameter	Porovnanie	ua = 0,618	ta = 3,17	ua = 1,046	ua = 0,257	ua = 0,448	ua = 1,046
Cox	97/02	0,12	5,55*	0,311	0,027	0,071	0,414
	93/02	0,14	3,1	0,132	0,32	0,061	0,217
Nt	97/02	0,014	1,23	0,092	0,06	0,076	0,344
	93/02	0,143	3,15	0,215	0,146	0,0004	0,458
C/N	97/02	0,565	1,92	0,6	0,08	0,02	0,075
	93/02	0,11	0,09	0,07	0,252	0,171	0,105

Štatisticky nevýznamné sú aj značné rozdiely v hodnotách Cox (obr. 1, tabuľka 2) v ornici horských pôd (podzoly, rankre, litozeme), v dôsledku vysokej heterogenity hodnôt organického uhlíka medzi jednotlivými lokalitami uvedenej pôdnej skupiny. Na orniciach horských pôdach ako aj andozemí na trvalých trávnych porastoch je možné pozorovať postupné zvyšovanie obsahu POH v priebehu 10-ročného obdobia (obr. 1). Uvedený trend je zreteľný aj na kľúčovej lokalite kambizeme

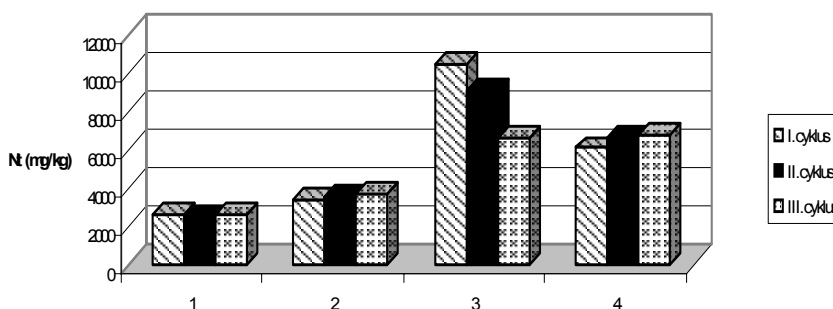
na TTP Sihla, kde sa podstatne zvýšila hodnota Cox, pričom nárast bol zaznamenaný v období rokov 2000 – 2002.

Tab. 2 Hodnoty Lordovho, resp. Studentovho testu parametrov Cox, Nt a C/N v orniciach TTP Porovnanie rokov 93/02, 97/02 na hladine významnosti 0,1

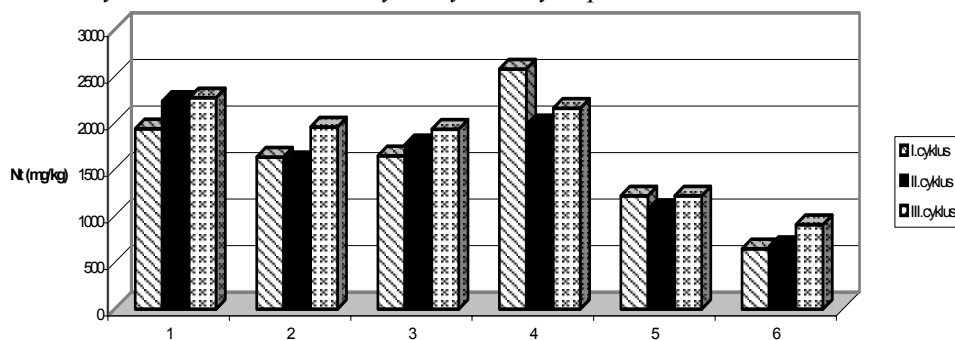
Skupina pôd		1	2	3	4
Parameter	Porovnanie	$T\alpha = 3,5$	$u\alpha = 0,3$	$u\alpha = 0,429$	$u\alpha = 3,958$
Cox	97/02	4,56*	0,138	0,08	0,2
	93/02	0,61	0,02	0,12	0,12
Nt	97/02	0,8	0,035	0,211	0,08
	93/02	1,02	0,054	0,211	0,01
C/N	97/02	2,97	0,4*	0,15	0,6
	93/02	1,38	0,012	0,667*	1,17

Priemerné hodnoty celkového dusíka – Nt sú v súlade s hodnotami organického uhlíka, čo potvrdzujú aj významné lineárne korelácie medzi Cox a Nt v orničnom horizonte, ktorých korelačný koeficient R bol vyšší ako 0.9 pre  $n = 52$ , vo všetkých troch monitorovacích obdobiach. Obdobne ako v prípade Cox najvyššie hodnoty Nt boli zistené na horských pôdach (rendziny, rankre, litozeme) a andozemiach a najnižšie hodnoty na regozemiach (obr. 4, 5). Vplyv materskej horniny sa prejavil aj v hodnotách celkového dusíka, nakoľko na regozemiach karbonátových bola hodnota Nt vyššia ako na nekarbonátových regozemiach (obr. 5).

Obr. 4 Hodnoty celkového dusíka na vybraných trvalých trávnych porastoch

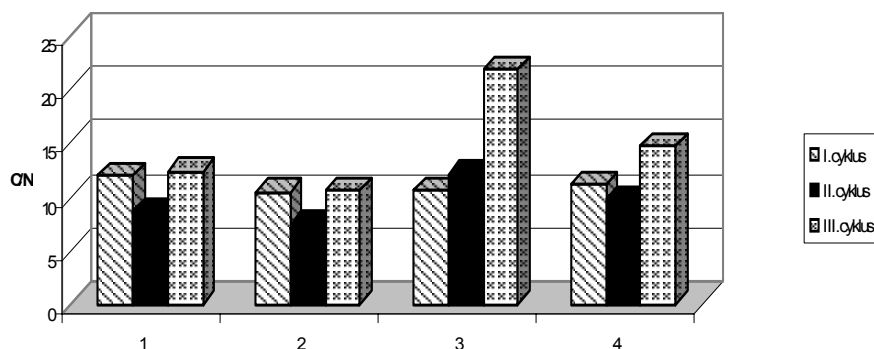


Obr. 5 Hodnoty celkového dusíka na vybraných orných pôdach

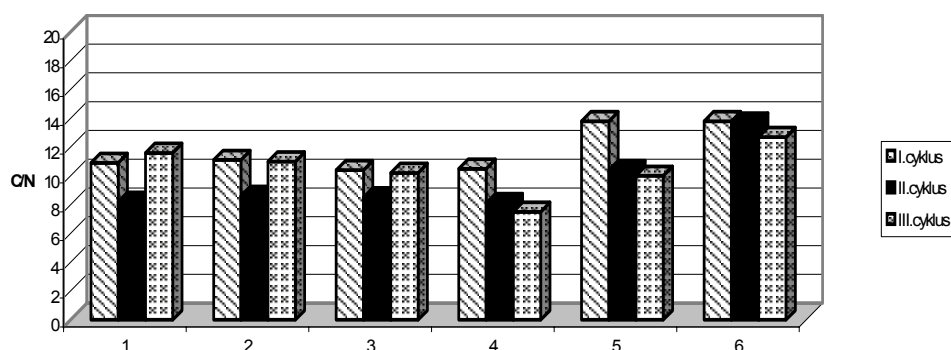


Zmeny v obsahu celkového dusíka v priebehu monitorovacieho obdobia, v porovnaní so zmenami Cox (okrem vysokohorských pôd) boli minimálne a žiadna z nich nebola štatisticky významná (tabuľka 1, 2). V priebehu monitorovacieho obdobia hodnoty celkového dusíka na orniciach vysokohorských pôd postupne klesali, na ostatných sledovaných pôdnych typoch bol pozorovaný ustálený stav, resp. nepatrné postupné zvýšenie Nt (andozeme, kambizeme na orných pôdach) (obr. 4, 5).

Obr. 6 Pomer C/N na vybraných trvalých trávnych porastoch



Obr. 7 Pomer C/N na vybraných orných pôdach



Zásobenosť organickej hmoty dusíkom sa hodnotí na základe pomeru C/N (Sotáková, 1982), pričom čím nižšia je hodnota C/N, tým je zásoba dusíka v POH vyššia. Priemerné hodnoty pomeru C/N, ktorý je jedným z hlavných ukazovateľov kvality humusu (Sotáková, 1982) a zároveň môže byť aj dobrým indikátorom dynamiky pôdnej kvality (Franzluebbbers, 2002), sa pohybovali v rozmedzí 7 až 14, čo predstavuje vysokú až nízku zásobu dusíka v pôdnej organickej hmote (obr. 6, 7). Najnižšia hodnota C/N a teda najvyššia zásobenosť organickej hmoty dusíkom je na rendzinách (obr. 7) Podstatné rozdiely pomeru C/N medzi poľnohospodárskym využitím pôdy (orná pôda, resp. trvalé trávne porasty) v jednotlivých skupinách neboli zaznamenané. V priebehu monitorovacieho obdobia zmeny parametru C/N mali kolísavý charakter a až na pomerne značné zvýšenie v poslednom sledovanom cykle na vysokohorských pôdach, boli minimálne.

## ZÁVER

V predkladanej práci hodnotíme zmeny v množstve pôdnej organickej hmoty na 4 pôdnych skupinách trvalých trávnych porastoch a 6 skupinách orných pôd prvých dvoch 5-ročných monitorovacích cykloch základnej monitorovacej siete (obdobie rokov 1993 – 2002).

V priebehu 90-tých rokov bol na sledovaných skupinách orných pôd zaznamenaný mierny pokles organického uhlíka, ktorý sa môže vzťahovať na komplexné zmeny, ktorými prešlo slovenské poľnohospodárstvo v uvedenom období. Začiatok nového milénia je charakterizovaný miernym nárastom Cox, takže môžeme konštatovať, že úroveň POH v r. 2002, hlavne na orných pôdach kambizemí a regozemí dosiahla stav zistený na začiatku monitorovacieho obdobia. Uvedená skutočnosť môže súvisieť s dotačnou politikou štátu na zvyšovanie obsahu organických látok v pôde prostredníctvom organického hnojenia. Na rozdiel od kambizemí a regozemí, na rendzinách bola hodnota Cox v r. 2002 takmer identická s hodnotou v r. 1997. Na tejto skupine pôd je zrejмый pokles POH oproti východizemu stavu. Kľúčová monitorovacia lokalita regozeme – Moravský Ján obsahuje nízky obsah pôdnej organickej hmoty, čo je charakteristické pre uvedený pôdny typ, hlavne pre regozeme vyvinuté na viatych pieskoch a je v súlade s priemernou hodnotou Cox regozemí z tretieho monitorovacieho cyklu.

Na orniciach horských pôd a na trvalých trávnych porastoch andozemí môžeme sledovať postupné zvyšovanie hodnôt Cox. Uvedený trend je zreteľný aj na kľúčovej lokalite kambizeme na TTP Sihla.

Hodnoty zmien celkového dusíka boli v priebehu oboch monitorovacích cyklov minimálne, ale za 10-ročné obdobie, okrem vysokohorských pôd, kde bol zaznamenaný pokles tohto parametra, na ostatných pôdnych skupinách ako u TTP tak aj OP je badateľný nepatrný, ale postupný nárast tohto parametra.

Záverom je dôležité pripomenúť nevyhnutnosť aplikácie optimálnych dávok kvalitných organických hnojív na intenzívne obhospodarovaných orných pôdach Slovenska, nakoľko bez aplikácie organického hnojenia môžeme byť v budúcnosti svedkami postupnej degradácie orných pôd v dôsledku znižovania POH.

## LITERATURA

- Barančíková, G., 1999: Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty. In: Kobza a kol.: Výsledky „Čiastkového monitorovacieho systému – Pôda“, ako súčasť Monitoringu životného prostredia SR za rok 1999 (3. rok 2. cyklu monitoringu pôd SR). Bratislava, VÚPOP, 1999, s. 67-84.
- Barančíková, G., 2002: Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty. In: Kobza, J. et al: Monitoring pôd Slovenskej republiky. Bratislava: VÚPOP, 2002, s. 54-73.
- Baritz, R., De Neve, S., Barančíková, G., Gronlund, A., Leifeld, J., Katzensteiner, K., Koch, H.J., Palliere, C. Romanya, J., Schaminee, J., 2004: Working group of organic matter and biodiversity, Task Group 5 on Land use practises and SOM. In: Reports of the technical working groups, Volume III, Organic matter, s. 137-164; editors: Van-Camp, L., Bujarrabal B., Gentile, A.R., Jones, R.A.J., Montanarella, L., Olazabal, C., Selvaradjou, S.H. EUR 21319 EN/3 European Communities, 2004.
- Bayer, C., Martin-Neto, L., Mielniczuk, J., Ceretta, A., 2000: Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from Southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. *Soil & Tillage Research*, 2000, vol. 53, pp. 95-104.
- Chan, K.Y., Hulgalle, N.R., 1999: Changes in some soil properties due to tillage practices in rain-fed hard-setting Alfisols and irrigated Vertisols of eastern Australia. *Soil & Tillage Research*, 1999, vol. 53, pp. 49-57.
- Chukov, S. N., 2000: Study by  $^{13}\text{C}$  – NMR spectroscopy of humus acids molecular parameters in anthropogenically disturbed soils. In: Proceedings of 10<sup>th</sup> International Meeting of the IHSS, Toulouse, 2000, pp. 81-84.
- Doane, T.A., Devevre, O.C., Horwath, W.R., 2003: Short-term soil carbon dynamics of humic fractions in low-input and organic cropping systems. *Geoderma*, 2003, vol. 114, pp. 319-331.
- Franzluebbers, A.J., 2002: Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil. Till. Res.*, 2002, vol. 66, pp. 95-106.
- Jones, R.J.A., Hiederer, R., Rusco, E., Loveland, P.J., Montanarella, L., 2004: The map of organic carbon in topsoils in Europe, Version 1.2, European Soil Bureau Research Report No.17, EUR 21209 EN, 26 p. 1 map in ISO B1 format, 2004.
- Jurčová, O., 1996: Treba skoncovať s koristníckym vzťahom k živiteľke. *Roľnícke noviny*, BESEDA, (6.11.1996), s. 1-6.
- Kobza, J., Fiala, K., Barančíková, G., Brečková, V., Burik, V., Houšková, B., Chomaničová, A., Litavec, T., Makovníková, J., Matúšková, L., Pechová, B., Varádiová, D., 1999: Čiastkový monitorovací systém pôda: Zaväzné metódy, Bratislava, 1999, 138 s.
- Linkeš, V., Kobza, J., Švec, M., Ilka, P., Pavlenda, P., Barančíková, G., Matúšková, L., 1997: Monitoring pôd Slovenskej republiky. Súčasný stav monitorovaných vlastností. Bratislava, 1997, 128 s.
- Loveland, P., Webb, J., 2003: Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. *Soil Till. Res.*, 2003, vol. 70, pp. 1-18.
- Sotáková, S., 1982: Organická hmota a úrodnosť pôdy. Bratislava, *Príroda*, 1982, 234 s.
- Sevcova, L., Romanenko, V., Sirotenko, O., Smith, P., Smith, J.U., Leech, P., Kanzyva, S., Rodionova, V., 2003: Effect of natural and agricultural factors on long-term soil organic matter dynamics in arable soddy-podzolic soil-modeling and observation. *Geoderma*, 2003, vol. 116, pp. 165-189.

# ŠTÚDIUM HYDROLOGICKÝCH POMEROV SVAHOVÝCH PÔD ZA POMOCI NÁSTROJOV SEDIMENTÁRNEJ PETROLÓGIE – PRACOVNÁ HYPOTÉZA

## Study of hydrological conditions of slope soils by means of sedimentary petrology tools – working hypothesis

Juraj BEBEJ, Viliam PICHLER, Juraj GREGOR

*Technická univerzita Zvolen, Lesnícka fakulta, T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, SR,  
[bebej@vsld.tuzvo.sk](mailto:bebej@vsld.tuzvo.sk)*

### Abstrakt

Príspevok sa zaoberá úlohou, ktorú zohráva skelet lesných pôd vyvinutý na svahovinách pri ovplyvňovaní fyzikálno-chemických vlastností pôd – s dôrazom na ich pórové vlastnosti a permeabilitu pórovej siete. Poukazuje sa na skutočnosť, že pri hodnotení kvality, homogenity a stupňa koordinácie pórových priestorov vzhľadom k pórovým prahom v skelete pôd, ako aj samotných pôdach môžu významnú úlohu zohrať nástroje sedimentárnej petrológie (napr. metódy štúdia optickej pórovitosti). Obrázky uvedené v článku potvrdzujú existenciu vysokých hodnôt efektívnej pórovitosti v sedimentárnych horninách Západných Karpát, ktoré predstavujú zdrojový materiál pôdneho skeletu. Analýza optickej pórovitosti v sedimentárnych horninách ZK dokumentuje vysokú variabilitu tried a kategórií optickej pórovitosti vyskytujúcej sa v týchto horninách, ktoré môžu pravdepodobne vysoko efektívnym spôsobom komunikovať s pórovou sieťou vyskytujúcou sa vo frakcii jemnozeme pôd. Záverom naše poznatky naznačujú, že skelet pôd a pórová sieť ktorá sa v nich vyskytuje nepredstavujú „inertnú“ zložku pôd, ale naopak zohrávajú dôležitú úlohu v pôdach ako (i) transportné cesty a rezervoáre pôdnej vody, (ii) chemické reaktory na rozhraní pôdna voda – pôda – skelet, (iii) zdroje výmennej kapacity kationov a (iv) neutralizačné agensy vzhľadom na aktivitu vodíkových iónov.

**Kľúčové slová:** sedimentárna petrológia, optická pórovitosť, skelet, lesná pôda

### Abstract

This article deals with the role of soil skeleton regarding the physical-chemical parameters of soils, with emphasis on porosity and permeability characteristics of pore network of forest soils in slope deposits rich in soil skeleton. It is stated the tools of sedimentary petrology (e.g. the tools of optical porosimetry) can be used for evaluation of the quality, homogeneity and coordination number of pore spaces existing in soil skeleton – via analyze of “pore area to pore throat ratio” and “pore throat-to-pore coordination ratio” of soil skeleton. The figures presented in this article confirm the existence of high effective porosity in the sedimentary rocks of the Western Carpathians representing the source material of soil skeleton. Optical porosity analyse of sedimentary rocks reveals high diversity of classes and categories of optical porosity existing in these rocks which can probably in very efficient way to communicate with similar one's pore network existing in the fine earth fraction of soils. In conclusion, our findings suggest the soil skeleton and its pore network regarding the fine earth is not inert, but play important role in soils as (i) both transportation routes and reservoirs of soil water, (ii) chemical reactors on the interface soil water – soil – skeleton, (iii) the sources of cation exchange capacity, (iv) sink of protons.

**Key words:** sedimentary petrology, optical porosity, skeleton, forest soil

## ÚVOD

Pri analýze fyzikálno-chemických vlastností pôd, posudzovaní ich nutričného potenciálu a ďalších vlastností sa pri príprave vzoriek frakcia pôd  $> 2$  mm zvyčajne vylučuje ako špecifický objekt štúdia. Štúdium skeletu sa doposiaľ aj v podmienkach SR sústreďovalo na analýzu jeho kvantitatívneho podielu v pôdnych profiloch – hlavne z dôvodu štúdia zákonitostí genetických vzťahov medzi jednotlivými horizontmi pôd. Takéto štúdiá potvrdili, že distribúcia skeletu v pôdnych profiloch, skokovité zmeny v jeho kvantitatívnom množstve, ako aj jeho kvalitatívne zmeny v distribúcii v pôdnych profiloch sú dôkazom miešania a často aj cudzorodosti pôvodu voči zrnitostnému a minerálnemu zloženiu okolitej jemnozeme, čím potvrdili neudržateľnosť klasických teórií o genéze pôdy. Šály (1996) vo svojom dnes už klasickom diele upozornil na potrebu venovať skeletu pôd väčšiu pozornosť, nakoľko považoval skelet za „...internú zložku pôd rovnako významnú ako jemnozeme, ktorá okrem genetických informácií o pôde môže významne ovplyvňovať fyzikálne pomery pôd“. Zistenia tohto autora potvrdili fakt, že paralelné uloženie svahovinových vrstiev s obsahom štrkovitých či kamenitých vrstiev podporuje vznik svahovo-paralelných pohybov vody v svahovinách, ktoré týmto nadobúdajú charakter tzv. svahových drénov, ďalej že existuje jednoznačný súvis medzi produkciou lesných porastov, tepelno-vodným režimom pôd a obsahom skeletu v jednotlivých vrstvách pôd a pod.

## MATERIÁL A METÓDY

Z výskumu svahovín a na nich vytvorených pôd realizovaných na súbore cca 850 vzoriek pôd z 217 profilov realizovaných Šálom (1986) vyplynula výrazná kvantitatívna a kvalitatívna pestrosť zloženia skeletu lesných pôd SR, ktoré sú odrazom pester geologickej stavby územia slovenskej časti ZK. Podľa zistenia autora svahoviny a na nich vyvinuté pôdy sa vyvinuli na flyšových horninách zaberajúcich 27 % územia SR, karbonátoch (17 % územia) horninách kryštalinika (cca 15 %) a vulkanitoch (cca 13 %). Najčastejšie je však možné stretnúť sa s prípadmi zmiešaných svahovín, v skeletovej frakcii ktorých sú zastúpené horniny kryštalinika a karbonátov.

Akým spôsobom môže skeletnosť pôd vyvinutých na svahovinách ovplyvňovať hydrologické vlastnosti pôd, aký je možný súvis medzi petrografickým zložením skeletu a vybranými fyzikálnymi vlastnosťami pôd (ich celkovou pórovitosťou, permeabilitou), ich retenčnou schopnosťou a pod.? Akým spôsobom môže byť zabezpečené prepojenie pórovej siete medzi jemnozemu a skeletovým podielom pôd a zároveň aké faktory môžu ovplyvňovať a modifikovať pórové štruktúry pôd v súčasnosti? Pri riešení týchto otázok môže významne napomôcť využitie niektorých nástrojov aplikovaných v oblasti sedimentárnej petrológie – špeciálne však tých poznatkov, ktoré sa vyzbierali pri štúdiu roponosných sedimentárnych bazénov.

## DISKUSIA

Z výsledkov sedimentárnej petrológie vyplýva, že celková ako aj efektívna pórovitosť sedimentárnych hornín je výsledkom modifikačných procesov primárnej pórovitosti sedimentu, ktorá pri subsidencii sedimentárnej panvy bola postupne redukovaná. Na modifikácii primárnej pórovej siete sa v hlbších častiach sedimentárnej panvy (pri hĺbke cca 1,2 km a viac) za spolupôsobenia derivátov organických zlúčenín (hlavne karboxylových kyselín) sa začína formovať tzv. sekundárna pórovitosť, a to hlavne v dôsledku pôsobenia oxidačno-redukčných reakcií medzi organickou hmotou a nestabilnými horninotvornými minerálmi, ktoré doprevádzajú procesy rozpúšťania nestabilných minerálov, mobilizácie a migrácie chemických prvkov. Takýmto spôsobom pokles primárnej pórovitosti sedimentu s hĺbkou môže byť kompenzovaný vznikom sekundárnej pórovitosti navyšujúcej primárnu redukovanú pórovitosť, ktorá v roponosných terénoch môže predstavovať jednu z dominantných pascí na zachytávanie ropy a zemného plynu v hlbokých štruktúrach sedimentárnych paniev.

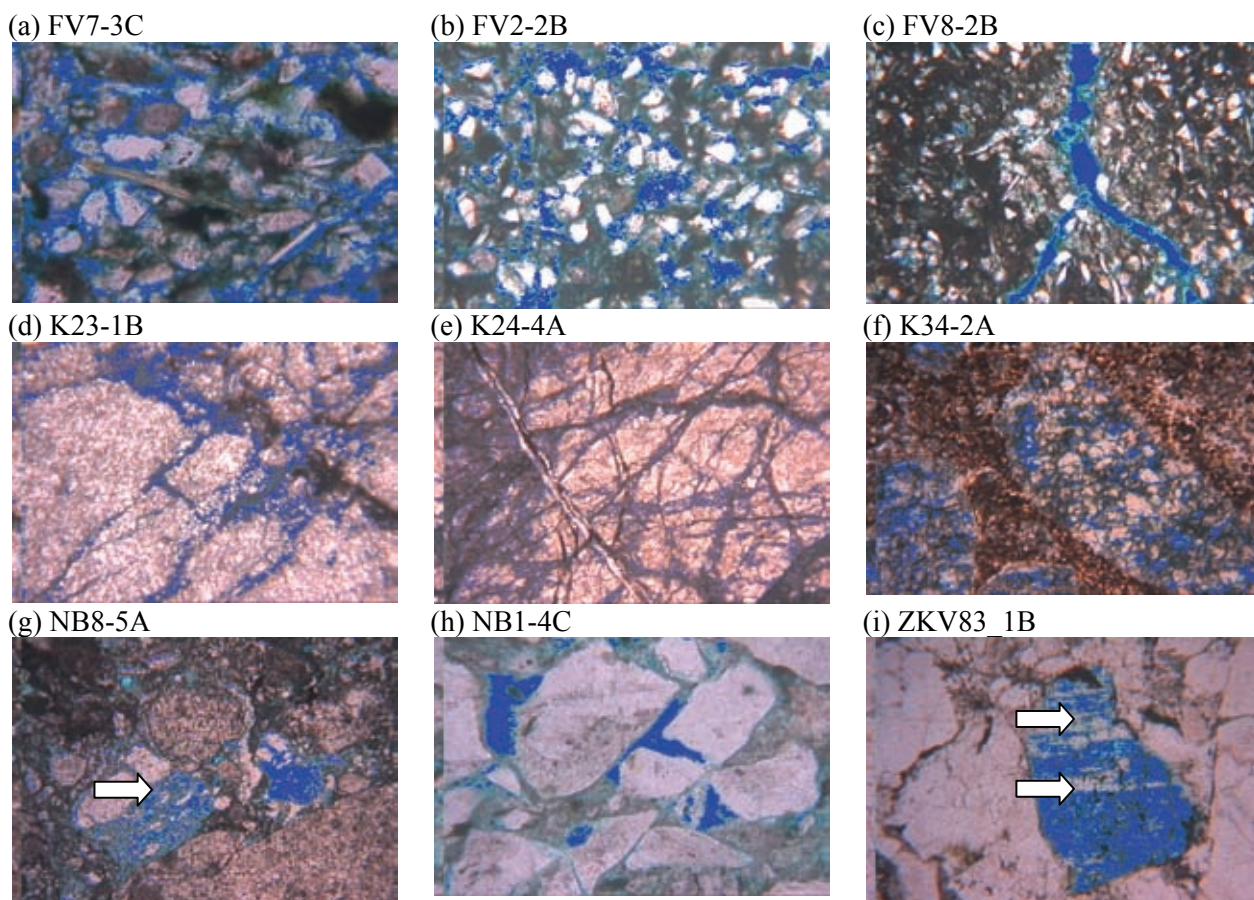
Z výsledkov štúdia optickej pórovitosti v sedimentárnych horninách výplne sedimentárnych paniev doma i v zahraničí vyplynulo, že najkvalitnejšie kolektory na zachytávanie ropy a zemného plynu predstavujú klastické sedimentárne horniny (vytriedené pieskovce, zlepenice a brekcie) a karbonáty (napr. Scholle, 1979) – predovšetkým dolomity a kryštalické vápence. Vo všetkých spomínaných sedimentárnych horninách má dominantné zastúpenie primárna redukovaná

intergranulárna pórovitosť (t.j. pórovitosť distribuovaná po obvodě a na kontaktoch klastických úlomkov), intragranulárno-intrakryštalická pórovitosť (t.j. pórovitosť distribuovaná v klastických úlomkoch sedimentárnych hornín pozdĺž, resp. v rámci plôch kryštálovej štruktúry minerálov – hlavne u kryštalických vápencov a dolomitov). Významný podiel na primárnej redukovanej pórovitosti sedimentárnych hornín môže mať aj tzv. puklinová pórovitosť, ktorá vo väčšine prípadov predstavuje rozhranie medzi primárnou redukovanou pórovitosťou a sekundárnou pórovitosťou – a ktorá vzniká predovšetkým v rámci pôsobenia napäťového poľa v sedimentárnych panvách a pôsobenia rôznych vertikálnych a horizontálnych pohybov doprevádzajúcich vývoj týchto paniev. V niektorých prípadoch vzoriek sú evidentné kategórie sekundárnej pórovitosti vyvinuté v nestabilných horninotvorných mineráloch (hlavne plagioklasoch), vzniknuté v dvoch kontrastných módoch: (a) za remobilizácie a odnosu Ca, Si, a Al zo štruktúry minerálov a vzniku sekundárnych kavít (dutín), (b) za transformácie produktov rozpúšťania do nových minerálnych fáz (hlavne kaolinitu, sekundárneho kalcitu a kremeňa) vyzrážaných „in-situ“.

Príklady redukovanej primárnej intergranulárnej, ako aj intragranulárno-intrakryštalickej a puklinovej pórovitosti, vrátane sekundárnej pórovitosti z vybraných sedimentárnych hornín ZK uvádza fotodokumentácia na obrázku 1. Dôsledky vyplývajúce z poznatkov štúdia pórovej siete v sedimentárnych horninách ZK v pedológii možno zhrnúť do nasledovných bodov:

- Vysoký obsah skeletu v pôdnych horizontoch môže výrazným spôsobom ovplyvniť celkovú ako aj efektívnu pórovitosť pôd – hlavne v prípadoch, kedy skelet bude zastúpený úlomkami klastických a chemogénnych sedimentárnych hornín. Táto skutočnosť sa menovite dotýka skeletu, u ktorého dominantným druhom pórovitosti je redukovanú primárna inter-/intragranulárna pórovitosť vyskytujúca sa na rozhraní skeletu a jemnozeme, resp. v samotnom skelete pôd. Puklinová a planárna pórovitosť bude pravdepodobne hlavným druhom pórovitosti u skeletu zloženého z úlomkov magmatických a sedimentárnych hornín – v tomto prípade je však potrebné uskutočniť prvé merania optickej pórovitosti
- Vysoká skeletnatosť pôdnych horizontov sama o sebe predstavuje významný potenciál na zachovanie primárnej pórovitosti svahovín, resp. pôd na nich vyvinutých, nakoľko skelet v tomto prípade reprezentuje tzv. opornú kostru pôdnej štruktúry, ktorá v závislosti od obsahu skeletu, jeho veľkosti a usporiadania môže zásadne napomôcť pri uchovaní primárnej pórovitosti svahovín, resp. pôdy. V tomto prípade možno na základe analógie so sedimentárnymi horninami konštatovať, že takáto funkcia skeletu sa bude uplatňovať tým viac, čím viac sa bude usporiadanie skeletu blížiť charakteru tzv. podpornej dotykovej štruktúry sedimentov.
- Na celkovej pórovitosti svahovín a pôd sa môže v značnej miere podieľať aj sekundárna pórovitosť. Takáto možnosť vyplýva z povahy pórových („pôdnych“) roztokov cirkulujúcich v tomto prostredí, ktoré sú bikarbonátovej povahy a meteorického zloženia (Bjørlykke, 1984). U takýchto roztokov podľa Surdama et al. (1989) dochádza so zvyšovaním  $pCO_2$  k posunu pH roztokov do oblasti s nižšími hodnotami, čo vedie k zvyšovaniu rozpustnosti karbonátov a k ich mobilizácii zo systému. Pri tomto procese dochádza aj k vzniku sekundárnych alumosilikátov v dôsledku hydrolytických reakcií medzi roztokmi kyslého zloženia a skeletom (vedúcich k alterácii skeletu). Pôsobenie tohto fenoménu popísal na príklade štúdia procesov zvetrávania skeletu v pôdach napr. Ugolini et al., (1996) a Corti et al., (1998). Agnelli et al. (2000) navyše zdokumentovali aj ďalší fenomén kontrolujúci vznik sekundárnej pórovitosti v skelete pôd – aktivitu humínových kyselín (HAs) a fulvokyselín (FAs) pri tomto procese, čím sa potvrdila prakticky úplná analógia medzi procesmi riadiacimi vývoj sekundárnej pórovitosti v sedimentárnych horninách v podmienkach tzv. ropného okna na strane jednej a pôdach s vysokým obsahom skeletu na strane druhej.
- Celkový obsah skeletu, jeho petrografické zloženie a štruktúrne usporiadanie v svahovinách a v pôde môžu v zásadnej miere ovplyvniť celkovú pórovitosť pôd – a teda aj ich hydrologické parametre.

Obr. 1 *Prehľad druhov efektívnej pórovitosti (modrá farba) zdokumentovaných v sedimentárnych horninách ZK*



**Vysvetlivky:**

Vzorky prachovcov až pieskocov (vzorky a, b, c, h, i), zlepcov (g) a karbonátoch (d, e, f). Vo vzorkách a, b, h) je viditeľná dobre vyvinutá redukovaná primárna pórovitosť sedimentov reprezentovaná interkryštalickou pórovitosťou na kontakte úlomkov kremeňa a živcov s primárnou matrix. Vo vzorke c) je zrejماً puklinová pórovitosť, kým u vzoriek d), e) je nositeľom pórovitosti intragranulárna puklinová pórovitosť prechádzajúca u vzorky f) do klasickej intrakryštalickej pórovitosti. U vzoriek g) a i) je naopak dobre viditeľná sekundárna pórovitosť vyvinutá v plagioklasoch s čiastočným obsahom poronekrotických produktov (kaolinitu a I/S) predstavujúcich produkt „in-situ“ alterácie primárneho horninotvorného minerálu (šípka)

Zdroj: interná dokumentácia autora

Vplyv pórovitosti vyvinutej v skelete pôd a svahovín, ako aj vplyv samotného usporiadania skeletu v pôde na migráciu pôdnych roztokov (a extrapolovane aj vody v pôde) možno ilustrovať na príklade analógie s typmi pórovej siete rezervoárových hornín (Wardlaw, 1984). Podľa dnes už klasickej práce tohto autora transport roztokov v sedimentárnych horninách je kontrolovaný:

- a) pomermi  $R/r$  („pore-to-throat ratio“, t.j. pomermi veľkosti pórového priestoru a veľkosti pórového prahu),
- b) stupňom koordinácie pórových prahov vzhľadom k pórovým priestorom („throat-to-pore coordination ratio“)
- c) typom pórovitosti a stupňom heterogenity pórovej siete.

Vplyv vyššie spomínaných faktorov na transport kvapalného média v pórovej sieti možno stručne zhrnúť do nasledovných axiém:

- ak pomer  $R/r$  je príliš vysoký, a teda pórový prah má extrémne nízky polomer vzhľadom k polomeru samotného póru, potom po zmáčaní sedimentárnej horniny vodou dochádza k jej vzlianiu po stenách pórovej siete vo forme tenkého filmu, pričom zvyšný pórový objem zostáva vyplnený nezmáčavou látkou (napr. vzduchom). Ak je pórová sieť naopak reprezentovaná systémom pórových vedení rúrkovitého tvaru (t.j. polomer pórových priestorov  $R$  sa

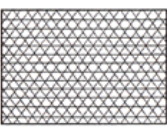
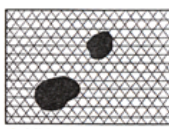
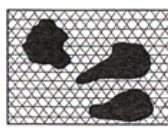
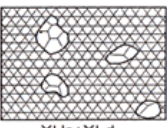
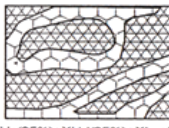
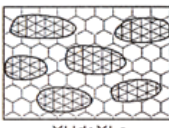

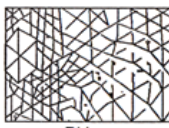
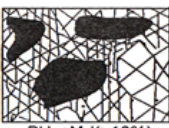




limitne blíži k veľkosti pórových prahov  $r$ ), potom takáto geometria pórovej siete zabezpečuje jej vysokú permeabilitu.

- koordinačné číslo sa v zmysle Wardlaw (1984) pohybuje v rozsahu tetragonálneho až kubického usporiadania a v sedimentárnych horninách je toto číslo determinované stupňom vytriedenia detritického materiálu a intenzitou fyzikálnej (mechanickej) kompaktácie. So zvyšovaním koordinačného čísla dochádza k nárastu permeability pórovej siete, pričom toto konštatovanie platí tak pre pórovú sieť zloženú z pórových prahov tubusovitého tvaru, ako aj pre pórovú sieť zloženú z pórových prahov rôznej veľkosti a tvaru.
- permeabilita sedimentu závisí aj od typu a izotropnosti distribúcie pórov v sedimentoch – pričom najvyššia permeabilita sa dosahuje u vzoriek s dobre vyvinutou interkryštalickou až intragranulárnou pórovitosťou, ktorá v samotnej štruktúre vzorky nie je alternovaná pórovými typmi iného typu.

Implikácie vyššie uvedených faktov na permeabilitu pôd s vysokým obsahom skeletu možno stručne a v zjednodušenej forme vyjadriť pomocou obr. 2 a nasledovných tvrdení:

- pórová sieť pôd je funkciou pôdneho druhu, pričom u minerálnych pôd možno očakávať nárast kvality pórovej siete hlavne smerom k ľahkým pôdam, predovšetkým lp a lh pôdam
- pórová sieť vyvinutá vo fragmentoch skeletu pôd predstavuje vždy výrazný prvok heterogenity – vzhľadom na pórovú sieť okolitej jemnozeme. K zahladzovaniu rozdielov medzi pórovou sieťou skeletu a jemnozemia dochádza so zvyšovaním celkovej hodnoty efektívnej pórovitosti v skelete, ako aj so zvyšovaním podielov interkryštalickej a intragranulárnej pórovitosti v skelete
- s procesom pôdotvorby, a teda diagenézou pôd s obsahom skeletu môže postupne dochádzať k čiastočnej homogenizácii medzi pórovou sieťou jemnozeme a pórovou sieťou skeletu – a to predovšetkým v dôsledku vzájomného spolupôsobenia porogenetických a poronekrotických procesov na rozhraní skelet-jemnozeme
- najkvalitnejšia pórová sieť (s najväčšou permeabilitou) pôd s vysokým obsahom skeletu môže teoreticky zodpovedať kolektorským sedimentom typu B, série 2 – 3 v zmysle Wardlaw (1984), kde regióny pórovej siete piesčitej zeminy tvoriace tzv. okolitú matrix skeletu predstavujú kontinuálnu pórovú sieť s vysokou hodnotou koordinačného čísla, v ktorej „pláva“ skeletová frakcia s diskontinuálnou interkryštalickou/intragranulárnou pórovitosťou s nižšou hodnotou koordinačného čísla pórovej siete (napr. skelet zložený z diageneticky rekryštalizovaných karbonátov a dolomitov).

Obr. 2 Klasifikácia najvýznamnejších kategórií pórových sietí zaznamenaných v rezervoárových horninách sedimentárnych paniev (Wardlaw, 1984)

	A	B	C	D	E
EFEKTIVITA VÝTAŽNOSTI	55%	45%	35%	30%	15%
SÉRIA 1	 XHc	 XHc+Md (5-9%)	 XHc+Md (>10%)		
SÉRIA 2	 XHc+XLd	 XHc(25%)+XHd(25%)+XLc+XLd		 XHd+XLc	 XLc+Md (>10%)
SÉRIA 3		 PHc		 PHc+Md (>10%)	
					c=kontinuálna pórová sieť d=diskontinuálna pórová sieť

Z poznatkov sedimentárnej petrológie vyplýva pre oblasť transportu vody (kvapalín) v pôdach ďalšie závažné zistenie – pórové charakteristiky sú objektom permanentnej modifikácie a transformácie. Pórové priestory s obsahom pôdneho vzduchu, pôdnej vody a mikroorganizmov majú absolútny význam z pohľadu riadenia pôdotvorných procesov, nakoľko všetky reakcie pôdotvorby sa spúšťajú na rozhraní pórový priestor – pevná fáza. V prípade, že na týchto procesoch sa zúčastňuje aj pórová sieť skeletového materiálu, potom tento význam ešte narastá, a to hlavne v dôsledku pôsobenia geochemických gradientov medzi zeminou a skeletom. V prípade sedimentárnych hornín túto skutočnosť popísal Bebej et al. (1998) na príklade vývoja porogenetických a poronekrotických procesov v sedimentoch hornonitrianskej panvy. V pedológii takúto možnosť potvrdil Kohler et. al (2001), ktorý zdokumentovali úlohu skeletu zloženého z metamorfovaných hornín ako dominantného zdroja bázičných kationov (Mg a Ca) pôd na lokalite Conventwald (SRN), kde viac ako 80 % vymeniteľných bázičných kationov vo vzorkách pôd v prirodzenom uložení podľa zistení autora pochádza zo skeletového materiálu.

## ZÁVER

Z výsledkov vyplýva, že prostredníctvom aplikácie poznatkov sedimentárnej petrológie do oblasti pedológie možno významným spôsobom prispieť k pochopeniu úlohy skeletu na procesoch pôdotvorby, prúdenia kvapalín v pôdach a pod. Z poznatkov diskutovaných v tomto príspevku je zrejmé, že skelet pôd nepredstavuje „inertný“ materiál pôd, ale naopak predstavuje dôležitý interný komponent pôd, s ktorým je potrebné rátať pri štúdiu akýchkoľvek vlastností pôd. V plnej miere sa potvrdilo konštatovanie Šályho (1986) o tom, že mineralogicko-petrografické rozbor skeletu musia byť zaradené do základného repertoáru pôdoznaleckých analýz a že prostredníctvom takýchto analýz a zhodnotení možno očakávať v blízkej budúcnosti mnohé prekvapujúce zistenia. Toto konštatovanie má mimoriadny význam hlavne pre lesné pôdy SR, s obrovskou variáciou a pestrosťou v zložení skeletu a v jeho objemovom zastúpení v jednotlivých horizontoch lesných pôd. Integrované štúdium pôd (t.j. jemnozeme vrátane skeletu) môže mať svoje závažné implikácie a pre oceňovanie hodnoty lesných pôd, pri oceňovaní prírodných hazardov na týchto pôdach a pod. – nakoľko skeletnosť lesných pôd môže byť významným nositeľom „pridanej hodnoty“ týchto pôd – z pohľadu pôsobenia globálnych environmentálnych fenoménov (klimatickej zmeny, acidifikácie a pod.), vedúcich k narúšaniu hydrologického obehu a kolobehu nutričných prvkov v prírode.

*Podakovanie: Predložená práca bola finančne podporená z prostriedkov grantovej agentúry MŠ SR a SAV VEGA projektov č. 1/2383/05 a 1/0635/03.*

## LITERATÚRA

- Agnelli, A., Celi, L., Degl'Innocenti, A., Corti, G., Ugolini, F. C., 2000: Chemical and spectroscopic characterization of the humic substances from sandstone-derived rock fragments. *Soil Science*. 165(4): 314-327.
- Bebej, J., Ostrolucký, O., Soták, J., Spišiak, J., 1995: Aktuálne trendy štúdia kolektorov – využitie metód farebnej porozimetrie pri interpretácii sekundárnej poórozity. *Zemný plyn a nafta*, 39, (3), s. 179-185.
- Bebej, J., Vass, D., Elečko, M., Biroň, A., Pitoňák, P., 1998: Diagenéza a porogenéza v pieskovcoch hutianskeho súvrstvia Hornonitrianskej kotliny (vrt Š-1 NB-III). *Regionálna geológia Západných Karpát*, 30, GS SR, Bratislava, s. 63-76.
- Bjørlykke, K., 1984: Formation of secondary porosity: How important is it? *AAPG Memoir* 37, Part 2: Aspects of porosity modification, pp. 277-286.
- Corti, G., Ugolini, F.C., Agnelli, A., 1998: Classing the soil skeleton (greater than two millimeters): proposed approach and procedure. *Soil Science Society of America Journal*, Vol 62, Issue 6, pp. 1620-1629.
- Kohler, M., Hildebrand, E., von Wilpert, K., 2001: Die Bedeutung des Bodenskeletts als Speicher für kurzfristig verfügbare Nährelemente. Dostupné na internete: [http://www.bodenkunde.unifreiburg.de/english/projects/kohler\\_alt.html](http://www.bodenkunde.unifreiburg.de/english/projects/kohler_alt.html).
- Scholle, P.A., 1979: Constituents, textures, cements, and porosities of sandstones and associated rocks. *AAPG Memoirs* 28, Tulsa, 201 p.

- Surdam, R.C., Mac Gowan, D.B., Dunn, T.L., 1989: Diagenetic pathways of sandstone and shale sequences. *Contrib. Geol.*, University Wyoming, 27, (1), pp. 21-31.
- Šály, R., 1986: Svahoviny a pôdy Západných Karpát. Veda. Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 200 s.
- Ugolini, F. C., Corti, G., Agnelli, A., Piccardi, F., 1996: Mineralogical, physical, and chemical properties of rock fragments in soil. *Soil Science*. 161(8): 521-542.
- Wardlaw, N.C., 1984: Pore systems in carbonate rocks and their influence on hydrocarbon recovery efficiency. In: D. Bebout et al. (Eds.): *Geology of Carbonate Porosity*. AAPG Educ. Course Note Series 11, Tulsa, E1 – E24.

# ROZDIELY V ŠTRUKTÚRE ANTROPOGÉNNYCH PÔD VIDIECKYCH A MESTSKÝCH SÍDIEL

## Differentiation in anthropogenic soils structure of rural and urban settlements

Zoltán BEDRNA

*Katedra pedológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského, Mlynská dolina,  
842 15 Bratislava, SR*

### Abstrakt

Na príklade mesta a dediny sa prezentujú rozdiely v štruktúre pôdnej prikrývky intravilánov. Na rozdiel od extravilánov, u ktorých majú priority produkčné funkcie pôdy a to tvorby úrod poľnohospodárskych plodín a prírastky dreva lesných drevín, pre pôdy intravilánov to sú neprodukčné, estetické, kumulačné, filtračné, asanačné, tlmivé a iné funkcie pôd. Zatiaľ čo v mestských sídlach prevládajú z antropogénnych pôd antrozeme, vo vidieckych sídlach to sú kultizeme. Značný podiel predstavujú aj prirodzené typy pôd. Intenzita antropizácie je v mestských sídlach oveľa vyššia v porovnaní s vidieckymi sídlami. Týka sa to ako pozitívnej, tak aj negatívnej antropizácie pôdy. Podľa spôsobu využívania antropických pôd je v intravilánoch miest oveľa väčší počet rôznorodých areálov ako vo vidieckych sídlach. Zastavané plochy majú len pochované recentné a reliktné pôdy, ktoré na zakrytej pôdnej mape, podobne ako na geologických mapách kvartéru a predkvartérnych hornín, by sa nemali znázorňovať.

**Kľúčové slová:** antropogénne pôdy, štruktúra sídiel, funkcie pôdy

### Abstract

Differentiation in soil cover structure in intra-villan is presented on example of the town and the village. Unlike from extra-villan, where productive soil functions mainly creation of crop yields and increase of forest wood have priority, for soils of intra-villan they are considered non-productive aesthetic, cumulative, filtration, sanitation, butter and other soil functions. In urban non-productive settlement Anthrosols are prevailing, Cultisols are most dominating in country-side settlements. Large share presents also natural soil types there. Intensity of anthropization in urban areas is much higher comparing in country-sides one. This is referring positive, as well as negative soil anthropization. According to land use of anthropic soils in towns there is recognized much larger amount of different used areas comparing to country-side ones. Sealed areas are considered as buried recent or relict soils and these soils cannot be mapped in accordance with similar geological maps of quaternary at pre-quarterly age.

**Key words:** anthropogenic soils, settlement structure, soil functions

### ÚVOD

Väčší záujem o štúdium pôdnej prikrývky intravilánov mestských a vidieckych sídiel vo svete netrvá viac ako 25 rokov (Billwitz, Breuste 1980, Blume 1982, 1989, Dumanski et al. 1979, Schraps 1987 atď.) Zistilo sa, že okrem značnej plochy prirodzených pôd existujú v intravilánoch aj pôdy výrazne pozmenené ľudskou činnosťou. Tieto skutočnosti doplnené aj o fyzikálne a chemické rozborý pôdných vzoriek sa dokumentujú pre naše podmienky v sídlach: Bratislava, Nitra, Prešov a Modra (Bedrna 2000, Bedrna, Račko, Šurina 1994, Kolény 1995, 2001, Szombathová, Sobocká, Eštok 2004, Tobiášová 2004, Zaujec 2000). Sobocká (2004) opísala aj pôdu cintorína v Dolnom Kubíne. Okrem

typologických problémov charakteristiky pôd sídelných útvarov existujú aj otázky mapovania a využitia pôd intravilánov. Pri mapovaní pôd sme upozornili na skutočnosť (Bedrna, 1995), že vodné plochy, zastavané miesta a výstupy hornín by sa nemali mapovať ako pôda, ale označovať pravým menom príslušného útvaru. Doposiaľ existujú však aj iné názory, o čom svedčí návrh na pôdny typ Ekranolit ako pôda pod asfaltom (Sobocká, 2003). O využívaní pôd intravilánov sa zaujímajú mnohí autori. Čurlík (2004) poukazuje na existenciu tzv. hnedých plôch (brown fields), alebo neúžitkov, ktoré sa nachádzajú pri industriálnych, obchodných alebo poľnohospodárskych podnikoch. To sú plochy, ktorých opätovné pôvodné využitie je znemožnené kontamináciou, utlačením, devastáciou a iným znehodnotením (Bridges, 1987). Na využitie pôd intravilánu Bratislavy poukazujú práce Jaďuďa (2004) a Sobocká, Jaďuďa, Poltárska (2004). Naviac Sobocká (2003) upozorňuje na skutočnosť, že urbánne pôdy sú morfológicky mladé, mikrobiologicky obsahujú veľa patogénov, chemicky majú často zvýšený obsah rizikových látok a prvkov, pričom priority majú neproduktívne funkcie pôdy, ako je tlmivosť, asanačná schopnosť, akumulácia vody, atď.

Cieľom našej práce je poukázať na rozdiely v plošnom rozšírení antropogénnych pôd a využití pôd intravilánov obcí a miest na príklade niektorých sídiel na Slovensku.

## MATERIÁL A METODIKA

V práci sa opierame o mapy pôdnych typov a subtypov, ako aj využitia jednotlivých areálov intravilánov niektorých sídiel na Slovensku. Ako príklad dokumentujeme mapy  $M = 1 : 20\,000$  intravilánu Karlovej Vsi (mestská časť Bratislavy IV.) a  $M = 1 : 10\,000$  intravilánu Topoľovca (okres Dunajská Streda). K označeniu pôdnych typov a subtypov a ich skratiek sme použili Morfogenetickú klasifikáciu pôd Slovenska (Kolektív, 2000), zatiaľ čo k názvom využitia jednotlivých areálov sme boli inšpirovaní článkom Jaďuďa (2004). Na pôdnych mapách sme označili vodné plochy skratkou „V“ a zastavané plochy písmenom „U“. K intenzite antropizácie pôd sme použili škálu: 1. žiadna (prírodné subtypy pôd), 2. slabá (kultizemné subtypy pôd), 3. stredná (kultizeme), 4. silná (antrozeme), pričom jednotlivé plochy sa posudzovali podľa prevládajúcich klasifikačných jednotiek. Zastavanosť je podľa Cordsen et al. (1988): 0 – 15 % = nízka, 10 – 50 % mierna, 45 – 75 % = stredná, 70 – 90 % = silná a 85 – 100 % veľmi silná.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### *Vidiecke sídla*

Vidiecke sídla na Slovensku sa vyznačujú jednoduchou štruktúrou intravilánov. Tento tvorí jedna alebo najčastejšie viac ulíc vytvorených predovšetkým z rodinných domov s dvorom a záhradou. Zástavba vo vidieckych sídlach spočíva okrem domov, ciest a chodníkov aj z hospodárskych a administratívnych budov, kostola, školy a niektorých ďalších objektov (domy smútku, tribúny na ihriskách atď.). Pri výstavbe bola vo väčšine prípadov odstránená pôvodná pôda a základy sú postavené na podložnej hornine. Ak v niektorých prípadoch zostali zvyšky pôvodnej pôdy, treba ich považovať za pochované a na mape by sa nemali ako pôdy zobrazovať. Vo väčšine prípadov, ako to vidíme aj z obr.1, na ktorom je intravilán a okolie obce Topoľovec pri Gabčíkove v okrese Dunajská Streda, zastavaná plocha nezaobera viac ako 15 % celkovej plochy územia. V tomto konkrétnom prípade je to 8 % plochy. Podľa Cordsen et al. (1988) je teda zastavanosť územia nízka. Výnimočne len malé lokality (okolie obecného úradu a kostola, hospodárske roľnícke strediská a pod.) majú v rámci obce miernu zastavanosť, ktorá zaberá skoro polovicu záujmovej plochy.

Z hľadiska využitia jednotlivých plôch vo vidieckych sídlach prevládajú záhrady a dvory individuálnej zástavby. Menšou mierou sú zastúpené hospodárske a školské dvory, športové ihriská, výbehy, cintoríny a prieluky medzi domami. V niektorých obciach existujú aj opustené lokality, živelné smetiská, miestne hliniská, pieskoviská a kameňolomy. Nesmieme zabúdať aj na nelesnú vegetáciu, ktorá s miestnymi parkami vytvára plochy na rozhraní medzi prírodnou a antropogénne podmienenou rastlinnou pokrývkou. V menšej miere sú pri vidieckych sídlach vybudované športové, prípadne kúpeľné areály, termálne kúpaliská väčšieho rozsahu, ktoré majú často samostatnú rozlohu aj mimo intravilánov obcí. Podobne tomu je aj s menšími tehelnami, vápenkami, pilami, v súčasnosti už opustenými baňami a inými podnikmi.

Podľa zastúpenia pôdných typov má každý intravilán vidieckeho sídla na rozdiel od extravilánu vyššie zastúpenie antropogénnych pôd. Prevládajú z nich pôdy typu kultizem, ktoré sú bežné v mnohých pridoimových záhradách. Antrozemí je pomenej, pričom tieto sa vyskytujú najmä v pridoimových a hospodárskych dvoroch, menej v záhradách modernejších individuálnych stavieb. Výrazne sú tiež zastúpené rozdielne typy pôd kultizemných subtypov. V menšej miere nechýbajú ani prirodzené typy pôd a to najmä na zamokrených lúkach, v remízach lesíkov a pod. Podľa celkového hodnotenia sú pôdy vidieckych sídiel prevažne stredne antropizované s menším podielom slabo a silne antropizovaných pôd. Vyplýva to z podielu zastúpenia pôd typu antrozem, kultizem, kultizemné subtypy rôznych typov pôd a modálne subtypy prirodzených pôd. Príkladom takéhoto hodnotenia môže byť pôdna mapa intravilánu obce Topoľovec v okrese Dunajská Streda (obr. 2). V intraviláne tejto obce je silne antropizovaných 18 %, stredne 78 % a slabo 14 % pôd.

### ***Mestské sídla***

Mestské sídla na Slovensku majú veľmi rôznorodú štruktúru zastavanosti územia. Niektoré majú charakter väčšej vidieckej obce, s výraznejšie vybudovaným centrom (Modra, Malacky, Senica, Hlohovec, Detva, Liptovský Hrádok, Spišská Nová Ves, Rožňava, Moldava, Michalovce atď.). Sídliská sú tam len sporadické a väčšina zástavby má individuálny charakter. Prevládajúcou je mierna zástavba územia, kedy zastavaná plocha zaberá 10 – 50 % územia. Podobný charakter majú aj niektoré obce, ktoré boli pripojené k väčším mestským sídlam. Ako príklad uvádzame zástavbu časti Bratislavy IV. – Karlovu Ves (obr. 3). V katastri Karlova Ves predstavuje celková zastavaná plocha bez pôdy asi 15 % územia, pričom asi na polovici výmery sú sídliská, kde je táto zastavanosť priemerne až 25 %, s rozpätím 10 – 35 % (Bedrna, 2000). Podľa starších údajov (Bedrna, Račko, Šurina 1994) v časti Bratislavy Lamač predstavovala zastavaná plocha priemerne 23 %, pričom na viac ako polovici územia až 40 – 50 %. Výrazne odlišnú zastavanosť majú centrá väčších miest, kde pod domami, cestami, chodníkmi a parkovacími plochami a inými stavbami je zástavba silná až veľmi silná, s plochami bez stavieb 0 – 30 %. Aj v týchto husto zastavaných priestoroch nachádzame však lokality so strednou zastavanosťou územia, kedy pod stavbami je 45 – 75 % plochy. Betónom a asfaltom pokryté plochy nepovažujeme a nemapujeme ako pôdy.

Z hľadiska využitia jednotlivých plôch v mestských sídlach zaznamenávame oveľa väčší počet rôznorodých areálov v porovnaní s vidieckymi sídlami. Okrem už vymenovaných záhrad a dvorov individuálnej zástavby často dominantným prvkom sú sídliskové plochy nelesnej vegetácie, kvetinné záhony, parky a lesoparky. Novým prvkom sú aj detské ihriská, pieskoviská a zóny oddychu. V mnohých mestách sú vybudované kúpaliská a nemocničné areály. Na okrajoch intravilánov sú pri niektorých mestách vybudované letiská. Mestské sídla majú veľmi často viac priemyselných, obchodných, skladovacích a banských priestorov. Väčšie a početnejšie sú dvory komunálnych podnikov. Mnohé mestské sídla majú v intraviláne alebo na jeho okraji aj záhradkárске osady a kolónie. V porovnaní s vidieckymi sídlami je v mestských sídlach viac rôznorodejších športových areálov, ihrísk, hipodromov a zábavných stredísk.

Z antropogénnych typov pôd prevládajú v mestských sídlach antrozeme. Tak je tomu nielen v hustejšie zastavaných centrách ale aj v pripojených obciach (obr. 4). V katastri Bratislavy je antrozem rozšírená na 12 % plochy, zatiaľ čo kultizem len na 8 % územia. Podobne je tomu aj v Lamači (45 : 31) a Karlovej Vsi (34 : 11). Do intravilánu miest sú často zahrnuté väčšie plochy lesnej, prípadne aj poľnohospodársky využívannej pôdy. Preto tam v porovnaní s vidieckymi sídlami nachádzame rôznorodejší súpis rôznych typov prirodzených, menej antropicky ovplyvnených pôd. Antropizácia pôd je v mestských sídlach intenzívnejšia ako na dedine. Na antropogénnych substrátoch sú antrozeme predovšetkým na sídliskách, ale aj v rôznych športových, parkových a rekreačných areáloch. Výraznejšia je nielen negatívna antropizácia pôd v okolí priemyselných závodov, ale aj pozitívna antropizácia v parkoch a záhradách. V Karlovej Vsi sme zaznamenali silnú antropizáciu na 58 %, strednú na 11 % a slabú až žiadnu na 31 % plochy, zatiaľ čo v Lamači silnú na 57 %, strednú na 21 % a slabú až žiadnu na 22 % plochy. V mestách sa v porovnaní s vidieckymi sídlami výraznejšie znižuje význam produkčnej funkcie pôdy na úkor mimoprodukčných funkcií. Do popredia vystupujú environmentálne vlastnosti pôdy ako je náchylnosť na intoxikáciu, odolnosť voči kompácii, odolnosť až náchylnosť k zamokreniu a pod.

## ZÁVERY

1. Na rozdiel od extravilánov, v ktorých majú priority produkčné funkcie pôd, tvorby úrod poľnohospodárskych plodín a prírastky dreva lesných stromov, pre pôdy intravilánov to sú mimoprodukčné estetické, asanačné, kumulačné, filtračné, tlmivé a iné funkcie pôdy.
2. Zatiaľ čo v mestských sídlach prevládajú z antropizovaných pôd antrozeme, vo vidieckych sídlach to sú kultizeme. Značný podiel predstavujú v intravilánoch aj prirodzené typy pôdy.
3. Intenzita a rozmer antropizácie pôdy je v mestských sídlach oveľa vyššia v porovnaní s vidieckymi sídlami. Týka sa to ako pozitívnej, tak aj negatívnej antropizácie pôd.
4. Podľa spôsobu využívania antropizovaných pôd je v intravilánoch miest oveľa väčší počet rôznorodejších areálov ako vo vidieckych sídlach.
5. Zastavané plochy majú len pochované recentné alebo reliktné typy pôd, ktoré na zakrytej pôdnej mape, podobne ako na geologických mapách kvartéru, by sa nemali znázorňovať.

*Podakovanie: Príspevok vďaka svojmu vzniku grantovému projektu VEGA 1/2339/05.*

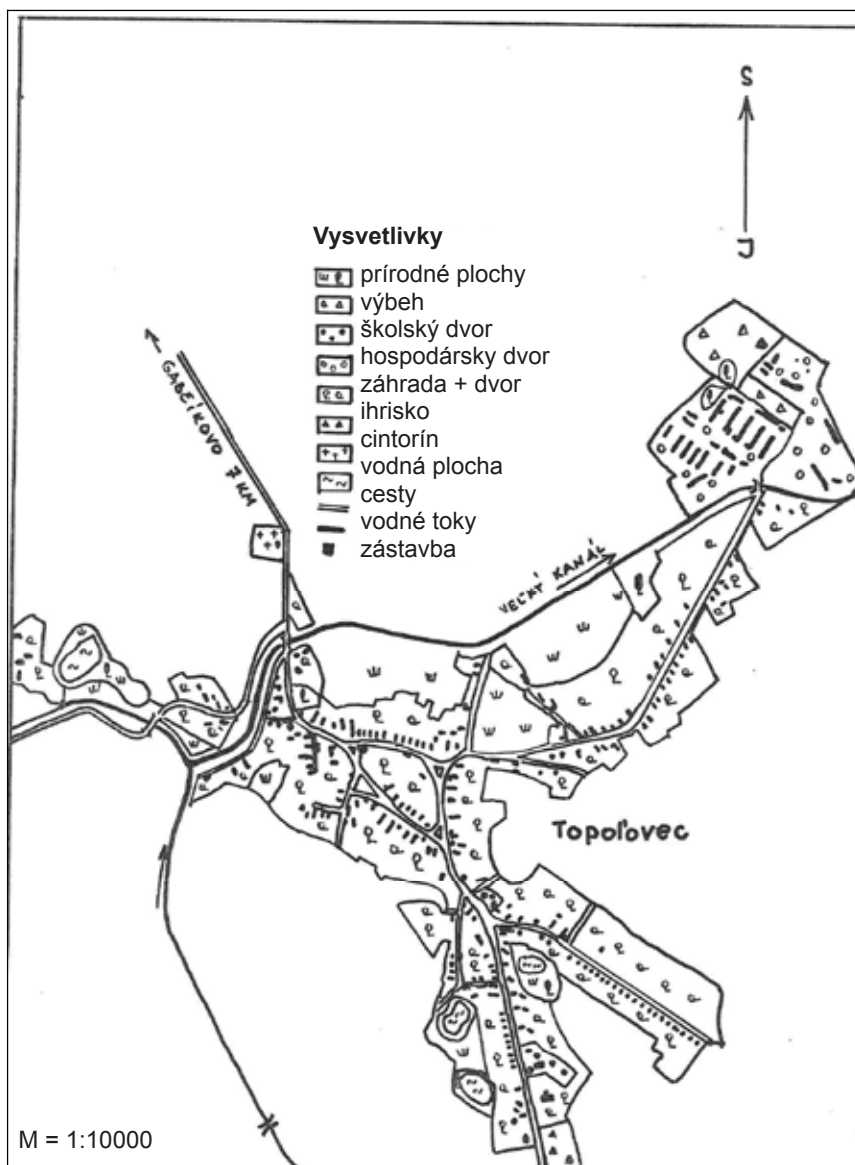
## LITERATÚRA

- Bedrna, Z., 1995: Príspevok ku klasifikácii a mapovaniu pôd pozmenených antropogénnou činnosťou. Geografický časopis, 47, č. 2, s. 119 – 129.
- Bedrna, Z., 2000: Aberácia pôd antropizáciou v Karlovej Vsi (Bratislava). In: Antropizácia pôd V. VÚPOP Bratislava, PriF UK Bratislava, s. 16 – 20.
- Bedrna, Z., Račko, J., Šurina, B., 1994: Príspevok k výskumu pôd Bratislavy. Geografický časopis 46, č. 3, s. 307 – 318.
- Billwitz, K., Breuste, J., 1980: Anthropogene Bodenveränderung im Stadtgebiet von Halle/Saale. Wissenschaftliche Zeitschrift 33, pp. 25 – 43.
- Blume, H.- P., 1982: Boden den Verdichtungsraumes Berlin. Mitteilungen Deutschen Bodenkundliche Gesellschaft 33, pp. 269 – 280.
- Blume, H.- P., 1989: Classification of soils in urban agglomerations. Catena 16, pp. 269 – 275.
- Bridges, E.M., 1987: Surveying derelict land. Oxford Science. Publication clarendon press. Oxford, 135 p.
- Cordsen, J. et al., 1988: Bodenkarte 1:20 000 Stadt Kiel und Umland. Mitteilungen Deutschen Bodenkundliche Gesellschaft 61, pp. 333 – 338.
- Čurlík, J., 2004: New brown fields (and derelict land) in Slovakia. In: Soil Anthropization VIII VÚPOP PriF UK Bratislava, pp. 46 – 52.
- Dumanski, J., Marschall, J.B., Hoffmann, E. C., 1979: A study of the Ottawa urban fringe, Canada. Canadian Journal of Soil Science 59, pp. 363 – 390.
- Jad'ud'a, M., 2004: Urbánne pôdy v Bratislave a ich vplyv na životné prostredie. Životné prostredie 38, č. 6, s. 310 – 313.
- Kolektív, 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. VÚPOP Bratislava, 76 s.
- Kolény, M., 1995: Príspevok k poznaniu antropogénnych pôd Modry. In: Antropizácia pôdy. PriF UK Bratislava, s. 33 – 41.
- Kolény, M., 2001: Anthropogenic Soils of Modra Town. In: Proceedings Soil Anthropization VI. VÚPOP, PriF UK Bratislava, s. 102 – 105.
- Schraps, W. C., 1987: Bodenkartierung städtlicher Freiflächer. Mitteilungen Deutschen Bodenkundliche Gesellschaft 53, pp. 269 – 274.
- Siem, H.K. et al., 1987: Klassifizierung von Böden im Stadtgebiet Kiel. Mitteilungen Deutschen Bodenkundliche Gesellschaft 55, pp. 831 – 836.
- Sobocká, J., 2003: Urban Soils vs Anthropogenic Soils, their Characteristics and Functions. Phytopedon 2, N 2, pp. 76 – 80.
- Sobocká, J., 2004: Necrosol as a new anthropogenic soil type. In: Soil Anthropization VIII. VÚPOP, PriF UK Bratislava, 107 – 113.
- Sobocká, J., Jad'ud'a, M., Poltárska, K., 2004: Urban soils of the city Bratislava and their environment. In: Soil Anthropization VIII. VÚPOP, PriF UK Bratislava, pp. 53 – 61.
- Szombathová, N., Sobocká, J., Eštok, M., 2004: Urban soils of some location in Nitra town. In: Soil Anthropization VIII. VÚPOP, PriF UK Bratislava, pp. 114 – 120.

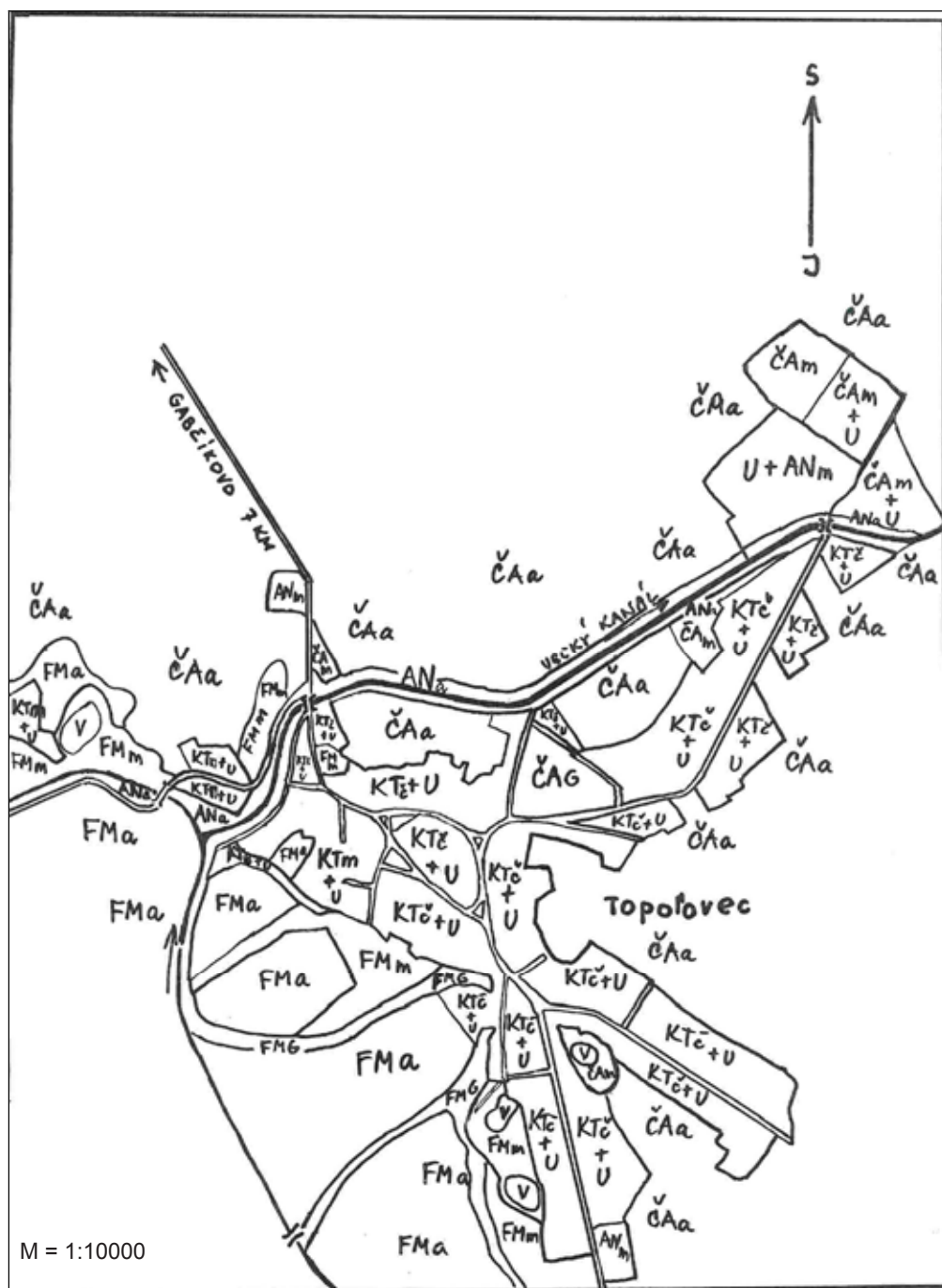
Tobiášová, M., 2004: Specific problems of urban soils research in the area of Prešov. In: Soil Anthropization VIII. VÚPOP, PriF UK Bratislava, pp. 121 – 125.

Zaujec, A., 2000: Vybrané vlastnosti urbánnych pôd v Nitre. In: Antropizácia pôd V. VÚPOP, Pri F UK Bratislava, s. 74 – 78.

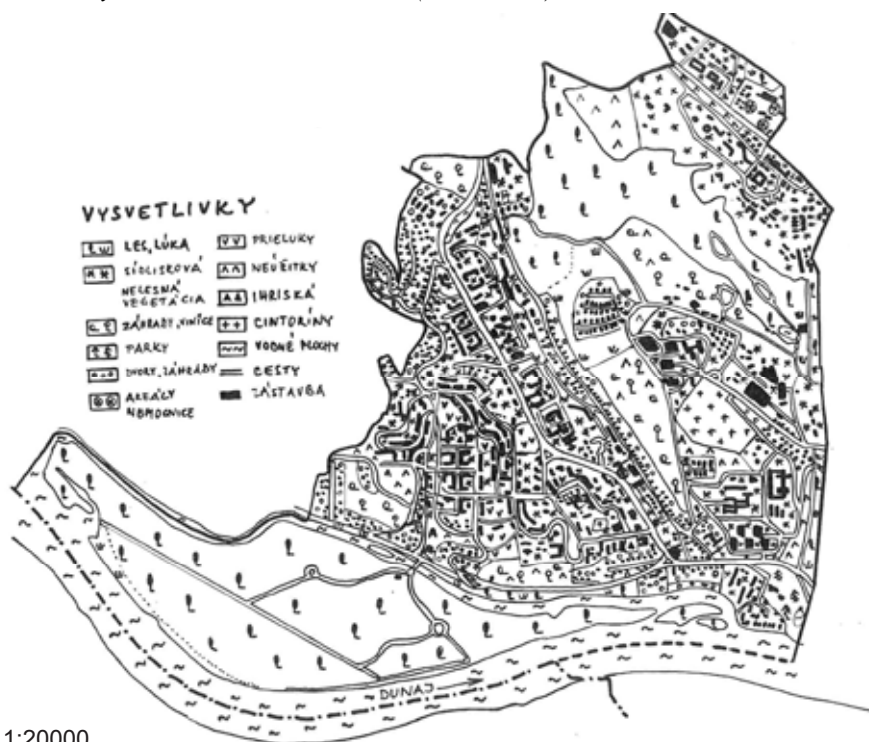
Obr. 1 *Areály intravilánu obce Topoľovec*



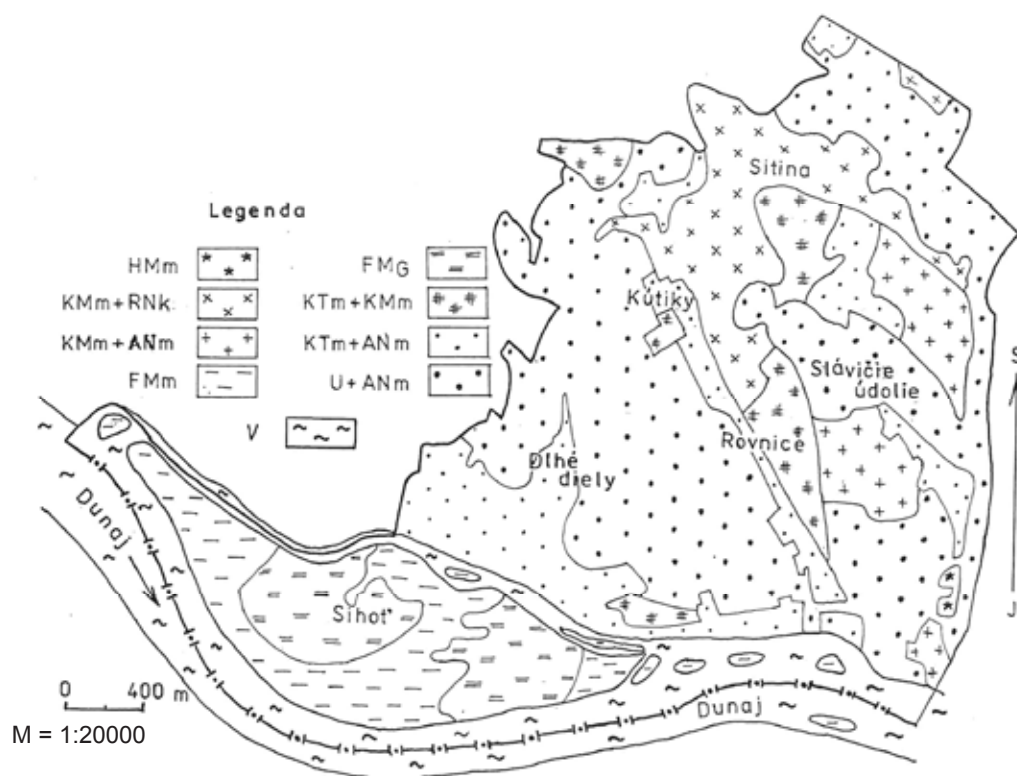
Obr. 2 Mapa pôdnych typov a subtypov, Topoľovec (okr. Dunajská Streda)



Obr. 3 *Areály intravilánu Karlova Ves (Bratislava)*



Obr. 4 *Mapa pôdnych typov a subtypov Karlova Ves (Bratislava)*



# PÔDNE POMERY LUŽNÝCH LESOV PIENINSKÉHO NÁRODNÉHO PARKU

## Soil conditions of flood-plain forests of Pieniny National Park

Blažena BENČAŤOVÁ<sup>1</sup>, Jaroslav KONTRIŠ<sup>1</sup>, Juraj GREGOR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra fytoľógie, Lesnícka fakulta, Technická univerzita, T.G. Masaryka 24,  
960 53 Zvolen, SR

[bbencat@vsld.tuzvo.sk](mailto:bbencat@vsld.tuzvo.sk), [jkontris@vsld.tuzvo.sk](mailto:jkontris@vsld.tuzvo.sk)

<sup>2</sup> Katedra lesného prostredia, Lesnícka fakulta, Technická univerzita, T.G. Masaryka 24,  
960 53 Zvolen, SR

### Abstrakt

Práca podáva stručný opis stanovištných podmienok lužných lesov Pieninského národného parku. Prináša primárne údaje o rozšírení spoločenstiev lužných lesov v danom území aj s pôdnymi charakteristikami. Boli opísané nasledovné asociácie a pôdne typy: *Alnetum incanae* Lúdi 1921 – pôdny fluvizem modálna karbonátová, fluvizem glejová; *Coryleto-Alnetum* Jurko 1961 – pôdny typ kambizem pseudoglejová; *Salicetum incano-purpureae* Sillinger 1933 – pôdny typ fluvizem modálna; *Agrostio-Salicetum purpureae* Jurko 1964 – pôdny typ fluvizem glejová karbonátová; *Chaerophyllo hirsuti-Salicetum fragilis* Müller et Görs 1958 – pôdny typ fluvizem glejová (nasýtená).

**Kľúčové slová:** lesné spoločenstvo, lužný les, Pieniny, fluvizem

### Abstract

The paper presents a short description of site conditions in flood-plain forests of Pieniny National Park. It brings the primary information about the extension of these communities in this area and also about their soil characteristics. There were described the following associations and soil types: *Alnetum incanae* Lúdi 1921 – soil type Calcaric Fluvisols, gleyic Eutric Fluvisols; *Coryleto-Alnetum* Jurko 1961 – soil type Stagni-Eutric Cambisols; *Salicetum incano-purpureae* Sillinger 1933 – soil type Eutric Fluvisols; *Agrostio-Salicetum purpureae* Jurko 1964 – soil type gleyic Calcaric Fluvisols; *Chaerophyllo hirsuti-Salicetum fragilis* Müller et Görs 1958 – soil type gleyic Eutric Fluvisols.

**Key words:** forest community, flood-plain forest, Pieniny, Fluvisol

### ÚVOD

V rámci viacročného geobotanického výskumu lesných spoločenstiev Pieninského národného parku sme sa zamerali aj na mapovanie lesných a krovínových spoločenstiev na aluviálnych nivách a podmáčaných biotopoch. Z Pieninského národného parku nie sú doteraz žiadne literárne údaje o výskyte a rozšírení lužných lesov ako aj o ich pôdnych podmienkach. Zatiaľ publikované práce o pôdach sú len prehľadom so všeobecným charakterom a sú zamerané najmä na lesné spoločenstvá územia (Karniš et al., 1970; Šály, 1992).

Spoločenstvá lužných lesov Pieninského národného parku majú v porovnaní s ostatnými lesnými spoločenstvami nepatrnú rozlohu. Tento stav úzko súvisí s poľnohospodárskou kolonizáciou a s osídlením, ktoré je viazané len na aluviálne nivy. Pozostatky lužných lesov sú vo forme rôzne širokých pásov a malých súvislých plôch vyvinuté prevažne v aluviálnej nive Dunajca (ass. *Salicetum incano-purpureae*, *Alnetum incanae*, *Agrostio-Salicetum purpureae* a *Chaerophyllo hirsuti-Salicetum fragilis*). Rozsiahlejšie porasty sa nachádzajú na náplavách sútoku Dunajca s Jordancom a v prvom úseku Prielomu Dunajca. V nivách ostatných vodných tokov sú to typické úzke pásy brehových porastov s dominanciou *Salix fragilis* a ruderalizovaným bylinným poschodím. V mŕtvych ramenách

a mŕtvych mokradiach sú to krovinové porasty so *Salix cinerea*. Na podmáčaných prolúviálnych a deluviálnych zosunoch sa vyskytujú svahové jelšiny (as. *Coryleto-Alnetum incanae*). Pôdami na takýchto stanovištiach sú fluvizeme a gleje, ktoré majú takisto v území malú rozlohu (Šály, 1992). Zastúpenie fluvizemí v území je častejšie, gleje sa viažu na terénne úžľabiny a na okraje nív.

## MATERIÁL A METÓDY

Výskum fytoocenóz lužných lesov sme robili v rokoch 1999 – 2001. Pri terénnom výskume a syntéze vegetácie sme postupovali podľa metód züriško-montpelierskej školy a použili sme 7 – člennú stupnicu abundancie a dominancie (Braun-Blanquet, 1964). Názvy syntaxónov uvádzame podľa práce Mucina & Maglocký (1985).

Na stanovenie pôdných pomerov sme v analyzovaných spoločenstvách vykopali 6 pôdných sond. Stratigraficko-morfologické znaky pôdy sme opisovali podľa vizuálneho pozorovania pôdneho profilu. Chemicko-fyzikálne vlastnosti boli urobené podľa metódy Hraško et al. (1962). Zisťovali sa hodnoty nasledovných charakteristík:

- $pH_{H_2O}$  a  $pH_{KCl}$  – potenciometricky na vodnej a soľnej suspenzii (KCl) pri pomere vody, resp. soli k zemine 1:2,5;
- zrnitosť – pipetovacou metódou;
- $C_{OX}$  – množstvo oxidovateľného uhlíka oxidimetricky podľa Ľurina;
- humus – prepočtom z  $C_{OX}$
- Kp – pre rastliny prístupnú formu K vo výluhu  $CaCl_2$  (0,1 roztok a pH 5,7);
- Pr – pre rastliny prístupnú formu P podľa Bray-Kurtra;
- niektoré živiny (Na, K, Mg, Ca) sa stanovili vo výluhu EDTA (extrakt 0,1 M roztok EDTA s pH 4,5).

Pôdne typy uvádzame podľa práce Kolektív (2000): Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska.

### Charakteristika územia

Pieninský národný park (31,50 km<sup>2</sup>) je tvorený systémom nesúvislých bradiel rozmiestnených v úzkom páse ležiacom v depresii Dunajca. Z geologického hľadiska ide o haligovskú jednotku, bradlové pásmo, z časti je zastúpený aj vnútrokarpatský paleogén a kvartér. Materskou horninou pôd sú zvetraliny rôznych vápencov, ílovcov, pieskovcov a v menšom množstve aj sprašové hliny. Nižšie položené časti s nadmorskými výškami do 800 m možno zaradiť do mierne teplej klimatickej oblasti so studenou zimou, ostatné územie charakterizuje chladná klimatická oblasť. Prevládajúcim pôdnym typom sú kambizeme, vysoké zastúpenie majú tiež rendziny a lokálne sú zastúpené luvizeme, fluvizeme a gleje.

Z lesných spoločenstiev sa tu vyskytujú spoločenstvá podzväzov *Eu-Fagenion*, *Cephalanthero-Fagenion*, zväzov *Tilio-Acerion*, *Erico-Pinion* a spoločenstvá sekundárnych smrekových a borovicových lesov. Rôznorodosť vegetácie nie je podmienená iba prírodnými pomermi, ale aj tým, že toto územie nebolo v pliestocéne zaľadené.

## VÝSLEDKY DISKUSIA

### Asociácia *Alnetum incanae* Lúdi 1921

Asociácia *Alnetum incanae* osídľuje v Pieninách štrkovo-piesočnaté lavice, náplavové kužele a nízke stupne prvej riečnej terasy v nadmorskej výške 460 – 500 m. Stanovištia, najmä v Prielome Dunajca sú modelované prívalovými vodami najmä v jarných mesiacoch.

Pôdy patria typologicky buď k fluvizemiam modálnym (sonda č. 129) alebo k fluvizemiam glejovým (sonda č. 126). Oba pôdne typy majú neutrálnu až mierne zásaditú pôdnu reakciu (7,4 – 7,6). Fluvizem modálna patrí podľa zrnitostného zloženia k pôdnym druhom piesočnato-hlinito-ílovitým až piesočnato-ílovitým, fluvizem glejová k piesočnato-ílovitým až ílovitým pôdam. Zásoba humusu je viac-menej v oboch pôdných typoch vyrovnaná, len fluvizem modálna má v Ao-horizonte takmer dvojnásobný obsah humusu. Obsah humusu v pôdnom profile je spravidla v nižších horizontoch menší, len oxidačno-redukčné horizonty a horizonty pochované majú o 1 až 2 % vyššie zásoby humusu ako horizonty nachádzajúce sa bezprostredne nad nimi. To v podstate platí aj pre jedno

a dvojmocné katióny. Glejový subtyp má o jednu tretinu vyšší podiel katiónov vápnika a typický variant sodíka.

Tab. 1 *Fyzikálne a chemické vlastnosti pôdnej sondy č. 129*

Vzorka	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Hrubý piesok %	Prach %	Jemný piesok %	Hrubý íl %	Fyzikálny íl %	C <sub>ox</sub>	Humus %	P	Kp	Na	K	Mg	Ca
										mg.kg <sup>-1</sup>					
A1	7,45	7,09	14,6	29,7	32,8	22,9	9,1	4,23	7,29	6,75	114,9	4,0	156,8	105,1	2 401
A2	7,52	7,29	12,1	23,5	34,5	29,9	14,9	2,38	4,10	4,75	60,9	4,2	78,1	75,5	2 616
C	7,68	7,45	39,1	23,0	18,0	19,9	10,9	1,17	2,02	2,75	24,4	1,8	28,2	63,1	2 216
A	7,25	7,15	31,1	7,8	29,9	31,2	14,6	2,47	4,26	5,50	73,7	6,8	84,3	91,3	3 265

Morfologický a stratigrafický opis fluvizeme modálnej karbonátovej (pôdna sonda č. 129)

Oo (0 – 0,5 cm) – nepravidelná vrstva čiastočne rozloženej opadanky

Ao (0,5 – 12,5 cm) – horizont hnedosivý, drobnohrudkovitý, čerstvo vlhký, silne prekorený

Aoc (12,5 – 62,5 cm) – horizont hnedý, mierne uľahnutý, drobný, čerstvo vlhký

C (62,5 – 112,5 cm) – piesok

D (> 112,5 cm) – riečny štrk

Tab. 2 *Fyzikálne a chemické vlastnosti pôdnej sondy č. 126*

Vzorka	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Hrubý piesok %	Prach %	Jemný piesok %	Hrubý íl %	Fyzikálny íl %	C <sub>ox</sub>	Humus %	P	Kp	Na	K	Mg	Ca
										mg.kg <sup>-1</sup>					
A	7,42	7,17	5,8	15,6	43,4	35,2	15,8	3,14	5,41	5,50	84,7	5,6	107,0	109,9	3 111
A(G)	7,53	7,2	10,4	15,5	36,5	37,6	18,3	2,51	4,33	2,75	39,1	5,2	46,3	87,6	3 262
Go	7,74	7,36	8,0	23,4	33,7	34,9	17,5	2,08	3,59	1,50	25,4	10,0	23,1	78,3	3 520
Gr	7,29	7,16	7,7	18,3	39,9	34,1	15,9	3,62	6,24	9,00	37,9	6,7	54,6	48,4	4 112

Morfologický a stratigrafický opis fluvizeme glejovej (pôdna sonda č. 126)

Oo (0 – 0,5 cm) – nepravidelná vrstva čiastočne rozloženej opadanky

Ao (0,5 – 22 cm) – horizont tmavosivohnedý, hrubohrudkovitý až stredne hrudkovitý, vlhký, silne prekorený

Go (22 – 56 cm) – horizont mierne uľahnutý, drobný, vlhký so svetlými povlakmi a hrdzavými škvrnami

Gr<sub>1</sub> (56 – 92 cm) – horizont sivohnedý s hnedými a sivými povlakmi

Gr<sub>2</sub> (92 – 142 cm) – horizont oceľovomodrý, mokry

### ***Asociácia Coryleto-Alnetum incanae Jurko 1961***

V Pieninách sú porasty tohoto spoločenstva rozšírené v oblasti Rabštiny, Lesnice, Haligoviec a Lažnej skaly v nadmorských výškach 530 – 760 m. Hranica ich rozšírenia sa v tejto oblasti zhoduje s areálom poľných spoločenstiev krovín.

Svahové jelšiny sa v Pieninách vyskytujú na pôdach vyvinutých na flyši a slienitých bridliciach. Ide v podstate o poľnohospodárske neúžitky nachádzajúce sa na poliach a lúkach. Najčastejšie sú to svahové zosuny, svahy hlbokých erózných rýh nachádzajúcich sa spravidla na prolúviach a delúviach. Pôdy patria typologicky ku skupine pôd ilimerických a hnedých.

Tab. 3 *Fyzikálne a chemické vlastnosti pôdnej sondy č. 80*

Vzorka	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Hrubý piesok %	Prach %	Jemný piesok %	Hrubý íl %	Fyzikálny íl %	C <sub>ox</sub>	Humus %	P	Kp	Na	K	Mg	Ca
										mg.kg <sup>-1</sup>					
A	6,28	5,43	7,8	10,8	28,8	52,6	26,7	2,90	5,0	1,75	51,8	24,7	62,2	386,1	3 591
C	7,31	6,73	15,9	9,1	26,3	48,6	29,8	0,85	1,47	0,75	34,2	36,6	36,3	283,8	3 586
(A)	6,98	6,23	6,6	8,0	28,7	56,7	27,9	1,43	2,47	0,75	32,4	28,2	35,5	410,0	3 743
(Bg)	7,19	6,54	4,9	10,1	16,4	68,6	43,6	0,90	1,55	10,00	37,3	28,7	43,5	455,4	3 919

Morfologický a stratigrafický opis kambizeme pseudoglejovej akumulovanej (pôdna sonda č. 80)

Oo<sub>1</sub> (0 – 3 cm) – opadanka, nepravidelná hrúbka, listie a konáriky

Oo<sub>2</sub> (3 – 3,5 cm) – nepravidelne hrubá, čiastočne rozložená organická hmota

Oo<sub>3</sub> (3,5 cm – 4 cm) – nepravidelne hrubá organická hmota čiastočne zmiešaná so zeminou

Ao (4 – 26 cm) – horizont sivohnedý, drobný, drobnohrudkovitý s drobnými hrdzavými konkréciami, čerstvo vlhký, mierne prekorený

Cg (26 – 57 cm) – horizont sivohnedý, drobný, jemne hrudkovitý, 40 % skeletu zo slienitých bridlíc  
 (A) (57 – 101 cm) – horizont svetlosivohnedý, drobný, jemne hrudkovitý, bezskeletnatý, mierne uľahnutý  
 Bg (> 101 cm) – horizont okrovohnedý, hrudovitý až polyedrický, uľahnutý s hrdzavými škvrnami a povlakmi, čerstvo vlhký, 10 % pieskovecovej skelet

Analýzovaná pôda plochy fytoecologického zápisu č. 80 patrí typologicky do skupiny pôd kambizemných, pôdneho typu kambizem pseudoglejová akumulovaná. Humusový akumulovaný Ao-horizont má mierne kyslú až neutrálnu reakciu, vysoký obsah jemného piesku a hrubého ílu. Akumulovaný horizont C obsahuje 40 % skeletu, podľa zrnitostného zloženia patrí zemina tohto pôdneho horizontu k piesčito-ílovitým.

Podľa obsahu humusu v akumulovanom Ao-horizonte stredne humózne, o dve tretiny je obsah nižší v akumulovanom Ao ako Bg-horizonte. Pochovaný A-horizont má polovičný (2,5 %) obsah humusu ako akumulovaný. V sorpčnom komplexe majú prevahu dvojmocné kationy vápnika a horčíka. Obsah týchto kationov s hĺbkou pôdy narastá, obsah jednomocných kationov draslíka s hĺbkou až do hĺbky 110 cm klesá približne o polovicu (62,2: 35,5 mg.kg<sup>-1</sup>). V tejto hĺbke dochádza takmer k 80 % zvýšeniu obsahu fosforu (1,75: 10,00).

### *Asociácia Salicetum incano-purpureae Sillinger 1933*

Horské vrbiny asociácie *Salicetum incano-purpureae* sú typickým spoločenstvom karpatských bystrinných vodných tokov. Aj v Pieninách sú porasty tejto asociácie viazané na pôdy vyvinuté na štrkovitých a piesočnato-štrkovitých uloženinách, ktoré sú horizontálne približne na úrovni jarného maxima vodného stavu. Väčšie prívalové vody spôsobujú deštrukciu pôdneho krytu, čoho prejavom sú rôzne hlboké fluvialno-erózne rýhy, štrkovité lavice a náplavové kužele.

V podmienkach nepravidelného, ale každoročne opakovaného procesu fluvialnej akumulácie a erózie sa na stanovištiach osídlených touto asociáciou vyvinula skupina iniciálnych pôd, menovite fluvizem modálna s viacvrstvovým G-horizontom. Podľa aktuálnej pôdnej reakcie sú to pôdy v celom pôdnom profile mierne alkalické až neutrálné, v humusovom horizonte piesočnato-hlinité. Oproti pôdam z Liptova (Kontriš, 1981) a Popradu (Zaliberová, 1982) majú tieto pôdy viac ako dvojnásobne vyšší obsah ílu. Je to spôsobené tým, že podložie povodia Dunajca je tvorené mezozoickými horninami, čiastočne aj paleogénom a v oblasti Liptova a Popradu kryštalickými horninami. Minerologický charakter substrátu sa prejavuje aj v niekoľkonásobne vyššom obsahu dvojmocných kationov vápnika, horčíka a obsahu humusu. Podľa obsahu humusu patria fluvizeme asociácie *Salicetum incano-purpureae* k pôdam mierne humóznym. Kationy vápnika majú viac-menej vyrovnaný obsah v celom pôdnom profile. So stúpajúcou hĺbkou výrazne klesá obsah jednomocných kationov a fosfor, kationy sodíka sa vyskytujú v nepatrnom množstve len v humusovom horizonte.

Tab. 4 Fyzikálne a chemické vlastnosti pôdnej sondy č. 98

Vzorka	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Hrubý piesok %	Prach %	Jemný piesok %	Hrubý íl %	Fyzikálny íl %	C <sub>ox</sub>	Humus %	P	Kp	Na	K	Mg	Ca
										mg.kg <sup>-1</sup>					
A	7,33	7,21	16,4	20,2	33,0	30,4	14,8	1,72	2,97	4,50	77,8	1,0	82,1	121,8	3 515
CG1	7,40	7,28	28,9	30,2	26,1	14,8	6,6	1,53	2,64	2,00	42,6	–	37,0	106,6	3 265
CG2	7,56	7,33	29,5	33,1	21,4	16,0	8,4	1,62	2,79	2,50	40,5	–	28,1	104,7	3 139

Morfologický a stratigrafický opis fluvizeme modálnej (pôdna sonda č. 98)

Oo (0 – 2 cm) – nepravidelná vrstva opadanky, bez zreteľných subhorizontov

Gro (2 – 30 cm) – horizont sivohnedý, drobnohrudkovitý, kyprý, bez skeletu, čerstvo vlhký

Gr<sub>1</sub> (30 – 58 cm) – horizont svetlosivý, mierne uľahnutý, piesočnato-hlinitý

Gr<sub>2</sub> (58 – 76 cm) – vrstva piesku

Gr<sub>3</sub> (> 76 cm) – vrstva štrku a piesku

### *Asociácia Agrostio-Salicetum purpureae Jurko 1964*

V Pieninách je asociácia rozšírená v najširšej časti nivy Dunajca nachádzajúca sa medzi Červeným Kláštorom a Spišskou Starou Vsou, najviac v oblasti Majerov.

Biotopy asociácie sú viazané na náplavy prvej riečnej terasy nachádzajúcej sa nad úrovňou strednej vody a v dosahu jarných záplavových vôd. Podľa oxidačno-redukčných znakov pôdneho profilu a mikromorfológie náplav kolíše podzemná voda vo vegetačnom období od 20 do cca 250 cm.

Asociácia *Agrostio-Salicetum purpureae* je v Pieninách vyvinutá na fluvizemi glejovej karbonátovej akumulovanej. Humusový horizont má piesočnato-ílovito-hlinité zrnitostné zloženie. Najväčší podiel (56 %) pripadá na jemný piesok, podiel hrubého piesku je len 6 %. Mierne glejový Go-horizont je piesočnato-hlinitý, oproti humusovému horizontu je výrazne vyšší podiel hrubého piesku (76 %), podiel ílu je polovičný. Najvyšší obsah ílu (32 %) je v Gr-horizonte, v tomto horizonte je aj najnižší (6 %) obsah jemného piesku. Obsah jednomocných, dvojmocných kationov a fosforu je výrazne nižší v mierne glejovom Go-horizonte. V Gr-horizonte dochádza v porovnaní s Go horizontom k miernemu zvýšeniu živín, len obsah sodíka je najvyšší v Go-horizonte. V porovnaní s pôdnymi pomermi Liptova a Popradu majú pôdy Dunajca vyšší podiel hrubého ílu v podložných horizontoch. Pravdepodobne ide o sprašové hliny splavené z paleogénnej časti Pienin. Aktuálna pôdna reakcia a obsah humusu sú viacmenej rovnaké vo všetkých troch regiónoch.

Tab. 5 Fyzikálne a chemické vlastnosti pôdnej sondy č. 97

Vzorka	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Hrubý piesok %	Prach %	Jemný piesok %	Hrubý íl %	Fyzikálny íl %	Cox	Humus %	mg.kg <sup>-1</sup>					
										P	Kp	Na	K	Mg	Ca
A	7,40	7,18	6,2	16,9	56,1?	20,8	13,0	2,44	4,21	5,60	73,3		74,9	111,8	3 763
A(G)	7,74	7,71	76,6?	5,6	7,0	10,8	6,9	0,33	0,52	2,50	27,4	11,5	15,3	57,3	2 738
CG	7,67	7,53	42,9	42,9	5,6	32,8	11,7	0,70	1,21	3,00	34,2	3,0	24,5	90,6	3 351

Morfologický a stratigrafický opis fluvizeme glejovej karbonátovej (pôdna sonda č. 97)

Oo – nevýrazná vrstva opadanky + nerozloženej organickej hmoty

Ao (0 – 20 cm) – horizont tmavosivohnedý, hrudkovitý, bohato prekorenený

Go (20 – 44 cm) – svetlohnedý piesok slaboglejový

Gr (44 – 58 cm) – horizont mazľavý, piesočnato-ílovito-hlinitý

### Asociácia *Chaerophyllo hirsuti-Salicetum fragilis* Müller et Görs 1958

V oblasti Pienin majú porasty asociácie *Chaerophyllo hirsuti-Salicetum fragilis* dvojaký charakter. V nive Dunajca vytvárajú viac menej súvislejšie uzatvorené plochy, na ostatných vodných tokoch niekoľko metrov široké brehové porasty silne ovplyvnené antropogénnou činnosťou.

Stanovištia asociácie sú nepravidelne zaplavované, reliéf je nepravidelne modelovaný riečnou eróziou, priehlbiny (jarky) sú súvisle osídlené vegetáciou.

Pôdnym predstaviteľom sú nasýtené glejové fluvizeme akumulované. Humifikačné procesy sú intenzívne, preto prakticky nedochádza k vytvoreniu opadankového pôdneho horizontu. Humusový pôdny A-horizont je plytký, v pôdnom profile sa pravidelne striedajú piesočnaté vrstvy, až na podložnú vrstvu slabohumózne, aktuálna pôdna reakcia je mierne alkalická. Podľa zrnitostného zloženia je zemina humusového horizontu piesočnato-ílovito-hlinitá, ostatné vrstvy majú zeminu piesočnato-hlinitú. Humusový horizont má oproti ostatným vrstvám niekoľkonásobne vyšší obsah živín, napr. draslík jedenásť krát, horčík dva a pol krát. Z dvojmocných kationov majú zeminy niekoľkonásobne vyšší obsah vápna a z jednomocných draslíka. Obsah živín s hĺbkou spravidla klesá.

Tab. 6 Fyzikálne a chemické vlastnosti pôdnej sondy č. 91

Vzorka	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Hrubý piesok %	Prach %	Jemný piesok %	Hrubý íl %	Fyzikálny íl %	Cox	Humus %	mg.kg <sup>-1</sup>					
										P	Kp	Na	K	Mg	Ca
A	7,41	7,26	24,7	20,3	31,8	23,2	10,4	2,26	3,90	6,70	69,5	7,5	100,8	118,6	3 475
C	7,53	7,40	35,7	24,9	22,8	16,6	10,3	0,90	1,55	2,50	29,2		9,2	47,1	2 611
(AG)	7,64	7,45	20,4	32,3	29,9	17,4	9,4	0,96	1,66	2,50	26,7	2,6	21,9	89,0	3 310
(C (G))	7,78	7,57	58,3	16,1	12,6	13,0	7,8	0,13	0,22	1,50	18,0		28,3	83,0	3 118
(CG)	7,65	7,58	38,0	24,7	21,0	16,3	9,6	1,47	2,53	0,50	22,7	13,9	24,4	69,5	3 264

Morfologický a stratigrafický opis fluvizeme glejovej nasýtenej (pôdna sonda č. 91)

Oo – ojedinele opadané listie, suché stonky, konáriky

Ao (0 – 14 cm) – horizont sivohnedý, hrobnohrudkovitý, piesočnato-ílovito-hlinitý, bohato prekorenený

Go (14 – 42 cm) – piesok s ojedinelým štrkom

Gr (42 – 55 cm) – horizont sivý, piesočno-hlinitý s hrdzavými konkréciami

Go<sub>1</sub> (55 – 73 cm) – vrstva béžového piesku s hrdzavými konkréciami

Go<sub>2</sub> (> 73 cm) – hrdzavý uľahnutý piesok

## ZÁVER

Problematike pôd na území Pieninského národného parku nebola doposiaľ venovaná väčšia pozornosť a doteraz publikované práce o pôdach územia sú len všeobecného charakteru. Výnimkou sú len práce Karniša (Karniš et al., 1970) a Šályho (Šály, 1992), ktoré sú zamerané predovšetkým na pôdne pomery lesných spoločenstiev. Výsledky, ktoré tu prezentujeme, sú prvými výsledkami geobotanicko-pedologického výskumu spoločenstiev lužných lesov na území Pieninského národného parku. Vyčlenili sme 5 asociácií o ktorých podávame stručnú ekologicko-pedologickú charakteristiku. Pôdy spoločenstiev patria do skupiny pôd iniciálnych a najviac zastúpenými pôdnymi typmi sú fluvizeme so subtypmi fluvizem modálna a fluvizem glejová. Iba v asociácii *Coryleto-Alnetum incanae* Jurko 1961 je pôdnym typom kambizem pseudoglejová prekrytá.

*Podakovanie:* Autori vyslovujú podakovanie grantovej agentúre VEGA za finančnú podporu grantov č. 1/0629/03, 1/2383/05 a 2/4167/24.

## LITERATÚRA

- Braun-Blanquet, J., 1964: Pflanzensoziologie. Wien – New York. VEB G. Fischer Verlag, 865 pp.
- Hraško et al., 1962: Rozbory pôd. SVPL, Bratislava, p. 187.
- Mucina, L., Maglocký, Š. (eds.), 1985: A list of vegetation units of Slovakia. Docum. Phytosoc. (Camerino) 9: pp 175 – 220.
- Karniš, J. et al., 1970: Peniny (Fyzicko-geografická charakteristika) Geografické práce. I. Bratislava. 2: s. 1 – 137.
- Kolektív, 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy. Edičné stredisko VÚPOP, 76 s.
- Kontriš, J., 1981: Pôdnoekologické a fytocenologické pomery lužných lesov Liptovskej kotliny. Biologické práce, Bratislava, (27) 3: s. 1 – 164.
- Šály R., 1992: Pôdy. In: Vološčuk, I., et al. 1992: Pieninský národný park. Vyd. Akcent, s. 45 – 66.
- Zaliberová, M., 1982: Übervegetation des Poprad-Flussgebietes. Vegetácia ČSSR, VEDA SAV, Bratislava, B5: s. 133 – 302.

# VPLYV ZMIEN MNOŽSTVA VODY V PÔDE NA PRODUKČNÚ SCHOPNOSŤ DUBA ZIMNÉHO

## Soil water changes influence on production ability of durmast oak

Ladislav BREZINA

*Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie, Lesnícka fakulta Technickej univerzity,  
Masarykova 24, 960 53 Zvolen, SR  
[brezina@vsld.tuzvo.sk](mailto:brezina@vsld.tuzvo.sk)*

### Abstrakt

Na produkčnú schopnosť jednotlivých stromov a celých lesných ekosystémov má vplyv celý rad klimatických faktorov. Najvyššia produkcia lesných drevín sa však spája predovšetkým s priaznivým vodným režimom pôd. Úlohou bolo preskúmať a analyzovať vplyv zmien množstva vody v pôde v hĺbke 50 cm v jednotlivých mesiacoch celých vegetačných období po sebe idúcich desiatich kalendárnych rokov na produkčnú schopnosť duba zimného (*Quercus petraea*) v oblasti stredného Tekova. Preveroval sa vplyv týchto zmien na prírastok, resp. index prírastku na kruhovej základni jednotlivých stromov, a to na základe použitého lineárneho regresného modelu, za obdobie rokov 1991 – 2000. Z vypočítaných hodnôt regresných koeficientov, po posúdení ich významnosti pomocou štatistického testu vyplýva, že tieto sú vo všetkých prípadoch, okrem mesiaca júl, štatisticky nevýznamne rozdielne od nuly. To znamená, že vplyv skúmaného faktora, konkrétne obsahu vody v pôde v hĺbke 50 cm počas jednotlivých mesiacov, okrem mesiaca júl, desiatich po sebe idúcich vegetačných období, na index ročného prírastku na kruhovej základni stromov duba zimného v skúmanej oblasti je nevýznamný.

**Kľúčové slová:** dub zimný, produkčná schopnosť, voda v pôde, index prírastku na kruhovej základni

### Abstract

The climatic factors influence the production ability of individual trees and ecosystems. The highest forest trees production is mainly connected with favorable soil water regime. The main aim of this paper is analyze the soil water changes influence upon the production ability of durmast oak (*Quercus petraea*). The research was carried out during 10 calendar years (1991 – 2000) in the area of Tekov. The changes of soil water (to the depth of 50 cm) on the production ability and the diameter increment index of trees were observed using the model of linear regression. Calculated regression coefficients, after using the statistical tests, show that these are statistically insignificant from the zero value, except for July. It means that the analyzed factor (soil water changes) significantly does not influence the diameter increment of oak.

**Key words:** durmast oak, production ability, soil water, diameter increment index

### ÚVOD

Permanentne riešenou úlohou lesníckeho výskumu je poznanie produkčných možností lesov a čo najlepší odhad produkčnej schopnosti stanovišťa v konkrétnej oblasti pri pôsobení určitých faktorov prostredia. Napriek rozsiahlym výskumom, ktoré sa v ostatných rokoch vykonali na vysvetlenie zákonitých súvislostí medzi stanovišťom a produkciou, nemožno túto oblasť jednoznačne uzavrieť a zovšeobecniť. Spôsobuje to predovšetkým veľká rozmanitosť faktorov prostredia a neustála premenlivosť ich vplyvu. Preto je potrebné poznať zákonitosti rastu a prírastku jednotlivých stromov v konkrétnych podmienkach, ako aj faktory, ktoré ich ovplyvňujú.

Voda je jedným z limitujúcich faktorov, ktoré rozhodujú o raste a zdravotnom stave lesných ekosystémov. Bilancia vody v lesných ekosystémoch je problematika veľmi dôležitá, ale zároveň veľmi zložitá. Osobitne dynamika vlhkostného režimu lesných pôd je výsledkom klimatických a hydrologických podmienok, vlastností pôd a transformačného vplyvu lesného porastu (Tužinský, 1999).

Veličinou, pomocou ktorej možno pomerne jednoduchým spôsobom dokázať závažnosť vplyvu jednotlivých faktorov a sledovaných zaznamenávaných klimatických zmien na produkčnú schopnosť lesných porastov, je prírastok stromov, keď v dendrometrii sa pozornosť sústreďuje najmä na prírastok výšky, hrúbky, výtvarnice a objemu.

Pod pojmom rast sa podľa Bertalanffyho (1951, in Šmelko et al. 1992) všeobecne rozumie „zväčšovanie veľkosti živého systému, ktoré vzniká jeho asimilačnou činnosťou“. Rast je v podstate funkciou času a prostredia.

Pod prírastkom sa rozumie zväčšenie príslušnej rastovej veličiny, a to buď počas jedného vegetačného obdobia, alebo počas viacerých vegetačných období za sebou. V prvom prípade ide o bežný ročný, v druhom prípade o bežný periodický prírastok. Okrem bežného prírastku existuje ešte priemerný prírastok, ktorý je určený podielom hodnoty rastovej veličiny a počtu rokov, počas ktorých sa táto rastová veličina vytvorila. Rozoznávame priemerný prírastok periodický a priemerný prírastok ročný (vekový). Kým bežné prírastky predstavujú konkrétne zmeny rastovej veličiny, priemerné prírastky v skutočnosti nejestvujú, sú iba fiktívne (pomyselné). Obidva však majú veľký teoretický aj praktický význam.

Okrem už spomenutého prírastku na výške, hrúbke, výtvarnici a objeme sa v lesníckom výskume pomerne často používa aj prírastok na kruhovej základni. To hlavne z dôvodu, že prírastok na kruhovej základni má biologicky najbližšie k prírastku na objeme, ktorý je pri sledovaní produkčnej schopnosti stromov a celých lesných porastov najvhodnejšie použiť, ako najkomplexnejší z uvedenej skupiny prírastkov. Niekedy ho však nemožno použiť preto, že pre výpočet objemov jednotlivých stromov v konkrétnych časových obdobiach, z ktorých by ho bolo možné vypočítať, chýba ďalší potrebný argument, ktorým je výška.

V tejto práci sa pri skúmaní produkčnej schopnosti duba v závislosti na zmenách množstva vody v pôde, práve z dôvodu chýbajúcich výšok, taktiež použil prírastok na kruhovej základni, pretože aj v tomto prípade sú k dispozícii len hodnoty prírastkov na hrúbke, získané z vývrtov odobraných z vybraných stromov a hodnoty hrúbok týchto stromov, z ktorých, na rozdiel od hodnôt prírastkov na objeme, možno hodnoty prírastkov na kruhovej základni pomerne jednoducho vypočítať.

Prírastok na kruhovej základni je prírastok zodpovedajúci ploche medzikružia na priečnom priereze stromu vymedzeného dvomi kruhovými základňami na konci a na začiatku príslušnej prírastkovej periódy (Šmelko, 2000). Určitou výhodou sledovania prírastku na kruhovej základni oproti prírastku na hrúbke je to, že na veľkosť prírastku na kruhovej základni vplyva nielen hrúbkový prírastok, ale aj hrúbka stromu, a to tak, že čím je väčšia hrúbka, tým sa daný radiálny prírastok ukladá na väčšom obvode.

Na Slovensku sa problematikou letokruhových analýz duba zaoberalo pomerne málo autorov. V súvislosti s dubom cerovým skúmali túto problematiku v podunajskom lužnom lese Šmelko, Miková (1999). Pajtík, Ištoňa (2003) sledovali zasa dynamiku hrúbkového rastu duba cerového v závislosti od klimatických faktorov na sprašovej hline.

Táto práca je zameraná na sledovanie vplyvu zmien množstva vody v pôde v hĺbke 50 cm v jednotlivých mesiacoch celých vegetačných období (apríl – september) po sebe idúcich desiatich kalendárnych rokov na produkčnú schopnosť duba zimného prostredníctvom preverenia vplyvu týchto zmien na prírastok, resp. index prírastku na kruhovej základni jednotlivých stromov, a to na základe použitého lineárneho regresného modelu.

Za tým účelom bolo potrebné:

- získať empirický materiál zo záujmovej oblasti vo forme vývrtov, odobraných vo výške 1,3 m nad terénom, z vybraných živých stojacich stromov,
- získať údaje o množstvách vody v pôde zo záujmovej oblasti počas jednotlivých mesiacov vegetačných období aspoň desiatich rokov,
- vykonať spracovanie empirického materiálu na základe navrhnutého metodického postupu a použitého lineárneho regresného modelu kvantifikovať vplyv zmien množstva vody v pôde na produkčnú schopnosť danej dreviny v uvedených podmienkach.

## MATERIÁL A METÓDY

Sledovanie zmien prírastkových indexov na kruhovej základni duba zimného v závislosti od mesačne zisťovaného množstva vody v pôde počas celých po sebe idúcich desiatich vegetačných období, a to rokov 1991 – 2000, bolo vykonané v oblasti stredného Tekova, konkrétna lokalita Kozmálovské kopce.

Po skončení vegetačného obdobia v roku 2001 bol z dôvodu zabezpečenia rovnakých alebo aspoň podobných klimatických a rastových podmienok, čo sa týka získaného experimentálneho materiálu, len zo stromov tvoriacich jeden a ten istý porast odobratý experimentálny materiál vo forme vývrtov, vyvŕtaných valčekov dreva o priemere zhruba 5 mm, na ktorých možno často i voľným okom pozorovať spravidla každoročne sa vytvárajúce ročné kruhy, resp. na ktorých možno merať ich šírky, ako bežné ročné prírastky na hrúbke.

Vývrtky boli odobraté z kmeňov vybraných stromov Presslerovým nebožiecom vo výške 1,3 m nad terénom. Odber vývrtov (sond hrúbkového prírastku) bol vykonaný v poraste č. 448A, ktorý organizačne patrí a je v obhospodarovaní Odštepného závodu (OZ) Levice, Lesná správa (LS) Čifáre. V tomto poraste bolo odobratých celkom 50 ks vývrtov, a to 15 ks z nadúrovňových a 35 ks z úrovňových stromov duba zimného, ktoré sa vizuálne javili ako zdravé a z hľadiska svojho biosocio-logického postavenia neboli v raste nejako výrazne negatívne ovplyvňované susednými stromami.

Údaje o množstvách vody v pôde, zisťovaných až do hĺbky 0,5 m s odstupňovaním po 10 cm, v predmetnom poraste počas jednotlivých mesiacov celých vegetačných období za roky 1991 – 2000 poskytol Prof. Ing. Ladislav Tužinský, CSc.

Na odobratých vývrtoch sa po nalepení do špeciálnych drevených líšt a po následnom vybrúsení zisťovala šírka ročných kruhov (hodnota radiálneho hrúbkového prírastku), ako rozdiel jednotlivých odčítaných hodnôt hrúbok v radiálnom smere. Odčítanie hodnôt radiálnych hrúbkových prírastkov sa vykonalo na prístroji Digitalpositionimeter od rakúskej firmy Kutschenreiter, ktorý sníma hodnoty hrúbok a veľkosť radiálnych hrúbkových prírastkov fotoelektricky s presnosťou na 0,01 mm. Hodnoty snímaných radiálnych hrúbkových prírastkov boli v programe DAS (Dendrochronological analysis system) zaznamenané do pamäti pripojenej počítačovej jednotky a následne ďalej spracované až do podoby automaticky vytvorených letokruhových diagramov, ktoré sa museli synchronizovať z dôvodu nutnosti odstránenia možných vzniknutých porúch pri tvorbe ročných kruhov a potreby správneho datovania jednotlivých ročných kruhov.

Zosynchronizované letokruhové krivky sa vyrovnali Hegershoffovou funkciou:

$$y = a \cdot t^{b \cdot e^{(c \cdot t)}} \quad (1)$$

kde:  $y$  – vyrovnané hodnoty hrúbkového prírastku  
 $a, b, c$  – koeficienty rovnice  
 $e$  – základ prirodzeného logaritmu  
 $t$  – vek odpovedajúci vytvoreniu ročného kruhu

Po vyrovnaní letokruhových kriviek sa v programe DAS pre roky 1991 – 2000 vypočítali skutočné a vyrovnané hodnoty prírastkov na kruhovej základni, z ktorých sa vypočítali indexy prírastkov na kruhovej základni, čím sa odstránil vplyv veku na ich veľkosť a čo umožňuje porovnávať hodnoty nameraných prírastkov získaných z vývrtov odobratých aj zo stromov nerovnakého veku.

Vypočítané indexy prírastkov na kruhovej základni sa exportovali z programu DAS do programu EXCEL, kde sa vypočítali priemerné indexy prírastkov na kruhovej základni.

Posúdenie vplyvu zmien množstva vody v pôde za jednotlivé mesiace vegetačných období rokov 1991 – 2000 na priemerné indexy prírastkov na kruhovej základni sa vykonalo pomocou programu STATISTICA, v module viacnásobná lineárna regresia a korelácia. Na zistenie mnohonásobného regresného vzťahu medzi prírastkom na kruhovej základni a množstvom vody v pôde sa zadali ako závislé premenné priemerné indexy prírastkov na kruhovej základni po jednotlivých rokoch (1991 – 2000). Ako nezávislé premenné sa zadali hodnoty obsahu vody v pôde ako faktory, ktorých vplyv sa sledoval počas jednotlivých mesiacov celých vegetačných období za roky 1991 – 2000.

Výsledkami, získanými programom STATISTICA, sú mnohonásobné regresné vzťahy medzi prírastkom na kruhovej základni a množstvom vody v pôde podľa jednotlivých mesiacov vegetačných období rokov 1991 – 2000. Výsledky sa importovali do programu EXCEL, kde sa usporiadali do tabuľkovej podoby a vzťah sa graficky znázornil.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Produkčná schopnosť duba zimného v závislosti od množstva vody v pôde sa hodnotila pre úroveň hĺbky pôdy 50 cm, a to podľa jednotlivých mesiacov celých vegetačných období (apríl až september) desiatich po sebe nasledujúcich kalendárnych rokov (1991 – 2000).

Konkrétne zhodnotenie produkčnej schopnosti v závislosti od množstva vody v pôde sa potom vykonalo pomocou vypočítaných indexov ročných prírastkov na kruhovej základni priemerného stromového vzorníka.

Na zhodnotenie vplyvu množstva vody v pôde na produkčnú schopnosť duba zimného v skúmanej oblasti sa použila viacnásobná lineárna regresná rovnica v tvare:

$$y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5 + b_6 \cdot x_6 \quad (2)$$

kde:  $y$  – index prírastku na kruhovej základni priemerného stromového vzorníka

$a, b_1-b_6$  – regresné koeficienty

$x_1-x_6$  – množstvo vody v pôde v mesiacoch apríl až september

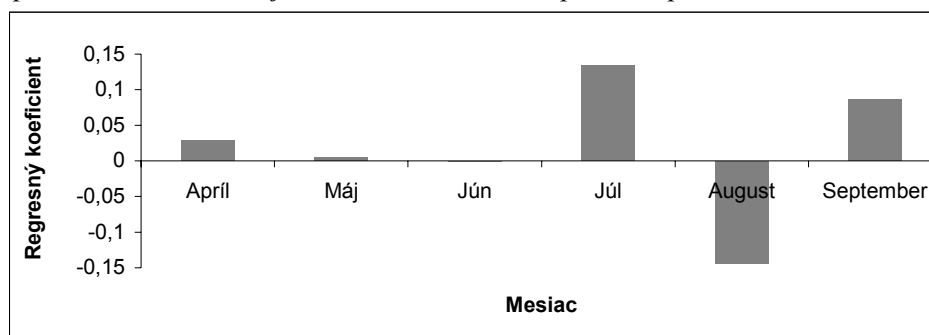
Vypočítané parametre modelu pre úroveň hĺbky pôdy 50 cm sú uvedené v tabuľke 1.

Tab. 1 *Výsledky mnohonásobnej lineárnej závislosti prírastkových indexov na kruhovej základni od množstva vody v pôde v hĺbke 50 cm*

Skúmaný faktor a jeho označenie	Regresný koeficient $a, b_1 - b_6$	Stredná chyba regresného koeficienta	Vypočítaná hodnota t-testu
$a$	-1,611490	0,752	-2,142
$b_1$ (apríl)	0,029163	0,020	1,439
$b_2$ (máj)	0,004663	0,009	0,513
$b_3$ (jún)	-0,000240	0,021	-0,012
$b_4$ (júl)	0,134392	0,034	4,010
$b_5$ (august)	-0,143920	0,047	-3,077
$b_6$ (september)	0,086264	0,030	2,906
$R = 0,949 \quad R^2 = 0,900$			

Z hodnôt vypočítaných regresných koeficientov vyplýva, že množstvo vody v pôde v jednotlivých mesiacoch vegetačného obdobia vplyva na indexy ročných prírastkov na kruhovej základni rôzne. Vo väčšine mesiacov majú parciálne regresné koeficienty kladné hodnoty, len v mesiacoch jún a august sú tieto hodnoty záporné, čo je na obr. 1 aj graficky znázornené.

Obr. 1 *Hodnoty regresných koeficientov vplyvu množstva vody v pôde na indexy ročných prírastkov na kruhovej základni v mesiacoch apríl až september*



Významnosť regresných koeficientov v použitom lineárnom regresnom modeli sa posúdila pomocou štatistického testu. Nulová hypotéza, že regresný koeficient = 0 sa testovala štatistickým  $t$ -testom. Vypočítané  $t$  hodnoty pre jednotlivé regresné koeficienty sú uvedené v tabuľke 1. Pri ich porovnaní s tabuľkovou hodnotou ( $t_{0,05}(3) = 3,182$ ) možno konštatovať, že regresné koeficienty sú vo

všetkých prípadoch, okrem mesiaca júl, štatisticky nevýznamne rozdielne od nuly. To znamená, že vplyv skúmaného faktora, konkrétne množstva vody v pôde v hĺbke 50 cm počas jednotlivých mesiacov, okrem mesiaca júl, desiatich po sebe idúcich vegetačných období, na index ročného prírastku na kruhovej základni je nevýznamný.

Na vyjadrenie tesnosti regresnej závislosti podľa tohto modelu je k dispozícii mnohonásobný regresný koeficient  $R = 0,949$ . Jeho druhá mocnina je koeficient determinácie  $R^2 = 0,900$ . Ten hovorí, že 90 % rozptylu empirických hodnôt okolo vyrovnaných je vysvetlených zvoleným modelom.

Napriek relatívne vysokému korelačnému koeficientu a koeficientu determinácie štatistické testy parciálnych regresných koeficientov dokázali vo všetkých mesiacoch, okrem mesiaca júl, nevýznamný vplyv skúmaného faktora (množstva vody v pôde) na indexy ročných prírastkov na kruhovej základni.

Nevýznamnosť vplyvu tohto skúmaného faktora na indexy ročných prírastkov na kruhovej základni potvrdila aj analýza variancie, ktorou sa testoval ich súhrnný vplyv. V tabuľke 2 je vypočítaný skúmaný, reziduálny a celkový rozptyl.

Vypočítaná  $F$  hodnota (4,512), ako podiel priemerného štvorca skúmaného a reziduálneho rozptylu, je nižšia ako hodnota tabuľková ( $F_{0,05}(6,3) = 8,94$ ). Aj tento test potvrdil nevýznamný vplyv skúmaného faktora na veľkosť ročných prírastkových indexov na kruhovej základni, teda na produkčnú schopnosť duba zimného v sledovanej oblasti podľa odvodeného regresného modelu.

Tab. 2 *Analýza vplyvu množstva vody v pôde na rozptyl prírastkových indexov na kruhovej základni podľa použitého modelu*

Rozptyl	Suma štvorcov	Stupeň voľnosti	Priemerný štvorec	$F$
Skúmaný	0,564310	6	0,094052	4,512
Reziduálny	0,062528	3	0,020843	
Celkový	0,626838			

## ZÁVER

Štatistickými testmi preukázaná prevažná nevýznamnosť vplyvu skúmaného faktora (množstvo vody v pôde pre úroveň hĺbky pôdy 50 +cm v jednotlivých mesiacoch celých vegetačných období po sebe idúcich desiatich kalendárnych rokov) na produkčnú schopnosť duba zimného v oblasti stredného Tekova však z vecného hľadiska neznamena to, že množstvo vody v pôde neovplyvňuje veľkosť prírastku stromov.

Takto vyslovený záver sa zdá byť skutočne nelogický, keď viacerí autori (Bublinec 1990, Gregor 2000, Kantor 1989, Pichler, Gregor 2002, Soroková 2003, Soroková, Tužinský 2001, Tužinský 1993, 2000, 2003) naopak uvádzajú, že voda je limitujúcim faktorom existencie rastlín predovšetkým v najnižších vegetačných stupňoch. Podobne Šály (1987) spája najvyššiu produkciu lesných drevín na Slovensku v živnom B, resp. prechodnom B/C rade, na rozhraní 4. a 5. lesného vegetačného stupňa (700 – 900 m n.m.), predovšetkým s priaznivým vodným režimom. Tužinský (2003) v tejto súvislosti uvádza, že vzhľadom na meniacu sa vegetačnú klímu, dochádza aj k zmene hydrického režimu pôd. Jedná sa hlavne o zvyšujúce sa riziko poklesu množstva využiteľnej vody, čím dochádza k zhoršeniu biotickej aktivity pôdy a následne k fyziologickému oslabeniu rastlín.

Vychádzajúc z uvedeného, preukázanú prevažnú štatistickú nevýznamnosť, keď významnosť tohto vplyvu sa ukázala len v mesiaci júl, možno logicky vysvetliť iba tým, že sledovanie tohto vplyvu bolo vykonané v takej klimatickej oblasti, kde sa počas celého vegetačného obdobia, až na mesiace jún a august, deficit množstva vody v pôde v uvedenej hĺbke nevyskytoval.

Z hodnôt regresných koeficientov vplyvu množstva vody v pôde na indexy prírastkov na kruhovej základni v mesiacoch apríl – september na obr. 1 vidieť, že v prvej polovici vegetačného obdobia predmetných desiatich rokov bol zaznamenaný len veľmi nevýrazný pozitívny vplyv uvedeného faktora na prírastkové indexy na kruhovej základni duba zimného s postupným prechodom až do nevýrazne negatívneho vplyvu v mesiaci jún.

K výraznému vzostupu množstva vody v pôde v uvedenej dekáde dochádzalo v mesiacoch júl a september, keď pozitívny vplyv skúmaného faktora na index prírastku na kruhovej základni duba

zimného sa v mesiaci júl ukázal dokonca ako štatisticky významný. Výrazný vzostup množstva vody v pôde v mesiaci september veľkosť ročného prírastkového indexu významne neovplyvnil zrejme preto, že vegetačné obdobie v tomto mesiaci už vlastne končí a teploty v tomto mesiaci už nedosahujú takých hodnôt, ktoré by ovplyvňovali rast a prírastok stromov. Napriek pomerne vysokému množstvu vody v pôde v tomto mesiaci nedošlo teda z uvedeného dôvodu k preukázaniu významnosti jeho vplyvu na veľkosť tohto prírastkového indexu.

Naopak, výrazný pokles množstva vody v pôde bol zaznamenaný v mesiaci august, keď aj tento negatívny vplyv množstva vody v pôde na index prírastku na kruhovej základni duba zimného sa ukázal ako štatisticky nevýznamný. Ani tento výrazný pokles množstva vody v pôde veľkosť ročného prírastkového indexu významne neovplyvnil, pretože v tomto mesiaci vykazovala v tejto oblasti aj teplota pomerne výrazne negatívny vplyv. Zaznamenaný negatívny vplyv množstva vody v pôde sa preto aj napriek výraznému poklesu ukázal ako dostatočný na to, aby nedošlo k preukázaniu významnosti jeho negatívneho vplyvu na veľkosť ročného prírastkového indexu.

*Podakovanie: Táto práca vznikla pri riešení vedecko-výskumných projektov VEGA č. 1/0628/03 a č. 1/0635/03.*

## LITERATÚRA

- Bublinec, E., 1990: Pôdne a klimatické pomery bučín. Zpr. les. výsk. 1, s. 8-12.
- Gregor, J., 2000: Vplyv denzity porastu a reliéfu na vlhkosť pôdy. Vedecké štúdie, 1999A/7, TU Zvolen, 56 s.
- Kantor, P., 1989: Transpirace smrkových a bukových porostů. Vodohosp. časopis, 37, 2, s. 222-237.
- Pichler, V., Gregor, J., 2002: Hodnotenie desukcie bylinnej vrstvy zo spodnej časti pôdneho profilu v suchom období. Phytodpedon (Bratislava). Supplement 2002/1, s. 177-179.
- Soroková, M., 2003: Ekologická klasifikácia vlhkosti pôdy v smrekovom a bukovom ekosystéme. In: Sobocká, J., Jambor, P. (Eds.): Druhé pôdoznalecké dni v SR. Zborník z konferencie 16. – 18. VI. 2003, Stará Lesná. Societas pedologica slovac, Výskumný ústav pôdoznectva a ochrany pôdy, Bratislava, s. 381-386.
- Soroková, M., Tužinský, L., 2001: Zmeny vlhkosti pôdy v porastoch Hukavského Grúňa (CHKO BR Poľana). Acta Facultatis Ecologiae, 8. s. 61-71.
- Šály, R., 1987: Úrodnosť lesných pôd a jej ohrozenie v súčasnosti. In. Problematika lesných ekosystémov ohrozených imisiami v SSR. Zb. z odborného podujatia Tvorba a ochrana ŽP, Banská Bystrica, s. 20-26.
- Šmelko, Š., Wenk, G., Antanaitis, V., 1992: Rast, štruktúra a produkcia lesa. Príroda Bratislava, 342 s.
- Šmelko, Š., 2000: Dendrometria. TU Zvolen, 399 s.
- Tužinský, L., 1993: Režim vlhkosti pôdy v lesných ekosystémoch s ohľadom na klimatické podmienky. Zb. Lesníctvo a výskum v meniacich sa ekologických podmienkach v SR. LVÚ Zvolen, s. 316-321.
- Tužinský, L., 1999: Bilancia vody v lesných ekosystémoch. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, s. 55-64.
- Tužinský, L., 2000: Zrážkový režim v horskom smrekovom ekosystéme. In. Tesař, V., Kula, E. (Eds.), Zpravodaj Beskydy „Vliv imisí na lesy a lesní hospodářství Beskyd“, Brno, 13, s. 139-144.
- Tužinský, L., 2003: Zmeny zásob pôdnej vody pod smrekovým porastom v suchých periódach vegetačného obdobia. Beskydy, 16, s. 21-27.

# KONCENTRÁCIA ŽIVÍN V ZLOŽKÁCH DENDROMASY A ICH ODBER ŤAŽBOU DREVA

## Nutrient levels in component of dendromass and their uptake by harvesting

Eduard BUBLINEC, Ján MACHAVA, Juraj GREGOR, Viliam PICHLER,  
Peter BELINA

*Katedra prírodného prostredia, Lesnícka fakulta TU Zvolen, T.G. Masaryka 24,  
960 01 Zvolen, SR, [machava@vsld.tuzvo.sk](mailto:machava@vsld.tuzvo.sk)*

### Abstrakt

Trvale udržateľné obhospodarovanie lesov a hlavne trvalá produkcia kvalitného dreva môže byť obmedzovaná odberom živín, a to odberom lesnej dendromasy. V práci sme sa zamerali na obsah živín v jednotlivých zložkách dendromasy vo vzťahu k lesnej pôde. Na základe analýz konštatujeme, že so znižovaním hrúbky vetiev výrazne stúpa koncentrácia makro- a mikro-živín. Na obsah popolovín je najbohatšia kôra, potom listy. V biomase tenčiny a listov tvoria draslík 16 %, fosfor 75 % a produkčne najvýznamnejší prvok dusík dokonca 83 % podiel z celkovej zásoby pre dreviny prístupných živín v pôde lesného ekosystému. Akumulácia vápnika a horčíka v biomase tenčiny dosahuje len 2 – 3 % zo zásoby v pôde. Odporúčame, aby pri nedostatočnej zásobe živín v pôde, t.j. na chudobnejších substrátoch, na pôdach s podviazaným geobiochemickým cyklom a pod. sa používala kmeňová metóda ťažby dreva, príp. ťažba mimo vegetačného obdobia.

**Kľúčové slová:** zásoba živín, dendromasa, lesné pôdy

### Abstract

Sustainable development and management of forestry, mainly sustainable production can be limited by the uptake of nutrients – taking dendromass. The main focus of this work was put on the relation between nutrient content in particular parts of dendromass and the forest soil. Chemical analyses showed that the nutrient contents in branches increase with the decreasing branches thickness. The highest ash content was recorded in a bark and then in leaves. Contents of K and P in the small wood biomass and leaves were 16 % and 75 %, respectively. The most productive element of N represented even 83 % of all supplies of available nutrients in the soil of the forest ecosystem. The accumulation of Ca and Mg in small wood reached only 2 – 3 % of the supply in the soil. On the base of these results, it is recommended to use whole-stem logging on the area with the low nutrient supply in the soil, on the poor substrate, on the soil with the limited geobiochemical cycle etc. or harvesting outside of a vegetative period.

**Key words:** nutrient supply, dendromass, forest soils

### ÚVOD

Odbor živín ťažbou dreva je stále aktuálnym problémom v lesnom hospodárstve. Poukazuje sa na to, že trvale udržateľné obhospodarovanie lesov, predovšetkým trvalosť produkcie môže byť limitovaná stále znižujúcim sa obsahom živín v lesnom ekosystéme pri odbere lesnej dendromasy. Koniec koncov aj dva ťažiskové tematické okruhy našej konferencie sú venované produkcii fytohmoty vo vzťahu k pôde.

V lesnom hospodárstve súčasnosti sa problém odberu biomasy v náväznosti na ochudobňovanie pôdy o živiny aktualizoval v súvislosti s veternou katastrofou, ktorá postihla koncom minulého roka

lesy Slovenska. Štátna ochrana prírody i mimovládne organizácie argumentovali tým, že každý kubík dreva vyťažený vo Vysokých Tatrách môže spôsobiť ďalšiu katastrofu. V našom referáte sa pokúsime objasniť problematiku kolobehu živín v lesných ekosystémoch, vrátane v lesných drevinách a v akých množstvách sa ukladajú v jednotlivých zložkách dendromasy a k akému ochudobňovaniu týchto živín v lesnom ekosystéme dochádza pri ich potenciálnom odbere pri ťažbe dreva.

V prvom rade treba povedať, že ťažba dreva sa môže vykonávať viacerými technologickými postupmi:

- Kmeňová metóda ťažby dreva. Pri nej sa ťaží tzv. hrubina, t. j. časť stromu hrubšia ako 7 cm. Haluzina a pri odkôrňovaní stromu aj kôra zostávajú v lese.
- Stromová technológia, ktorá má niekoľko variant. V najextrémnejšom prípade sa vyťaží celý strom vrátane extrakcie podzemnej, koreňovej časti.

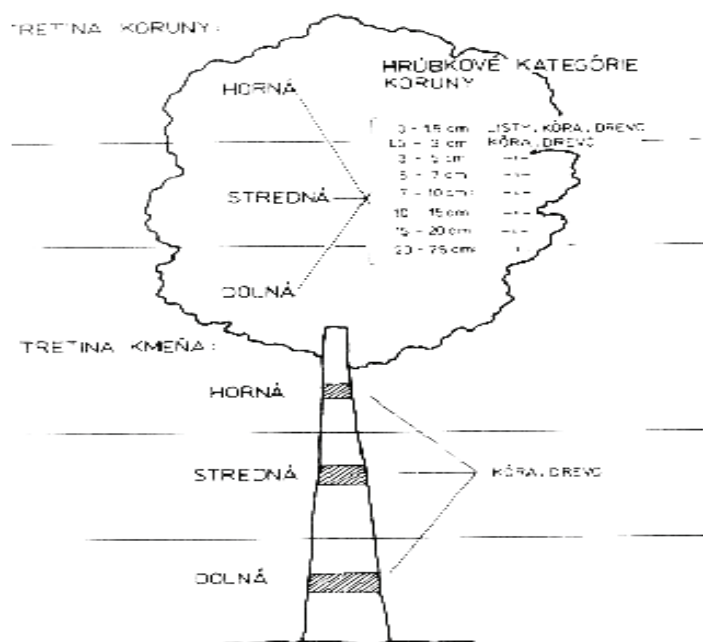
Podľa druhej metódy sa ťažba dreva najčastejšie vykonáva tak, že nadzemná časť stromu sa spáli, priblíži a vytiahne k štiepkovaču. Korunová časť sa spravidla oddelí a poštiekuje sa celá jej biomasa vrátane tenčiny, kôry, ihličia resp. listov. Kmeň sa spravidla vymanipuluje na sortimenty, alebo sa spracuje, najmä pri horšej kvalite (hniloba, netvárne, krivé kmene) na štiepky. Prináša to zvýšenie produktivity práce a zvýšenie množstva vyťaženej biomasy. Avšak na druhej strane je zrejmé, že to môže vyvolať problémy v oblasti ekológie a hlavne vo výžive v nasledujúcej generácii lesa, teda v trvale udržateľnom obhospodarovaní lesov.

Pozrieme sa teda na to, čo nám hovoria chemické analýzy o obsahu živín v jednotlivých zložkách stromu a k akému procesu dochádza pri ich odbere.

## MATERIÁL A METÓDY

Schéma odberu vzoriek dendromasy je výstižne znázornená na obr. 1. Princíp metodiky odberu spočíval v detailnom rozdelení celej nadzemnej časti stromu a následnom odbere vzoriek pre chemické analýzy. Strom sa v zásade rozdelil na korunovú a kmeňovú časť. Kmeň a koruna sa rozdelila na tretiny (horná, stredná a dolná). Z jednotlivých tretín sa odoberali vzorky, v korunách podľa hrúbkových kategórií delené na listy, kôru a drevo. Z kmeňa sa odobrali kotúče, tak isto z jednotlivých tretín delené na kôru a drevo. Po rozomletí, zhomogenizovaní a mineralizácii vzoriek sa v mineralizáte stanovil metódou atómovej absorpčnej spektrometrie obsah 26 prvkov. V tomto príspevku interpretujeme výsledky makroživín, t. j. N, P, K, Ca a Mg.

Obr. 1 Schéma odberu vzoriek

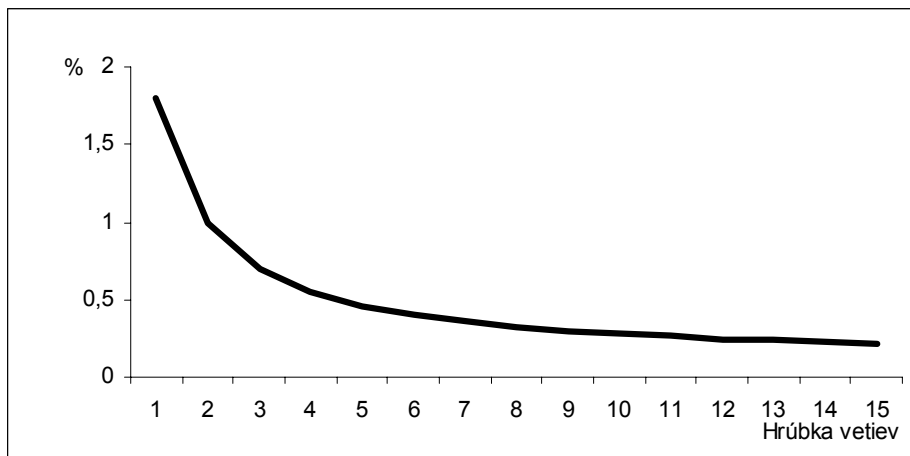


## VÝSLEDKY

### Koncentrácia živín v zložkách dendromasy

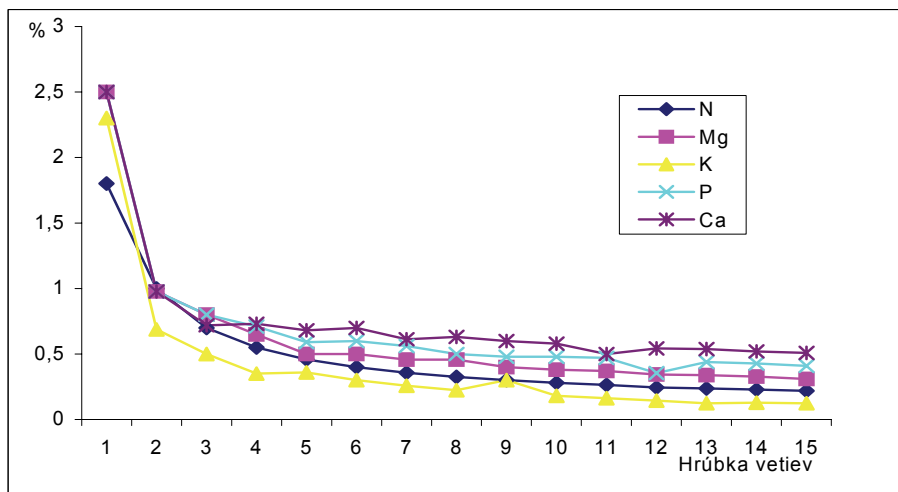
Za modelový príklad sme si zvolili dub. Akumuláciu živín v nadzemnej časti duba demonštrujeme na obr. 2. a 3.

Obr. 2 Obsah dusíka v nadzemnej biomase duba



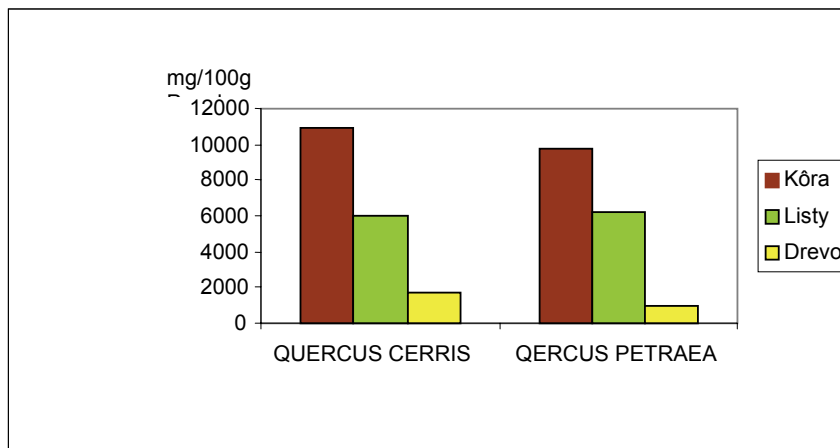
Na osi x je vynesená hrúbka vetiev a na osi y percentuálny obsah dusíka. Graf je veľmi inštruktívny: so zmenšovaním hrúbky vetiev výrazne stúpa koncentrácia N, alebo opačne so zvyšovaním hrúbky obsah dusíka významne klesá. To isté platí aj o ďalších živinách P, K, Ca a Mg (obr. 3). Obrázok 3 prakticky nepotrebuje ďalší komentár.

Obr. 3 Obsah živín v biomase duba

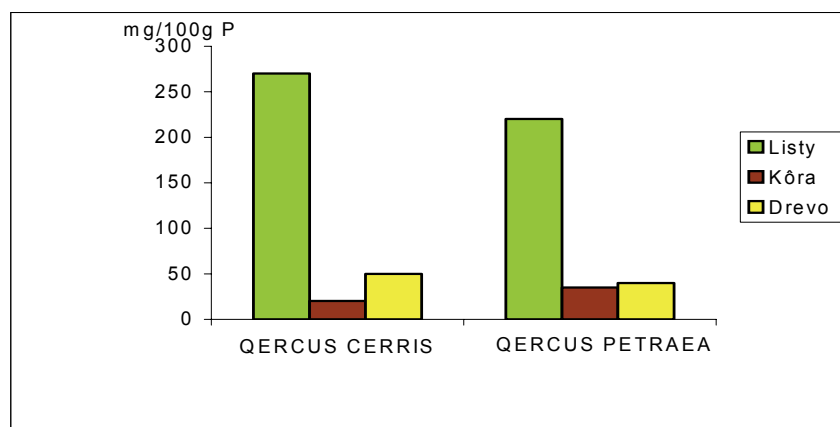


Čo sa týka rozdielov v obsahu makroživín medzi drevom a kôrou príp. listami v korunách, interpretujeme tu sumárne údaje vo forme populovín na obr. 4. Je z neho je zrejmé, že na obsah populovín je najbohatšia kôra, potom nasledujú listy a najnižšie hodnoty dosahuje obsah minerálnych živín v dreve. Treba zdôrazniť, že rozdiel je veľmi výrazný, niekedy až rádoový. V listoch a všeobecne v asimilačných orgánoch najvyšší obsah dosahuje dusík (oproti kôre a drevu), ale aj obsah fosforu, draslíka, horčíka a síry je pomerne vysoký (obr. 5). Na obrázku je znázornený N, lebo ten nepatrí medzi populoviny.

Obr. 4 *Obsah popola v korunách drevín*

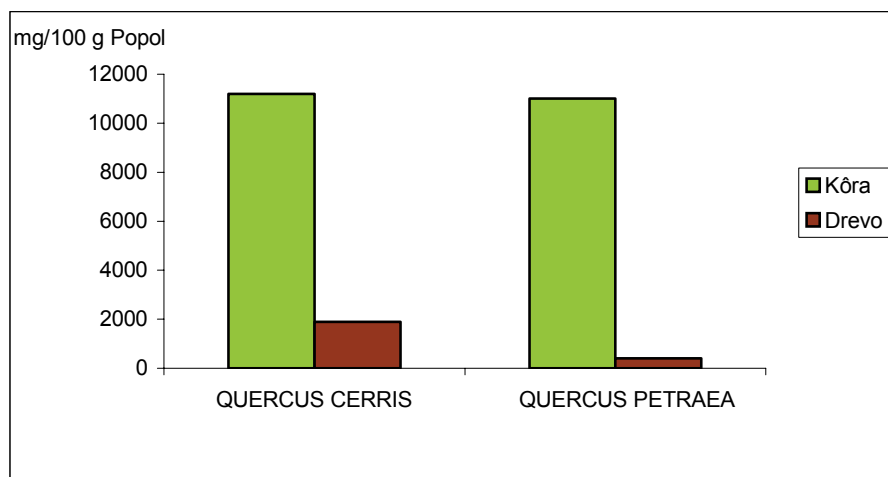


Obr. 5 *Obsah P v korunách drevín*



Podobné zastúpenie živín, aké bolo zaznamenané v dreve a kôre z koruny duba, je aj v týchto dvoch zložkách dendromasy z kmeňa stromov. Demonstrujeme to na nasledujúcom obrázku 6, ktorý znázorňuje obsah popola v kôre a dreve z kmeňov drevín. Rozdiely sú viac než rádovo väčšie v prospech kôry. Tu je dôležité zviditeľniť skutočnosť, že obsah živín v dreve je veľmi nízky, a práve toto kritérium je dôležité pre voľbu metódy ťažby drevnej suroviny. Niektoré kvantitatívne údaje budeme interpretovať v nasledujúcom texte.

Obr. 6 *Obsah popola v kmeňoch drevín*



### Odber živín ťažbou dreva

Bilanciu živín sme urobili na príklade hrabovo-dubového ekosystému. V prvom riadku je uvedená zásoba prístupných živín v pôde, ktorej sme priradili hodnotu 100 %. V druhom riadku sme vypočítali percentuálny podiel živín v tenčine vrátane listov, t. j. v biomase pod 7 cm zo zásoby v pôde. V treťom riadku máme vyčíslený percentuálny podiel živín len v listoch zo zásoby živín v pôde.

Tab. 1 *Bilancia živín v dubových ekosystémoch*

Živina	N	P	K	Ca	Mg
Zásoba prístupných živín v pôde v %:	100	100	100	100	100
Zásoba živín v tenčine pod 7 cm zo zásoby v pôde v %:	83	75	16	3	2
Z toho živiny v listoch zo zásoby v pôde v %:	42	30	6	0,3	0,6

Výsledky ukazujú, že makroživiny možno rozdeliť na dve skupiny. Do prvej skupiny patrí dusík, fosfor a draslík, ktoré sa v značnej miere hromadia v biomase tenčiny a pri bilancii živín v lesnom ekosystéme, (t. j. v pôde a poraste) majú kľúčový význam. Veď v biomase tenčiny a listov draslík a fosfor tvoria 16 % a 75 % a produkčne najvýznamnejší prvok dusík dokonca 83 % z celkovej zásoby pre dreviny prístupných živín v pôde lesného ekosystému.

Do druhej skupiny patrí vápnik a horčík. Ich akumulácia v biomase tenčiny dosahuje len 2 – 3 % zo zásoby v pôde. Potvrdzujú to aj zovšeobecnené údaje pre listnaté a ihličnaté ekosystémy, ktoré sme urobili na základe výskumov pre územie Slovenska (tab. 2).

Tab. 2 *Bilancia živín listnatých a ihličnatých porastov*

Zásoba živín v pôde:	N 100 %	P 100 %	K 100 %	Ca 100 %	Mg 100 %
<b>LISTNATÉ:</b>					
Zásoba živín v listoch:	28 – 42 %	24 – 30 %	6 – 22 %	1 – 2 %	1 – 3 %
Zásoba živín v tenčine:	41 – 46 %	28 – 45 %	10 – 36 %	3 – 6 %	1 – 10 %
Spolu:	69 – 88 %	52 – 75 %	16 – 58 %	4 – 8 %	2 – 13 %
<b>IHLIČNATÉ:</b>					
Zásoba živín v ihliciach:	65 – 91 %	40 – 59 %	30 – 37 %	6 – 7 %	3 – 8 %
Zásoba živín v tenčine:	67 – 69 %	30 – 70 %	20 – 35 %	5 – 17 %	5 – 14 %
Spolu:	132 – 160 %	70 – 129 %	50 – 72 %	11 – 24 %	8 – 22 %

Tabuľka poukazuje, že zásoba živín všeobecne je v ihličnatých ekosystémoch v biomase tenčiny a asimilačných orgánov významne vyššia (8 – 160 %) než v listnatých porastoch (2 – 88 %). Ba dokonca, čo sa týka zásoby fosforu a dusíka v ihličnákoch presahuje pri týchto dvoch prvkoch aj ich mobilizovateľný pool v pôde (129 – 160 % v ihličnatých ekosystémoch oproti 100 % v pôde).

## ZÁVER

Z demonštrovaných výsledkov je zrejmé, že technológia ťažby dreva na Slovensku musí byť postavená na vedeckých poznatkoch o kvalite a produkčných vlastnostiach pôdy. Pôdu, jej úrodnosť a hlavne produkčné vlastnosti aj v budúcnosti si musíme chrániť. Z toho dôvodu nemožno všeobecne odporúčať stromovú metódu ťažby dreva. Tam, kde má pôda nedostatočnú zásobu živín, t.j. na chudobnejších substrátoch, na pôdach s podviazaným geobiochemickým cyklom a pod. sa budeme musieť uspokojiť s kmeňovou metódou ťažby dreva, príp. ťažbou len v mimo vegetačnom období. Je to dôležité aj preto, aby sme udržali priaznivé produkčné vlastnosti našich lesných pôd aj pre budúce generácie.

*Podakovanie: Táto práca bola podporená finančnými prostriedkami z VEGA č.1/2383/05 a 1/0635/03*

## **LITERATÚRA**

- Bublinec, E., 1971: Výskum vplyvu narušených a novovytváraných biocenóz lesa na podzolizáciu pôdy. Záverečná správa, VÚLH, Zvolen, 145.
- Fiedler, H. J., Höhne, H., 1966: Obsah živín v lesných drevinách. In: Zborník vedeckých prac LF – VŠLD, Zvolen, 1.
- Gregor, J., Bublinec, E., Pichler, V., 2002: Štruktúra a kvalita horizontov pokrývkového humusu lesných pôd na výškovom tranzekte Západných Tatier, MVK, Prvé pôdoznalecké dni v SR, Račková Dolina 17. – 19. Júna 2002, VÚPOP Bratislava, s. 153-156.
- Gregor, J., Pichler, V., Bublinec, E., Tužinský, L., 2004: The Content and Accumulation of Carbon in the Carpathian Beech and Spruce Ecosystems – a Comparative Case Study, Poster, COST E 21, Final Plenary Meeting, Dublin, Ireland, 7 – 9<sup>th</sup> October 2004, 49 p.

# KOMPARÁCIA VYUŽITIA PÔDY A VÝŠKY TRHOVÝCH CIEN POZEMKOV

## Comparison of land use and market prices of parcel

Štefan BUDAY

*Výskumný ústav ekonomiky poľnohospodárstva a potravinárstva, Trenčianska 55,  
824 80 Bratislava, SR  
[buday@vuepp.sk](mailto:buday@vuepp.sk)*

### Abstrakt

V príspevku sú prezentované a vyhodnotené výsledky analýz vzťahov medzi výškou ceny poľnohospodárskej pôdy, veľkosťou pozemku a predpokladaným ďalším využitím predávaných pozemkov. Trhové ceny sú sledované a následne analyzované podľa druhu pozemku a predpokladaného ďalšieho využitia vo vybraných okresoch v rámci jednotlivých katastrálnych území. Vzhľadom na to, že doteraz neexistujú oficiálne štatistické údaje o výške a vývoji trhových cien pôdy, sú zistené výsledky jedinými relevantnými údajmi o trhových cenách poľnohospodárskej pôdy na Slovensku.

**Kľúčové slová:** poľnohospodárska pôda, trh s pôdou, cena pôdy, výmera pôdy

### Abstract

The contribution presents the results of analyses concerning relations between a level of agricultural land price, a parcel size and an expected use of sold land. Market prices are monitored and consequently analyzed according to the type of a parcel and the expected use of land in selected districts within individual cadastral areas. The official statistical data on land market prices and their development have not been available yet. Because of this the determined results are the unique relevant data on agricultural land market prices in Slovakia.

**Key words:** Agricultural land, land market, land price, land size

### ÚVOD

V dôsledku štyridsaťročnej absencie trhového hospodárstva v bývalom Československu neexistoval ani trh s pôdou. Vlastnícke vzťahy boli potlačené, dominantné postavenie mali užívateľské vzťahy k pôde nad vlastníctvom pôdy. Východiskovým právnym predpisom, ktorý obnovil vlastnícke vzťahy k pôde, začal vytvárať podmienky pre rozvoj trhu s pôdou, narovnal nájomné vzťahy k pôde a naštartoval tvorbu trhových cien poľnohospodárskej pôdy, bol zákon č. 229/1999 Z.z. o úprave vlastníckych vzťahov k pôde a inému poľnohospodárskemu majetku. Na tento zákon nadväzoval celý rad ďalších právnych predpisov, ktoré vo svojom súbore tvoria nové pozemkové právo na Slovensku, zosúladené s pozemkovým právom krajín s rozvinutým trhovým hospodárstvom.

Aj napriek legislatívnej pripravenosti, po vstupe Slovenskej republiky do EÚ sa trh s poľnohospodárskou pôdou dostatočne nerozvinul. Očakávania vkladané do skorého zavedenia trhových cien do oceňovacieho a hodnotiaceho systému poľnohospodárskej pôdy sa nenaplnili. Bude preto potrebné prijať ďalšie účinnejšie opatrenia, zamerané na riešenie pretrvávajúcich problémov, medzi ktoré patrí najmä identifikácia vlastníctva a reštitúcie pozemkov, prehľadnenie nájomných vzťahov medzi vlastníkom a užívateľom a tvorba finančných zdrojov určených na nákup poľnohospodárskej pôdy.

V článku sú prezentované výsledky zistené pri sledovaní vývoja trhových cien poľnohospodárskych pozemkov vo vybraných regiónoch SR vykonaných Výskumným ústavom ekonomiky poľnohospodárstva a potravinárstva v Bratislave v rokoch 2001 – 2003.

## MATERIÁL A METODIKA

Zisťovanie skutočných trhových (kúpno-predajných) cien bolo vykonané v spolupráci s Výskumným ústavom geodézie a kartografie (VÚGK) v Bratislave. Prvým krokom riešenia bolo vytýpanie reprezentatívnych oblastí charakterizujúcich danú štruktúru pôdneho fondu v jednotlivých regiónoch Slovenska. Úloha bola realizovaná so šiestimi stanovenými správami katastra nehnuteľností v okresoch Dunajská Streda, Liptovský Mikuláš, Michalovce, Rimavská Sobota, Svidník, Topoľčany.

Predmetom spracovania boli sumárne údaje predaja poľnohospodárskej pôdy z kúpno-predajných zmlúv, týkajúcich sa prevodov poľnohospodárskej pôdy ohlásených na vklad do katastra nehnuteľností v jednotlivých okresoch, v členení: druh pozemkov, počet pozemkov, celková výmera pozemkov, priemerná kúpno-predajná (trhová) cena pozemkov v Sk/m<sup>2</sup>; ako aj údaje o predaji poľnohospodárskej pôdy v okrese v členení: číslo zmluvy, druh pozemkov, celková výmera, kúpno-predajná (trhová) cena za 1 m<sup>2</sup>, názov katastrálneho územia.

### Počet a výmera predávaných pozemkov podľa veľkosti pozemkov

Počas sledovania vývoja výmer a výšky trhových cien poľnohospodárskej pôdy v sledovaných okresoch v rokoch 2001 – 2003 sa potvrdila skutočnosť, že za najvyššie ceny sú predávané pozemky s malými výmerami a naopak, s rastúcou výmerou pozemku sa súčasne znižuje trhová cena predávaných pozemkov. Nedostatkom jednotlivých zavkladovaných prípadov do Katastra nehnuteľností je skutočnosť, že v záznamových listinách k jednotlivým prípadom kúpy a predaja sa nesleduje taká dôležitá skutočnosť, ako je účel ďalšieho využitia pozemkov.

Preto sme predávané pozemky rozdelili do dvoch skupín, a to pozemky s výmerou **do 10 000 m<sup>2</sup> (1 ha)**, ktoré v ďalšom považujeme za pozemky určené na **nepoľnohospodárske využitie, resp. potenciálne stavebné pozemky**, a pozemky s výmerou **nad 10 000 m<sup>2</sup>**, ako pozemky na ďalšie **poľnohospodárske využitie**, pričom bola uskutočnená aj následná kontrola k upresneniu výmer pozemkov predávaných na poľnohospodárske využitie.

Tab. 1 Počet predávaných pozemkov podľa veľkosti pozemku 2001 – 2003

Veľkosť pozemku [m <sup>2</sup> ]		Počet pozemkov	Podiel počtu [%]	Výmera pôdy [m <sup>2</sup> ]	Podiel výmery [%]	Priemerná veľkosť pozemku [m <sup>2</sup> ]
nad	do					
0	100	391	8,24	16 587	0,04	42,42
100	1 000	2 415	50,90	1 192 399	2,67	493,75
1 000	2 500	1 038	21,88	1 611 241	3,60	1 552,26
2 500	5 000	296	6,24	1 057 140	2,36	3 571,42
5 000	10 000	167	3,52	1 151 512	2,57	6 895,28
spolu do 10 000		4 307	90,77	5 028 879	11,24	1 167,61
10 000	20 000	197	4,15	2 721 246	6,08	13 813,43
20 000	50 000	114	2,40	3 572 035	7,99	31 333,64
50 000	100 000	54	1,14	4 012 460	8,97	74 304,81
100 000	*	73	1,54	29 388 497	65,71	402 582,15
spolu nad 10 000		438	9,23	39 694 238	88,76	90 626,11
SPOLU		4 745	100,00	44 723 117	100,00	9 425,31

Zdroj: VÚGK, vlastné výpočty

Najvyšší podiel (81 %) z celkového počtu predaných pozemkov predstavujú pozemky v prvých troch najmenších intervaloch od 0 do 2500 m<sup>2</sup>. Pozemky s výmerou do 10 000 m<sup>2</sup> (do 1 ha) predstavovali až 91 % z celkového počtu predaných pozemkov, pričom ich výmera bola len 11,2 % z celkovej predanej výmery. Veľkosťou nad 10 000 m<sup>2</sup> je najviac pozemkov v intervale 10 000 – 20 000 m<sup>2</sup>, najväčších pozemkov nad 100 000 m<sup>2</sup> je počtom najmenej (1,54 %), ale zároveň v tomto intervale bola predaná najväčšia výmera pôdy, až 66 %.

### Výmera predávaných pozemkov podľa druhu pozemkov

Najvyššia výmera predanej ornej pôdy bola v intervale 100 000 m<sup>2</sup> a viac (57,59 %). Obdobný trend vykazujú vinice, kde bolo v intervale 100 000 m<sup>2</sup> a viac predanej až 97,14 % z celkovej predanej výmery viníc. Najvyššia výmera predaných ovocných sádov bola v intervale 50 000 – 100 000 m<sup>2</sup> (36,46 %). V tomto druhu pozemkov ako v jedinom zo sledovaných druhov pozemkov bolo pomerne vysoké zastúpenie menších predávaných pozemkov v intervaloch 2 500 – 5 000 m<sup>2</sup> (22,76 %) a v intervale 5 000 – 10 000 m<sup>2</sup> (16,96 %). U trvalých trávnych porastov bola najvyššia výmera 50,44 % predaná v intervale nad 100 00 m<sup>2</sup>.

Tab. 2 Výmera pozemkov podľa ich druhu v rokoch 2001 – 2003

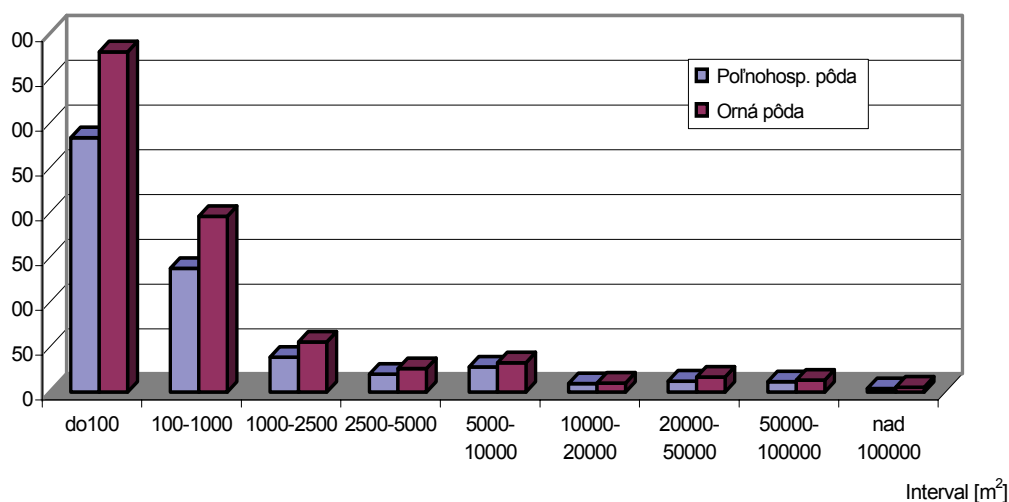
Veľkosť pozemku		Výmera predávaných pozemkov									
[m <sup>2</sup> ]		Spolu		Orná pôda		Vinice		Ovocné sady		TTP	
nad	do	[m <sup>2</sup> ]	[%]	[m <sup>2</sup> ]	[%]	[m <sup>2</sup> ]	[%]	[m <sup>2</sup> ]	[%]	[m <sup>2</sup> ]	[%]
0	100	16 587	0,04	10 708	0,04	553	0,01	82	0,03	5 157	0,07
100	1 000	1 192 399	2,67	742 300	2,79	39 123	0,36	24 501	9,25	383 906	5,47
1 000	2 500	1 611 241	3,60	1 020 499	3,84	34 870	0,32	15 402	5,82	540 470	7,69
2 500	5 000	1 057 140	2,36	751 546	2,83	2 735	0,03	60 260	22,76	242 599	3,45
5 000	10 000	1 151 512	2,57	772 361	2,91	6 375	0,06	44 892	16,96	327 884	4,67
<b>spolu do 10 000</b>		<b>5 028 879</b>	<b>11,24</b>	<b>3 297 414</b>	<b>12,40</b>	<b>83 656</b>	<b>0,77</b>	<b>145 137</b>	<b>54,82</b>	<b>1 500 016</b>	<b>21,36</b>
10 000	20 000	2 721 246	6,08	2 365 702	8,90	33 934	0,31	23 087	8,72	298 523	4,25
20 000	50 000	3 572 035	7,99	2 318 615	8,72	130 526	1,20		0,00	1 122 894	15,99
50 000	100 000	4 012 460	8,97	3 294 592	12,39	61 856	0,57	96 532	36,46	559 480	7,97
100 000 a viac		29 388 497	65,71	15 310 892	57,59	10 534 790	97,14		0,00	3 542 815	50,44
<b>spolu nad 10 000</b>		<b>39 694 238</b>	<b>88,76</b>	<b>23 289 801</b>	<b>87,60</b>	<b>10 761 106</b>	<b>99,23</b>	<b>119 619</b>	<b>45,18</b>	<b>5 523 712</b>	<b>78,64</b>
<b>SPOLU</b>		<b>44 723 117</b>	<b>100</b>	<b>26 587 215</b>	<b>100</b>	<b>10 844 762</b>	<b>100</b>	<b>264 756</b>	<b>100</b>	<b>7 023 728</b>	<b>100</b>

Zdroj: VÚGK, vlastné výpočty

### Priemerná tržobná cena predávaných pozemkov podľa ich veľkosti, druhu a predpokladaného ďalšieho využitia

Vo všetkých zo sledovaných druhov pozemkov boli zistené najvyššie tržobné ceny v prvých dvoch najmenších intervaloch 0 – 100 m<sup>2</sup> a 100 – 1 000 m<sup>2</sup>, a to aj vo všetkých sledovaných okresoch. Z globálneho aspektu možno konštatovať, že so zvyšujúcou sa výmerou klesá výška tržobných cien rovnako vo všetkých okresoch a kultúrach užívania.

Graf 1 Priemerná cena (Sk.m<sup>2</sup>) poľnohospodárskej a ornej pôdy podľa veľkosti za roky 2001 – 2003



Absolútne najvyššia priemerná trhová cena predávanej poľnohospodárskej pôdy v intervale 0 – 100 m<sup>2</sup> bola v okrese Dunajská Streda 512,21 Sk.m<sup>-2</sup> a Topoľčany 79,60 Sk.m<sup>-2</sup>. V tomto intervale bola dosiahnutá aj najvyššia trhová cena ornej pôdy v okrese Dunajská Streda 481,77 Sk.m<sup>-2</sup> a Topoľčany 127,05 Sk.m<sup>-2</sup>. V okrese Dunajská Streda bola v rovnakom intervale dosiahnutá aj najvyššia priemerná cena viníc 4309,35 Sk.m<sup>-2</sup>. Najvyššia priemerná cena ovocných sadov bola dosiahnutá v intervale 100 – 1 000 m<sup>2</sup> 146,02 Sk.m<sup>-2</sup>. V rovnakom intervale bola dosiahnutá aj najvyššia priemerná trhová cena trvalých travnych porastov 97,53 Sk.m<sup>-2</sup>.

Tab. 3 *Výška trhových cien podľa druhu a velkosti predávaných pozemkov vo vybraných okresoch SR v rokoch 2001 – 2003*

<i>Velkosti pozemku[m<sup>2</sup>]</i>		<i>Priemerná cena pôdy [Sk.m<sup>-2</sup>]</i>				
<i>nad</i>	<i>do</i>	<i>Poľnoh. pôda</i>	<i>Orná pôda</i>	<i>Vinice</i>	<i>Ovocné sady</i>	<i>TTP</i>
0	100	512,21	481,77	4 309,35	111,59	78,75
100	1000	257,54	269,30	453,15	146,02	97,53
1 000	2 500	76,18	78,74	9,11	51,87	21,02
2 500	5 000	30,89	33,81	10,97	17,81	3,93
5 000	10 000	37,57	39,08	0,44	21,83	8,00
<b>do 10 000</b>		<b>98,28</b>	<b>102,52</b>	<b>95,30</b>	<b>56,25</b>	<b>33,46</b>
10 000	20 000	9,94	9,93	9,34	11,74	9,98
20 000	50 000	16,95	17,08	17,50	*	1,00
50 000	100 000	14,06	14,30	9,32	9,70	*
100 000	*	4,40	6,37	2,66	*	0,34
<b>nad 10 000</b>		<b>6,68</b>	<b>9,21</b>	<b>2,90</b>	<b>10,09</b>	<b>0,44</b>
<b>Dunajská Streda</b>		<b>13,43</b>	<b>19,24</b>	<b>3,04</b>	<b>29,93</b>	<b>2,91</b>
0	100	79,60	127,05	*	*	57,45
100	1000	67,96	87,28	41,77	*	42,47
1 000	2 500	20,58	26,82	*	1,10	6,27
2 500	5 000	2,76	2,89	*	3,70	1,74
5 000	10 000	4,04	5,39	*	7,24	2,95
<b>do 10 000</b>		<b>18,83</b>	<b>26,37</b>	<b>41,77</b>	<b>4,37</b>	<b>10,31</b>
10 000	20 000	4,47	4,83	*	*	3,65
20 000	50 000	2,89	2,01	*	*	3,10
50 000	100 000	5,63	5,63	*	*	*
100 000	*	3,40	3,40	*	*	*
<b>nad 10 000</b>		<b>3,51</b>	<b>3,61</b>	<b>*</b>	<b>*</b>	<b>3,15</b>
<b>Topoľany</b>		<b>5,73</b>	<b>6,02</b>	<b>41,77</b>	<b>4,37</b>	<b>4,80</b>
0	100	35,14	48,57	*	*	28,42
100	1000	36,63	40,37	*	*	34,63
1 000	2 500	15,04	26,28	*	*	10,16
2 500	5 000	13,97	21,50	*	*	3,86
5 000	10 000	36,48	31,15	*	*	37,27
<b>do 10 000</b>		<b>24,76</b>	<b>30,58</b>	<b>*</b>	<b>*</b>	<b>21,98</b>
10 000	20 000	6,96	10,77	*	*	5,09
20 000	50 000	8,90	38,86	*	*	0,98
50 000	100 000	0,75	0,00	*	*	0,75
100 000	*	0,11	0,00	*	*	0,11

<i>Veľkosť pozemku[m<sup>2</sup>]</i>		<i>Priemerná cena pôdy [Sk.m<sup>-2</sup>]</i>				
<i>nad</i>	<i>do</i>	<i>Poľnoh. pôda</i>	<i>Orná pôda</i>	<i>Vinice</i>	<i>Ovocné sady</i>	<i>TTP</i>
<b><i>nad 10 000</i></b>		<b>2,16</b>	<b>27,91</b>	*	*	<b>0,59</b>
<b>Liptovský Mikuláš</b>		<b>9,70</b>	<b>29,88</b>	*	*	<b>6,25</b>
0	100	3,77	2,99	2,00	*	3,98
100	1000	13,86	12,76	11,66	0,51	16,17
1 000	2 500	7,80	10,99	*	3,58	2,53
2 500	5 000	3,65	5,79	*	2,13	2,17
5 000	10 000	1,89	3,70	*	4,20	0,53
<b><i>do 10 000</i></b>		<b>6,73</b>	<b>9,21</b>	<b>11,60</b>	<b>2,90</b>	<b>4,40</b>
10 000	20 000	1,43	2,73	*	*	0,96
20 000	50 000	2,29	0,00	*	*	2,29
50 000	100 000	3,29	3,29	*	*	*
100 000	*	0,43	0,68	*	*	0,01
<b><i>nad 10 000</i></b>		<b>0,67</b>	<b>0,85</b>	*	*	<b>0,42</b>
<b>Rimavská Sobota</b>		<b>1,31</b>	<b>1,59</b>	<b>11,60</b>	<b>2,90</b>	<b>0,88</b>
0	100	21,04	29,48	*	*	10,74
100	1000	9,54	5,95	*	*	12,39
1 000	2 500	3,48	4,02	*	5,74	2,54
2 500	5 000	6,20	12,20	*	3,18	2,39
5 000	10 000	3,30	4,20	*	*	2,05
<b><i>do 10 000</i></b>		<b>5,15</b>	<b>6,69</b>	*	<b>3,68</b>	<b>3,66</b>
10 000	20 000	3,66	2,90	*	*	4,26
20 000	50 000	*	*	*	*	*
50 000	100 000	*	*	*	*	*
100 000	*	*	*	*	*	*
<b><i>nad 10 000</i></b>		<b>3,66</b>	<b>2,90</b>	*	*	<b>4,26</b>
<b>Svidník</b>		<b>5,05</b>	<b>6,46</b>	*	<b>3,68</b>	<b>3,71</b>
0	100	10,33	6,61	12,10	*	3,86
100	1000	18,42	15,69	12,25	*	27,72
1 000	2 500	5,91	8,70	3,90	*	5,36
2 500	5 000	11,84	11,95	*	*	11,29
5 000	10 000	4,87	4,25	*	*	5,47
<b><i>do 10 000</i></b>		<b>10,05</b>	<b>9,51</b>	<b>8,14</b>	*	<b>10,87</b>
10 000	20 000	49,61	101,34	*	*	2,94
20 000	50 000	3,46	3,12	*	*	3,78
50 000	100 000	4,28	4,65	*	*	4,05
100 000	*	3,76	3,76	*	*	*
<b><i>nad 10 000</i></b>		<b>4,66</b>	<b>4,84</b>	*	*	<b>3,89</b>
<b>Michalovce</b>		<b>5,45</b>	<b>5,24</b>	<b>8,14</b>	*	<b>5,24</b>

Zdroj: VÚGK, vlastné výpočty

Tab. 4 Priemerná trhová cena pozemkov podľa ich druhu za roky 2001 – 2003

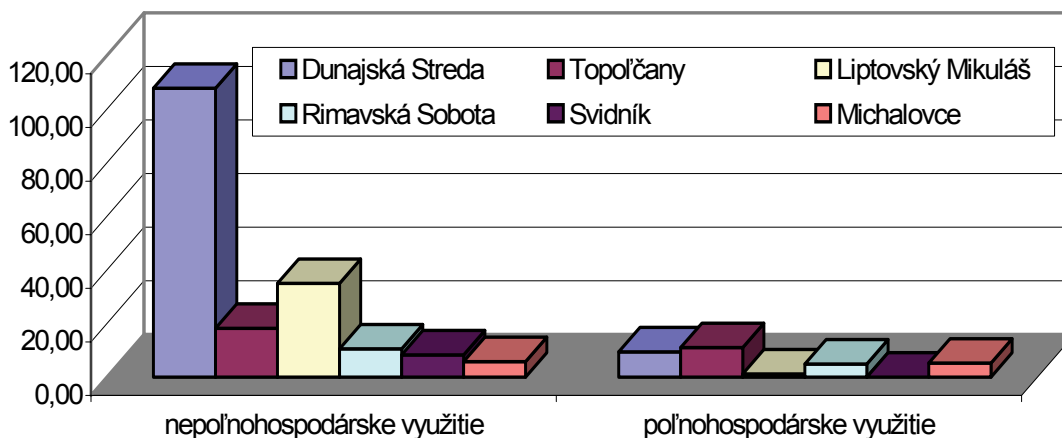
Veľkosť pozemku [m <sup>2</sup> ]		Priemerná cena predávaných pozemkov [Sk.m <sup>-2</sup> ]				
nad	do	Spolu	Orná pôda	Vinice	Ovocné sady	TTP
0	100	283,99	379,93	889,60	111,59	26,95
100	1000	138,12	196,22	39,12	138,39	36,40
1 000	2 500	38,82	55,75	4,72	36,08	9,13
2 500	5 000	19,88	26,18	10,97	9,02	3,16
5 000	10 000	28,00	32,71	0,44	17,40	18,89
spolu do 10 000		56,71	76,29	26,53	36,38	17,34
10 000	20 000	9,29	9,98	9,34	11,74	3,62
20 000	50 000	12,20	16,68	17,50	*	2,32
50 000	100 000	11,53	13,32	9,32	9,70	1,55
100 000	*	3,77	5,36	2,66	*	0,15
spolu nad 10 000		5,69	8,09	2,90	10,09	0,92
SPOLU		11,43	16,54	3,08	24,50	4,43

Zdroj: VÚGK, vlastné vypochy

Priemerná trhová cena pozemkov predávaných na **nepoľnohospodárske a stavebné využitie** (do 1 ha) bola vo vybraných okresoch 56,71 Sk.m<sup>-2</sup>. Priemerná trhová cena ornej pôdy dosiahla vysku 76,29 Sk.m<sup>-2</sup>, ovocných sadov 36,38 Sk.m<sup>-2</sup> a trvalých travnych porastov 17,34 Sk.m<sup>-2</sup>.

Priemerná trhová cena poľnohospodarskych pozemkov s predpokladom ich dalšieho **poľnohospodárskeho využitia** (s výmerou nad 1 ha) dosiahla v rokoch 2001 – 2003 v sledovaných okresoch vysku 5,69 Sk.m<sup>-2</sup>. Priemerná trhová cena ornej pôdy bola 8,09 Sk.m<sup>-2</sup>, viníc 2,90 Sk.m<sup>-2</sup>, ovocných sadov 10,09 Sk.m<sup>-2</sup> a trvalých travnych porastov 0,92 Sk.m<sup>-2</sup>.

Graf 2 Priemerná cena (Sk.m<sup>2</sup>) poľnohospodárskej pôdy podľa šcelu využitia v rokoch 2001 – 2003



## ZÁVER

Charakteristickou črtou pre trh s pôdou je skutočnosť, že predaj a kúpa poľnohospodarskych pozemkov sa zameriava najmä na pozemky s malými výmerami do 1000 m<sup>2</sup>, väčšinou pre výstavbu alebo rozšírenie už vlastnených pozemkov, a nie na trhovú produkciu poľnohospodarskych pozemkov. Trhové ceny pozemkov s malými výmerami sú mnohonásobne vysšie ako úradné ceny pôdy, najmä v závislosti od vzdialenosti pozemkov od hranice intravilánu, ich polohy, tvaru ako i predpokladaných možností rozšírenia hraníc intravilánov s potenciálnou možnosťou prevodu na stavebné pozemky.

Dalším faktorom ovplyvnujucim trhové ceny pozemkov je mikroregionalna poloha predávaných pozemkov, najmä v lukrativnejších častiach katastralnych území, jestvujúci disponibilný kapitál a podnikateľské zámery v jednotlivých katastralnych územiach u potencialnych kupujúcich. Dôležité je tiež

zastúpenie podnikateľskej sféry v príslušných regiónoch a intenzita podnikateľských aktivít súvisiacich s poľnohospodárskym pôdnym fondom a celková rozdrobenosť poľnohospodárskych pozemkov.

Najvyššia intenzita kúpno-predajných transakcií bola sústredená v poľnohospodársky najproduktívnejšom okrese Dunajská Streda a v podmienkach vhodných na turistický ruch v okrese Liptovský Mikuláš.

*Podakovanie: Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu vedy a techniky prostredníctvom finančnej podpory č. APVT-27-004402.*

## **LITERATÚRA**

- Buday, Š., Bradáčová, K., Grausová, G., 2005: Rozvoj trhu s pôdou v podmienkach prípravy Slovenska na vstup do EÚ. Záverečná správa projektu APVT-27-004402, VÚEPP Bratislava 2005, Tab. 16, grafy 7, Príl. 4.
- Buday, Š., 2004: Trh s pôdou a perspektíva jeho rozvoja, Ekonomika poľnohospodárstva, IV, 2004, č. 4, s. 47-53. Tab. 2, grafy 2.

# OCHRANA PÔDY PRED DEGRADÁCIOU A JEJ CELOSPOLOČENSKÉ A GLOBÁLNE ASPEKTY

## Soil protection against degradation and its society-wide and global aspects

**Radoslav BUJNOVSKÝ**

*Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava*

*email: [bujnovsky@vupu.sk](mailto:bujnovsky@vupu.sk)*

### Abstrakt

Príspevok analyzuje stav a príčiny degradácie pôdy v podmienkach Slovenska s prihliadnutím na osobitosti využívania v oblasti poľnohospodárstva, lesníctva a urbánnych a priemyselných oblastí. Významnosť degradačných procesov v sektore poľnohospodárstva klesá v poradí úbytok pôdnej organickej hmoty > vodná erózia > zhutnenie pôdy > acidifikácia > veterná erózia > znečisťovanie > zasoľovanie. Zábery najmä poľnohospodárskej pôdy boli doteraz v únosnom rozsahu avšak nastúpený trend rozvoja zahraničných a domácich investícií na Slovensku nerešpektuje súčasnú legislatívu a dochádza k záberu nových plôch poľnohospodárskych pôd, bez ohľadu na ich unikátnu kvalitu. Pôdy v lesnom sektore sú najviac ovplyvnené acidifikáciou a znečisťovaním. Pôdy v urbánnych a priemyselných oblastiach sú výrazne postihované znečisťovaním a zhutňovaním.

Degradácia pôdy má spravidla postupný a kumulatívny charakter a dlhodobo resp. trvalo ovplyvňuje zabezpečovanie tak produkčnej, ako aj ostatných ekologických funkcií pôdy. Nevhodné využívanie a následná degradácia pôdy sa následne spája s poškodzovaním ostatných zložiek prostredia (znižovanie biodiverzity, znečisťovanie ovzdušia a vodných zdrojov). Kontaminácia pôdy v urbánnych oblastiach priamo ovplyvňuje zdravotný stav obyvateľstva.

Bezprostrednou príčinou degradácie pôdy v poľnohospodárstve je nedostatočné uplatňovanie zásad správnej poľnohospodárskej praxe, nedostatok použiteľných informácií a nedostatočné uplatňovanie legislatívnych predpisov vo vzťahu k ochrane pôdy. Hlbšou príčinou stavu je dlhodobé nadradžovanie významu produkčnej funkcie pôdy nad ostatné ekologické, čo je odrazom súčasných hodnotových kritérií spoločnosti. Lesné porasty a následne pôdy sú ovplyvnené emisiami a imisiami z lokálnych zdrojov a diaľkového prenosu. Stav urbánnych pôd je odrazom hospodárskych aktivít človeka, ktoré sú považované za stabilizačný faktor z pohľadu zamestnanosti a ekonomickej prosperity jednotlivcov, skupín a štátu. Zábery ďalšej poľnohospodárskej pôdy na výstavbu infraštruktúry namiesto využívania opustených priemyselných a hospodárskych plôch je taktiež odrazom hodnotových priorít spoločnosti. Pôda v súkromnom sektore je spravidla považovaná za majetok, ktorý slúži výlučne záujmom vlastníka. Akékoľvek príčiny degradácie pôdy prípadne krajiny sú v konečnom dôsledku výsledkom aktivít človeka, ktorý prostredníctvom tvorivého myslenia permanentne ovplyvňuje okolitú realitu.

**Kľúčové slová:** degradácia pôdy, príčiny degradácie, stav degradácie, následky degradácie

### Abstract

Submitted paper focuses attention on problems with soil degradation with regard to particularity soil use in agriculture, forestry and urban and industrial areas. The significance of soil threats in agricultural sector decreases in order: loss of soil organic matter > water erosion > compaction > acidification > wind erosion > pollution > salinization. Till now soil sealing mostly from agricultural sector had tolerable extent but the present trend in development of foreign and national investment does not respect present legislation and new areas of agricultural soil without respect to their unique quality are annexed. Soils in forestry sector are mostly affected by acidification and pollution. Soils in urban or industrial areas are significantly affected by pollution and compaction.

Usually, soil degradation has gradual or cumulative character and long-term influences provision of soil environmental functions, biomass production inclusive. Improper use and following soil degradation is immediately connected with deterioration of other environmental issues (decrease of biodiversity, air and water pollution). Polluted urban soils immediately affect health status of citizens. Immediate reason of soil degradation in agriculture is insufficient application the principles of good agricultural practice, lack of utilisable information and insufficient application of legislation on soil protection. More deep reason is giving long-term precedence to production function over remaining ecological ones that is reflection of value criterion of society. Forest cover and consecutively soils are affected by emissions and emissions from local sources or trans-boundary transfer. Status of urban soils is reflection economy human activities that are considered as stability factor of employment and economic prosperity of individuals, groups and country. Sealing of next agricultural soil for infrastructure building instead of restoration of brown fields is also reflection of value priorities of society. Soil in private sector is usually considered as property that serves exclusively for owner purposes. Mentioned mirrors the societal values and priorities. Whatever reasons of soil and land degradation are in upshot the result of man activities that through creative thinking permanently affects surrounding reality.

**Key words:** soil degradation, driving forces, state, impacts

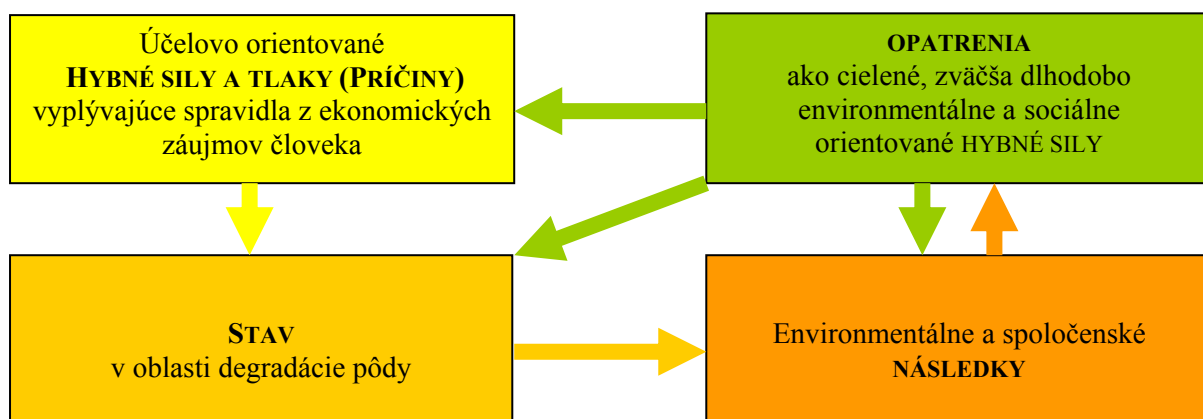
## ÚVOD

Význam pôdy pre spoločnosť a funkcií, ktoré zabezpečuje je predmetom mnohých strategických dokumentov a publikácií (napr. Bedrna, 2002; Bedrna, 2004; Bielek, 2003; Bujnovský, 2003; Bujnovský, Juráni, 1999; Council of Europe, 1992, 2003; Šarapatka a kol., 2002). Degradácia pôdy predstavuje proces vratných a nevratných zmien spravidla vyvolaných človekom pri konkrétnom spôsobe jej využívania a negatívne znižuje schopnosť pôdy plniť produkčnú a mimoprodukčné/ekologické funkcie. Degradácia pôdy predstavuje významný faktor, ktorý z dlhodobého hľadiska ovplyvňuje eko-sociálny rozvoj všetkých krajín. Uvedená skutočnosť je stále viac predmetom záujmu tak na národnej, ako aj nadnárodnej úrovni. Tematická stratégia pre ochranu pôdy (European Commission, 2002) a následné aktivity a dokumenty Európskej Komisie zamerané na hlbšiu analýzu stavu a potrieb v danej oblasti (European Commission, 2004) len zdôrazňujú naliehavosť a potrebu riešenia ochrany pôdy pred degradačnými procesmi.

## MATERIÁL A METÓDY

Príspevok sumarizuje poznatky v oblasti degradácie poľnohospodárskej pôdy, jej následkov a príčin v podmienkach Slovenska. Problematika degradácie pôdy je hodnotená z pohľadu stavu a následkov a napokon príčin, ktoré treba odstrániť prípadne zmeniť pre zlepšenie súčasného stavu. Príčiny degradácie pôdy a jej následky sú analyzované v rámci DPSIR schémy (European Commission, 1999), ktorá bola pre účely tohto príspevku modifikovaná (viď obr. 1).

Obr. 1 *Modifikovaná schéma hodnotenia*



### ***Stav a následky degradácie pôdy***

Degradácia pôdy v podmienkach Slovenska je predmetom početných publikácií (napr. Bielek, 1999; Bujnovský a kol., 2004; Fulajtár, Janský, 2001; Kobza et al., 2002; Linkeš a kol., 1997; Vilček, 2004; Sobocká, 2001; Sobocká, 2004). Prehľad stavu a významnosti degradačných procesov pôdy uvádza tabuľka 1.

Tab. 1 *Významnosť degradačných procesov*

Degradačný proces	Stav degradácie	Významnosť
<b><i>Poľnohospodársky sektor</i></b>		
Erózia (vodná)	56 % výmery pôdy je potenciálne ohrozené (z pohľadu svahovitosti)	veľmi významný
Erózia (veterná)	6,5 % výmery pôdy je potenciálne ohrozené	menej významný
Úbytok humusu	viac než 59 % výmery pôdy je permanentne ovplyvňované	veľmi významný
Zhutňovanie	27 % výmery pôdy je ovplyvnené podpovrchovým zhutnením pôdy	veľmi významný
Zosuvy pôdy	zanedbateľný rozsah	nevýznamný
Kontaminácia	menej než 1,5 % výmery pôdy dosahuje a prekračuje limity znečistenia	menej významný
Acidifikácia	17,5 % výmery pôdy je intenzívne ovplyvnená	významný
Salinizácia	0,2 % výmery pôdy predstavujú zasolené pôdy	nevýznamný
Zábery pôdy	doteraz tolerovateľný úbytok pôdy, asi 3 ha denne	menej významný
<b><i>Lesnícky sektor</i></b>		
Erózia (vodná)	na lesných cestách, na svahoch po ťažbe dreva alebo po živelných pohromách	menej významný
Erózia (veterná)	zanedbateľný rozsah	nevýznamný
Úbytok humusu	prakticky žiaden, lesné oblasti skôr udržiujú resp. akumulujú organickú hmotu	nevýznamný
Zhutňovanie	zanedbateľný rozsah	nevýznamný
Zosuvy pôdy	malý rozsah najmä na odlesnených strmých svahoch	menej významný
Kontaminácia	7 % výmery pôdy priamo ovplyvnená imisiami	významný
Acidifikácia	55 % výmery pôdy má hodnoty pH pod 5,0	veľmi významný
Salinizácia	zanedbateľný rozsah popri cestách chemicky ošetrovaných v zime	nevýznamný
Zábery pôdy	zanedbateľný rozsah, v poslednom období výmera lesnej pôdy stúpa	nevýznamný
<b><i>Urbánny a industriálny sektor</i></b>		
Erózia (vodná)	malý až zanedbateľný rozsah	nevýznamný
Erózia (veterná)	malý až zanedbateľný rozsah	nevýznamný
Úbytok humusu	malý až zanedbateľný rozsah	nevýznamný
Zhutňovanie	takmer celá výmera pôdy je ovplyvnená kompakciou rôznej intenzity	veľmi významný
Zosuvy pôdy	malý rozsah najmä na nestabilizovaných strmých svahoch	menej významný
Kontaminácia	prejavuje sa najmä v mestách s hustou dopravou a priemyslom	veľmi významný
Acidifikácia	malý až zanedbateľný rozsah	nevýznamný
Salinizácia	oblasti popri cestách chemicky ošetrovaných v zime	menej významný
Zábery pôdy	výmera urbánnych oblastí narastá zábermi pôdy z iných sektorov	nerelevantný

Najvýznamnejšími procesmi degradácie poľnohospodárskej pôdy v podmienkach Slovenska sú (v zostupnom poradí): úbytok pôdnej organickej hmoty > vodná erózia > podpovrchové zhutňovanie > acidifikácia > znečisťovanie pôdy > trvalé zábery pre investičnú výstavbu. V porovnaní s poľnohospodárskymi pôdami lesné pôdy sú najviac ohrozované chemickou degradáciou a to acidifikáciou a znečisťovaním. V rámci ostatných spôsobov využitia pôdy a krajiny (urbanizované, priemyselné, dopravné a banské územia) hlavným degradačným procesom pôdy je kontaminácia pôd rizikovými látkami a zhutňovanie pôdy. Situácia v hospodárskom a urbánnom sektore, kde prebýva prevažná časť obyvateľov, zatiaľ nie je zmapovaná.

Degradácia pôdy sa prejavuje znižovaním schopnosti zabezpečovať ekologické funkcie vrátane produkcie biomasy. Spolu s účinkami sucha prípadne záplav sa dlhodobo podieľa na znižovaní potenciálnych príjmov poľnohospodárov. Poškodzovanie ostatných zložiek prostredia v dôsledku

nevhodného využívania a degradácie pôdy je ťažšie vyčísliteľné, nakoľko sa prejavuje sprostredkovane. Ako príklad možno uviesť vplyv zhutnenia pôdy na znižovanie retenčnej vodnej kapacity pôdy, výskyt erózie pôdy, sucha resp. záplav, alebo plynné straty uhlíka z pôdy (znižovanie obsahu humusu) čo bezprostredne podporuje zvyšovanie množstva skleníkových plynov v atmosfére a klimatickú zmenu. Degradácia pôdy v lesnom sektore je vnímaná zväčša ako sekundárny problém poškodzovania lesných porastov. Primárnym problémom ostávajú atmosférické spády imisií a emisií z miestnych zdrojov alebo z diaľkových prenosov. Degradovaná a znečistená pôda bezprostredne ovplyvňuje kvalitu života v osídlených, resp. priemyselných zónach s priamym dopadom na zdravotný stav obyvateľstva.

### *Analýza príčin*

Stupeň degradácie pôdy ovplyvňuje konkrétny spôsob využívania pôdy a vhodnosť jednotlivých opatrení. Bezprostrednou príčinou vzniku a stavu degradácie pôdy v poľnohospodárstve je nedostatočné uplatňovanie zásad správnej poľnohospodárskej praxe, čo dokumentuje viacero publikácií (napr. Bielek, 1996; Bujnovský, 2003; Bujnovský a kol., 2004; Šarapatka a kol., 2002; Vilček, 2004). Z ďalších príčin treba spomenúť nedostatok použiteľných informácií a nedostatočné uplatňovanie legislatívnych predpisov vo vzťahu k ochrane pôdy. Treba povedať, že hlbšou príčinou tohto stavu je trvalé nadradzovanie významu produkčnej funkcie pôdy nad ostatné ekologické. Zábery poľnohospodárskej pôdy na výstavbu infraštruktúry namiesto využívania opustených priemyselných a hospodárskych plôch sú odrazom hodnotových kritérií spoločnosti a dominancie materiálnych záujmov.

Lesné porasty a následne pôdy sú ovplyvnené emisiami a imisiami z lokálnych zdrojov a diaľkového prenosu ako dôsledok antropogénnych aktivít.

Stav urbánnych pôd je odrazom hospodárskych aktivít človeka, ktoré sú považované za stabilizačný faktor z pohľadu zamestnanosti a ekonomickej prosperity jednotlivcov, skupín a štátu. Mnohé aktivity priamo a dlhodobo negatívne ovplyvňujú kvalitu pôdy, ostatné zložky prostredia a narušajú ekologickú stabilitu územia. Opätovné využitie opustených priemyselných a poľnohospodárskych areálov pre novú výstavbu je ekonomicky málo atraktívne a to tak z pohľadu investorov (spravidla zahraničných), ako aj z pohľadu kompetentných štátnych úradov, ktoré považujú hospodársky rozvoj krajiny za prioritný. Vlastníctvo pôdy a jej využívanie je spravidla vnímané ako prejav stupňa civilizovanosti spoločnosti. Pôda v súkromnom vlastníctve je spravidla považovaná za prostriedok, ktorý slúži výlučne záujmom vlastníka.

Legislatíva relevantná k ochrane pôdy a krajiny pred degradáciou je vzhľadom na svoju komplexnosť značne rozptýlená. Ochrana a využívanie poľnohospodárskej pôdy na Slovensku v súčasnosti upravuje zákon č. 220/2004 Z.z. S ochranou poľnohospodárskej a lesnej pôdy úzko súvisí aj zákon č. 188/2003 Z.z. o aplikácii čistiarenskeho kalu a dnových sedimentov do pôdy. Aktivity subjektov pri využívaní pôdy resp. krajiny upravujú ďalšie legislatívne predpisy k problematike lesov a hospodárenia v lesoch, k problematike územného plánovania, posudzovania vplyvov na životné prostredie, integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania, k problematike ochrany prírody a krajiny apod. Ochrana pôd v urbánnych územiach nemá žiadnu legislatívnu odporu.

Význam pôdy pre spoločnosť nie je stále docenený a celý rad odborných a vedeckých poznatkov o degradácii a ochrane pôdy nenachádza potrebné uplatnenie v praktickom živote. Problematika výskumu je sústredovaná na oblasť bezprostredných príčin a následkov a ovplyvňuje predovšetkým oblasť legislatívy na ochranu pôdy a ostatných prírodných zdrojov. Stav v oblasti využívania a ochrany pôdy je taktiež odrazom prístupnosti využiteľných odborných poznatkov a informácií a bezprostredne sa dotýka užívateľov pôdy. Tí doteraz nemali prirodzený záujem o informácie z tejto oblasti. Periodické vzdelávanie užívateľov v pôdy v oblasti ochrany, správneho využívania pôdy a ochrany ostatných zložiek prostredia nebolo doteraz zabezpečované zo strany štátu a odborných inštitúcií v potrebnom rozsahu a kvalite. Zvyšovanie environmentálneho povedomia širšej verejnosti zo strany odborných inštitúcií a masmédií je doteraz nedostatočné. Je to otázka tak personálnych, ako aj finančných kapacít uvedených inštitúcií.

Hlavný záujem ľudstva je sústredený na rast materiálneho dostatku. Celosvetovo dominuje materiálne vnímanie reality a sveta. Zmena vzorcov správania ľudí je ďalšou, oveľa závažnejšou oblasťou, ktorá stále čaká na pozitívne zmeny. Žiada sa zdôrazniť, že akékoľvek príčiny degradácie pôdy prípadne krajiny sú v konečnom dôsledku výsledkom aktivít človeka, ktorý rostromníctvom tvorivého myslenia permanentne ovplyvňuje okolitú realitu.

## Návrh opatrení

Ako vyplýva z obr. 1, systémové opatrenia môžu ovplyvňovať rôznu časť cyklu. Hlbšie pochopenie procesu môže prispieť k formulovaniu realistických cieľov a účinnému využívaniu dostupných kapacít. Čím bližšie sú opatrenia smerované k podstate problému, tým účinnejšie a ekonomicky menej náročné sú opatrenia. Uvedené tiež naznačuje rozdiel medzi preventívnymi a regulačnými opatreniami. Nakoľko riešenie následkov degradácie pôdy bez odstránenia príčin jej vzniku prináša len krátkodobé efekty, pozornosť treba viac sústreďovať na oblasť príčin poškodenia pôdy, čo má tak logické ako aj ekonomické opodstatnenie. Zo štandardných oblastí pre formuláciu opatrení treba spomenúť:

- a) Tvorbu strategických dokumentov a legislatívnych predpisov s dôrazom na zabezpečenie ich výkonu v praxi
- b) Tvorba informačných zdrojov pre potreby strategické a operatívneho rozhodovania
- c) Zabezpečovanie vzdelávania študentov a užívateľov pôdy v oblasti príčin a následkov degradácie pôdy a zvyšovanie environmentálneho povedomia širšej spoločnosti
- d) Tvorba nových poznatkov v oblasti zisťovania príčinnno-následných vzťahov v oblasti degradácie pôdy a poškodzovania ostatných prírodných zdrojov v rámci národných a medzinárodných projektov vedy a výskumu
- e) Vypracovanie systému opatrení na odstránenie alebo zmiernenie vzniknutého poškodenia pôdy a ostatných zložiek prostredia.

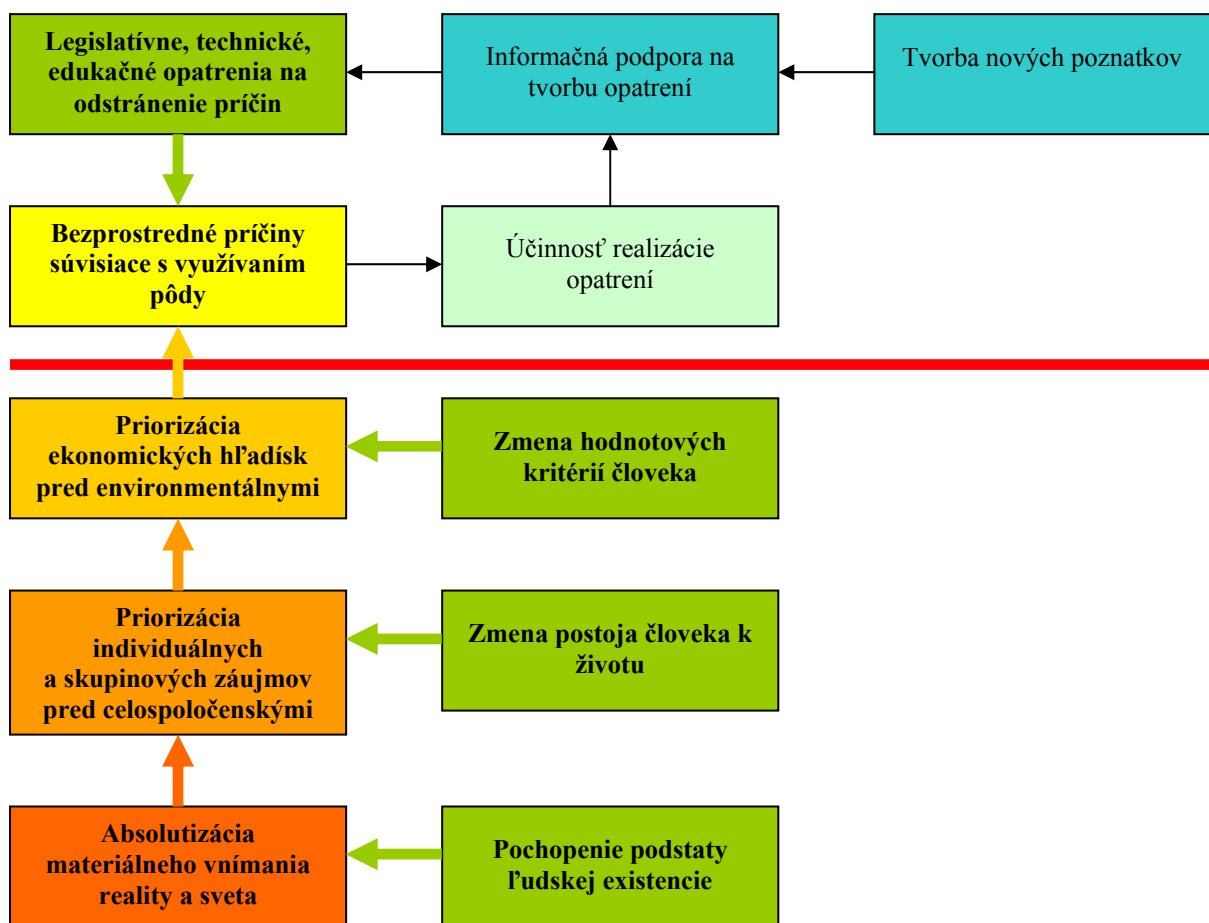
V oblasti výkonu platnej legislatívy treba zdôrazniť potrebu posilnenia existujúcich kapacít a ich kvalitu. Často krát uvádzaná zmena formy vlastníctva pôdy zo štátneho a kolektívneho na súkromné nie je jednoznačnou garanciou zlepšenia využívania pôdy tak v poľnohospodárstve, ako aj lesníctve. Je to predovšetkým problém aktívnej starostlivosti o pôdu, ktorú človek počas svojho života využíva, ale de facto nevlastní. Uplatňovanie a posilňovanie environmentálne orientovaných spôsobov hospodárenia v rámci finančných podpôr z fondov EÚ (SAPS schéma, Agro-environmentálny program) je jeden z nástrojov na zlepšenie stavu využívania využívanej pôdy.

Zdrojom informácií pre strategické prípadne operatívne rozhodovanie v oblasti ochrany a využívania poľnohospodárskych pôd je kontinuálne monitorovanie pôdy ako zložky životného prostredia a permanentne aktualizovaný informačný systém poľnohospodárskych pôd SR. Pre oblasť urbánnych a hospodársky využívaných pôd treba vytvoriť kapacity pre vytvorenie osobitného informačného systému. Tvorba poznatkov a informácií v oblasti hodnotenia mechanizmu príčin a následkov degradácie pôdy a účinnosti jednotlivých opatrení je permanentnou požiadavkou a zahŕňa výskumné aktivity na národnej úrovni, ako aj v oblasti medzinárodnej spolupráce. Pre tvorbu nových poznatkov a ich realizáciu treba zabezpečiť trvalé riešenie problematiky využívania a degradácie pôdy v rámci štátneho programu pre vedu a výskum a jeho finančné zabezpečenie zo štátnych zdrojov. Integrované riešenie problematiky vyžaduje zlepšenie spolupráce medzi jednotlivými inštitúciami.

Environmentálne vzdelávanie na školách vrátane pravidelného vzdelávania užívateľov pôdy a osvetovej činnosti pre širokú verejnosť je nevyhnutnou súčasťou riešenia problémov súvisiacich s vysušovaním krajiny a degradácie pôdy. Vzdelávanie sféry užívateľov pôdy najmä v sektore poľnohospodárstva a lesníctva musí nadobudnúť systematický charakter a to periodických školení, ako aj formou dostupných odborných dokumentov týkajúcich sa zásad správnej praxe využívania pôdy a ochrany ostatných zložiek prostredia (najmä v sektore pôdohospodárstva a lesníctva). Odborné inštitúcie v spolupráci s masmédiami sa prostredníctvom odbornej tlače a organizovaním filmových festivalov podieľajú na zvyšovaní environmentálneho povedomia širšej verejnosti. Uvedené kapacity nie sú stále dostatočné z hľadiska zvyšovania verejnej informovanosti v súvislosti s problematikou Dohovoru, čo je podmienené aj limitovanými finančnými možnosťami inštitúcií.

Treba zdôrazniť, že návrh jednotlivých opatrení má vždy smerovať k odstráneniu konkrétnych príčin degradácie pôdy a jej následkov. To znamená, že tak príčiny, ako aj opatrenia sú vo svojej podstate vertikálne aj horizontálne štrukturované fenomény, čo naznačuje nasledovný obrázok.

Obr. 2 Úrovně příčin a opatření



Zmena vzorcov správania predpokladá zmenu názorov a pohľadu na svet a jeho súčasti. Jedným z názorov, ktorý dlhodobo likviduje životné prostredie Zeme je presvedčenie o nedostatku zdrojov pre zabezpečenie životných potrieb všetkých ľudí a z toho prameniaca „nevyhnutnosť“ súťažiť resp. bojovať o tieto zdroje. Napriek všeobecnej neochote hľadať a riešiť primárne príčiny degradácie pôdy a ostatných zložiek prostredia a snahe pripisovať výsledky ľudských aktivít všeobecným globálnym zmenám, nedostatku financií či nedostatku iných zdrojov, problém postupnej degradácie pôdy a zložiek prostredia naďalej pretrváva. Aktivita človeka by mali byť v súlade s princípmi života – funkčnosť, prispôsobivosť a udržateľnosť. „Funkčnosť“ predstavuje základné kritérium pre hodnotenie vhodnosti jednotlivých opatrení (napr. legislatívne, praktické), ktoré nachádzajú reálne uplatnenie pri ochrane zložiek prostredia a zlepšení kvality života ľudí.

## NAMIESTO ZÁVERU

Nastáva čas postupne meniť presvedčenie, že prežitie človeka na Zemi je podmienené trvalou akceleráciou procesu získavania produktov a ziskov z využívania pôdy. Akákoľvek pozitívna zmena vo využívaní pôdy a krajiny spočíva v zmene myslenia ľudí a to tak na strane tých, ktorí tvoria spoločenské normy, ako aj zo strany tých, ktorých sa normy dotýkajú. Úspešnosť realizácie systémových opatrení na zmiernenie procesov degradácie pôdy závisí od pochopenia ich celospoločenskej potreby a všeobecnej akceptácie všetkých zainteresovaných, založenom na hlbokom chápaní významu pôdy a ostatných zložiek prostredia pre trvalo udržateľný rozvoj spoločnosti. Život je pohyb. Ten, kto predchádza negatívnemu alebo ho napráva, sa pohybuje vpred...

## LITERATÚRA

- Bedrna, Z., 2002: Environmentálne pôdoznanectvo. Veda, Bratislava, 2002, 352 s.
- Bedrna, Z., 2004: Mimoprodukčné funkcie SR a negatívna antropizácia. In: Sobocká, J., Jambor, P. (eds.), Tretie pôdoznanlecké dni v SR. VÚPOP – SPS, Bratislava, 2004, 27-31.
- Bielek, P., 1996: Ochrana pôdy. Kódex správnej poľnohospodárskej praxe v Slovenskej republike. MP SR - VÚPÚ Bratislava, 1996, 68 s.
- Bielek, P., 1999: Soils and soil degradation in the Slovak Republic. ECCS Newsletter No. 3-4, 1999, 3-30.
- Bielek, P., 2003: Úloha pôdy v nových socio-politických a ekonomických podmienkach. In: Sobocká, J., Jambor, P. (eds), Druhé pôdoznanlecké dni v SR. VÚPOP – SPS, Bratislava, 2003, 9-12.
- Bujnovský, R., 2003: Environmentálne aspekty hodnotenia a využívania pôd. In: Sobocká, J., Jambor, P. (eds.), Druhé pôdoznanlecké dni v SR. VÚPOP – SPS, Bratislava, 2003, 111-117.
- Bujnovský, R., Juráni, B., 1999: Kvalita pôdy – jej vymedzenie a hodnotenie. VÚPOP Bratislava, 1999, 42 s.
- Bujnovský, R., Antal, J., Balkovič, J., Bielek, P., Bublinec, E., Cebecauer, T., Fulajtár, E., Gergel'ová, Z., Holúbek, R., Huba, M., Hrnčiarová, T., Juráni, B., Kováč, K., Mind'áš, J., Pavlenda, P., Sobocká, J., Šiška, B., Škvarenina, J., Šútor, J., Thalmeinerová, D., 2004: National capacity self-assessment related to environmental management of global conventions. The thematic assessment report of capacity development needs for the Convention to combat desertification in those countries experiencing serious droughts and/or desertification, particularly in Africa. Ministry of the Environment SR – Ministry of Agriculture SR – UNDP/GEF, 2004, 34 p.
- Council of Europe, 1992: Recommendation No. R (92) 8 of the Committee of Ministers to Member states on soil protection. 1992, 4 p.
- Council of Europe, 2003: Revised European Charter for the Protection and Sustainable Management of Soil. Strasbourg, 2003, 14 p.
- European Commission, 2004: Reports of the technical working groups established under the thematic strategy for soil protection. Brussels, 2004. Dostupné na internete: [http://eursoils.jrc.it/ESDB\\_Archive/eursoils\\_docs/doc.html#OtherReports](http://eursoils.jrc.it/ESDB_Archive/eursoils_docs/doc.html#OtherReports)
- European Commission, 2002: Towards a thematic strategy for soil protection. COM(2002)179 final. Brussels, 2002. Dostupné na internete: <http://europa.eu.int/comm/environment/soil>.
- European Commission, 1999: Towards environmental pressure indicators for the EU. Brussels, 1999, 181 p.
- Fulajtár, E., Janský, L., 2001: Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana. VÚPOP, Bratislava, 2001, 310 s.
- Kobza, J., Barančíková, G., Čepková, V., Fulajtár, E., Houšková, B., Makovníková, J., Matúšková, L., Medved', M., Pavlenda, P., Schlosserová, J., Styk, J., Vojtáš, J., 2002: Monitoring pôd SR. Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd. Výsledky Čiastkového monitorovacieho systému – Pôda za obdobie 1997-2001 (2. cyklus). VÚPOP, Bratislava, 2002, 180 s.
- Linkeš, V., Kobza, J., Švec, M., Ilka, P., Pavlenda, P., Barančíková, G., Matúšková, L., Brečková, V., Búlik, D., Čepková, V., Dlapa, P., Došecká, A., Houšková, B., Chomaničová, A., Kanianska, R., Makovníková, J., Styk, J., 1997: Monitoring pôd Slovenskej republiky. Súčasný stav monitorovaných pôd. Výsledky Čiastkového monitorovacieho systému – pôda, ako súčasť Monitoringu životného prostredia SR za obdobie 1992-1996. VÚPÚ, Bratislava, 1997, 130 s.
- Sobocká, J. (ed.), 2001: Soil anthropization VI. Proc. Int. Workshop. VÚPOP, Bratislava, 2001, 212 p.
- Sobocká, J. (ed.), 2004: Soil anthropization VIII. Proc. Int. Conference. VÚPOP, Bratislava, 2004, 134 p.
- Šarapatka, B., Dlapa, P., Bedrna, Z., 2002: Kvalita a degradace půdy. Univerzita Palackého, Olomouc, 2002, 248 s.
- Vilček, J., 2004: Dopad vodnej erózie na produkciu biomasy poľných plodín. In: Sobocká, J., Jambor, P. (eds.), Tretie pôdoznanlecké dni v SR. VÚPOP – SPS, Bratislava, 2004, 395-399.

# VÝPOČET DESUKCIE LESNÉHO PORASTU NA BÁZE INDIKÁTOROVÉHO EXPERIMENTU

## Calculation of forest desiccation on the base of indicator experiment

Jozef CAPULIAK, Viliam PICHLER, Juraj GREGOR, Magdaléna PICHLEROVÁ,  
Juraj BEBEJ

*Katedra prírodného prostredia, Lesnícka fakulta TU Zvolen, T. G. Masaryka 24,  
960 53 Zvolen, SR*

[capuliak@vsld.tuzvo.sk](mailto:capuliak@vsld.tuzvo.sk)

### Abstrakt

Zatiaľ čo meranie transpirácie na vzorníkoch, resp. modelovanie transpirácie porastov lesných drevín poskytuje cenné informácie z hľadiska vodnej bilancie lesných ekosystémov, tieto merania neumožňujú kvantifikovať a posúdiť priestorovú distribúciu desukcie a ňou indukovanú priestorovú variabilitu pôdnej vlhkosti a obsahu vody v pôde. Desukcia koreňmi vyvoláva určité priestorové rozdelenie týchto parametrov, ktoré zodpovedá rozdeleniu biomasy koreňového systému. Práve lokálne rozdiely pôdnej vlhkosti však determinujú lokálne transportné vlastnosti pôd, rozhodujúce z pohľadu transportu vody, živín a rozpustených látok vo všeobecnosti. Cieľom prezentovanej štúdie bolo stanoviť desukciu na základe porovnania rýchlosti pohybu “piesta” v pôde vystavenej desukcii a v pôde, kde desukcia ustala v dôsledku prerušenia koreňov a pôdnych kapilár po obvode pedonu. Bola preukázaná možnosť lokálneho merania desukcie na makroplochách, mozaika ktorých vytvára pôdny povrch v lesnom poraste. Na základe modelu sme určili desukciu na vybranej makroploche na styku rastových segmentov stromov v bukovom poraste za obdobie 54 dní počas letného obdobia na úrovni 60,3 mm, t. j. 1,2 mm deň<sup>-1</sup>.

**Kľúčové slová:** desukcia, transpirácia, bukový ekosystém, transportné vlastnosti pôdy

### Abstract

Whereas the measurement of transpiration on selected trees or modelling the transpiration of whole forest stands provides valuable information from the viewpoint of forest stands water balance, those measurements do not allow making assessment of desiccation and how it affects on the spatial variability of soil water content and matrix potential. The desiccation causes a certain spatial distribution of those parameters that may reflect the arrangement of root system biomass. Local differences in soil water content however determine local transport properties of soils, which influence the water and soluble material transport in them. The goal of the presented study was to determine the desiccation by tree roots based on the comparison of depths reached by fronts of water infiltrating in through two blocks of soil, exposed or isolated to desiccation, using the piston flow model (devised by Green and Ampt). It was shown that local measurements of desiccation based on tracer experiments, conducted on macro plots, can be used to assess the spatial distribution of desiccation. It reached approximately 1.2 mm day<sup>-1</sup> at the centre point among four trees in a mature beech stand.

**Key words:** desiccation, transpiration, beech ecosystems, transport soil properties

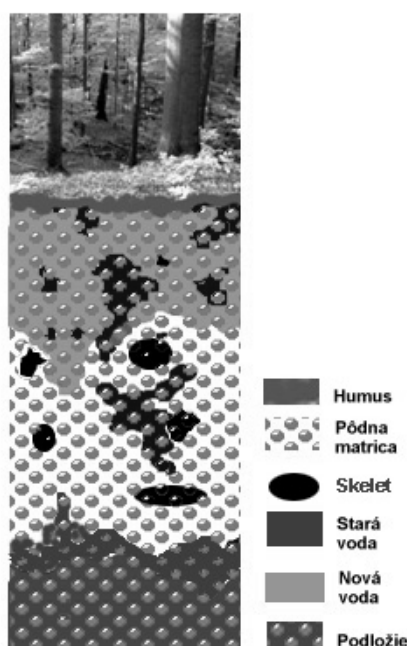
### ÚVOD

Desukcia je súčasťou procesu transpirácie a v širšom zmysle výparu vody v prírode (Novák 1995), ktorý významne ovplyvňuje odtokový koeficient povodia (Jakubis 2000). Na meranie transpirácie sa

v súčasnosti využívajú predovšetkým termometrické metódy, pri ktorých sa transpiračný prúd zisťuje za pomoci sledovania pohybu tepla injektovaného do xylémového transpiračného prúdu. Zatiaľ čo meranie transpirácie na vzorníkoch, resp. modelovanie transpirácie porastov lesných drevín poskytuje cenné informácie z hľadiska vodnej bilancie lesných ekosystémov Čermák et al. (1993), tieto merania neumožňujú kvantifikovať a posúdiť priestorovú distribúciu desukcie a ňou indukovanú priestorovú variabilitu pôdnej vlhkosti a obsahu vody v pôde. Desukcia koreňmi vyvoláva určité priestorové rozdelenie pôdnej vlhkosti a vlhkosťného potenciálu, ktoré zodpovedá rozdeleniu biomasy koreňového systému (Novák 1995, Lafolie et al. 1991, Bruckeler et al. 1991). Práve lokálne rozdiely pôdnej vlhkosti však determinujú lokálne transportné vlastnosti pôd, rozhodujúce z pohľadu transportu vody, živín a rozpustených látok vo všeobecnosti.

V našej štúdii sme vychádzali z predpokladu, že zrážková voda zasakovala do pôdy prevažne účinkom gravitácie ako piesť, ktorý sa postupom času zasúva hlbšie do pórovitého materiálu. Toto zjednodušenie použili viacerí autori (Kutílek 1984). Ďalším našim predpokladom bolo, že zasakujúca voda pritom vytlačala pohyblivú vodu, prv prítomnú v pôde, a obchádzala ťažko pohyblivú vodu, viazanú nízkym vlhkosťným potenciálom (obr. 1). Myšlienku redukcie transportného priestoru o „starú“ vodu ako prvý teoreticky zdôvodnil a využil Blume et al. (1968). Ak v tomto modeli uvažujeme s odsávaním vody koreňmi drevín, potom sa pohyb čela pomysleného piesťa spomaľuje úmerne intenzite desukcie. Základnou myšlienkou experimentu bolo odhadnúť intenzitu desukcie na základe porovnania rýchlosti pohybu „piesťa“ v pôde vystavenej desukcii a v pôde, kde desukcia ustala v dôsledku prerušenia koreňov a pôdnych kapilár po obode pedonu. Cieľom tohto príspevku je tak prezentovať možnosť lokálneho merania desukcie na mikroplochách, mozaika ktorých vytvára pôdny povrch v lesnom poraste.

Obr. 1 Modelová schéma redukcie transportného priestoru (pórovitosti) o objem „starej“ pôdnej vody



## MATERIÁL A METÓDY

Experimentálne plochy sa nachádzali na JV svahu Vtáčnika v nadmorskej výške približne 1000 m. n. m., na ílovito hlinitých modálnych andozemiach v bukovom poraste s moderovou formou pokrývkového humusu. Horstvo Vtáčnik je budované vulkanickými horninami, z ktorých prevládajú pyroklastiká a pyroxenický andezit. Ročný úhrn zrážok predstavuje asi 800 – 900 mm okrem najvyšších polôh, kde presahuje 1000 mm. V celom horstve sa ako dominantná drevina uplatnil buk v spoločenstvách s dubom, jedľou, smrekom, ale aj v čistých porastoch na rozsiahlych plochách. Prevládajúcim lesným typom je tu *Fagetum typicum*. Dve medzikmeňové mikroplochy boli založené na mieste, kde sa dotýkali segmenty rastového priestoru troch susedných stromov. Mikroplochy mali

rozmary 1,0 x 1,0 m. Viacerí autori (Buchter 1986, Ghodrati et al. 1990, Flury 1993) použili pri experimentoch s indikátormi experimentálne plôšky podobných veľkostí, ktoré i len v jednom opakovaní, podľa publikovaných údajov, dobre reprezentovali rôzne pôdne druhy. V našom pokuse sme zvolený experimentálny dizajn považovali za reprezentatívny.

Prvá mikroplocha bola ponechaná ako intaktná, druhá, vo vzdialenosti troch metrov, bola stranovo orezaná zahrotenou oceľovou platňou do hĺbky 60 cm. Výber plôch zodpovedal podmienke ich vzájomnej porovnateľnosti.

Následne sme na ne rovnomerne naniesli indikátorové farbivo Brilliant Blue CFC v množstve 1 kg na jeden meter štvorcový, čo zodpovedá koncentrácii farbiva asi  $7 \text{ g.l}^{-1}$  pri zrážkovom úhrne 140 mm počas trvania experimentu od 11. 8. do 4. 10. 2004. Po uplynutí tohto časového intervalu sme obe plochy odkrývali v podobe expozície pôdnych profilov s pomocou oceľovej platne. Tie sme po odstránení platne ešte dočistili kefkou a zaznamenali digitálnym fotoaparátom.

Naším primárnym cieľom nebolo modelovanie transportu indikátora na báze rozdelenia koncentrácie farbiva v pôdnom profile, ale stanovenie dosiahnutej hĺbky prieniku, zasiahnutého pôdneho objemu, vplyvu štrukturálnych nehomogenít na trajektórie prúdenia, resp. odhad evapotranspirácie. Preto sme neuskutočnili korekciu na nehomogénne osvetlenie, ani kalibráciu vzťahu medzi sýtosťou farby a koncentráciou farbiva. Tieto postupy sa zatiaľ využívali predovšetkým na poľnohospodárskych pôdach s jednoduchšími svetelnými podmienkami a homogénnejšími pôdnymi profilmi (Flury 1993, Forrer 1997, Ewing, Horton 1999 a, b) ich použiteľnosť v heterogénnejších lesných pôdach a v prítomnosti svetelných škvrn, resp. tzv. zeleného tieňa, bude potrebné testovať, napr. s použitím programu DyEye vyvinutý Ewingom a Hortonom (Iowa State University, Ames, IA, USA). Tento program sme využili na optimalizáciu viditeľnosti farebných rozdielov ortogonalizáciou v systéme RGB, t. j. na vzájomnú separáciu tmavočiernohnej farby minerálneho humusu a farby indikátora. Voľným okom sa rozdiely v niekoľkých prípadoch nedali postrehnúť. Skutočne zafarbenú plochu sme určili planimetrom po geometrickej korekcii obrazu afinitou transformáciou.

Z týchto fragmentov bol analýzou obrazu v programe Image J získaný histogram zastúpenia pixelov vo farebnom spektre a z neho podiel zafarbenej časti pôdneho profilu, podieľajúcej sa na infiltrácii. Na základe zafarbenej plochy sme získali idealizovanú hĺbku prieniku čela zasakujúcej vody, t. j. pomysleného piesta v zmysle modelu Greena a Ampt (1911) ako zvislú stranu obdĺžnika so základňou rovnajúcou sa známej šírke odkrytého pôdneho profilu (1 000 mm). Za účelom ďalšej interpretácie podielu zafarbenej plochy pôdnych profilov vo vzťahu k vodnej bilancii porastu sme vytvorili jednoduchý model, ktorého vstupnými parametrami sú:

$H_1$  – idealizovaná hĺbka prieniku zasakujúcej vody v pedone s desukciou (mm)

$H_2$  – idealizovaná hĺbka prieniku zasakujúcej vody v pedone bez desukcie (mm)

$\Pi$  – pórovitosť pôdy

$\theta$  – objemová vlhkosť pôdy

$Z$  – úhrn zrážok (mm)

$D$  – desukcia (mm)

Rovnicu na výpočet desukcie sme odvodili nasledovne:

$$H_1 = (Z - D) (\Pi - \theta)^{-1} \quad (1)$$

$$H_2 = Z (\Pi - \theta)^{-1} \quad (2)$$

$$H_1 = (Z - D) H_2 Z^{-1} \quad (3)$$

$$H_1 = H_2 - D H_2 Z^{-1} \quad (4)$$

$$\Delta H = H_2 - H_1 \quad (5)$$

$$D = \Delta H H_2^{-1} Z \quad (6)$$

Rovnica (6) umožňuje kvalifikovaný odhad desukcie pre vybranú makroplochu.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Percentuálny podiel zafarbenej časti profilov v integrovanom a izolovanom pedone prináša tabuľka 1. Za pomoci rovníc 1 – 6 sme určili desukciu na makroploche v bukovom poraste za obdobie 54 dní (11. august – 4. október 2004) na úrovni 60,3 mm, t. j. 1,2 mm deň<sup>-1</sup>. Tento výsledok je v zhode s meraniami Tužinského (2004), podľa ktorého sa pohybujú ročné hodnoty transpirácie v bukových porastoch v rozpätí 294 – 497 mm (v priemere 313 mm za rok).

Okrem komparácie s uvedenými údajmi môžeme vlastné výsledky porovnať aj s meraním Buchtera (1986), ktorý na odhad evapotranspirácie použil metódu analýzy pohybu maxima koncentrácie bromidu a chloridu v pôde pod porastom buka s nepatrnou prímiesou jedle, smreka a borovice, pričom dospel k hodnote evapotranspirácie  $0,8 \text{ mm.deň}^{-1}$  pri priemernej vzdialenosti meriska k najbližším stromom 5 m pri zakmenení 0,3. Zhoda indikuje funkčnosť nášho jednoduchého modelu (rovnice 1 – 6). Prvou podmienkou jeho použiteľnosti v tejto fáze vývoja bolo, že nedošlo k priesaku do spodín a laterálnemu odtoku. Druhé kritérium, že za daných okolností podstatná časť desukcie prebiehala v hĺbke 0 – 40 cm, považujeme tiež za splnené, pretože Papritz (1991 b) zistil spodnú hranicu hlavnej koreňovej vrstvy buka v hĺbke do 50 cm a v bučinách sa najvyšší objem koreňovej biomasy sústreďuje v hĺbke 0 – 20 cm (Gregor, Kodrík 1995). Okrem toho, v období trvania experimentu bola desukcia v hlbších vrstvách pôdy, t. j. pod 40 cm, limitovaná nízkou hydraulickou vodivosťou  $1,44 \cdot 10^{-5} \text{ cm.deň}^{-1}$ , ktorá leží na hranici intervalu, v ktorom, ako uvádzajú Reicosky a Ritschie (1976), dochádza k poklesu transpirácie. Z retenčných kriviek možno určiť, že išlo o prakticky nepohyblivú vodu v intervale vlhkostného potenciálu  $\Psi_w$  od  $-1\,000$  do  $-100$  kPa. Pri takýchto hodnotách sme stanovili nenasýtenú hydraulickú vodivosť  $K_{\Psi_w} \downarrow 0$ . Význam laterálnej disperzie a difúzie, ktorá by mohla viesť k podielu „starej“ vody na zafarbenej ploche profilov, možno v rámci nášho relatívne krátkeho experimentu podľa dostupných údajov zanedbať (Winzig 1993).

Tab. 1 Podiel zafarbenej plochy profilov exponovaných v izolovanom a integrovanom pedone

Profil č.	Podiel zafarbenej plochy (%)	
	Izolovaný pedon	Integrovaný pedon
1	57,64	58,62
2	60,88	1,34
3	66,66	39,81
4	81,29	52,42
5	79,41	36,89
6	73,37	67,4
7	69,3	39,15
8	77,11	0,29
9	59,39	43,26
Priemer	65,23	37,69

Vhodne zvolené usporiadanie párov makroplôch ošetrených podľa nami použitej metodiky by umožnilo opísať priestorovú variabilitu desukcie v lesnom poraste, o čo sa inými, expeditívnymi a prístrojovo náročnými metódami pokúšali viacerí autori, napr. Nordén (1990).

## ZÁVER

Meranie transpirácie na vzorníkoch po extrapolácii na lesný porast na základe dendrometrických charakteristík umožňuje posúdiť hospodárenie lesného ekosystému s vodou a predikovať priemerný odtokový koeficient povodia. Bez poznania priestorovej distribúcie desukcie však vzhľadom na nelineárnu závislosť hydraulickej vodivosti a drenáže od pôdnej vlhkosti nemožno odpovedať na otázku, ako transpirácia ovplyvňuje formovanie odtoku z pôdy v reálnom čase, resp. počas krátkych časových intervalov, hodín a dní. Nami prezentovaný model umožňuje transponovať údaje o transpirácii na plochu porastu a získať informáciu o tom, ako sa na pretranspirovanom množstve podieľajú pôdne makrosegmenty (pedony).

*Podakovanie: Realizácia tohto príspevku bola finančne podporená s grantových projektov MŠ SR a SAV VEGA č. 1/2383/05 a č. 1/0635/03 a GL 1/2357/05.*

## LITERATÚRA

- Blume, H. P., Münnich, K. O., Zimmermann, U., 1968: Untersuchung der lateralen Bewegung in ungesättigten Böden. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 121, 3, s. 231-245.
- Bruckler, L., Lafolie, L., Tardieu, F., 1991: Modelling Root Water and Soil-Root Water Transport: II. Field Comparison. Soil Sci. Soc. Am. J., 55, 5, pp. 1213-1220.
- Buchter, B., 1986: Wasserhaushalt und Skelettstruktur eines Rendzina-Bodens. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt. 62, 4, s. 468-603.
- Čermák, J., Matyssek, R., Kučera, J., 1993: Príčiny odumírání vyspělých buků na těžkých púdách po náhlém proředení porostu. Lesnictví – Forestry, 39, 5, s. 175-183.
- Ewing, R. P., Horton, R., 1999 (a): Discriminating Dyes in Soil with Color Image Analysis. Soil Science Society of America Journal, 63, pp. 18-24.
- Ewing, R. P., Horton, R., 1999 (b): Quantitative Color Image Analysis of Agronomic Images. Agronomy Journal, 91, pp. 148-153.
- Flury, M., Flühler, H., Jury, W. A., Leuenberger, J., 1994: Susceptibility of Soils to Preferential Flow of Water. Water Resources Research, 30, 7, pp. 1945-1954.
- Forrer, I. E., 1997: Solute Transport in an Unsaturated Field Soil: Visualization and Quantification of Flow Patterns Using Image Analysis. Diss. ETH No. 12476, Zürich, 129 p.
- Ghodrati, M., Ernst, F. F., Jury, W. A., 1990: Automated Spray System for Application of Solutes to Small Field Plots. Soil Sci. Soc. Am. J., 54, 1, pp. 287-290.
- Green, W. H., Ampt, G. A., 1911: Studies on Soil Physics: I. Flow of Air and Water through Soils. J. Agric. Sci., 4, s. 1-24.
- Gregor, J., 1992: Vlhkosť pôdy v bučine v závislosti od reliéfu a zakmenenia. Kandidátska dizertačná práca, Zvolen.
- Gregor, J., Kodrík, M., 1995: Vplyv skeletnatosti na prekorenenie pôdneho profilu lesnými drevinami. In: Problémy geológie, bioklimatológie a pedológie v súčasných prírodných podmienkach. Zborník referátov, LF TU vo Zvolene a ÚEL SAV vo Zvolene, 1995, s. 15-18.
- Jakubis, M., 2000: Odtokové charakteristiky bystrín Západných Tatier. Vedecké štúdie 5/2000/A. Technická univerzita vo Zvolene, 63 s.
- Kutílek, M., 1984: Vlhkosť pórovitých materiálov. Praha: Nakladatelství techn. lit., 211 p.
- Lafolie, F., Bruckler, R., Tardieu, F., 1991: Modelling Root Water and Soil-Root Water Transport: I. Model Presentation. Soil Sci. Soc. Am. J., 55, 5, pp. 1203-1212.
- Lichner, L., Holko, L., 2001: Indikátorové metódy v hydropedológii a hydrológii povodí. Veda, Bratislava, 102 s.
- Nordén, L.G., 1990: Depletion and recharge of soil water in two stands of Norway spruce (Picea abies (L.) Karst). Hydrological processes, 4, 197-213.
- Novák, V., 1995: Vyparovanie vody v prírode a metódy jeho určovania. VEDA, Bratislava, 260 s.
- Papritz, A., Schneebeil, M., Attinger, W., Flühler, H., 1991 (b): Untersuchung des Wasserhaushalts der drei Beobachtungsflächen. In: Lufthaushalt, Luftverschmutzung und Waldschäden in der Schweiz. Ergebnisse aus dem Nationalen Forschungsprogramm 14+, Band 6, Belastung von Waldböden. VDF, Zürich, s. 101-122.
- Pichler, V., 2003: Ekologicko-produkčné a environmentálne aspekty vodného režimu pôdy po zmene denzity stromovej zložky bukového ekosystému. Dizertačná práca, Zvolen, 142 s.
- Reicosky, D. C., Ritchie, J. T., 1976: Relative importance of soil resistance in root water absorption. Soil Sci. Soc. Am. J., 40, 2, s. 293-297.
- Šťelcová, K., Mindáš, J., 2000: Transpirácia buka lesného vo vzťahu k meniacim sa podmienkam prostredia. VŠ 11/2000/A, Vydavateľstvo TU, Zvolen, 82 s.
- Tužinský, L., 2004: Vodný režim lesných pôd. Vydavateľstvo TU, Zvolen, 102 s.
- Winzig, G., 1993: Präferentielle Fliesmuster und laterale Dispersion in einem wasserungesättigten Boden. Diplomarbeit, Fachbereich IV, Universität Trier, 77 s.

# DETERMINATION OF CLIMATE CHANGE INFLUENCE ON WIND EROSION IN CHOSEN AREAS OF SOUTHERN MORAVIA

## Vliv klimatické změny na větrnou erozi ve vybraných územích jižní Moravy

Jana DUFKOVÁ, Martina VIČANOVÁ, Milada ŠŤASTNÁ

*Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Ústav aplikované a krajinné ekologie,  
Zemědělská 1, 613 00 Brno, ČR*

[janadufkova@email.cz](mailto:janadufkova@email.cz)

### Abstract

The influence of climate conditions on the intensity and spreading of wind erosion was considered in the area of South Moravia. For this purpose, 16 meteorological stations were selected on the basis of accessibility of required data, their adequate representativeness, homogeneity, and situation of the stations. It was necessary to make the database of climatological factors (such as wind velocity, precipitation and air temperature) in the period between 1961 and 2003 for the analyses of climatological data. The climatological data was then evaluated for the periods of 1961 – 2003, 1961 – 1990, 1991 – 2000, and 1971 – 2000. Climatic erosion factor, which explains potential erodibility of soil by wind, was determined through the analyses of factors influencing the wind erosion. The assessment of influence of expected climate change on the intensity and spreading of wind erosion consists in the selection of suitable climatological model and climate change scenarios on the basis of ability to model the three climatological factors (wind velocity, precipitation and air temperature). Climate change scenarios were then applied on the data of the selected climatological stations and the assessment of changes in data sets and the comparative analysis of the outputs of the scenarios with measured data from the normal period of 1961 – 1990 were done. The climatic erosion factor was also determined from the altered data of the scenarios.

**Key words:** wind erosion, climatic erosion factor, climate change, climate change scenario

### Abstrakt

Vliv klimatických podmínek na intenzitu a rozšíření větrné eroze byl posuzován na území jižní Moravy. K tomuto účelu bylo vybráno 16 klimatologických stanic a to na základě dostupnosti požadovaných dat, jejich dostatečné reprezentativnosti, homogenity a polohy stanice. K analýzám klimatických údajů bylo potřeba vytvořit databázi klimatických prvků (rychlost větru, atmosférické srážky a teplota vzduchu) za období 1961 až 2003. Klimatické údaje byly následně vyhodnoceny, a to zvláště pro období 1961 – 2003, 1961 – 1990, 1991 – 2000 a 1971 – 2000. Po analýzách faktorů ovlivňujících intenzitu a rozšíření větrné eroze, byl stanoven erozní klimatický faktor, který vyjadřuje potenciální ohroženost půdy větrem. Posouzení vlivu očekávané klimatické změny na větrnou erozi započalo výběrem vhodných klimatických modelů a scénářů klimatické změny na základě schopnosti modelovat všechny tři klimatické prvky (rychlost větru, atmosférické srážky a teplotu vzduchu), pokračovalo aplikací scénářů klimatické změny na staniční data vybraných klimatologických stanic a bylo dovršeno posouzením změn datových souborů po použití scénářů klimatické změny a srovnávací analýzou výstupů ze scénářů s naměřenými údaji pro normálové období 1961 – 1990. Navíc byl stanoven erozní klimatický faktor z dat pozměněných scénářů klimatické změny.

**Klíčová slova:** větrná eroze, erozní klimatický faktor, klimatická změna, scénář klimatické změny

## INTRODUCTION

In nature, climatic factors do not always exercise a favourable effect, but in some cases they cause considerable damage or even catastrophes. A majority of these phenomena have an unfavourable effect because we are unable to control them. The primary cause of soil erosion is climatic phenomena.

Problem of erosion of agriculturally used soils requires proper attention because it has become a worldwide problem. Every year thousands square kilometres of agricultural soil lose on the Earth. Recently global climate change influences the soil erosion more and more.

## MATERIAL AND METHODS

Wind erosion consists of a destruction of the soil surface through the mechanical force of wind (abrasion), of a carrying away of soil particles by wind (deflation) and of their depositing at another place (accumulation).

Wind erosion is influenced above all by these basic factors:

- meteorological factors – wind velocity, time of wind duration and occurrence frequency,
- pedological factors – soil structure and soil humidity.

The soil humidity is defined by the amount and distribution of precipitation and influenced by temperature, air humidity and wind, which define the evapotranspiration and loss of soil humidity. Wind erosion is dependent on the three main climatological (meteorological) factors – on wind, precipitation and air temperature. The influence of climate conditions on the intensity and spreading of wind erosion is well represented by the equation including all the mentioned climatological factors. Chepil et al. (1962) has called the equation the erosion climatic factor C. The erosion climatic factor C expresses the influence of the average soil surface humidity and the average wind velocity on the average soil erodibility by wind.

The changes of the erosion climatic factor influenced by the variability of meteorological factors that come from were monitored on the data coming from some climatological (meteorological) stations.

### *Characterization of meteorological stations*

Data from 16 selected meteorological stations of Southern Moravia were used for the determination of the influence of climate conditions on the intensity and spreading of wind erosion (Tab. 1). The meteorological stations were chosen on the basis of accessibility of required data, their adequate representativeness, homogeneity, and setting of the stations.

Data concerning the wind velocity (average wind velocity in  $\text{m.s}^{-1}$  at 2 p.m. during the vegetative period and average annual wind velocity in  $\text{m.s}^{-1}$ ), amount of precipitation (month sum in mm) and air temperature (average air temperature in  $^{\circ}\text{C}$  during the vegetative period) – all for the period of 1961 – 2003 – were necessary for the evaluation of the influence of climate conditions on the intensity and spreading of wind erosion.

### *Meteorological factors influencing the wind erosion*

Wind (velocity, direction, frequency and time of duration) is the most important climatological factor for the expansion of erosion processes. It affects negatively the soil surface with its kinetic energy, which frees, puts in motion and on the other place accumulates the soil particles under the influence of air drift intensity.

The amount and especially regular distribution of precipitation has propitious indirect effect on the decreasing of wind erosion intensity by the obtaining of moisture for the good vegetation state and preservation of soil humidity.

Air temperature is together with the precipitation the main factor that determines the climatic character of the region. The air temperature and its time behaviour have direct effect on the air humidity, on the evaporation of soil and transpiration of vegetation. The air temperature influences not only the soil humidity but also the quality and stage of grown plants. Consequently, the air temperature influences in the combination with the precipitation the erodibility of soil by wind.

Tab. 1 *Selected meteorological stations of Southern Moravia (CHMI, 2003)*

Meteorological station		Longitude	Latitude	Elevation (m)
Indicative	Name			
004	Žabčice	49°00'44"	16°36'03"	179
636	Kostelní Myslová	49°09'36"	15°26'21"	569
667	Moravské Budějovice	49°02'58"	15°48'30"	457
685	Nedvězí	49°38'06"	16°18'36"	722
686	Bystřice nad Pernštejnem	49°30'54"	16°15'00"	573
687	Velké Meziříčí	49°21'14"	16°00'31"	452
698	Kuchařovice	48°53'00"	16°05'00"	334
716	Protivanov	49°28'38"	16°49'54"	670
723	Brno-Tuřany	49°09'35"	16°41'44"	241
724	Pohořelice	48°58'39"	16°31'00"	183
725	Velké Pavlovice	48°54'31"	16°49'28"	196
749	Ivanovice na Hané	49°18'32"	17°05'22"	245
754	Staré Město u Uh. Hradiště	49°05'30"	17°25'54"	235
755	Strážnice	48°53'57"	17°20'17"	176
774	Holešov	49°19'07"	17°34'24"	223
777	Vizovice	49°13'23"	17°50'38"	315

### *Erosion climatic factor C*

Erosion climatic factor C depends on the wind velocity and effective soil surface humidity. Chepil et al. (1962) presents the relationship for the erosion climatic factor by equations (1):

$$C = \frac{v^3}{(I_T + 60)^2} \times \frac{100}{1,9}, \quad (1)$$

where C = erosion climatic factor, v = average annual wind velocity in the high of 10 m above the ground (mile per hour) and  $I_T$  = Thornthwaite's humidity index.

Erosion climatic factor C from the equation (1) expresses the loss of soil which can arise in the particular area as the percentage rate from the soil loss in Garden City, when the other factors of the two comparative areas are similar (Pasák et Janeček, 1971a).

The Thornthwaite's humidity index  $I_T$  can be substitute for Konček's humidity index  $I_Z$  (2):

$$I_Z = \frac{R}{2} + \Delta r - 10t - (30 + v^2), \quad (2)$$

where R = sum of precipitation during the vegetative period (IV – IX) (mm),  $\Delta r$  = positive deviation of precipitation amount of three winter months (XII – II) from the value of 105 mm (mm) (negative values not reflected), t = average air temperature of vegetative period (°C), v = average wind velocity at 2 p.m. during the vegetative period ( $\text{m.s}^{-1}$ ).

Maps of the Konček's humidity index for the whole vegetative period give the same image as the maps for Thornthwaite's humidity index. However, Konček's scale is three times more sensitive than the Thornthwaite's one (Konček, 1955).

The equation (1) for the determination of the erosion climatic factor in our conditions was modified to the following form (3) (Dufková, 2004):

$$C = \frac{5620,23 \times v^3}{(I_Z + 183,59)^2}, \quad (3)$$

where v = average annual wind velocity in the high of 10 m above the ground ( $\text{m.s}^{-1}$ ) and  $I_Z$  = Konček's humidity index.

Various soil types are differently threatened by wind erosion. Light soils with the content of clay soil particles 0 – 20 % have the largest erodibility. Soils with the higher content of clay particles are threatened by wind erosion less (Pasák et Janeček, 1971b). Therefore the threatened areas of the Czech Republic by wind erosion were divided into six degrees according to the erodibility of soil depending on percentage content of soil particles < 0,01 mm (Tab. 2) (Janeček, 1997). Map of soil types was used for delimiting of the areas. The criterion between light and medium soils, e.g. 20 % content of clay particles, was chosen as the divided boundary line (Pasák, 1970).

Tab. 2 *Degrees for evaluation of threat of soil by wind erosion (Janeček, 1997)*

Degree of threat		Erosion climatic factor C	% content of clay particles (< 0,01 mm)
I.	without treat	< 20	> 30
II.	very low	20 – 40	> 30
III.	low	20 – 40	20 – 30
IV.	medium	20 – 40	0 – 20
V.	high	> 40	> 30
VI.	very high	> 40	20 – 30
			0 – 20

### ***Climate modelling***

Modification of the climate data influencing the wind erosion, e.g. wind velocity, precipitation amount and air temperature, was done with two models – ECHAM4 and HadCM2 (Kalvová et al., 2002) with various climatic sensitivity and various emission scenarios. Altogether, four scenarios of climate change were used – four variants of future climate trend within 2050. Normal time period 1961 – 1990 was taken as the reference period. The short names of climate change scenarios EB1-low, EA2-high, HB1-low a HA2-high in Tab. 3, 4 a 5 mean using of the model E = ECHAM4, H = HadCM2, B1 = scenario with low emission of greenhouse gases (GHGs), A2 = with high emission of GHGs, low = low climatic sensitivity and high = high climatic sensitivity of the model.

Tab. 3 *Wind velocity, change in % (Kalvová et al., 2002)*

Model Emission scenario Climatic sensitivity	ECHAM4		HadCM2	
	SRESB1	SRESA2	SRESB1	SRESA2
	low	high	low	high
1	1,2	3,2	-0,6	-1,6
2	1,6	4,5	-1,8	-4,9
3	1,2	3,3	-0,8	-2,1
4	-1,3	-3,4	-0,6	-1,8
5	0,7	1,8	0,9	2,5
6	-0,1	-0,3	-0,1	-0,3
7	-1,8	-4,8	0,5	1,4
8	-3,5	-9,7	-0,2	-0,5
9	0,4	1,2	0,3	0,8
10	0,7	2,0	1,3	3,7
11	0,4	1,1	1,3	3,6
12	-0,9	-2,5	1,2	3,2
Year	-0,1	-0,3	0,1	0,3

Proposed climate change scenarios were applied on the data from 16 selected meteorological stations and the results were compared with month averages of the standard climatological period 1961 – 1990. Obtained results were analysed with respect to the differences between measured data and individual scenarios for the evaluated climatological factors of the measured period.

Subsequently, the erosion climatic factor was calculated as from the data of present climate, as from the data of changed climate (by climate scenarios).

Tab. 4 *Precipitation, change in % (Kalvová et al., 2002)*

Model Emission scenario Climatic sensitivity	ECHAM4		HadCM2	
	SRESB1	SRESA2	SRESB1	SRESA2
	low	high	low	high
1	3,1	8,6	-0,5	-1,4
2	4,6	12,6	-1,8	-4,9
3	3,1	8,4	1,3	3,6
4	-6,6	-18,0	1,9	5,2
5	3,3	9,0	0,3	0,7
6	-1,0	-2,7	1,0	2,8
7	-2,8	-7,8	-2,7	-7,4
8	-5,9	-16,1	-6,7	-18,3
9	3,8	10,3	-5,9	-16,0
10	-2,2	-6,2	7,9	21,7
11	2,0	5,4	3,5	9,6
12	-1,8	-4,9	2,7	7,5
Year	0,0	-0,1	0,1	0,3

Tab. 5 *Average daily air temperature, aditive change in °C (Kalvová et al., 2002)*

Model Emission scenario Climatic sensitivity	ECHAM4		HadCM2	
	SRESB1	SRESA2	SRESB1	SRESA2
	low	high	low	high
1	1,4	3,8	1,0	2,6
2	1,6	4,4	1,1	2,9
3	1,2	3,4	0,7	1,9
4	1,1	2,9	0,5	1,4
5	0,7	2,0	0,5	1,4
6	0,7	2,0	0,7	1,8
7	1,1	2,9	0,8	2,2
8	1,3	3,6	1,1	2,9
9	0,9	2,6	1,3	3,5
10	1,0	2,6	1,1	2,9
11	1,2	3,2	1,0	2,7
12	1,0	2,8	1,2	3,4
Year	1,1	3,0	0,9	2,5

## RESULTS AND DISCUSSION

Maximum wind velocity of the most areas is observed at the end of winter and at the beginning of the spring, when the arable soil is not protected by vegetation. The maximum wind velocity of the selected climatological stations of Southern Moravia was monitored in the normal period 1961 – 1990, on the contrary the minimum in the last decade 1991 – 2000. The wind velocity linear trend is not evidential in the area of the Czech Republic, despite the fact that statistically significant trends could be found in the time series of wind velocity of almost all the stations during all the studied periods (1961 – 2003, 1961 – 1990, 1991 – 2000 and 1971 – 2000). The used climatic scenarios suppose the largest differences of average daily wind velocity in the cold part of the year, when the negative effects of wind erosion does not occur because of the frozen soil surface (Středanský, 1981), and then in summer, when the soil is protected by vegetation. The supposed change is not considerable in the other months of the year. From the total evaluation it is possible to expect that the wind velocity will not change and when the other factors influencing the wind erosion stay at the same level, the erodibility should not increase.

The trend of precipitation for the period of 1961 – 2003 expresses decreasing almost at all the studied stations. When only the normal period 1971 – 2000 or the last decade 1991 – 2000 is evaluated, the trend of average annual precipitation sums is increasing at all the stations. According to the climate change scenarios, the annual sum of precipitation will decrease a few or it will stay at the same level as at the present time. Observed or by the scenarios predicted changes in the annual course of precipitation are important. And just these changes could have the substantial negative impacts on the threat of soils by wind erosion, especially in the spring time.

The air temperature is the only climatic factor from the three analysed that gives clear idea about its trend in the future. All the climatic scenarios give the increase in the average air temperature during all the months. The increase confirms also the increasing linear trend of the average month air temperature for the monitored period 1961 – 2003 at all the analysed climatological stations. The air temperature influences the evapotranspiration and hereby also the soil humidity. Generally, it can be stated that the lower the soil humidity is, the larger the threat by wind erosion exists. It is evident that impact of expected climate change will appear in the significant spreading of soils threatened by wind erosion.

The values of erosion climatic factor grow up during the studied period of 1961 – 2003 what theoretically means the increasing of potential threat of soil by wind erosion (Tab. 6). The increasing trend is the most apparent at the stations of warm and dry areas. Also climate change scenarios predict the increase in values of erosion climatic factor (Tab. 7).

Tab. 6 *Potential threat of soil by wind erosion on the basis of the comparison of maximum values of erosion climatic factor C for the analysed time periods and on the basis of the clay particles content in the soil (found out from the map of prevailing soil types in the Czech Republic)*

Station	Clay particles (%)	1961 – 2003	1961 – 1990	1991 – 2000	1971 – 2000
<b>004</b>	> 60	51,3	10,8	17,9	17,9
<b>636</b>	30 – 45	20,1	20,1	8,1	20,1
<b>667</b>	30 – 45	7,9	5,3	7,9	7,9
<b>685</b>	30 – 45	45,2	45,2	31,9	45,2
<b>686</b>	30 – 45	11,6	6,7	11,6	11,6
<b>687</b>	20 – 30	15,1	7,5	15,1	15,1
<b>698</b>	30 – 45	184,6	184,6	48,1	184,6
<b>716</b>	45 – 60	52,8	23,7	52,8	52,8
<b>723</b>	30 – 45	48,1	48,1	41,4	48,1
<b>724</b>	> 60	7,9	5,8	7,9	7,9
<b>725</b>	30 – 45	54,8	7,1	25,6	25,6
<b>749</b>	30 – 45	4,4	4,0	3,3	3,3
<b>754</b>	10 – 20	68,1	32,6	68,1	68,1
<b>755</b>	10 – 20	44,6	20,1	44,6	44,6
<b>774</b>	30 – 45	8,4	5,2	8,4	8,4
<b>777</b>	> 60	1,6	1,6	1,3	1,5

Tab. 7 *Maximum values of erosion climatic factor modified by climate scenarios*

Station	1961 – 1990	EB1-low	EA2-high	HB1-low	HA2-high
004	10,8	12,7	17,7	12,7	17,2
636	20,1	22,4	27,7	22,9	29,1
667	5,3	6,1	8,1	6,1	8,0
685	45,2	50,5	61,6	51,5	65,6
686	6,7	7,3	8,8	7,5	9,3
687	7,5	8,3	10,0	8,5	10,6
698	184,6	219,1	309,0	219,0	304,3
716	23,7	26,5	31,8	26,6	32,8
723	48,1	56,9	79,6	57,0	78,9
724	5,8	6,8	9,4	6,7	9,1
725	7,1	8,3	11,6	8,3	11,2
749	4,0	4,6	6,1	4,5	5,9
754	32,6	38,0	51,5	37,9	50,6
755	20,1	22,8	28,7	23,2	30,4
774	5,2	5,9	7,7	5,9	7,7
777	1,6	1,7	2,1	1,8	2,1

## CONCLUSION

Climate conditions have substantial influence on the intensity and spreading of wind erosion especially in the dry areas of Southern Moravia. Thus, negative impacts of climate change will appear at first in these areas. Therefore at least from the beginning the humid areas with higher elevation will be spare from the negative impacts of warming. In the future it must be taken into account that threat of soil by wind erosion will extend into the areas heretofore not threatened by wind erosion. The wind erosion is dependent also on the soil type. And if it is impossible to influence the climate process, then it should try to prevent the soil degradation and change of its structure state.

Due to the possible climate change the soil area threatened by wind erosion will increase at least about 10 %, it means that the accrual of the threatened area will represent at least 100.000 hectares. It should count with the higher area of threatened soil for the erosion control measures. It is difficult to estimate, with our level of knowledge, which problems could possible climate change bring to the soil protection and erosion control. Brázdil et Rožnovský (1995) presents the adaptative measurements in wind erosion control.

Nowadays, a lot of factors restrict our knowledge to project and detect the future climate change. It is difficult to predict the future non expected, extensive and fast changes of climate system similar to them, which occurred in the past. From the mentioned results that future climate change could bring non predictable surprise.

*Acknowledgement: Results of this study are parts of the project NAZV no. QF3100 and NAZV No. 1R44027.*

## RERERENCES

- Brázdil, R., Rožnovský, J., 1995: Dopady možné změny klimatu na zemědělství v České republice. National Climatic Program of the Czech Republic, vol. 18, 140 p. ISBN 80-85813-91-2, ISSN 1210-7565.
- Chepil, W. S., Siddoway, F. H., Armbrust, D., V., 1962: Climatic Factor for Estimating Wind Erodibility of Farm Fields. Journal of Soil and Water Conservation, no. 1, pp. 162-165.
- Dufková, J., 2004: Využití erozně klimatického faktoru ke stanovení ohroženosti půdy větrnou erozí. In: International Research Conference The Third Pedological Days in Slovakia. Mojmirovce. SPS, VÚPOP Bratislava.CD ROM, ISBN 80-89128-11-4.
- Janeček, M., 1997: Potenciální ohroženost půd České republiky vodní a větrnou erozí. Scientific Studies of Research Institute for Soil and Water Conservation Praha, no. 9, p. 53-64. ISSN 1210-1672.

- Kalvová, J., Kašpárek, L., Janouš, D., Žalud, Z., Kazmarová, H., 2002: Scénáře změny klimatu na území České republiky a odhady dopadů klimatické změny na hydrologický režim, sektor zemědělství, sektor lesního hospodářství a na lidské zdraví v ČR. National Climatic Program of the Czech Republic, vol. 32, 151 p. ISBN 80-85813-91-2, ISSN 1210-7565.
- Konček, M., 1955: Index zavlaženia. Meteorological News, vol. 8, no. 4, p. 96-99.
- Pasák, V., 1966: Struktura půdy a větrná eroze. Scientific Studies of Research Institute for Soil and Water Conservation Praha, p. 73-82.
- Pasák, V., 1970: Wind Erosion on Soils. Scientific Monographs. Research Institute for Soil and Water Conservation Praha, no. 3, 187 p.
- Pasák, V., Janeček, M., 1971a.: Použití klimatického faktoru pro hodnocení větrné eroze v ČSSR. Melioration, vol. 44, no. 7, p. 113-118.
- Pasák, V., Janeček, M., 1971b.: Vliv klimatu na rozšíření větrné eroze v ČSSR. Meteorological News, vol. 24, no. 3 – 4, p. 67-69.
- Stred'anský, J., 1981: Vyhodnotenie veterných pomerov pre prípad výpočtu intenzity veternej erózie. Meteorological News, vol. 34, no. 4 – 5, p. 154-155.

# HODNOTENIE OBSAHOV STOPOVÝCH RIZIKOVÝCH PRVKOV (As, Cr, Ni, Pb) V PÔDACH BIELYCH KARPÁT A ČASTI MYJAVSKEJ PAHORKATINY

## The evaluating of trace risk element (As, Cr, Ni, Pb) content in the soils of Biele Karpaty and Myjavská pahorkatina region

Michal ĎURIŠ, Richard MIČUDA, Pavel DLAPA

*Univerzita Komenského, Prírodovedecká fakulta, Katedra pedológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, SR*

[duris@fns.uniba.sk](mailto:duris@fns.uniba.sk), [micuda@fns.uniba.sk](mailto:micuda@fns.uniba.sk), [dlapa@fns.uniba.sk](mailto:dlapa@fns.uniba.sk)

### Abstrakt

Príspevok sa zaoberá hodnotením obsahov stopových rizikových prvkov ako je arzén, chróm, nikel a olovo v humusových horizontoch pôd regiónu Biele Karpaty a priľahlej časti Myjavskej pahorkatiny. Celkové obsahy študovaných prvkov boli štatisticky zhodnotené a priestorové rozloženie obsahov týchto prvkov metódou blokového krigingu spracované. V poľnohospodársky využívaných pôdach sa vyskytli zvýšené obsahy Ni a Cr, ktoré prekračujú limitné hodnoty podľa zákona č.220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy.

**Kľúčové slová:** stopové prvky, blokový kriging, limitné hodnoty

### Abstract

This paper concern with evaluating of content of trace element as As, Cr, Ni and Pb, in the humic-horizons of soils in the Biele Karpaty Mountain and contiguous part of Myjava downs. The total content of study of trace elements was measured by basic statistical parameters (minimum, maximum value, arithmetic, and geometric mean, standard deviation, median, number of samples). The space distribution of trace elements was showed by kriging method in the map of trace elements contents in this region. The increased contents of Cr and Ni were occurred in the agricultural soils. These concentrations exceed the new hygienic limit (No. 220/2004 Z.z.) in Slovak Republic.

**Key words:** trace elements, block kriging, threshold values

### ÚVOD

Výsledky tejto práce boli nadobudnuté v rámci riešenia Vega projektu s názvom „Súbor regionálnych máp geologických faktorov životného prostredia regiónu Myjavská pahorkatina a Biele Karpaty“. Opisovaná oblasť Bielych Karpát sa nachádza na moravsko-slovenskom pomedzí, jej chrbticu tvorí orografický celok Biele Karpaty, ktorý je súčasťou Slovensko-moravských Karpát a prechádza ním štátna hranica medzi Slovenskou republikou na východe a Českou republikou na západe. Biele Karpaty patria geologicky k Západným Karpátám, ktoré sú súčasťou stredoeurópskych alpíd. Biele Karpaty zaberajú svoju väčšiu časť vnútornej oblasti flyšového pásma, odpovedajúci magurskému flyšu (Kolektív, 1992).

Bradlové pásmo môžeme v Bielych Karpatoch sledovať od Podbranča – Majeríček (pri Myjave), kde sa vynára spod neogénu viedenskej panvy. Odtiaľ sa tiahne ako pruh Myjavskou pahorkatinou východným smerom k Myjave. Tam sa stáča do SV smeru a pokračuje na južných svahoch Bielych Karpát severne od Starej Turej cez Podkozinec, Cetunu do údolia Klanečnice. Ďalej k severovýchodu sleduje pravý breh Váhu až do údolia Vlára a končí pri Červenom Kameni a Lednice. Bradlové pásmo Bielych Karpát je reprezentované horninami o stratigrafickom rozsahu vrchného triasu až paleogénu.

Na základe silnej faciálnej premenlivosti predovšetkým jurských sedimentov sú v bradlovom pásme vyčleňované faciálne vývoje: čorštýnsky, pruský, kysucký, drietomský a klapský.

Územie Myjavskej pahorkatiny sa vyznačuje pestrým geologickým zložením a komplikovanými štruktúrno-tektonickými pomermi. Podľa Salaja et al. (1987) sa na jej tektonickej stavbe od S na J podieľa päť geologicko-štruktúrnych jednotiek: bielokarpatská jednotka magurského paleogénu, bradlové pásmo, klapská jednotka, senón a paleogén Myjavskej pahorkatiny a neogén.

Priestorová variabilita pôd regiónu Biele Karpaty je podmienená najmä substrátom a reliéfom. Na území prevláda substrát tvorený svahovinami, ktoré sú geneticky späté s flyšovými a vápencovými horninami. Tieto miestami obsahujú variabilný podiel sprašových hĺn a spraší.

Typickými pôdnymi predstaviteľmi flyšových substrátov a vápencov sú kambizeme a rendziny. Reliéf vplýva na intenzitu eróznou-denudačných procesov a je limitujúcim faktorom rozvoja pôd na hrebeňoch a na extrémne sklonitých svahoch s charakteristickým výskytom litozemí a rankrov. Na sprašiach a sprašových hlinách vyšších polôh vznikajú prevažne luvizeme a pseudogleje, v nižších polohách sa vyskytujú hnedozeme a vzácné tiež černozeme. V širokej nive Váhu sa potom vyskytuje typická nivná asociácia pôd, v ktorej sú najrozšírenejšie fluvizeme sprevádzané čiernicami a s lokálnym výskytom glejov (Kolektív, 1992).

Prevažujúcimi pôdnymi typmi na území Myjavskej pahorkatiny sú luvizeme, vystupujúce v nižších polohách a kambizeme, viažuce sa prevažne na vyššie polohy. Priestorová diferenciácia pôdných typov študovaného územia je však v rámci širšej príslušnosti k montánnej krajine mierneho pásma podmienená predovšetkým chemickým zložením podloží hornín a charakterom reliéfu. Substrát svojim pestrým chemizmom podmieňuje horizontálnu diferenciáciu pôdnej pokrývky. Reliéf sa síce v súvislosti s malou výškovou členitosťou a s ňou spätými nevelkými klimatickými či vegetačnými rozdielmi neprejavuje ako činiteľ významnejšej vertikálnej diferenciácie pôd, jednotlivé typy reliéfu však nepriamo, prostredníctvom heterogénnych horninových komplexov ovplyvňujú priestorovú distribúciu pôdných typov, či subtypov. Takto možno rozlíšiť osobité skupiny pôd v reliéfe pahorkatín, nižších vrchovín a v reliéfe štruktúrne podmienených elevácií (Tarábek, 1985).

Na hladko modelovanom reliéfe pahorkatín s prevahou flyšoidného, karbonátového, lokálne silikátového substrátu, zloženého z vápnitých pieskovcov a ílovcov, vznikli na zvetralinových plášťoch luvizeme. Vyznačujú sa posunom karbonátov a pôdných koloidov do hlbšej časti svojho profilu (Tarábek, 1985). Vyskytujú sa najmä subtypy luvizem modálna a kultizemná (Šály a Šurina, 2002). Lokálne, najmä na sprašoidných sedimentoch, vznikli luvizeme pseudoglejové, na ktorých sa vytvoril vlhký, nepriepustný akumulovaný horizont. Na drobných ostrovoch karbonátových hornín sa utvorili rendziny až pararendziny, ako pôdy zásaditej reakcie, spravidla bez posunu karbonátov a koloidov v pôdnom roztoku, pri kambizemnom subtype, resp. variete vylúhovanej i s posunom.

Na hladko modelovanom reliéfe nižších vrchovín sa na podloží vápnitých pieskovcov, ílovcov a zlepenecov v miestach s hrubšou vrstvou zvetralinových plášťov vytvorili kambizeme modálne a kultizemné, nasýtené, na plytkejších zvetralinách kambizeme rendzinové (napr. na rozľahlej plošine Lipovca – 499 m). Na ílovitejších vrstvách zvetralín sa utvorili pseudogleje. Na stráňach sa v porovnaní s plochými partiami reliéfu vyvinuli plytkejšie pôdy (Tarábek, 1985).

Reliéf štruktúrne podmienených elevácií, či už skoncentrovaných do súborov (Brančské bradlá), alebo vystupujúcich izolovane (Bradlo), sa viaže takmer výlučne na karbonátový substrát, ktorý podmienil vývoj rendzín. Na najostrejších bradlách sú vyvinuté litozeme až rendziny litozemné (Tarábek, 1985).

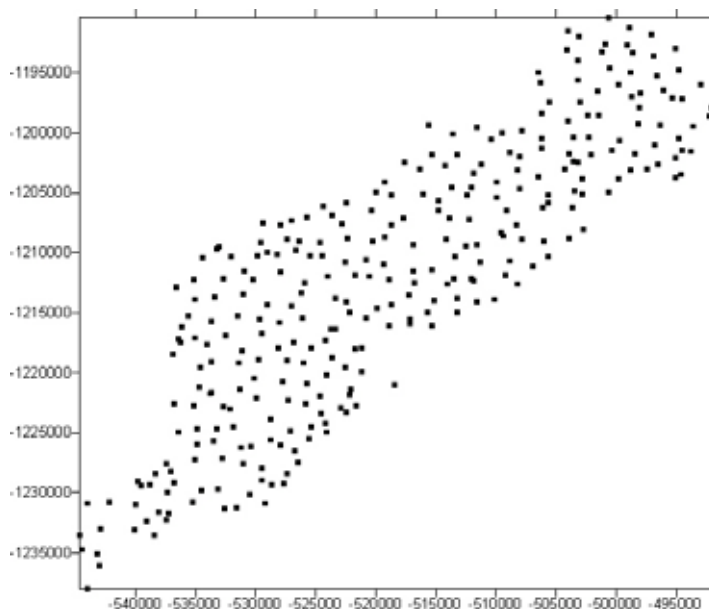
V dnách dolín sa na aluviálnych náplavoch riek utvorili fluvizeme. Na Z okraji územia sa na polohách spraší, kde sa už v neolite objavili prví roľníci, vyskytuje hnedozem kultizemná, lokálne modálna (Šály a Šurina, 2002). Z hľadiska pôdných druhov v študovanom území jednoznačne dominujú pôdy hlinité, oveľa menej sú zastúpené pôdy ílovito-hlinité, piesočnato-hlinité či ílovité (Fulajtár a Čurlík, 1980, Čurlík a Šály, 2002). Táto skutočnosť má veľký význam z hľadiska značnej náchylnosti miestnych pôd na efektívne pôsobenie ronových (vodnoerózných) procesov. Práve hlinité pôdy sú totiž na eróziu pôdy najviac náchylné (Fulajtár, 2002). Pôdy s vyšším obsahom ílu sú podstatne menej erodibilné (Jambor a Sobocká, 2001).

Cieľom príspevku je zhodnotenie celkových obsahov vybraných stopových rizikových prvkov v pôdach Bielych Karpát a priľahlej časti Myjavskej pahorkatiny. Študované stopové rizikové prvky ako arzén, chróm, olovo a nikel boli sledované a vyhodnocované v povrchových horizontoch v poľnohospodársky využívaných tak aj v lesných pôdach danej oblasti.

## MATERIÁL A METÓDY

**Odber a spracovanie vzoriek** sa vykonalo v období rokov 2003 – 2004 podľa „Príručky terénneho prieskumu a mapovania pôd“ (Čurlík, Šurina, 1998). V teréne sa odobrali vzorky z humusových genetických horizontov pôd a skladovali sa tmavých polyetylénových vreckách. Každá sonda bola lokalizovaná systémom GPS. Lokalizácia pedologických sond je znázornená na mape č.1.

Mapa 1 *Lokalizácia pedologických sond, ktorých chemické analýzy boli použité pri hodnotení priestorovej variability obsahu rizikových prvkov*



**Arzén, chróm, nikel, olovo** boli stanovené metódou RFS-rontgenfluorescenčná spektrometria z lisovanej tablety.

**Spracovanie a vyhodnotenie obsahov** sledovaných rizikových stopových prvkov sa vykonalo pomocou základných štatistických charakteristík ako je: maximálna, minimálna hodnota koncentrácie, aritmetický, geometrický priemer, smerodajná odchýlka, rozptyl, medián a počet vzoriek.

**Digitálne spracovanie máp** obsahov As, Cr, Ni a Pb sa robilo metódou blokového krigingu.

Všetky analytické údaje boli prevzaté z prebiehajúceho projektu „Súbor regionálnych máp geologických faktorov životného prostredia regiónu Myjavská pahorkatina a Biele Karpaty“, ktorého riešiteľom je Katedra pedológie na Univerzite Komenského v Bratislave.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Obsahy stopových rizikových prvkov v humusových horizontoch pôd Bielych Karpát a Myjavskej pahorkatiny sa menili v závislosti od pôdotvorných faktorov a antropogénneho vplyvu.

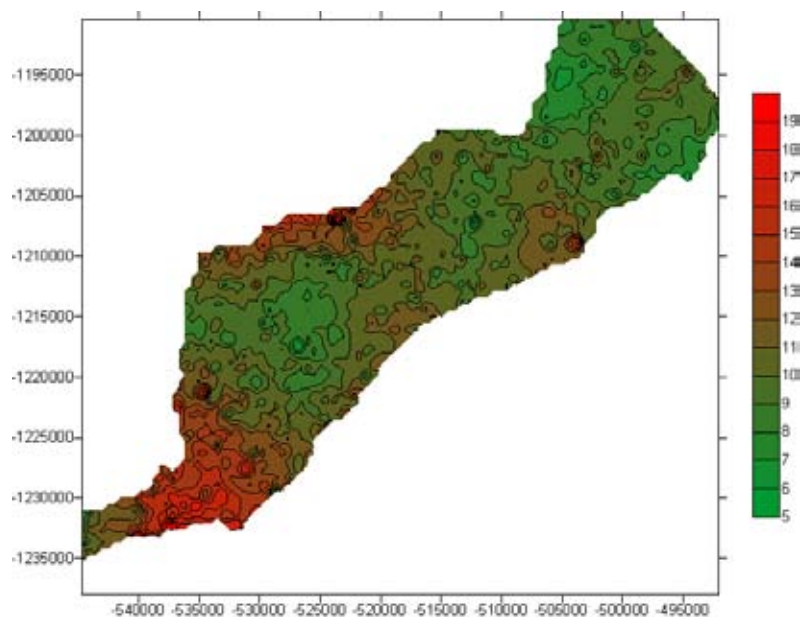
### *Hodnotenie celkových obsahov As*

Najnižšie hodnoty koncentrácií spomedzi sledovaných stopových rizikových prvkov v povrchových horizontoch pôd (lesné aj poľnohospodárske) v študovanej oblasti mal arzén, ktoré sa pohybovali od 4,2 do 30,8 mg.kg<sup>-1</sup>. Základné štatistické charakteristiky koncentrácie As v pôdach (poľnohospodárske a lesné) sú uvedené v tabuľke a na mape 2 je zobrazená priestorová distribúcia celkových obsahov As v pôdach Bielych Karpát a príľahlej časti Myjavskej pahorkatiny. Porovnaním geometrického priemeru pre arzén z „Geochemického atlasu Slovenska časť pôdy“ (Čurlík, Šurina, 1998) s hodnotou (7,7 mg.kg<sup>-1</sup>) s priemernou hodnotou As (12,6 mg.kg<sup>-1</sup>) v pôdach Bielych Karpát a Myjavskej Pahorkatiny, je priemerný celoslovenský obsah o 4,9 mg.kg<sup>-1</sup> menší.

Najvyššie obsahy As v študovanom regióne sa objavili v dvoch oblastiach. Prvá sa nachádza v západnej prihraničnej oblasti, ktorá predstavuje najvyššie orografické miesta v Bielych Karpatoch. Druhou takou oblasťou je južná časť záujmovej oblasti.

Základné štatistické charakteristiky	As (mg.kg <sup>-1</sup> )
Max. hodnota	30,8
Min. hodnota	4,2
Aritmetický priemer	12,4
Geometrický priemer	12,6
Smerodajná odchýlka	4,1
Rozptyl	17,0
Medián	11,7
Počet	209,0

Mapa 2 Celkové obsahy As (mg.kg<sup>-1</sup>) v humusových horizontoch pôd (poľnohospodárske aj lesné) regiónu Bielych Karpát a Myjavská pahorkatina (v súradnicovom systéme JTSK)



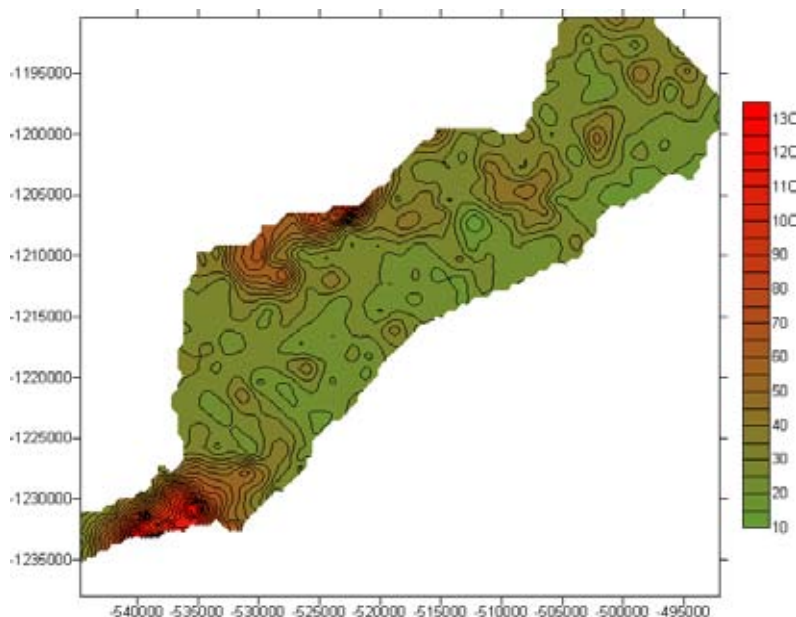
V poľnohospodárskych pôdach Bielych Karpát a Myjavskej pahorkatiny je priemerný obsah As (geometrický priemer) 11,0 mg.kg<sup>-1</sup>. Porovnaním hodnôt koncentrácií As v poľnohospodárskych pôdach Bielych Karpát a Myjavskej pahorkatiny s limitnými hodnotami pre As zo zákona č.220/2004 Z.z. „O ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy“, obsahy As neprekračujú limitnú hodnotu 25 mg.kg<sup>-1</sup> pre piesočnato-hlinitú a hlinitú pôdu. Iba v jednom prípade došlo k slabému prekročeniu tejto limitnej hodnoty vo fluvizemi glejovej kultizemnej s celkovým obsahom As 26,3 mg.kg<sup>-1</sup>.

#### **Hodnotenie celkových obsahov Pb**

Hodnoty celkovej koncentrácie olova vykazovali vyššie hodnoty ako pri arzéne. Pohybovali sa v humusových horizontoch (lesné aj poľnohospodárske pôdy) v rozpätí hodnôt 12 až 167 mg.kg<sup>-1</sup>. Základné štatistické charakteristiky koncentrácie Pb sú uvedené v tabuľke a na mape 3 sú zobrazené celkové obsahy Pb v pôdach Bielych Karpát. V humusových horizontoch pôd študovanej oblasti je priemerný obsah (geometrický priemer koncentrácie) vyšší o hodnotu 8,6 v porovnaní s pôdami na celom Slovensku, ktoré majú priemerný obsah Pb 23 mg.kg<sup>-1</sup> (Čurlík, Šurina, 1998). Najvyššie obsahy olova sa vyskytli v prihraničnej zóne na severozápade a v južnej časti.

Základné štatistické charakteristiky	Pb (mg.kg <sup>-1</sup> )
Max. hodnota	167,0
Min. hodnota	12,0
Aritmetický priemer	38,3
Geometrický priemer	31,6
Smerodajná odchýlka	23,9
Rozptyl	572,0
Medián	31,0
Počet	209,0

Mapa 3 Celkové obsahy Pb (mg.kg<sup>-1</sup>) v humusových horizontoch pôd (poľnohospodárske aj lesné) regiónu Bielych Karpát a Myjavská pahorkatina (v súradnicovom systéme JTSK)



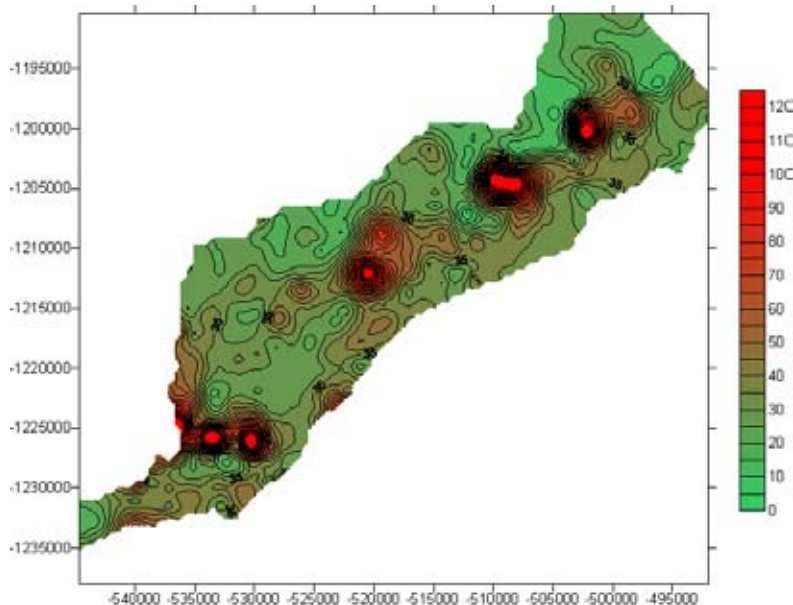
Priemerný obsah (geometrický priemer) Pb v poľnohospodárskych pôdach v regióne Bielych Karpát a časti Myjavskej pahorkatiny je 25,7 mg.kg<sup>-1</sup>. V týchto pôdach nebola podľa zákona č.220/2004 Z.z. „O ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy“ prekročená limitná hodnota pre Pb (hodnota 70 mg.kg<sup>-1</sup> pre piesočnato-hlinitú a hlinitú pôdu).

#### **Hodnotenie celkových obsahov Ni**

Podobné hodnoty koncentrácií pripadalo na nikel. Jeho celková koncentrácia sa vyskytovala v pôdach (lesné aj poľnohospodárske) záujmovej oblasti od 9 do 163 mg.kg<sup>-1</sup>. Základné štatistické charakteristiky koncentrácie Ni sú uvedené v tabuľke a na mape 4 sú zobrazené celkové obsahy Ni v pôdach Bielych Karpát a Myjavskej pahorkatiny. Aj v prípade niklu vychádza priemerný obsah (geometrický priemer) s hodnotou 31,6 mg.kg<sup>-1</sup> v celoslovenskom merítke vyšší ako je udávaný pre Ni (23 mg.kg<sup>-1</sup>) v „Geochemickom atlase častí pôdy“ (Čurlík, Šurina, 1998).

Základné štatistické charakteristiky	Ni (mg.kg <sup>-1</sup> )
Max. hodnota	163,0
Min. hodnota	9,0
Aritmetický priemer	36,7
Geometrický priemer	31,6
Smerodajná odchýlka	22,3
Rozptyl	498,8
Medián	33,0
Počet	209,0

Mapa 4 Celkové obsahy Ni (mg.kg<sup>-1</sup>) v humusových horizontoch pôd (poľnohospodárske aj lesné) regiónu Biele Karpaty a Myjavská pahorkatina (v súradnicovom systéme JTSK)



Ostrovčekovito zvýšené obsahy Ni korešpondujú s výskytom vápencov a dolomitov v bradlovom pásme, tiahnúcim sa naprieč celým územím Bielych Karpát a Myjavskej pahorkatiny. V južnej časti územia sa vyskytuje oblasť zvýšeného obsahu Ni.

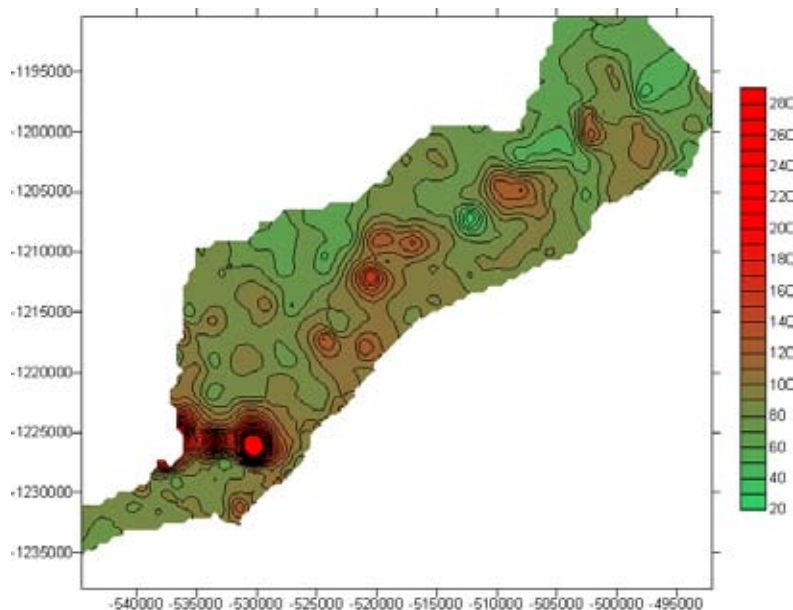
Priemerný obsah (geometrický priemer) Ni v poľnohospodárskych pôdach bol v humusových horizontoch 39,8 mg.kg<sup>-1</sup>. V regióne Biele Karpaty a Myjavská pahorkatina bola prekročená limitná hodnota pre Ni (50 mg.kg<sup>-1</sup>). V jednom prípade sa jednalo o luvizem pseudoglejovú kultizemnú s obsahom Ni 52,0 mg.kg<sup>-1</sup> a v jednom prípade o hnedozem kultizemnú s obsahom 63,0 mg.kg<sup>-1</sup>. V troch prípadoch bola prekročená limitná hodnota pre kambizem pararendzinovú kultizemnú, kambizem kultizemnú a kambizem rubifikovanú kultizemnú s obsahmi Ni 148 mg.kg<sup>-1</sup>, 79 mg.kg<sup>-1</sup> a 53 mg.kg<sup>-1</sup>. V prípade rendzín kultizemných prekročovali obsahy Ni limitnú hodnotu a pohybovali sa od 55 po 80 mg.kg<sup>-1</sup>. V mnohých prípadoch fluvizemí kultizemných boli prekročené limity pre Ni s hodnotami od 60 po 76 mg.kg<sup>-1</sup>. Ojedinele sa vyskytli slabo prekročené limitné hodnoty pri pseudoglejoch kultizemných na exponovaných horských stanovištiach.

#### **Hodnotenie celkových obsahov Cr**

Najvyššie celkové koncentrácie mal chróm. Jeho koncentrácie sa značne menili a varírovali od hodnoty 29 po hodnotu 216 mg.kg<sup>-1</sup>. Základné štatistické charakteristiky koncentrácie Cr sú uvedené v tabuľke a na mape č.5 sú zobrazené celkové obsahy Cr v pôdach Bielych Karpát. Priemerný obsah Cr (geometrický priemer) je o 0,57 mg.kg<sup>-1</sup> nižší ako je uvedený pre pôdy celého Slovenska s hodnotou 80 mg.kg<sup>-1</sup> (Čurlík, Šurina, 1998).

Základné štatistické charakteristiky	Cr (mg.kg <sup>-1</sup> )
Max. hodnota	216,0
Min. hodnota	29,0
Aritmetický priemer	86,7
Geometrický priemer	79,43
Smerodajná odchýlka	27,5
Rozptyl	755,7
Medián	84,0
Počet	209,0

Mapa 5 Celkové obsahy Cr (mg.kg<sup>-1</sup>) v humusových horizontoch pôd (poľnohospodárske aj lesné) regiónu Biele Karpaty a Myjavská pahorkatina (v súradnicovom systéme JTSK)



Aj v prípade chrómu sa vyskytli zvýšené obsahy tohto stopového prvku v oblastiach prináležiacom bradlovému pásu a v južnej časti výrazne zvýšené obsahy.

V poľnohospodársky využívaných pôdach sa vyskytli výrazne prekročené limitné obsahy Cr (nad 70 mg.kg<sup>-1</sup>) podľa zákona č.220/2004 Z.z. „O ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy“. V kambizemiach kultizemných výrazne prekročovali obsahy Cr často v intervale koncentrácií od 80 do 200 mg.kg<sup>-1</sup>, v hnodozemoch kultizemných sa pohybovali prekročené obsahy Cr od 85 až po 135 mg.kg<sup>-1</sup>, v luvizemiach kultizemných od 71 po 112 mg.kg<sup>-1</sup>, po fluvizemiach kultizemných bol interval prekročených hodnôt obsahov Cr navyšší (74 – 216 mg.kg<sup>-1</sup>) a v rendzinách boli prekročené obsahy v intervale od 105 po 162 mg.kg<sup>-1</sup>.

V pôdach rôznej genézy sa vyskytli odlišné obsahy stopových rizikových prvkov. Obsahy stopových prvkov v humusových horizontoch závisia od mnohých faktorov. Pri výbere sledovaných pôdnych typov sa zohľadnilo aj rôzne geologické podložie, ktoré sa výraznou mierou podieľa na obsahu stopových rizikových prvkov v pôdach. Nielen samotná hornina so svojim chemickým a mineralogickým zložením, ale aj samotné pôdotvorné procesy prebiehajúce v pôdach sa zúčastňujú na distribúcii stopových rizikových prvkov. Z oblasti Bielych Karpát boli hodnotené obsahy stopových rizikových prvkov v humusových horizontoch vo vybraných reprezentatívnych pôdnych typoch: kambizem, luvizem a hnodozem, fluvizem a rendzina.

Najpočetnejší pôdny typ v Bielych Karpatoch predstavuje kambizem ako predstaviteľ flyšových hornín. V humusových horizontoch v kambizemiach dosahuje koncentrácia arzénu priemernú hodnotu (geometrický priemer) 11,7 mg.kg<sup>-1</sup>, pre chróm 81,3 mg.kg<sup>-1</sup>, pre nikel 30,2 mg.kg<sup>-1</sup>, olovo 38,0 mg.kg<sup>-1</sup>.

Obsahy sledovaných stopových rizikových prvkov v luvizemiach a hnedozemiach sa hodnotili spolu, keďže v nich prebieha rovnaký hlavný pôdotvorný proces a zväčša sú vyvinuté na podobných pôdotvorných substrátoch (spraš, sprašová hlina). Priemerná koncentrácia (geometrický priemer) v týchto illimerizovaných pôdach bola pre As  $11,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ , pre Cr  $89,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ , pre Ni  $32,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ , pre Pb  $28,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

Ďalším hodnoteným pôdnym predstaviteľom v Bielych Karpatoch bola fluvizem. Priemerná koncentrácia As dosiahla hodnotu (geometrický priemer)  $10,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ , pre Cr  $79,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ , pre Ni  $31,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ , pre Pb koncentráciu  $22,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

V pôdnom type rendzina, ktorá sa vyskytovala na vápencoch a dolomitoch (bradlové pásmo), sa všetky sledované rizikové stopové prvky vyskytovali v najväčších koncentráciách. Priemerná koncentrácia As dosiahla hodnotu (geometrický priemer)  $16,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Zvýšený obsah mal aj Cr  $95,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ , Ni  $52,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ , a tak isto najvyššie obsahy sa objavili aj pri Pb ( $51,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ ).

## ZÁVER

V humusových horizontoch lesných a poľnohospodárskych pôd Bielych Karpát a Myjavskej pahorkatiny boli priemerné obsahy stopových prvkov rozdielne v porovnaní s celoslovenskými priemernými obsahmi pre jednotlivé sledované stopové prvky.

V prípade As je priemerný obsah (geometrický priemer) v sledovanom regióne vyšší o  $4,9 \text{ mg.kg}^{-1}$  ako je priemerný obsah As v pôdach celého Slovenska. Priemerné obsahy Pb a Ni sú vyššie o hodnotu  $8,6 \text{ mg.kg}^{-1}$  a priemerný obsah Cr (geometrický priemer) je o  $0,57 \text{ mg.kg}^{-1}$  nižší ako sú priemerné obsahy týchto stopových rizikových prvkov v pôdach Slovenska, ktoré sú uvedené v „Geochemickom atlase Slovenska časť pôdy“.

V poľnohospodárskych pôdach Bielych Karpát a Myjavskej pahorkatiny sa vyhodnotili celkové obsahy stopových rizikových prvkov podľa ich limitných hodnôt, ktoré sú uvádzané zákone č. 220/2004 Z.z. „O ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy“. V pôdach regiónu Biele Karpaty a Myjavská pahorkatina sa vyskytli nekontaminované ale aj kontaminované poľnohospodárske pôdy stopovými prvkami (Cr a Ni).

Na poľnohospodársky využívaných pôdach sa objavili nadlimitné obsahy niklu (nad hodnotou  $50 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). Prekročené obsahy Ni sa pohybovali v humusových horizontoch od hodnoty 52 po  $148 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Zvýšené obsahy Cr sa pohybovali od hodnoty 71 po  $200 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Zvýšené obsahy Ni a Cr sú viazané na pôdy s vysokým obsahom pôdných karbonátov.

## LITERATÚRA

- Čurlík, J., Šurina, B., 1998: Príručka terénneho prieskumu a mapovania pôd. VÚPÚ, Bratislava, 134 s.
- Čurlík, J., Šefčík, P., 1999: Geochemický atlas SR-Pôdy, Ministerstvo životného prostredia SR, 99 s.
- Čurlík, J., Šály, R., 2002: Zrinitosť pôdy. In: Zafko, M., ed. Atlas krajiny Slovenskej republiky, IV. Prvotná krajinná štruktúra, Banská Štiavnica (MŽP SR a SAŽP), s. 38 – 39.
- Fulajtár, E., 2002: Stanovenie intenzity erózie na poľnohospodárskych pôdach Slovenska pomocou deluometrických meraní a metódy  $^{137}\text{Cs}$ . Doktorandská dizertačná práca, VÚPOP, Bratislava.
- Fulajtár, E., Čurlík, J., 1980: Pôdne druhy, skeletovitosť a zamokrenie (1 : 50 000). In: Mazúr, E., ed., Atlas SSR, SAV, SÚGK, Bratislava, s. 74 – 75.
- Jambor, P., Sobocká, J., 2001: Genetic soil changes in long-term process of water erosion-20th century the second half. Proceeding, Soil Science and Conservation Research Institute, 24, pp 9 – 17.
- Kolektív, 1992: CHKO Biele (Bíle) Karpaty, Vydavateľstvo Ekológia, Bratislava, 380 s.
- Salaj, J., Began, A., Hanáček, J., Mello, L., Kullman, E., Čechová, A., Šucha, P., 1987: Vysvetlivky ku geologickej mape Myjavskej pahorkatiny, Brezovských a Čachtických Karpát M 1:50 000, GÚDŠ, Bratislava.
- Šály, R., Šurina, B., 2002: Pôdy. In: Zafko, M., ed., Atlas krajiny Slovenskej republiky, IV. Prvotná krajinná štruktúra, Banská Štiavnica (MŽP SR a SAŽP), s. 34 – 35.
- Tarábek, K., 1985: Podnebie. Pôdy. In: Dugáček, M., Gálik, J., et al. Myjava, Obzor, Bratislava, s. 22 – 25.

# LEGISLATIVE AND ECOLOGICAL ASPECTS OF SOIL PROTECTION IN THE EUROPEAN UNION AND IN GERMANY

(kľúčový referát témy I. "Ochrana a využívanie pôdy")

## Legislatívne a ekologické ochrany pôdy v Európskej únii a v Nemecku

**Zdenek FILIP\*, Katerina DEMNEROVA**

*Department of Biochemistry and Microbiology, Institute of Chemical Technology Prague, Technická 3 – 5, 166 28 Prague, Czech Republic*

[zdenek.filip@vscht.cz](mailto:zdenek.filip@vscht.cz), [katerina.demnerova@vscht.cz](mailto:katerina.demnerova@vscht.cz)

### Abstract

Sustainable soil quality represents a fundament of environmental quality and economic viability, including sustainable agriculture. All this is a common precondition for healthy, prosperous and sustainable life on Earth. In the 6<sup>th</sup> Environment Action Programme, the European Union took the commitment of addressing soil alongside water and air as environmental media to be preserved. On 16 April 2002 a communication "Towards a Thematic Strategy for Soil Protection" was adopted by the Commission of the European Communities. The EU soil protection strategy builds upon the recognition that the basic functions of soils are threatened throughout Europe by different long-lasting negative processes. These include soil erosion, decline in organic matter content, loss of soil biodiversity, soil contamination, salinization, compaction, sealing, and also major hydro-geological risks such as floods and landslides. A work plan for specific proposals was adopted in order to improve soil quality in the EU in the next years. In Germany, the Federal Soil Protection Act entered into force already in March 1999, and in July of the same year, the German Federal Government agreed with the Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance. These legislative and regulatory tools have the main purpose to protect or restore soil functions on a sustainable basis for the present and future generations. For they consider a wide spectrum of soil functions that are to be protected, the German Soil Protection Act and the respective Ordinance may serve a shining example in this field of environmental policy both within and outside of the EU.

**Key words:** soil protection, sustainable development, soil functions, soil threats

### Abstrakt

Udržateľná kvalita pôdy je základom environmentálnej kvality a ekonomickej schopnosti vráťane udržateľného poľnohospodárstva. Je to všeobecná podmienka pre zdravý, prosperujúci a udržateľný život na Zemi. V 6. Environmentálnom akčnom programe Európska únia prevzala záväzok komisiou EC, podľa ktorého pôdu, vodu a vzduch treba chrániť ako environmentálne médiá. 16. apríla 2002 bola prijatá správa „K hlavnej stratégii ochrany pôdy“. Stratégia ochrany pôdy EÚ sa buduje na uznaní základných funkcií pôd, ktoré sú ohrozené v celej Európe rôznymi dlhotrvajúcimi negatívnymi procesmi. Sú to pôdna erózia, zníženie obsahu humusu, strata biodiverzity, kontaminácia pôdy, salinizácia, kompakcia, zástavba a tiež hydro-geologické ohrozenie ako záplavy a zosuvy v krajine. Bol prijatý pracovný plán pre špecifické návrhy pre zlepšenie kvality pôdy v EÚ do ďalších rokov. V Nemecku Federálny zákon o ochrane pôdy vstúpil do platnosti už v marci 1999 a v júli toho istého roku nemecká federálna vláda súhlasila s ním i s výnosom o kontaminovaných pôdach. Tieto legislatívne a regulačné nástroje majú hlavný cieľ chrániť alebo obnoviť široké spektrum pôdných funkcií, ktoré treba chrániť. Nemecký zákon o ochrane pôdy i výnos k nemu sú všetkým príkladom na poli environmentálnej politiky v rámci i mimo EÚ.

**Kľúčové slová:** ochrana pôdy, udržateľný rozvoj, pôdne funkcie, ohrozenie pôd

\* Visiting Professor (Marie Curie Chair)

## INTRODUCTION

The biosphere, where human, plant and animal life develops, consists of three natural elements: air, water and soil. All these elements are necessary for the life cycle but soil is where most human activities are realized and should therefore be protected on a sustainable way. In fact, soil represents the foundation of the entire biosphere (Filip, 2002).

The term “*Sustainable Development*” should be understood as a development that meets the needs of the present generations without compromising the ability of the future generations to meet their own needs. In this sense the United Nations Millenium Development Goals sent a requirement to all nations: “*Ensure Environmental Sustainability*”. In the practice, however, natural environments, including soils, suffer day after day, and since years, upon (i) destruction of 55,000 ha tropical forest; (ii) loss of 20,000 ha arable soil; (iii) eradication of 100 to 200 species; (iv) release of 60 million tons CO<sub>2</sub> into the atmosphere (Umweltbundesamt, 1997). Although an awareness on the continuing destruction of soils became a topic in several publications already a few decades ago, (e.g., Filip, 1973; Kovda, 1974; Thormann, 1984; Barth and L’Heremite, 1987), the European Community addressed the same topic only after a delay (Howard, 1993). Finally, 2002, Margot Wallström, the former EU Environment Commissioner was able to announce the following: “*We are now placing soil protection on a level with cleaning up our water and air. For too long, we have taken soil for granted. However, soil erosion, the decline in soil quality and the sealing of soil are major problems across the EU. This is a sustainability issue given that these trends are largely irreversible and that soil is vital for our livelihood*”. With this statement a Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, and entitled “*Towards a Thematic Strategy for Soil Protection*” (COM [2002] 179 final) was introduced.

### ***The EU Action: Towards a Thematic Strategy for Soil Protection***

Soil is generally defined as the upper layer of the earth’s crust that performs a number of key environmental, social and economic functions vital for a sustainable life. Scientifically, it represents the most important complex interface for the global exchange of matter and energy (Filip, 2002).

Many areas of the EU policy are of relevance to soil and some of them include indirectly the protection of soil although that is not their main focus. Among such policies are those related to environment, agriculture, regional development, transport and research policy. In order to ensure soil protection as a basic issue within the EU, the European Commission intends to develop a specific thematic strategy. The document mentioned above, i.e., “*Towards a Thematic Strategy for Soil Protection*” is the first one in which the Commission has addressed soil protection for its own sake. The aim of this document is in particular following:

- Indicating the multiple functions of soil
- Identifying soil characteristics relevant to further development of the EU policy
- Pointing to the main threats to soil
- Presenting an overview of the soil relevant policies already existing in the EU
- Description of the current situation regarding soil information and monitoring
- Establishing the policy basis for further steps in a thematic strategy on soil protection.

### ***Soil functions***

In the EU document the following soil functions vital for life have been listed:

- Food and other biomass production
- Storing, filtering and transformation
- Habitat and gene pool
- Physical and cultural environment for mankind
- Source of raw materials.

By fulfilling all these functions, soil represents a true global factor basically influencing climate change, food security, poverty alleviation, biodiversity, and a general land use. Due to a non-renewable character of soil as a natural resource, the soil degradation should be minimized whenever it may occur.

### ***Main threats to soil***

Prior to the EU enlargement in 2004, an estimated 52 millions ha, representing more than 16 % of the total land area, were considered as affected by some kind of degradation. In the accession countries this figure is about 35 %.

#### ***Erosion***

Although representing basically a natural geological phenomenon resulting from the removal of soil particles by water or wind, soil erosion became seriously increased by human activities, especially by unsustainable agricultural practices. Generally, any soil loss of more than 1 ton

ha<sup>-1</sup>y<sup>-1</sup> can be considered as irreversible within a time span of 50 – 100 years (Montanarella, 2003). In Europe, soil erosion is to up to 92 % due to water. About 17 % of the total land area in Europe is affected by erosion to some degree (Environment for Europe, 2003).

#### ***Decline in organic matter***

Organic matter, i.e., plant residues, living biomass, and humus, plays a central role in maintaining key soil functions. It represents also an essential factor in the soil resistance to erosion, and in soil fertility. Nearly 75 % of the total area analysed in Southern Europe has a low (3.4 %) or very low (1.7 %) content of soil organic matter. Soils with less than 1.7 % organic matter are considered to be in a pre-desertification stage (Montanarella, 2003). Although the build-up of organic matter in soil is a slow process, effective measures to revert negative trends exist: reduced tillage, application of organic manure, cover crops, land use changes like conversion to grassland and reforestation.

#### ***Loss of biodiversity***

This negative issue is closely linked to the soil loss of organic matter. Recognizing that soil inhabits more biodiversity than the above ground habitats (i.e., for each 1 to 1.5 t of biomass living on the soil, about 25 t of biomass are in the first 30 cm soil underneath) requires to take serious steps towards protecting this precious resources from degradation. Soil micro-organisms, micro-, meso-, and macro-fauna form a complex food web, and ensure a matter and elements re-cycling of a global importance. Since one gram of soil in good conditions can contain up to 20,000 different species, soil biodiversity and biological activity should be used as an overall indicator of soil health (Filip, 2002).

#### ***Soil contamination***

The occurrence of chemical and other contaminants in the soil may result in damage to or loss of different soil functions, and possible cross contamination of water resources. Local soil contamination is usually associated with inappropriate industrial and/or agricultural activities, and a waste land filling (about 65 % of municipal waste generated in the EU is land-filled). Diffuse soil contamination is mainly associated with atmospheric pollutants deposition due to emissions from industry, traffic and agriculture. Estimates of the number of contaminated sites in the EU range from several hundred thousand to 1.5 million. The European Environment Agency has estimated the total costs for the cleaning of contaminated sites up to EUR 109 billion.

#### ***Soil compaction***

Soil compaction occurs when soil is subject to mechanical pressure due to the use of heavy machinery or overgrazing by animals, especially upon wet conditions. Compaction reduces the pore space between individual soil particles resulting in damage to soil structure, restricted plant growth, biological activity, water filtering and storage capacity. Compacted soils may contribute to an increased greenhouse gas production and nitrogen losses through enhanced microbial denitrification activity. It has been estimated that nearly 4 % of soil throughout Europe suffers from compaction.

#### ***Soil sealing***

Soil sealing represents a most serious threat to natural soil functions by a long-term covering of soil for housing, roads or other land developments due to human activities. A paramount example is a part of Italian coastal area with only about 29 % of soil remaining free from sealing by different constructions (Montanarella, 2003). Although some decrease in soil availability seems inevitable, the final consequences of soil sealing are in a strong contradiction to sustainable development.

### ***Salinization***

Soil salinization due to the accumulation of soluble salts of Na, Mg, and Ca, especially, affects an area of some 1 million hectare in the EU. This destructive process is often associated with extended irrigation of agricultural land, and consequently results in reduction of different soil functions and economical losses. In the Mediterranean countries, salinization represents a major factor in soil desertification.

### ***Floods and landslides***

Floods and mass movements of soil are natural hazards but usually related to an improper soil and land management. These issues can be favoured by climate change, erosion, deforestation, and abandonment of land. In some Mediterranean countries such as Italy, more than 50 % of the territory has been classified as having a high or even very high risk in this respect. Thus, different preventive measures should be undertaken to prevent both soil and land inhabitants from this serious damage.

The above list of threats to soil may not be exhaustive but it surely highlights the main risks to European soils and hence may provide a list of priority areas in the development of soil protection policy. In addition, soil protection policy should duly recognize that many different soil types exist across Europe, and these will require appropriately differentiated protective approaches.

In a Working document from October 2002 the European Commission formulated an organisational layout for the work plan on further development of soil protection strategy. It includes the establishing of an Advisory forum on the EU soil policy, Technical co-ordination group and secretariat, Technical working groups, and a Commission inter-service working group. The technical working groups have been established in five priority areas: (i) Monitoring, (ii) Erosion (including desertification), (iii) Organic matter (including links to climate change), (iv) Contamination (including acidification), and (v) Research (including technology). In 2004 the individual working groups issued comprehensive activity reports consisting together more than 800 pages in which both the state of art, and future needs in soil protection have been formulated (Van-Camp et al., 2004).

### ***Main concerns and legal aspects of soil protection in Germany***

In the Federal Republic of Germany, significant factors affecting soil were compiled and evaluated for the first time in the German Federal Government Soil Protection Strategy in 1985. Two years later, in 1987, the Soil Protection Action Plan was adopted by the Cabinet (BMU, 2002). In this document, the protection of soil as one of the most important tasks in environmental policy for the years to come was highlighted. Finally, the Federal Soil Protection Act entered into force on 1<sup>st</sup> March 1999, and the Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance was adopted on 17<sup>th</sup> July 1999. The Federal Soil Protection Act has a supplementary effect where other, sector oriented legislation does not cover possible impacts on soil. It has the main purpose to protect or restore soil functions on a sustainable basis. This aim should be achieved by preventing harmful soil changes, rehabilitation of contaminated soil sites and affected water resources, and by precautions in general against negative impacts on soil.

According to the Federal Soil Protection Act, soil is expected to fulfil the following functions:

#### ***A. Natural Functions***

- as a basis for life, and a habitat for people, animal, plants, and soil organisms
- as a part of natural systems, especially by means of water and nutrient cycles
- as a medium for matter decomposition, balance and restoration with respect to soil filtering, buffering and substance-converting properties, and also concerning groundwater protection

#### ***B. Function as an Archive of Natural and Cultural History***

#### ***C. Functions Useful to Man***

- as a medium that holds deposits of raw materials
- as land for settlement and recreation
- as land for use in agriculture and forestry
- as land for other economic public uses such as transport, supply-provision and disposal purposes.

The Federal Soil Protection Act indicates harmful impacts on soil functions that may bring about hazard, considerable disadvantages or nuisances for either individuals or general public. In this respect, it differs between *Suspicious Soil Sites*, i.e., those suspected to carry harmful soil changes, and

*Contaminated Sites*. Principles of a *Good Agricultural Practice* are also indicated, and individually listed in the Act.

The main issues of concern in soil protection in Germany has been identified as follow (Franzius and Bachmann, 1999):

- Land consumption
- Hazardous substances in soil
- Soil erosion and compaction
- Waste application on soil

There is no ranking for the individual hazards, for their importance may vary in dependence on soil use in the region of concern. The Federal Soil Protection Act addresses the respective obligations to the following responsible parties:

- Any person who is by his/her action affecting the soil
- The property owner and the occupant of a real property
- The party who caused a harmful soil change or a contaminated site, and his universal successor, as well as the relevant property owner and the occupant of the relevant real property
- Persons, who for reason of commercial law or company law, are required to answer for a legal entity that owns a real property that is encumbered with harmful soil changes or site contamination
- Persons who give up ownership of such properties

To combat risks and support soil sustainability under conditions of a dense human population in Germany, the following priority objectives should be addressed in the soil use and landscape management:

- Reducing at minimum land consumption and soil sealing
- Avoiding deposition of toxic substances, and accumulation of hazardous materials in soil
- Preserving soil capability to produce appropriate amounts of biomass
- Preserving soil capability in the infiltration and retention of water
- Preserving soil capability in the natural cycling of plant nutrients and other elements but minimizing the production of greenhouse gases
- Preserving soil as a natural gene-reservoir for biodiversity

The Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance consists of concrete requirements and provisions for the implementation of the Federal Soil Protection Act. In four Annexes to the Ordinance, *Precautionary*, *Trigger*, and *Action Values* for different inorganic and organic soil pollutants are indicated, and also the main effective pathways such as “*Soil – Human Being*”, “*Soil – Useful Plant*”, and “*Soil – Groundwater*” are defined. Furthermore, requirements in respect of soil sampling, analytical procedures, and quality assurance during exploratory, or detailed soil investigations are also listed. The Ordinance should be actualised in accordance with scientific progress and/or practical experiences achieved in the field.

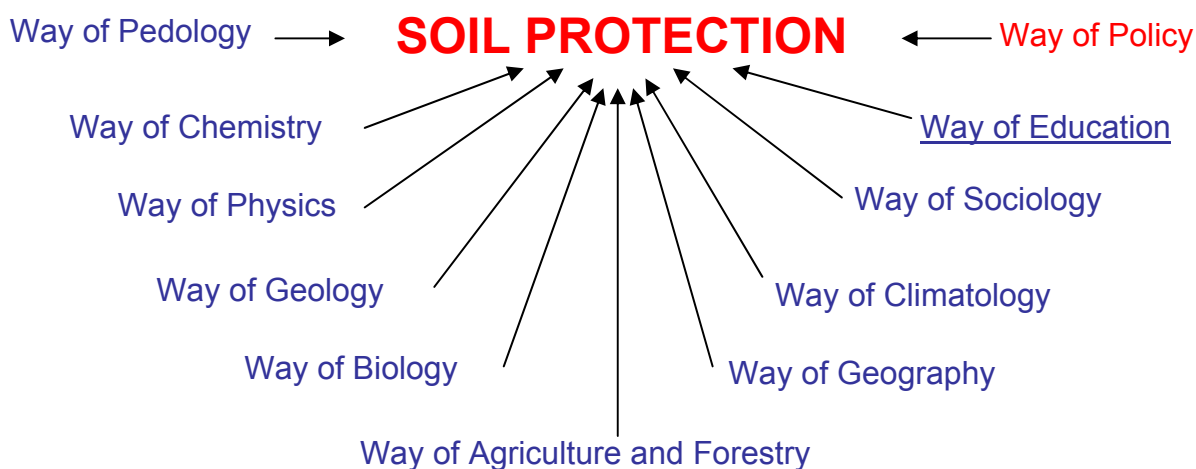
In general, the soil protection in Germany is a subject of permanent controlling by both the federal and state institutions. In June 2002 the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety issued a “Soil Protection Report” in which the experiences with the above mentioned legal documents have been evaluated, and further development indicated (BMU, 2002). In addition, the Report updated the European dimension as well as a broader international cooperation in soil protection, and an outlook concerning further developments of soil protection issues. In 2004 the Federal Environmental Agency organized a thematic workshop on experiences collected in Germany during the first five years, since the Federal Soil Protection Act, and the respective Ordinance entered into force (Umweltbundesamt 2004).

### ***Future Cross-Cutting Issues in Soil Protection***

With the widespread recognition of the need to protect soils through the development of a specific protection policy, scientists in different disciplines have an important role to play (Fig. 1). This approach shall ensure that the soil protection policy becomes based on a broad knowledge and deep understanding of diverse soils and their key importance in the global environmental system. In fact, an

integrated scientific and legal approach represents a basic precondition for the development of soil protection strategy on the principle of sustainability.

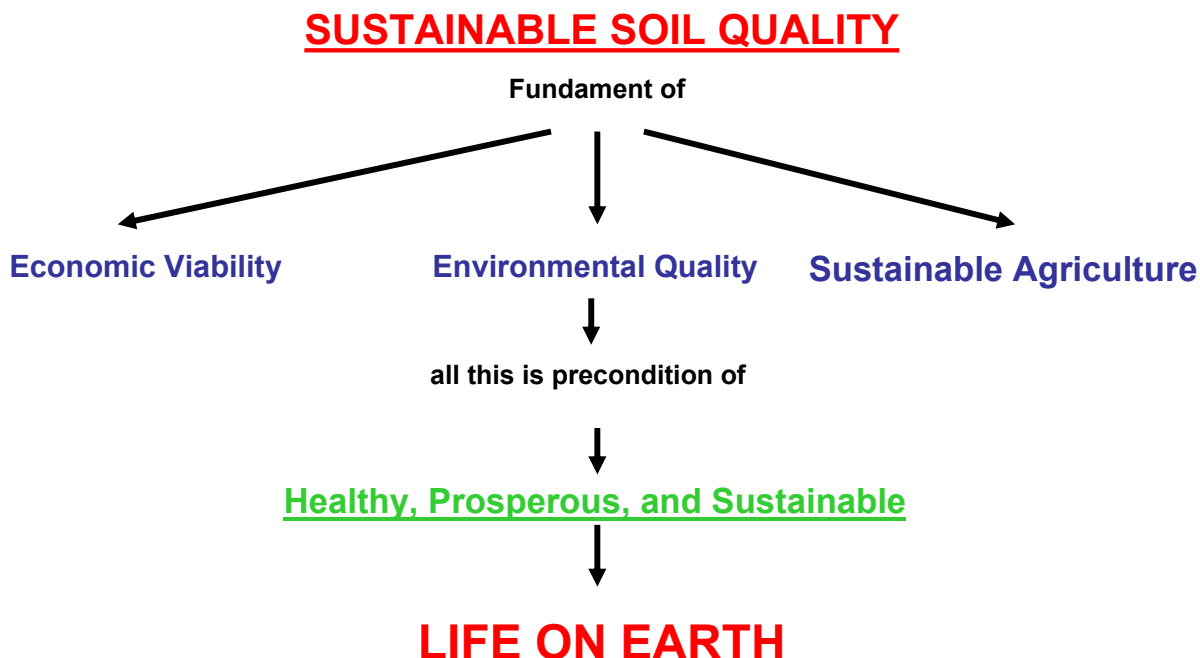
Fig. 1 *Different ways to a single goal – sustainable soil protection*



In the activity and responsibility scaling in soil protection different stakeholders should be included, who will develop actions and share their responsibility at all necessary scales, i.e., individually, locally, nationally, internationally, and globally. All of them should keep in mind:

*Soil protection requires from everyone to think globally, act locally, and take care of soil individually in respective fields of responsibility!"* By keeping this principle alive, final goals in soil protection (Fig. 2) will be achieved for both the present and future generations. These are Environmental Quality, and Economic Viability, including Sustainable Agriculture, that will produce sufficient food and other goods for the growing human population.

Fig. 2 *Final goals of soil protection*



## REFERENCES

- Barth, H., L'Heremite, P., 1987: Scientific basis for soil protection in the European Community. Elsevier, London.
- Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG), 1998: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zu Sanierung von Altlasten, Bundesgesetzblatt, I, Nr. 16 vom 24.03.1998, 502 – 510.
- Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV), 1999: Verordnung zur Durchführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes. Bundesgesetzblatt, I, Nr. 36 vom 16. 07. 1999, 1555ff.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2002: Soil Protection Report. BT-Drs. 14/9566, Art. - Nr. 6302.
- COM (2002) 179 final, 2002: Towards a Thematic Strategy for Soil Protection. Commission of the European Communities. Brussels, 16. 04. 2002, 35 pp.
- Environment for Europe, 2003: Ministerial Conference under the Auspices of the UN Economic Commission for Europe, 9. Soil Degradation, Kiev, 21 – 23 May 2003.
- Filip, Z., 1973: Healthy soil – foundation of healthy environment. Vesmir (Prague) 52, 291 – 293 (in Czech).
- Filip, Z., 2002: International approach to assessing soil quality by ecologically-related biological parameters. Agriculture, Ecosystems & Environment 88, 169 – 174.
- Franzius, V., Bachmann, G., 1999: Soil protection policy in Germany. In: Environmental Policy, Kraemer, R.A. et al. (Eds.), Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear safety, Bonn, 185 – 194.
- Howard, P.J.A., 1993: Soil protection and soil quality assessment in the EC. Sci. Tot. Environ. 129, 219 – 239.
- Kovda, V.A., 1975: Biogeochemical cycles in nature and their disturbance caused by man. Nauka, Moscow (in Russian).
- Montanarella, L., 2003: The EU thematic strategy on soil protection. In: Land Degradation, R.J.A. Jones, L. Montanarella (Eds.), European Communities, EUR 20688, pp.15 – 29.
- Thormann, A., 1984: Bodenschutz – Teil einer vorsorgenden Umweltpolitik. Ztschr. Kulturtechnik Flurbereinigung 25, 195 – 202.
- Umweltbundesamt, 1997: Nachhaltiges Deutschland. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Umweltbundesamt, 2004: Fünf Jahre danach: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung in der Diskussion. Presse-Information 108/2004.
- Van-Camp, L., Bujarrabal, B., Gentile, A.-R., Jones, R.J.A., Montanarella, L., Olazabal, C., Selvaradjou, S.-K., 2004: Reports of the Technical Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319 EN/1, Office for Official Publications of the European Commission, Luxembourg, 872 pp.
- Working Document, 2002: Proposal for organisational layout for the work plan on soil protection 2003 – 2004. European Commission, Brussels, ENV.B1/LVC/fva/D(2002)311240.

# ZÁVISLOSŤ ZÁSOB VODY V ŤAŽKÝCH PÔDACH OD FLUKTUÁCIE JEJ POLOHY V PODMIENKACH VÝCHODOSLOVENSKEJ NÍŽINY

## Dependence of water supply in clay soils on its fluctuation position in conditions of East–Slovakian Lowland

Milan GOMBOŠ, Július ŠÚTOR, Andrej TALL  
*Ústav hydrológie SAV, Račianska 75, Bratislava, SR*  
[uhsavmi@stonline.sk](mailto:uhsavmi@stonline.sk)

### Abstrakt

Vysušovanie ťažkých pôd je doprevádzané objemovými zmenami v dôsledku ich zmrašťovania a napučievania. Veľkosť týchto zmien závisí od obsahu a druhu ílových minerálov v štruktúre pevnej fáze a od jej vlhkosti. Obsah ílových minerálov na danej lokalite je stabilný oproti vlhkosti meniacej sa v závislosti od klimatických a hydrologických podmienok. Vzhľadom na uvedené, v týchto podmienkach platí závislosť integrálneho obsahu vody  $W$  od mocnosti zóny aerácie ťažkej pôdy  $\Delta z$ , t.j. platí vzťah  $W = F(\Delta z)$  a  $\Delta z = F(W)$ . Objemové zmeny počas procesu zmrašťovania prebiehajú v horizontálnom i vertikálnom smere. Zmrašťovanie v horizontálnom smere spôsobuje v prírodných podmienkach tvorbu puklín a vo vertikálnom smere klesanie povrchu pôdy. V predkladanom štúdiu sa uvádzajú výsledky kvantifikácie integrálneho obsahu vody v zóne aerácie ťažkej pôdy o danej mocnosti zo zmien polohy jej povrchu, a to priamym meraním pre podmienky ťažkej pôdy na lokalite Senné (Východoslovenská nížina).

**Kľúčové slová:** vlhkosť pôdy, zmena polohy povrchu pôdy, zmrašťovanie ťažkých pôd

### Abstract

Drying of clay soils is following by bulk density changes due to their shrinkage and swelling processes. Intensity of these changes is dependent upon content and kind of clay minerals in solid phase structure and its moisture. Clay minerals content in given site are quite stabile in opposite moisture alternating in accordance with climate-hydrological conditions. Respecting this fact, there is valid relation of integral water content  $W$  to aeration zone thickness of clay soil  $\Delta z$ , e.i. relation  $W = F(\Delta z)$  and  $\Delta z = F(W)$ . Bulk density changes during shrinkage processes act in horizontal and vertical direction, both. Shrinking in horizontal direction causes in natural conditions cracks formation and vertical direction subsidence of soil surface. Results of integral water content qualification in aeration zone of clay soil respecting given thickness deducting from changes of surface position are presented. It was gained by direct measurement in conditions of fine-textured soil in Senné locality (East-Slovakian Lowland).

**Key words:** soil moisture, change of soil surface position, shrinkage of clay soils

### ÚVOD

Počas monitoringu obsahu vody v zóne aerácie pôdy na jednotlivých lokalitách Východoslovenskej nížiny v rokoch 1994 až 1997 bola využívaná vážková metóda. Teda metodický postup pri ktorom boli po výške pôdneho profilu ako východiskové údaje odobraté vzorky pôdy do valčiekov a z nich určená hodnota vlhkosti pre daný časový horizont a aj ich objemová hmotnosť pôdy. V ďalšom podľa stanovenej frekvencie určovania obsahu vody (vlhkosti) boli na daných stanovištiach v definovaných horizontoch pôdneho profilu odobierané narušené vzorky pôdy a z nich určovaná

vlhkosť v % hmotnosti. Po pre násobení objemovou hmotnosťou (získanou na počiatku meraní) boli určované hodnoty vlhkosti vyjadrené v % objemu. Na stanovištiach s rigidnými (nedeformujúcimi) pôdami je tento metodický postup štandardný, zaťažený známymi subjektívnymi chybami. Na stanovištiach s ílovito-hlinitými pôdami (ďalej len ťažkými pôdami) sa počas monitoringu ukázali nedostatky tohoto postupu. Spočíva v používaní hodnoty, resp. hodnôt objemovej hmotnosti po výške pôdneho profilu ako jednorázovo určených konštantných hodnôt, a to pre celý časový interval monitoringu. Týmto sa zjednodušovali vlastnosti ťažkých pôd, hlavne čo sa týka ich zmrašťovacieho napučiacich procesov. Tieto fenomény predstavujú zložité procesy závislosti objemovej hmotnosti pôdy od vlhkosti a iných faktorov. Z tohoto aspektu nie je možné pri meraní vlhkosti ťažkých pôd vázkovou metódou určovať vlhkosť pôdy odberom narušenej vzorky pôdy a po vysušení robiť prepočet na jej vyjadrenie v % objemu vyššie uvedeným postupom. Je zrejmé, že tento nedostatok je možné jednoducho eliminovať pri každom meraní odberom vzoriek pôdy do valčekov. Na preschnutých ťažkých pôdach je však tento odber technicky nereálny a v pomerne vlhkých podmienkach pôdach relatívne nákladný.

Ďalším možným riešením je využitie inej meracej metódy. Pre monitoring obsahu vody v zóne aerácie pôdy sa v podmienkach Žitného ostrova už 14 rokov úspešne využíva neutrónová metóda. Metóda TDR je nenahraditeľná pre meranie vlhkosti pri experimentálnych prácach v prírodných podmienkach. Obe metódy sú v podmienkach deformujúcich sa pôd, t.j. pre zmrašťujúce sa a napučievajúce ťažké pôdy, ťažko použiteľné. V prvom prípade pri zmrašťovaní sa vytvárajú štrbiny medzi pôdou a mernou sondou a v druhom prípade medzi merným snímačom a pôdou. Inými slovami, nie sú dodržané podmienky merania požadované pre aplikáciu týchto metód.

V štúdiách autorov Mati a kol. (2000), Gomboš a kol. (2001a), Gomboš a kol., (1999) sa analyzuje stanovenie objemovej vlhkosti pôdy v závislosti na meranej hodnote vlhkosti v hmotnostných percentách. Za týmto účelom využili súbor 490 experimentálnych údajov získaných na vybraných stanovištiach ťažkých pôd Východoslovenskej nížiny. Analýza sa zaoberá regresnou rovnicou dávajúcou hodnoty objemovej vlhkosti ťažkých pôd v závislosti na údajoch vlhkosti, ktorá je vyjadrená v hmotnostných percentách, resp. v grafickom vyjadrení tejto závislosti.

Vysušovanie ťažkých pôd je doprevádzané objemovými zmenami v dôsledku ich zmrašťovania a napučievania. Veľkosť týchto zmien závisí od obsahu a druhu ílových minerálov v štruktúre pevnej fáze, od jej vlhkosti, hĺbky a iných faktorov (Hanes, 1923). Na danej lokalite obsah ílových minerálov je stabilný oproti vlhkosti meniacej sa v závislosti od klimatických a hydrologických podmienok. Vzhľadom na uvedené, v týchto podmienkach platí závislosť integrálneho obsahu vody  $W$  od mocnosti zóny aerácie ťažkej pôdy  $\Delta z$ , t.j. platí vzťah  $W = F(\Delta z)$  a  $\Delta z = F(W)$ . Objemové zmeny počas procesu zmrašťovania prebiehajú v horizontálnom i vertikálnom smere (Bronswijk, 1991; Bronswijk, 1988; Booltink et al., 1993). Zmrašťovanie v horizontálnom smere spôsobuje v prírodných podmienkach tvorbu puklín a vo vertikálnom smere klesanie povrchu pôdy.

Kvantifikácia puklinovej pórovitosti a klesania povrchu pôdy ťažkých pôd má ťažisko v laboratórnych podmienkach, a to na geometricky definovaných vzorkách pôdy, ktoré sa vystavujú regulovaným podmienkam vysušovania. Celková objemová zmena získaná meraním v laboratórnych podmienkach si vyžaduje pre prírodné podmienky interpretáciu puklinovou pórovitosťou (horizontálnymi zmenami) a zmenou polohy povrchu pôdy (vertikálnymi zmenami). Jeden z možných prístupov uvádza Bronswijk (1989, 1990, 1991). Ďalšou metódou stanovenia hodnôt uvedených fenoménov je numerická simulácia na matematických modeloch typu FLOCR (Oostindie, Bronswijk, 1992).

Matematický model FLOCR (Flow in Cracking Soils) bol vyvinutý pre simuláciu pohybu vody v ílovito-hlinitých pôdach. Umožňuje numerickú simuláciu vertikálneho jednorozmerného pohybu vody cez maticu pôdy a súčasne cez pukliny v nenasýtenej zóne pôdneho profilu ílovito-hlinitých pôd. Model je vhodný pre kvantifikáciu vodnej bilancie, puklín a klesania povrchu pôdy v dôsledku jej vysušovania v ílovito-hlinitých pôdach.

Nákladným a náročným prístupom ku kvantifikácii puklinovej pórovitosti a klesania, resp. stúpania povrchu pôdy sú metódy experimentálne, t.j. ich priamy monitoring in situ. Čo sa týka klesania povrchu ťažkej pôdy, najväčšie objemové zmeny minerálnych ťažkých pôd sa uvádzajú v literatúre pre pôdy v Holandsku (Bronswijk, Evers, Vermer, 1990), kde dosahujú hodnoty až 49 obj. % v intervale vodou nasýtenej a vzdušnej suchej pôdy. Pritom potenciálny pokles pôdy je maximálne 0,15 m. Týmto procesom sa u nás zatiaľ nevenovala pozornosť, hoci v poslednom čase ťažkým pôdam Východoslovenskej nížiny, kde k nim patrí až 43 % z celkovej výmery pôd cca

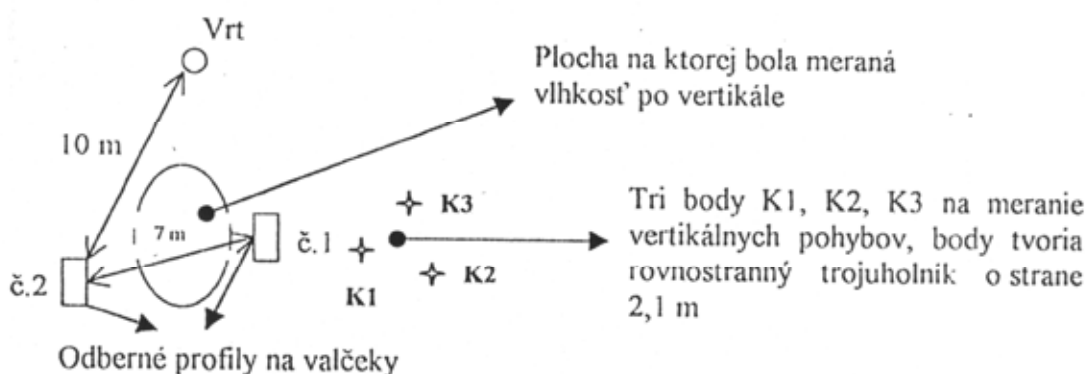
200 tis ha, pozorovať zvýšený záujem (Gomboš a kol., 2001 a, b; Šútor, Gomboš, 2001; Šútor, Gomboš, 2000; Mati a kol., 2000 a, b; Tall a kol., 2000; Gomboš, Šútor, 2002; Gomboš a kol., 2000) a táto štúdia je pokračovaním výskumu v tomto regióne.

V predkladanom štúdiu sa uvádzajú výsledky kvantifikácie integrálneho obsahu vody v zóne aerácie ťažkej pôdy o danej hmotnosti zo zmien polohy jej povrchu, a to priamym meraním pre podmienky ťažkej pôdy na lokalite Senné (Východoslovenská nížina).

## MATERIÁL A METÓDY

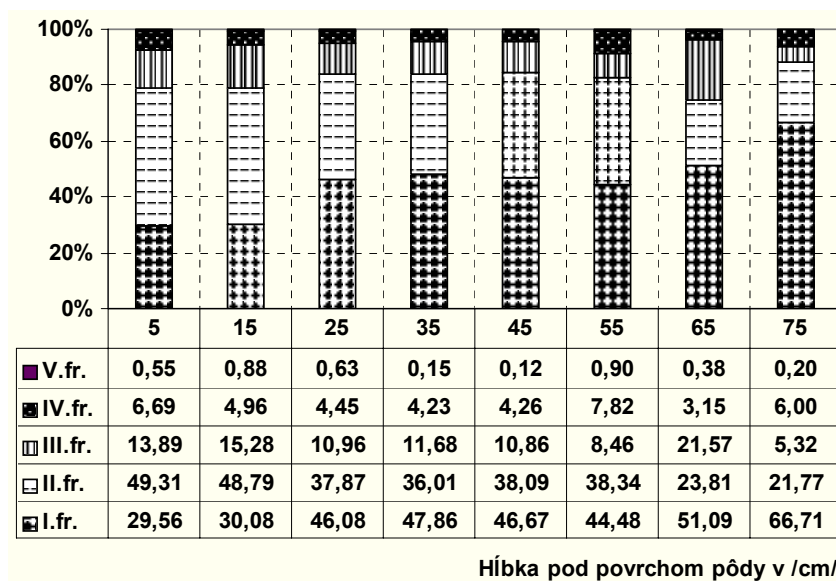
Pre monitorovanie obsahu vody v zóne aerácie ťažkej pôdy, sledovanie vertikálnych zmien polohy povrchu pôdy a hladiny podzemnej vody bola vybraná lokalita Senné. Situačný náčrt rozmiestnenia meraní sa uvádza na obr. 1.

Obr. 1 Schematické polohové rozloženie jednotlivých meraných bodov

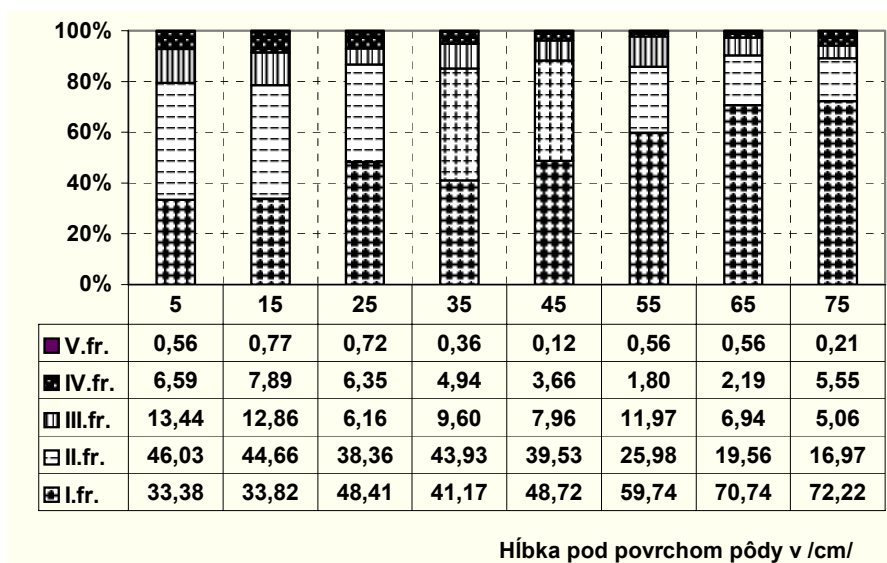


Lokalitu pokrýva trvalý trávny porast. V tejto lokalite boli zvolené dva profily v ktorých boli po vertikále odobraté do hĺbky 0,80 m po vrstvách 0,10 m Kopeckého valčeky a vzorky pôdy na zrnitostný rozbor. Výsledky sa uvádzajú na obr. 2a,b, kde I. fr. (< 0,001), II. fr. (0,001 – 0,01), III. fr. (0,01 – 0,05), IV. fr. (0,05 – 0,25) a V. fr. (0,25 – 2,0).

Obr. 2a Zrnitostné frakcie pôdy jednotlivých horizontov pôdneho profilu na stanovišti č.1 na lokalite Senné



Obr. 2b Zrnitostné frakcie pôdy jednotlivých horizontov pôdneho profilu na stanovišti č. 2 na lokalite Senné



Merania boli robené raz týždenne, podľa možnosti každú stredu. Databáza získaných údajov obsahuje 64 súborov meraní za obdobie od 14. 2. 2001 do 13. 11. 2002.

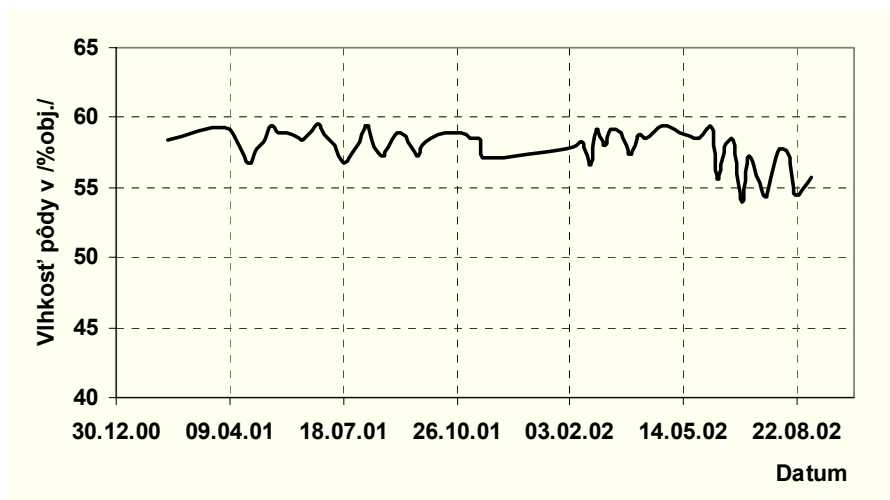
Merania vertikálnych pohybov boli robené metódou presnej plošnej nivelácie. Presnosť tejto metódy je 0,1 mm. Merania vertikálneho pohybu bodov K1, K2, K3 boli vzťahované k pevnému, referenčnému bodu. Pevný bod, to značí porovnávací bod, kde nie je predpokladaný pohyb, bol na uvedenej lokalite na pažnici hydrologického vrtu. Meracie body K1, K2 a K3 boli fixované oceľovou nehrdzavejúcou skrutkou dĺžky 10 cm zavíтанou do pôdy, pričom merný bod tvorila hlavička skrutky. Geodetické meranie každého bodu bolo robené v trojnásobnom opakovaní.

Tento metodický postup bol zvolený z nasledovných dôvodov. Vertikálny pohyb povrchu pôdy v dôsledku zmrašťovania a napučievania sa meria pomocou špeciálne vybavených vertikálnych sond (vrtov) v pôdnom profile (Bronswijk, 1989). Zakladá sa na princípe eliminovania pôsobenia rozťažnosti podložných vrstiev na mocnosť horizontu pod povrchom pôdy, ktorého rozťažnosť sa monitoruje. Uvedený prístup dovoľuje urobiť vertikálnu diskretizáciu pôdneho horizontu a tak sledovať vertikálnu rozťažnosť v jednotlivých horizontoch.

Pre podmienky ťažkých pôd na Východoslovenskej nížiny sa nepodarilo tento metodický postup využiť z technických a iných dôvodov. Využila sa základná myšlienka spočívajúca v monitorovaní takého horizontu zóny aerácie pôdy, na ktorý rozťažnosť podložia vplýva minimálne. Na danej lokalite v Sennom z dvojročného monitoringu vlhkosti vyplýva, že v hĺbke 80 cm pod povrchom pôdy sa chod vlhkosti pohybuje v rozpätí niekoľkých objemových % (pozri obr. 3). To znamená, že meranie vertikálneho pohybu povrchu pôdy spôsobom vyššie uvedeným možno priradiť k rozťažnosti 80 cm horizontu zóny aerácie pôdy.

Vyhodnocovanie pohybu meraných bodov na povrchu pôdy bolo v relatívnych výškach. To značí, že vertikálnej polohe kontrolných bodov K1, K2, K3 boli pri meraní dňa 14. 2. 2001 priradené výšky zrovnávanej roviny  $\pm 0,00$  cm.

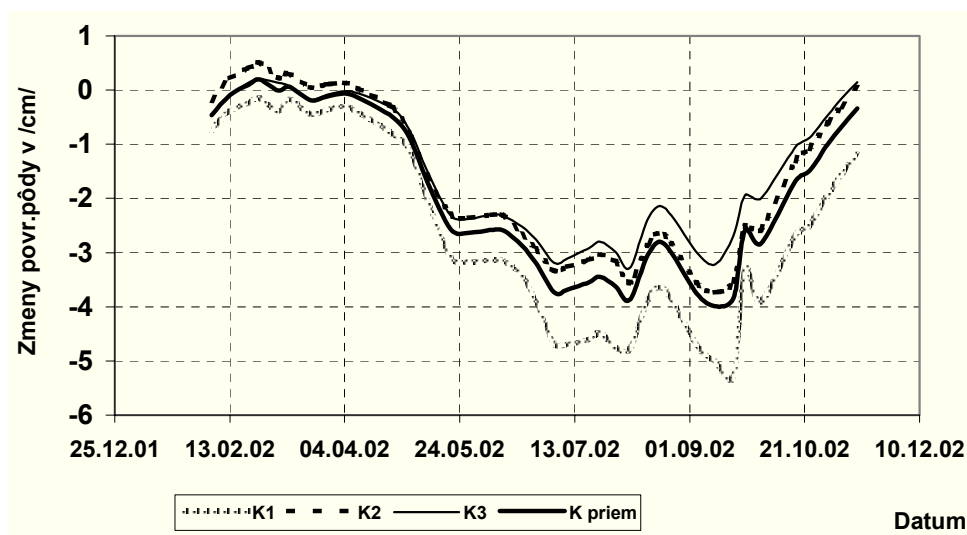
Obr. 3 Chod vlhkosti pôdy pre obdobie monitorovania, t.j. od 4. 10. 2000 do 31. 10. 2002, na lokalite Senné, hĺbka 80 cm



## VÝSLEDKY

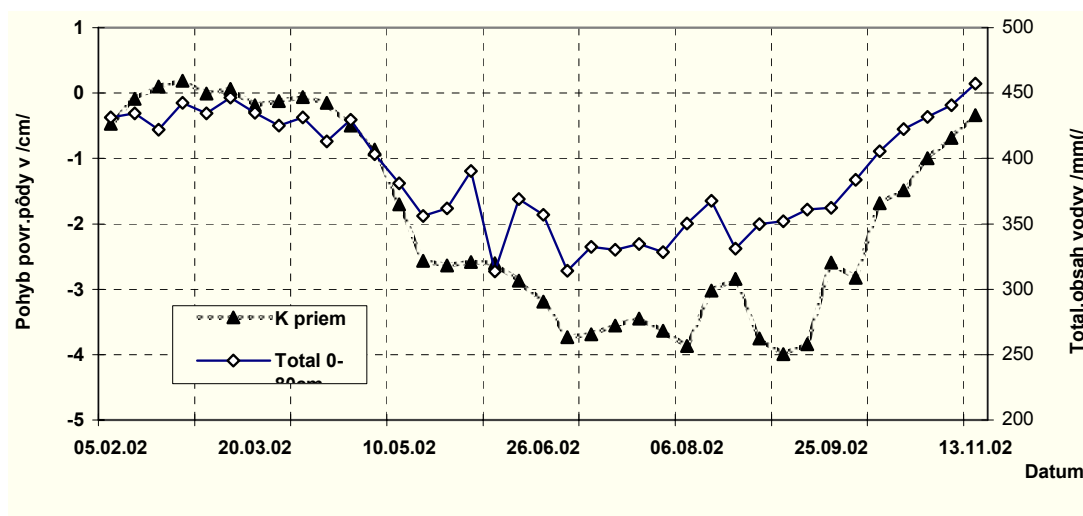
Výsledky meraní zmien polohy povrchu pôdy v období od 13. 2. 2002 do 13. 11. 2002 sa spolu s chodom ich priemernej hodnoty uvádzajú na obr. 4. Z chodu zmien vidieť, že v roku 2002 bol maximálny pokles cca 5 cm. Tento pokles bol determinovaný klimatickými a hydrologickými podmienkami na výskumnej lokalite Senné v tomto roku. Potenciálny pokles však možno predpokladať vzhľadom na meranie objemových zmien na vzorkách pôdy v laboratórnych podmienkach, pomerne väčší (Gomboš, Šútor, 2002). Rozsah poklesu meraný in situ je silne závislý od uvedených podmienok.

Obr. 4 Chod zmien polohy povrchu pôdy v troch bodoch stanovišťa spolu so stanoveným chodom ich priemerných hodnôt na lokalite Senné

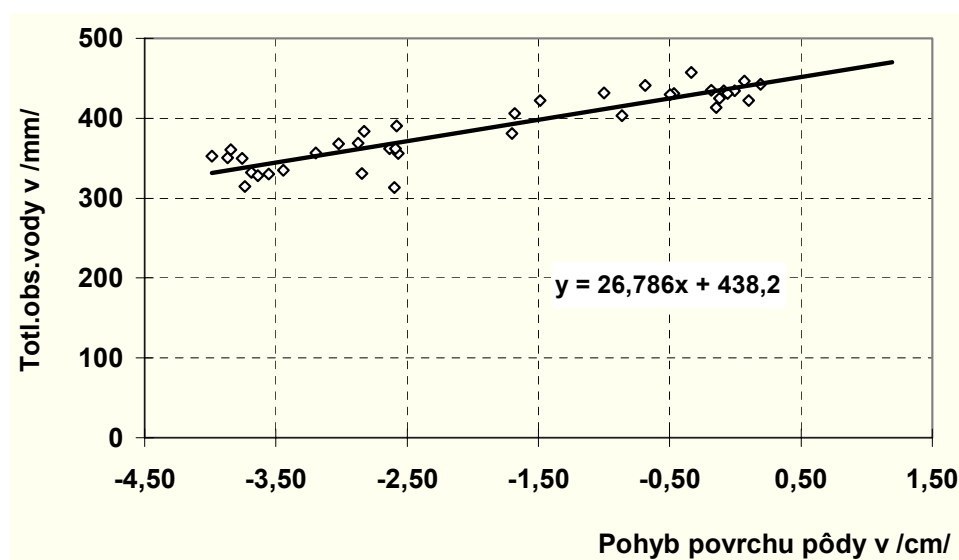


Z uvedených chodov vidieť synchronne zmeny polohy povrchu pôdy v bodoch K1, K2 a K3. Chod stredných hodnôt je na obr. 5 vizualizovaný simultánne s chodom integrálneho obsahu vody v zóne aerácie pôdy o mocnosti 80 cm, ktorý je monitorovaný v mieste uvedenom na obr. 1.

Obr. 5 Simultánnny chod zmeny polohy povrchu pôdy a integrálneho obsahu vody v horizonte zóny aerácie pôdy o mocnosti 80 cm na lokalite Senné



Obr. 6 Regresné vyjadrenie závislosti integrálneho obsahu vody v horizonte zóny aerácie pôdy o mocnosti 80 cm od zmeny polohy povrchu pôdy na lokalite Senné



Priebeh uvedených chodov bol podrobený regresnej analýze. Vzťah medzi zmenami polohy povrchu pôdy a integrálnym chodom obsahu vody v zóne aerácie pôdy o mocnosti 80 cm sa uvádza na obr. 6. Koeficient takto vyjadrenej závislosti je  $kr = 0,91$ . Vzťah získaný regresnou analýzou je nasledovný:

$$W = 26,786 \cdot \Delta z + 468,2 \quad (1)$$

kde

$W$  – integrálny obsah vody v /mm/

$\Delta z$  – zmena povrchu pôdy vyjadrená v cm

Uvedená závislosť umožňuje stanoviť integrálny obsah vody v zóne aerácie pôdy na danom stanovišti z monitorovanej zmeny polohy jej povrchu. Na druhej strane môže byť využitá pri vyhodnocovaní meraní objemových zmien ťažkých pôd v laboratórnych podmienkach, keď celkové objemové zmeny sú prepočítavané podľa Bronswijka (1989; 1988) na horizontálnu a vertikálnu zložku. Taktiež môže byť použitá na overovanie výsledkov poklesu povrchu ťažkej pôdy získaných numerickou simuláciou na matematických modeloch typu FLOCR.

## ZÁVER

V predkladanej štúdii sa uvádzajú výsledky kvantifikácie integrálneho obsahu vody v zóne aerácie ťažkej pôdy o danej mocnosti zo zmien polohy jej povrchu, a to priamym meraním pre podmienky ťažkej pôdy na lokalite Senné (Východoslovenská nížina).

Na uvedenej lokalite bola monitorovaná vlhkosť pôdy po výške pôdneho profilu do hĺbky 80 cm s diskretizáciou po 10 cm, stanovené zrnitostné zloženie v dvoch profiloch. Sledovanie zmien vertikálneho pohybu povrchu ťažkej pôdy bolo robené v troch bodoch tvoriacich vrcholy rovnostranného trojuholníka (K1, K2, K3).

Je prezentovaný chod vertikálnych zmien polohy povrchu pôdy v meracích bodoch K1, K2 a K3 spolu s ich priemernou hodnotou. Simultánny chod priemerných hodnôt zmeny polohy povrchu pôdy a integrálneho obsahu vody v zóne aerácie o mocnosti 80 cm je monitorovaný v období od 14. 2. 2001 do 13. 11. 2002. Ich vzájomná spätosť je zrejmá a je determinovaná objemovými zmenami ťažkej pôdy v závislosti na vlhkosti, pričom zmeny polohy povrchu pôdy sú vertikálnou zložkou objemových zmien. Horizontálnu zložku tvoria pukliny.

Regresnou analýzou sa získala závislosť vertikálnych zmien polohy povrchu pôdy od integrálneho obsahu vody v zóne aerácie pôdy o mocnosti 80 cm, keď korelačný koeficient  $kr = 0,91$ , čo predstavuje relatívne dobrú tesnosť. Táto závislosť sa v grafickej forme uvádza na obr. 6 a je vyjadrená regresnou rovnicou (1). Uvedená závislosť umožňuje stanoviť integrálny obsah vody v zóne aerácie pôdy na danom stanovišti z monitorovanej zmeny polohy jej povrchu.

## LITERATÚRA

- Booltink, H.W.G., Hatano, R., Bouma, J., 1993: Measurement and simulation of bypass flow in a structured clay soil: A physico-morphological approach. In: J.Hydrology, 148, 1993, pp. 149-168.
- Bronswijk, J., J., 1988: Modeling of water balance, cracking and subsidence of clay soils. J.Hydrol. 97, 1988, pp. 199-212.
- Bronswijk, J.J.B., 1989: Prediction of actual cracking and subsidence of clay soils. Soil Science, 148, 1989, pp. 87-93.
- Bronswijk, J. J. B., Evers, Vermeer, J. J., 1990: Shrinkage of Dutch clay soil aggregates. In: Netherlands Journal of Agricultural Science, 38, 1990, pp. 175-194.
- Bronswijk, J. J. B., 1990: Shrinkage geometry of a heavy clay soil at various stresses. In: Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 54, 1990, pp. 1500-1502.
- Bronswijk, J. J. B., 1991: Relation between vertical soil movement and water-content changes in cracking clays. In: Soil Sci. Soc. Am.J., Vol. 55, 1991, pp. 1220-1226.
- Gomboš, M., Šútor, J., Mati, R., 2000: Základná charakteristika zmrašťovania ťažkých pôd VSN. Acta Hydrologica Slovaca, Ročník 1, č. 2, 2000, s. 213-224.
- Gomboš, M., Ivančo, J., Mati, R., Pavelková, D., 1999: Výsledky merania pôdnej vlhkosti v ťažkých pôdach na Východoslovenskej nížine. In: Zb. z III. vedeckej konferencie „Vplyv antropogénnej činnosti na vodný režim nížinného územia“. Michalovce – Zemplínska Šírava, máj 1999, s. 258-261.
- Gomboš, M., Šútor, J., 2002: Kvantifikácia objemových zmien ťažkých pôd VSN. Acta Hydrologica Slovaca, R3, No 2, 2002, s. 120-128.
- Gomboš, M., Šútor, J., Mati, R., Tall, A., 2001: Vzťah medzi objemovou a hmotnostnou vlhkosťou ťažkých pôd Východoslovenskej nížiny. In: 14. Slovensko-česko-poľský ved. Sem. „Fyzika vody v pôde“. Michalovce, Máj – Zemplínska Šírava, 2001a, s. 27-31.
- Gomboš, M., Šútor, J., Ivančo J., 2001: Charakteristiky ílovito-hlinitých pôd Východoslovenskej nížiny. I. Charakteristiky puklinovej siete. Acta Hydrologica Slovaca, R2, No 2, 2001b, s. 206-214.
- Šútor, J., Gomboš, M., 2001: Charakteristiky ílovito-hlinitých pôd Východoslovenskej nížiny II. Charakteristiky mozaiky pédov, Acta Hydrologica Slovaca, R2, No 2, 2001, s. 215-221.
- Šútor, J., Gomboš, M., 2000: Kvantifikácia zmrašťovaco-napučiavacieho potenciálu ťažkých pôd Východoslovenskej nížiny. In: Acta Hydrologica Slovaca, Roč. 1, č. 2, 2000, s. 225-234.
- Hanes, W.R., 1923: The volume changes associated with variation of water content in soil. J. Agric. Sci. Camb., 1923, 13: 296-311.
- Mati, R., Šútor, J., Gomboš, M., 2000a: Stanovenie vlhkosti ťažkých pôd VSN. Vedecké práce OVÚA, No 25, Michalovce, 2000a, s. 85-94.

- Mati, R., Šútor, J., Gomboš, M., Kotorová, D., 2000b: Meranie vlhkosti ťažkých pôd. In: Zb. Vedeckých prác OVÚA, Michalovce, No. 16, 2000b s. 213-224.
- Oostindie, K., Bronswijk, J.J.B., 1992: FLOCR – A simulation model for the calculation of water balance, crack and surface subsidence of clay soils. Agric. Res. Dep., The Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research. Report 47, Wageningen, 1992, p.65.
- Tall, A., Gomboš, M., Šútor, J., 2001: Potenciál zmrašťovania a zmrašťovacie charakteristiky extrémne ťažkých pôd. In: 14. Slovensko-česko-poľský ved. Sem. „Fyzika vody v pôde“. Michalovce, Máj – Zemplínska Šírava, 2001, s. 41-46.

# VPLYV PÔDNYCH PROSTREDÍ NA ICH VODNÝ REŽIM

## Influence of soil environment on water regime

Milan GOMBOŠ, Július ŠÚTOR, Andrej TALL

Ústav hydrológie SAV, Račianska 75, Bratislava, SR

[uhsavmi@stonline.sk](mailto:uhsavmi@stonline.sk)

### Abstrakt

Vodný režim pôd je tesne spojený s ich hydrofyzikálnymi charakteristikami, ktoré možno opísať referenčnými krivkami a hydraulickou vodivosťou. Sú závislé na pôdnej textúre, rozdielna pôdna textúra spôsobuje rôzne režimy vody v pôde. Ťažké pôdy majú všeobecne nižšiu hydraulickú vodivosť a vyššiu zásobu vody než pôdy ľahké. Príspevok sa venuje matematickému modelovaniu vodného režimu troch rozdielnych pôdnych profilov. Sú zhodnotené výstupy ako aj vzájomné pozorovania.

**Kľúčové slová:** vodný režim, matematické modelovanie, hydraulická vodivosť

### Abstract

The water regime of soils is closely connected with their hydrophysical characteristics, which could be described by water retention curve and by hydraulic conductivity. These are dependent on soil texture, different soil texture therefore causes different water regime of soil. Soils have generally lower hydraulic conductivity and higher water storage capacity than sandy soils. This paper is devoted to mathematical modelling of water regime of three different soil profiles. Outputs were evaluated and mutually compared.

**Key words:** water regime, mathematic modelling, hydraulic conductivity

### ÚVOD

Vodný režim je výrazne ovplyvňovaný hydrofyzikálnymi vlastnosťami pôdneho profilu. Medzi základné charakteristiky, ktoré v hydropedológii popisujú tieto vlastnosti patrí vlhkosťná retenčná čiara, priebeh hydraulickej vodivosti a v prípade ťažkých pôd aj zmrašťovacie charakteristiky. Tieto sú vo veľkej miere závislé od textúry pôdy, čiže od zrnitostného zloženia pôdy. Rôzne pôdne druhy sa teda od seba odlišujú aj rôznym vodným režimom. Všeobecne platí, že čím je pôda ťažšia, tým je pre vodu menej priepustná, má väčšiu plnú vodnú kapacitu a vyznačuje sa väčšími objemovými zmenami pri zmene vlhkosti.

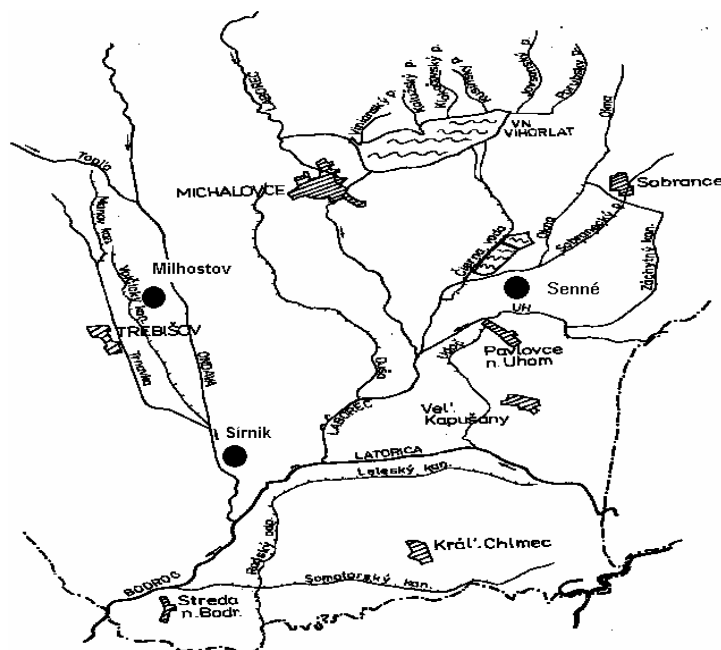
Tento príspevok sa zaoberá porovnaním troch odlišných pôdnych profilov z hľadiska ich vodného režimu na základe numerickej simulácie.

### MATERIÁL A METÓDY

Pomocou numerickej simulácie s využitím modelu FLOCR (Oostindie, 1992) bol simulovaný vodný režim troch pôdnych profilov na Východoslovenskej nížine (VSN). Jedná sa o lokality Senné, Milhostov a Sírnik (obr. 1). Simulácia prebehla pre rok 2003, ktorý bol na základe klimatických prvkov podľa 30-ročného radu vyhodnotený ako jeden z najsuchších rokov.

Počas simulácie boli pôdne profily v Sírniku a Milhostove z materiálového hľadiska rozdelené na dve homogénne vrstvy a pôdny profil v Sennom bol celý považovaný za jednu homogénnu vrstvu. Hydrofyzikálne parametre jednotlivých vrstiev sú uvedené v tab. 1.

Obr. 1 Situačná mapa lokalít, pre ktoré bola robená numerická simulácia vodného režimu



Tab. 1 Hydrofyzikálne parametre pôdných vrstiev

Parameter		Senné	Milhostov		Sírnik	
vrstva [ m ]		0 – 3	0 – 0,7	0,7 – 3	0 – 0,5	0,5 – 3
Ks [ cm.d <sup>-1</sup> ]		1,1	11,11	12,04	3,7	1,5
íl [ % ]		49,4	35,1	23,0	25,2	43,5
prach [ % ]		44,9	51,8	42,4	49,4	42,2
piesok [ % ]		5,7	13,1	34,6	25,4	14,4
merná hmotnosť [ g.cm <sup>-3</sup> ]		2,752	2,643	2,653	2,627	2,708
Theta s [ - ]		0,56	0,43	0,39	0,42	0,56
Theta r [ - ]		0,17	0,12	0,07	0,10	0,15
van Genuchten	alfa	0,0598	0,0084	0,0482	0,0051	0,0530
	n	1,2469	1,5202	1,1593	1,6626	1,2269
	m	0,1980	0,3421	0,1374	0,3985	0,1849
max zmraštenie [ % ]		31	17,4	8,2	9	34,6
pôdny druh		prachovitý íl	prachovito ílovitá hlina	hlina	hlina	prachovitý íl

Z tab. 1 vyplýva, že vrstva s najvyšším podielom ílu a teda vrstva z najťažšou pôdou z uvedených je pôdny profil zo Senného. Je tvorený prachovým ílom a vyznačuje sa aj najnižšou hydraulickou vodivosťou. Veľmi podobné parametre má spodná vrstva v Sírniku, nad ktorou je však polmetrová vrstva hlíny z viac ako dvojnásobnou hydraulickou vodivosťou. Opačná situácia je v Milhostove, kde ľahšia hlina tvorí podložie ťažšej ílovito-hlinitéj hlíny.

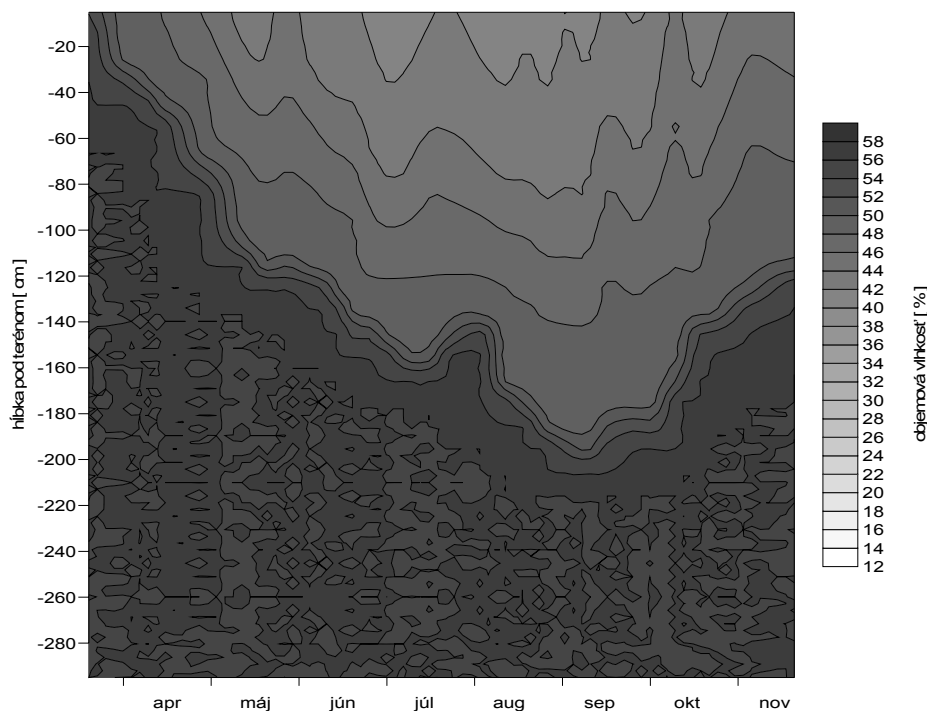
V troch horeuvedených pôdnych profiloch boli pomocou numerickej simulácie získané jednotlivé zložky vodného režimu. Profily boli zadefinované do hĺbky 3 m. Meteorologické vstupy do modelu boli získané z najbližších meteorologických staníc SHMÚ: z Vyskej nad Uhom pre profil Senné a z Milhostova pre profily Sírnik a Milhostov.

V uvedených lokalitách prebieha aj vlastný pravidelný monitoring, pozostávajúci z meraní hladiny podzemnej vody (HPV), meraní vertikálneho pohybu povrchu pôdy a odberu vzoriek na stanovenie objemovej vlhkosti pôdy. Údaje z monitoringu boli v nedávnej minulosti úspešne použité pri verifikácii s modelovanými výstupmi (Tall, 2004), (Gomboš, 2003), (Šútor, 1995, 2004, 2004a).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Priebehy modelovaných objemových vlhkostí po výške pôdneho profilu a v čase v podobe chronoizoplet sú na obrázkoch 2, 3 a 4. Pre lepšie vzájomné porovnanie sú hodnoty objemových vlhkostí zobrazené vo všetkých troch obrázkoch v rovnakej mierke. Na obrázkoch 3 a 4 (Milhostov a Sírnik) sú zjavne viditeľné rozhrania medzi jednotlivými vrstvami pôdneho profilu. Toto rozhranie absentuje na obrázku 2 (Senné), kde v homogénnejom profile je zmena vlhkosti smerom do hĺbky relatívne plynulá. Tmavšie odtiene šedej farby v Sennom oproti ostatným poukazujú na vyššie hodnoty objemovej vlhkosti v tejto ťažkej pôde. Pri povrchu tohto profilu neklesla vlhkosť podľa modelu ani v letných mesiacoch pod 40 %. Rozdiel medzi maximálnou a minimálnou namodelovanou vlhkosťou bol iba 16 %. Naproti tomu profil s najmenšou zásobou vody bol profil v Milhostove (obr. 3), čomu nasvedčujú svetlejšie odtiene šedej farby. Vyššie zastúpenie ílovej zložky v nadložnej vrstve oproti podložnej, sa tu prejavuje miernym zvýšením vlhkosti pri prechode do vrchnej vrstvy. Najnižšie vlhkosti v tomto profile neklesli pod 15 %. Amplitúda vlhkosti dosiahla hodnotu 28 %.

Obr. 2 Chronoizoplety podľa modelu z pôdneho profilu zo Senného pre rok 2003

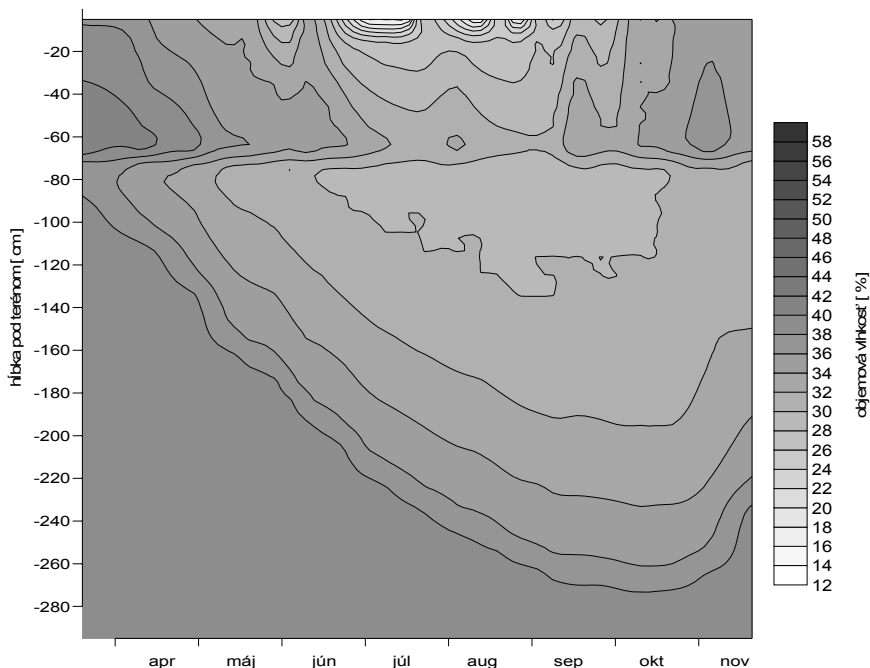


Pôdny profil v Sírniku je zložený z relatívne ľahkej pôdy na povrchu, pod ktorou je vrstva ťažkej pôdy s podobnými vlastnosťami akými sa vyznačuje pôdny profil v Sennom. Rozdielnosť oboch vrstiev spôsobovala aj najmarkantnejšiu zmenu vo vlhkosti pri prechode z jednej vrstvy do druhej. Tento profil sa vyznačoval aj najväčším rozdielom medzi maximálnou a minimálnou vlhkosťou: 43,3 % (max: 56 %, min: 12,7 %).

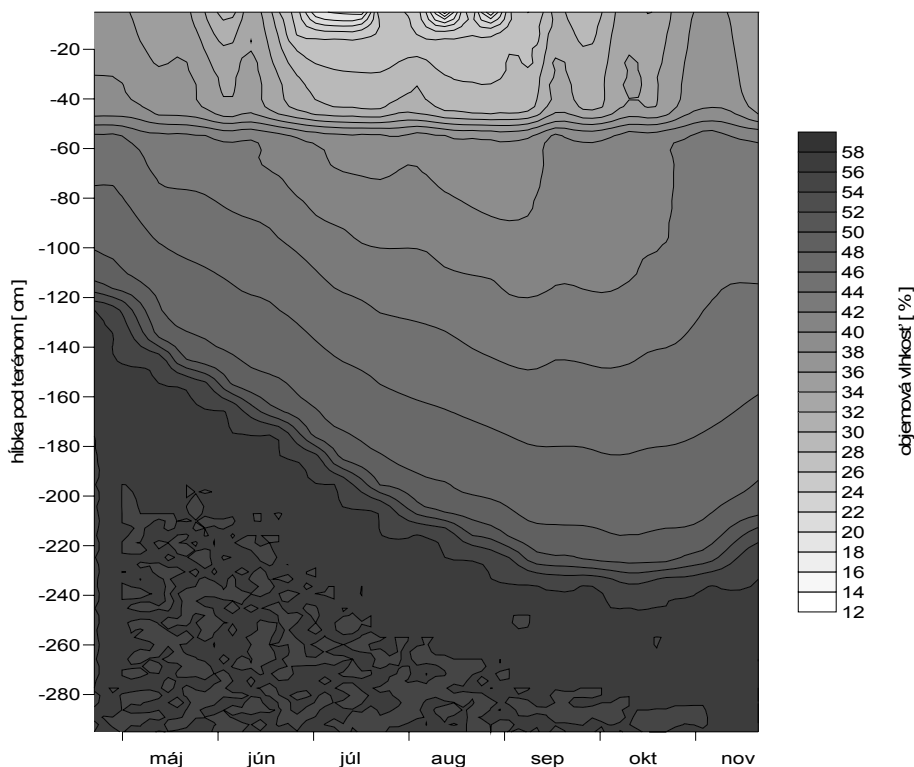
Na ďalších obrázkoch sú pre každú lokalitu vynesené modelované denné toky vody smerom od a do HPV, spolu s priebehom HPV. Jedná sa o kvantifikáciu množstva vody, ktorá spôsobuje buď pokles alebo zdvih HPV. Toky vody smerom do HPV majú kladné znamienko a toky smerom od HPV záporné. Pre vizuálne porovnanie sú v dolnej časti obrázkov vynesené priebehy HPV, na ktorých vidieť ako podzemná voda reaguje na toky vody – poklesom ak má tok vody záporné znamienko, alebo zdvihom pri kladnom znamienku. Denné toky vody sú relatívne malé, pohybujú sa rádovo

v niekoľkých mm a ich veľkosť je limitovaná veľkosťou hydraulickej vodivosti pôdy. V ťažších pôdach, ktoré majú nižšiu hydraulickú vodivosť by mali tieto toky byť teoreticky menšie ako v ľahších pôdach. Ako vidieť z obrázkov, úplne to neplatí, keďže v najťažšom pôdnom profile v Sennom sú maximálne toky o niečo vyššie ako v ľahšom pôdnom profile v Milhostove. Dá sa to vysvetliť puklinami, ktoré sú v ťažších pôdach omnoho väčšie a teda sa cez ne môže časť vody dostať priamo do HPV. Z tohto dôvodu môže v ťažších pôdach reagovať aj HPV rýchlejšie na zrážkové udalosti ako v pôdach ľahších.

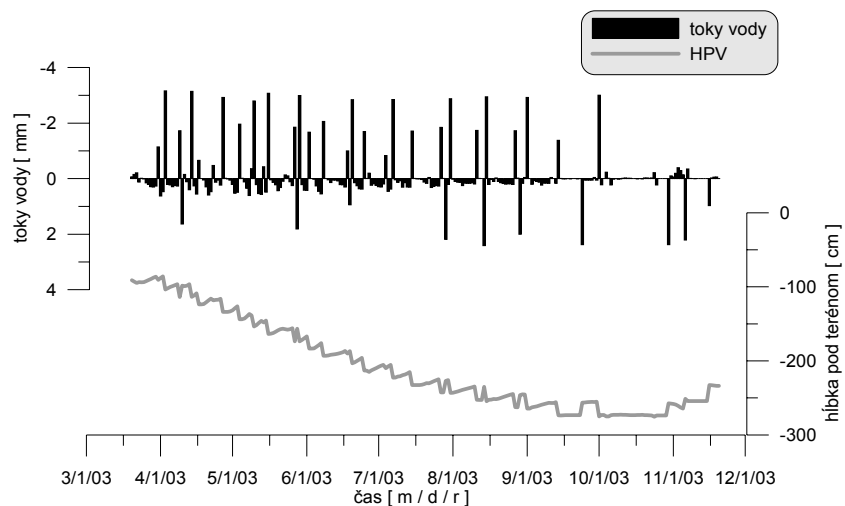
Obr. 3 Chronoizoplety podľa modelu z pôdného profilu Milhostov pre rok 2003



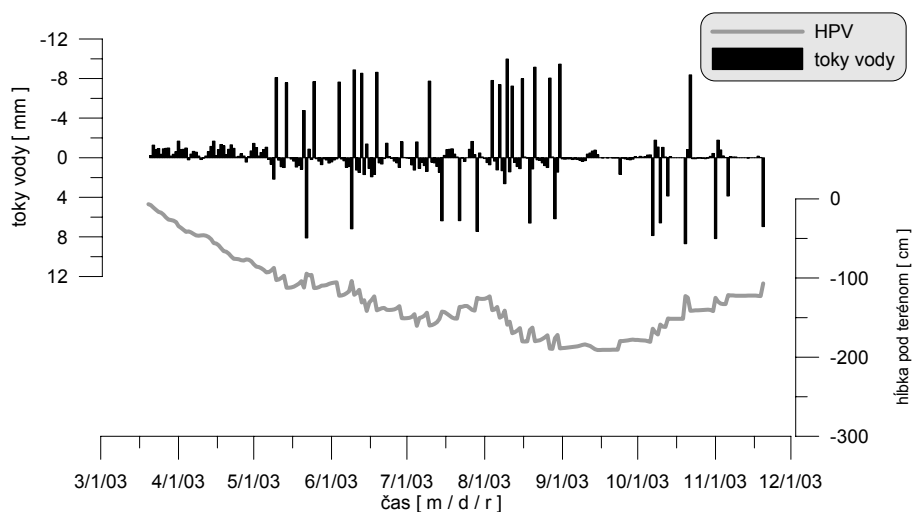
Obr. 4 Chronoizoplety podľa modelu z pôdného profilu zo Sírniky pre rok 2003



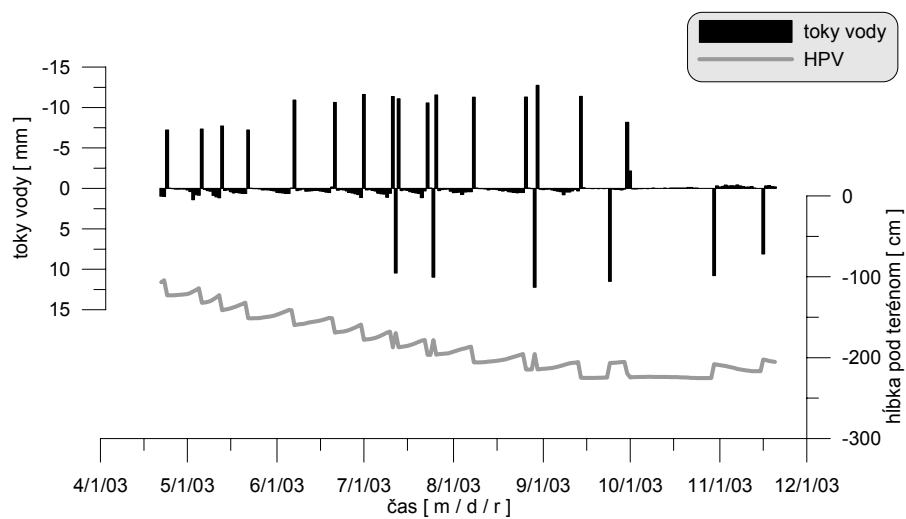
Obr. 5 Toky vody od/do HPV a priebeh HPV pre lokalitu Milhostov



Obr. 6 Toky vody od/do HPV a priebeh HPV pre lokalitu Senné



Obr. 7 Toky vody od/do HPV a priebeh HPV pre lokalitu Sírnik



## ZÁVER

Pomocou matematického modelovania bol simulovaný vodný režim v troch rozdielnych pôdnych profiloch: homogénny profil v Sennom s vysokým zastúpením ílov a o niečo ľahšie, dvojvrstvové pôdne profily v Milhostove a Sírniku. V Milhostove je vrchná vrstva tvorená ťažšou pôdou ako vrstva spodná, v Sírniku naopak, na ťažšej spodnej vrstve leží ľahšia vrchná vrstva.

Vlhkostný režim všetkých profilov je zobrazený v podobe chronoizopliet. Rozdielnosť hydrofyzikálnych charakteristík skúmaných pôdnych profilov sa výrazne odrazila na priebehu ich vodných režimov. Na dvojvrstvových profiloch sú jasne badateľné rozhrania materiálových vrstiev, pričom ťažšie pôdy sa vyznačovali vyššími zásobami vody.

Ďalej boli kvantifikované toky vody, ktoré spôsobujú pokles, respektíve stúpnutie HPV. Ich denné hodnoty dosahovali hodnoty radové niekoľko mm. V ťažších pôdnych profiloch boli tieto toky o niečo vyššie ako v ľahkých, čo je zdôvodnené výskytom puklín, cez ktoré je uľahčený prístup vody priamo do HPV.

*Podakovanie: Táto práca bola podporovaná Agentúrou pre podporu vedy a techniky prostredníctvom finančnej podpory č. APVT-51-044802 a grantovou agentúrou VEGA 2/3018/23.*

## LITERATÚRA

- Gomboš, M., Tall, A., Šútor, J., 2003: Numerická simulácia dynamiky vody v puklinovom pôdnom prostredí. In: Zborník Seminár s medzinárodnou účasťou „Hydrologie pôdy v malém povodí“. Praha: Ústav pro hydrodynamiku AV ČR. 2003, s. 71-78.
- Oostindie, K., Bronswijk, J. J. B., 1992: FLOCR – A simulation model for the calculation of water balance, cracking and surface subsidence of clay soils: Report 47. Wageningen: The Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research. 1992, p. 65.
- Šútor, J., Gomboš, M., Mati, R., Ivančo, J., 2002: Charakteristiky zóny aerácie ťažkých pôd Východoslovenskej nížiny. Bratislava: ÚH SAV – OVÚA Michalovce. 2002, 215 s. ISBN 80-968480-8.
- Šútor, J., Gomboš, M., 2004: Quantification of volume changes of heavy soils of East Slovakian Lowland, Pollution and Water Resources, Columbia University seminar proceedings, Slovak Academy of Sciences Institute of Hydrology, 2004, pp. 55-72. ISBN 80-967808-7-5, p. 365.
- Šútor, J., Mati, R., Ivančo, J. et al., 1995: Hydrológia Východoslovenskej nížiny. Michalovce: Media Group, v.o.s. 1995, 467 s. ISBN 80-88835-00-3.
- Tall, A., 2004: Kvantifikácia zložiek vodného režimu ťažkých pôd pomocou numerickej simulácie. In: Vodohospodársky spravodajca, roč. 47, 2004, č. 10 – 11, s. 18-20.

# BONITA SMREKOVÝCH PORASTOV A KVALITA PÔDY

## Bonity of spruce stands and quality of soil

Erika GÖMÖRYOVÁ, Eduard BUBLINEC, Juraj GREGOR, Viliam PICHLER  
Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, SR  
[egomory@vsld.tuzvo.sk](mailto:egomory@vsld.tuzvo.sk)

### Abstrakt

Vplyv niektorých pôdných faktorov na priemernú výšku stanovišťa smreka obyčajného vo veku 100 rokov (určený na základe dominantnej výšky stanovišťa) sa hodnotil na 148 experimentálnych plochách na celom území Slovenska. Najsilnejšie korelácie boli zaznamenané v závislosti od hĺbky humusovej vrstvy. Významná korelácia sa našla s obsahom skeletu, s aciditou pôdy a obsahom humusu. Optimálne pôdy z hľadiska rastu smreka obyčajného sú s charakteristikami: pH/H<sub>2</sub>O = 5,16 (pH/KCl = 4,42) v A-horizonte a pH/H<sub>2</sub>O = 5,60 (pH/KCl = 4,70) v hĺbke pôdy 15 – 20 cm, nízky obsah skeletu a humusu. Sú tiež rozdiely vo výškach porastov medzi stanovišťami s rozdielnymi pôdnymi typmi. Rendziny, podzoly a dystrické kambizeme sa ukázali byť menej vhodné z hľadiska výšky rastu smrekových porastov.

**Kľúčové slová:** smrek obyčajný, výška stanovišťa, pôdne vlastnosti

### Abstract

The influence of some soil factors on the mean heights of Norway spruce stands in the age of 100 years (determined on the basis of the dominant height of the stand) was assessed on 148 experimental plots on the whole territory of Slovakia. The strongest correlations were recorded in the depth of the humus layer. The significant correlation was also found with the proportion of skeleton, the soil acidity and humus content. The optimum soils from the point of view of Norway spruce height growth are those with soil pH/H<sub>2</sub>O = 5,16 (pH/KCl = 4,42) in A-horizon and pH/H<sub>2</sub>O = 5,60 (pH/KCl = 4,70) in the depth of soil 15 – 20 cm, low skeleton and humus content. There are also some differences in stand height among stands, growing on the soils belonging to different soil types. The Rendzinas, Podzols and Dystric Cambisols proved to be the least suitable for the point of view of the height growth of Norway spruce.

**Key words:** Norway spruce, height of the stand, soil properties

### ÚVOD

Smrek obyčajný (*Picea abies* Karst) je jednou z hospodársky a ekonomicky najvýznamnejších drevín v strednej a severnej Európe. Na Slovensku je druhou najrozšírenejšou drevinou po buku s plošným zastúpením 26,7 % (v r. 2002). Pre svoje ľahké pestovanie, relatívne rýchly rast, vysokú produkciu a technické kvality sa rozšíril mimo svoj pôvodný horský areál aj do stredných a nižších polôh, pričom v areáli svojho rozšírenia rastie na pôdach vytvorených z rôznych materských substrátov. Cieľom práce bolo zistiť, aký vplyv majú vybrané pôdne charakteristiky na jednu z produkčných charakteristík porastov – bonitu smrekových porastov.

### MATERIÁL A METÓDY

Výskum sme uskutočnili na 148 trvalých a poloprevádzkových výskumných plochách LVÚ a ÚHÚL, umiestnených vo všetkých lesných oblastiach, kde je výskyt smreka významnejší. Plochy sa nachádzali v nadmorskej výške 430 – 1 300 m n.m., zastúpené boli všetky expozície, sklon sa pohyboval v rozpätí 0 až 35°.

Bonita (výšku stredného kmeňa vo veku 100 rokov) bola určená pomocou rastových tabuliek (Halaj et al., 1987) na základe hornej výšky združeného porastu. Takto určené bonity sa pohybovali v rozmedzí 21 – 42 m. Na každej ploche sme vykopalí pôdnu sondu, opísali pôdny profil a odobrali vzorky z hĺbky 2 – 6 cm a 15 – 20 cm. Pri laboratórnom spracovaní sme zisťovali nasledovné charakteristiky: zrnitosť Kačinského metódou, sušinu a hygroskopickú vodu gravimetricky po vysušení pri 105 °C, pH hodnoty vo vodnej a soľnej suspenzii potenciometrometricky, obsah humusu Ľurinovou metódou, prístupný draslík podľa Schachtschabela, prístupný fosfor podľa Bray – Kurtza. Na menšom súbore vzoriek sme stanovili prístupný dusík Pazlerovou metódou, T-hodnotu pomocou BaCl<sub>2</sub> a výmenné kationy K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> vo výluhu NH<sub>4</sub>Cl pomocou AAS. Vypočítali sme tiež zásoby humusu a jednotlivých prvkov v kg . ha<sup>-1</sup> pre jednotlivé horizonty, pričom sme zohľadnili skeletnosť a objemovú hmotnosť zeminy. Získané údaje sme spracovali matematicko-štatistickými metódami (regresná analýza, jednofaktorová analýza variancie) pomocou programového balíka SAS 6.03.

## VÝSLEDKY

V tab.1 uvádzame prehľad zastúpenia jednotlivých pôdných typov a ich subtypov na sledovaných plochách.

Tab. 1 *Prehľad zastúpenia pôdných typov a ich subtypov na sledovaných plochách*

Pôdny typ	Subtyp	Označenie	Počet
Kambizem	modálna	KMm	6
	modálna, s obsahom skeletu > 50 %	KMm <sup>f</sup>	1
	modálna, <i>kyslá</i>	KMm <sup>a</sup>	48
	modálna, <i>kyslá</i> , s obsahom skeletu > 50 %	KMm <sup>af</sup>	10
	podzolová	KMp	22
	podzolová, s obsahom skeletu > 50 %	KMp <sup>f</sup>	5
	rendzinová	KMr	2
	pseudoglejová	KMg	8
	andozemná	KMn	1
	luvizemná	KMl	1
Podzol	modálny	PZm	2
	kambizemný	PZk	26
Rendzina	modálna	RAm	3
	kambizemná	RAk	7
Pseudoglej	modálny	PGm	3
Luvizem	modálna	LMm	2
Pararendzina	kambizemná	PRk	1

V tab. 2 prinášame výsledky regresnej analýzy medzi bonitou smrekových porastov a tými pôdnymi charakteristikami, pri ktorých sme zistili štatisticky významnú závislosť na hladine  $\alpha < 0,05$ . Obr. 1 – 4 zobrazujú závislosti medzi výškou smrekových porastov a niektorými pôdnymi charakteristikami.

Najtesnejší vzťah sa prejavil medzi hrúbkou nadložného humusu a bonitou porastov (index korelácie  $R = 0,503$ ). V humusovom horizonte sme zistili na hladine významnosti  $\alpha = 0,001$  koreláciu medzi skeletnosťou, reakciou pôdy, obsahom humusu a výškou porastov, v nižšie ležiacom horizonte medzi skeletnosťou, titračne stanovenou výmennou reakciou pôdy, obsahom a zásobou humusu a výškou porastov.

Z uvedených obrázkov ako i z výsledkov v tab. 2 vyplýva, že:

- S hrúbkou nadložného humusu sa bonita porastov najprv zvyšuje, približne pri hrúbke nadložného humusu 2,8 cm dosahuje maximálne hodnoty a potom začína klesať. Pritom je samozrejmé, že tu nejde o priamy vzťah, ale o vzťah sprostredkovaný cez ďalšie faktory či ekologické podmienky. Nadložný humus môže v značnej miere ovplyvňovať a modifikovať vodno-vzdušný, tepelný a živinový režim pôdy a tým ovplyvňovať prísun vody, živín a tepla do pôdy, môže vplývať na činnosť mikroorganizmov, môže slúžiť ako filter pre niektoré látky, atď. Zdá sa, že prvotnou príčinou v tomto prípade však bude teplota vzduchu, príp. pôdy a reakcia pôdy (zaznamenali sme vysoký stupeň korelácie medzi nadložným humusom

a týmito charakteristikami – Gömöryová, 1993), i keď samozrejme nevylučujeme ani ďalšie činitele. Hrúbka nadložného humusu predstavuje akýsi komplexný ukazovateľ pôsobiacich ekologických faktorov (svetla, tepla, vody, kvality opadu). K podobnému záveru prišiel aj Ferraz (1985), Čertov (in Karpačevskij, 1981). Podľa Ferraz (1985) zo všetkých pôdných vlastností mali najtesnejší vzťah k výške smrekových porastov humusová forma ( $r = 0,64$ ) a hrúbka nadložného humusu ( $r = -0,54$ ) (Gömöryová, 1993).

- So zvyšujúcim sa podielom pôdneho skeletu v oboch sledovaných vrstvách pôdy bonita porastov klesá, pričom závislosť je lineárna. Na začiatku sme predpokladali, že negatívny vplyv sa prejavuje najmä tým, že priamo úmerne so zvyšujúcim sa podielom skeletu klesá množstvo jemnozeme a tým i zásoba jednotlivých živín. Keďže však rozdiely medzi vplyvom obsahu a zásob prvkov nie sú veľmi veľké, predpokladáme skôr, že skelet pôsobí v pôde ako mechanická prekážka, ktorá sťažuje, resp. bráni koreňom v ich normálnom raste, v dôsledku čoho je sťažený príjem živín, vody, a pod.

Tab. 2 Regresné závislosti výšky porastu vo veku 100 rokov od vybraných pôdných charakteristík

Pôdna charakteristika	Regresná rovnica	Index korelácie
Hrúbka nadložného humusu	$h = 31,1126 + 4,1248 \cdot x - 0,9487 \cdot x^2 + 0,0493 \cdot x^3$	$R = 0,5026^{***}$
Hrúbka A-horizontu	$h = 33,4334 + 0,2781 \cdot x - 0,0124 \cdot x^2$	$R = 0,2152^*$
<b>Hĺbka 2 – 6 cm</b>		
Podiel skeletu	$h = 36,7970 - 0,0957 \cdot x$	$R = 0,357^{***}$
Frakcia 0,01 – 0,05 mm	$h = 31,2548 + 0,1226 \cdot x$	$R = 0,2105^{**}$
pH/H <sub>2</sub> O	$h = -5,9425 + 16,5285 \cdot x - 1,6080 \cdot x^2$	$R = 0,3351^{***}$
pH/KCl	$h = 8,8885 + 15,7431 \cdot x - 1,4546 \cdot x^2$	$R = 0,3437^{***}$
VK/KCl	$h = 33,4808 + 0,1219 \cdot x - 0,0014 \cdot x^2 + 3,59 \cdot 10^{-6} \cdot x^3$	$R = 0,4184^{***}$
Obsah humusu	$h = 36,8475 - 0,2764 \cdot x$	$R = 0,2706^{***}$
Zásoba fosforu	$h = 32,9945 + 0,2957 \cdot x - 0,0049 \cdot x^2$	$R = 0,2131^*$
<b>Hĺbka 15 – 20 cm</b>		
Podiel skeletu	$h = 37,7474 - 0,0929 \cdot x$	$R = 0,3917^{***}$
Frakcia 0,01 – 0,05 mm	$h = 31,7314 + 0,1158 \cdot x$	$R = 0,2135^{**}$
Frakcia 0,05 – 0,1 mm	$h = 36,7102 - 0,9778 \cdot x + 0,1012 \cdot x^2 - 0,0025 \cdot x^3$	$R = 0,2445^*$
pH/H <sub>2</sub> O	$h = 1,9484 + 12,2807 \cdot x - 1,0948 \cdot x^2$	$R = 0,2755^{**}$
pH/KCl	$h = 14,8937 + 9,0346 \cdot x - 0,9586 \cdot x^{2n}$	$R = 0,2371^*$
VK/KCl	$h = 35,3701 + 0,0174 \cdot x - 2,772 \cdot 10^{-4} \cdot x^2$	$R = 0,3957^{***}$
Obsah humusu	$h = 37,4592 - 0,7441 \cdot x$	$R = 0,4681^{***}$
Zásoba humusu	$h = 36,5308 - 0,0308 \cdot x$	$R = 0,2992^{***}$

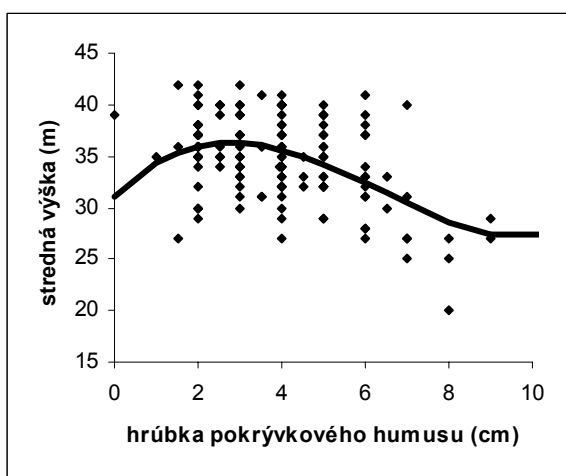
Vysvetlivky: \*  $0,05 > \alpha > 0,01$ , \*\*  $0,01 - \alpha - 0,001$ , \*\*\*  $\alpha < 0,001$

- Vplyv zrnitostných frakcií (najmä ílu a hrubého piesku) sa výraznejšie neprejavil. Na hladine významnosti  $\alpha = 0,01$  sa zistila korelácia len medzi frakciou prachu a na hladine významnosti  $\alpha = 0,05$  frakciou jemného piesku a výškou porastov.
- Reakcia pôdy (pH/H<sub>2</sub>O, pH/KCl, VK–KCl) v humusovom horizonte vykazuje na variabilitu bonity väčší vplyv ako v horizonte pod ním ležiacom, v ktorom sa na hladine významnosti  $\alpha = 0,001$  prejavila len titračne stanovená výmenná reakcia. Najvyššia výška porastov sa zistila pri pH/H<sub>2</sub>O = 5,16 (pH/KCl = 4,42) v prvej a pri pH/H<sub>2</sub>O = 5,60 (pH/KCl = 4,7) v druhej analyzovanej hĺbke. Zhoduje sa to približne s údajmi Jokelu et al. (1988), či Obmyňski (1977). Naproti tomu Fiedler (1982) pre smrek uvádza o niečo nižšie optimálne hodnoty.
- Kým obsah humusu v A-horizonte koreloval s bonitou porastov na hladine významnosti  $\alpha = 0,001$ , vzťah zásob humusu k bonite porastov nebol významný. Naproti tomu v prípade vrstvy 15 – 20 cm vyšli na danej hladine významnosti signifikantné obidva indexy, pričom pri obsahu humusu je tento index pomerne vysoký ( $R = 0,468$ ). Ide znovu o lineárny typ závislosti, t.j. že so zvyšujúcim sa množstvom humusu klesá výška smrekových porastov. Na rozdiel od našich očakávaní sa však tesnejší vzťah neprejavil v súvislosti so zásobou, ale s obsahom humusu. Prekvapujúci je tiež výsledok, na základe ktorého môžeme konštatovať, že so zvyšujúcim sa obsahom humusu klesá výška porastov. Na význam obsahu humusu pre rast smreka poukazuje aj Karpačevskij (1981), neuvádza však, v akom smere humus na rast pôsobí.

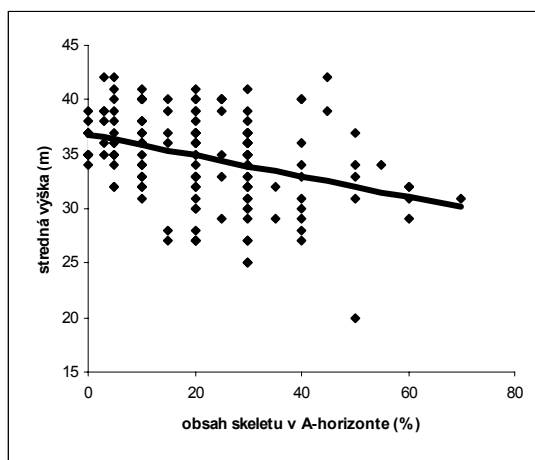
Shrivastava et al. (1978) síce tiež pozorovali negatívny lineárny vzťah, ale v práci uvažovali len so zásobami humusu.

Na menšom výberovom súbore sme zisťovali vplyv dusíka, kationov  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , celkovej sorpčnej kapacity pôdy a stupňa sorpčnej nasýtenosti na výšku smrekových porastov. Výsledky uvádzame v tab. 3. Koncentrácie prvkov v A-horizonte sa vo výškovom raste porastov odrážajú viac ako koncentrácie prvkov vo vrstve 15 – 20 cm. Závislosť, na hladine významnosti  $\alpha = 0,05$ , sa zistila aj medzi celkovými zásobami prístupného dusíka a výškou porastov. Značne vysoký index korelácie (na hladine významnosti  $\alpha = 0,1$ ) možno pozorovať pri horčíku. Tesné vzťahy k výške porastov sme však zaznamenali aj pri zásobe draslíka, obsahu sodíka, T a V – hodnote (vo všetkých prípadoch  $R > 0,400$ ). V prípade vrstvy 15 – 20 cm bol vyšší index korelácie znovu pri obsahu dusíka a pri zásobe horčíka. Pri ostatných prvkoch sú vzťahy k výške porastov voľnejšie.

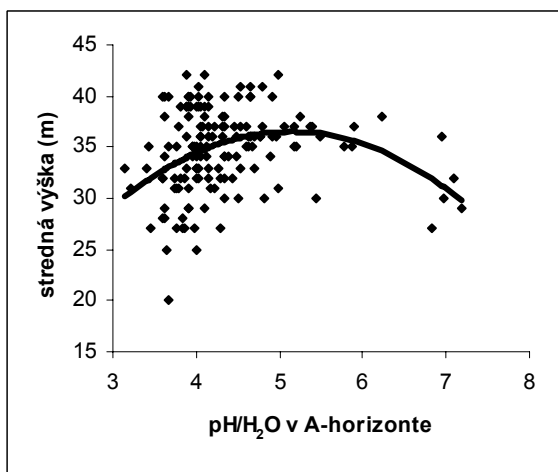
Obr. 1 Závislosť strednej výšky porastu vo veku 100 rokov od hrúbky pokrývkového humusu



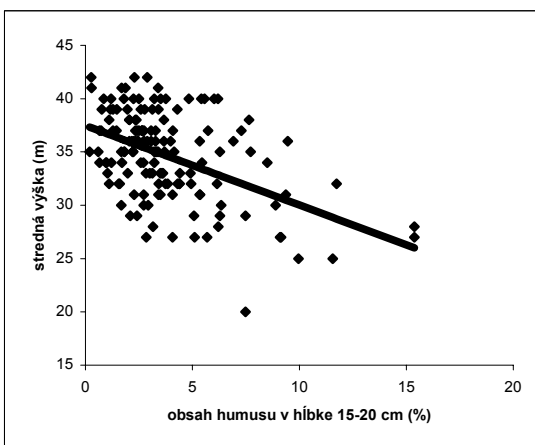
Obr. 2 Závislosť strednej výšky porastu vo veku 100 rokov od obsahu skeletu v A-horizonte



Obr. 3 Závislosť strednej výšky porastu vo veku 100 rokov od  $\text{pH}/\text{H}_2\text{O}$  v A-horizonte



Obr. 4 Závislosť strednej výšky porastu vo veku 100 rokov od obsahu humusu v hĺbke pôdy 15 – 20 cm



Tab. 3 Regresné závislosti výšky porastu vo veku 100 rokov od obsahu a zásob vybraných živín

Pôdna charakteristika	Regresná rovnica	Index korelácie
<b>Hĺbka 2 – 6 cm</b>		
zásoba dusíka	$h = 35,7468 + 0,0235 \cdot x$	$R = 0,4422^*$
obsah horčíka	$h = 25,2080 + 0,3355 \cdot x - 0,0018 \cdot x^2$	$R = 0,5954^a$
zásoba horčíka	$h = 28,2994 + 0,3349 \cdot x - 0,0031 \cdot x^2 + 7,27 \cdot 10^{-6} \cdot x^3$	$R = 0,5919ns$
zásoba draslíka	$h = 21,3656 + 0,4466 \cdot x - 0,0038 \cdot x^2 + 9,58 \cdot 10^{-6} \cdot x^3$	$R = 0,5300ns$
obsah sodíka	$h = 40,6432 - 0,2964 \cdot x + 8,105 \cdot 10^{-4} \cdot x^2$	$R = 0,4334ns$
T–hodnota	$h = 11,0401 + 0,4290 \cdot x - 0,0017 \cdot x^2$	$R = 0,42254ns$
V–hodnota	$h = 32,5045 + 0,4404 \cdot x - 0,0066 \cdot x^2$	$R = 0,4605ns$
<b>Hĺbka 15 – 20 cm</b>		
obsah dusíka	$h = 38,5746 - 0,7599 \cdot x + 0,0950 \cdot x^2 - 0,0027 \cdot x^3$	$R = 0,4407ns$
zásoba dusíka	$h = 38,6167 - 0,0394 \cdot x + 2,175 \cdot 10^{-4} \cdot x^2 - 2,0 \cdot 10^{-7} \cdot x^3$	$R = 0,5569^a$
zásoba horčíka	$h = 32,2135 + 0,1052 \cdot x - 2,628 \cdot 10^{-3} \cdot x^2$	$R = 0,4335ns$
zásoba draslíka	$h = 32,4384 + 0,0437 \cdot x - 8,093 \cdot 10^{-5} \cdot x^2$	$R = 0,3926ns$
V–hodnota	$h = 34,2479 + 0,02992 \cdot x - 0,0042 \cdot x^2$	$R = 0,2490ns$

Vysvetlivky: Vysvetlivky: ns –  $\alpha > 0.10$ , a  $0.10 > \alpha > 0.05$ , \*  $0.05 > \alpha > 0.01$

Pre posúdenie rozdielov medzi výškami smrekových porastov rastúcich na rozličných pôdných typoch a subtypoch, sme použili jednofaktorovú analýzu variancie, ktorej výsledky prinášame v tab. 4 a 5. Rendzina modálna sa ukázala ako pôda s najnepriaznivejšími vlastnosťami pre rast smreka. Ako najlepšie sa prejavili kambizem andozemná a kambizem luvizemná. Relatívne nepriaznivé prostredie pre výškový rast poskytuje aj podzol modálny, podzol kambizemný, kambizem podzolová. Na jednej strane sú to mierne alkalické pôdy (s čím môže súvisieť blokovanie niektorých živín, mineralizácia dusíkatých látok a pod.), na druhej strane značne kyslé pôdy (nedostatok živín, toxické pôsobenie niektorých zlúčenín, a pod.), pričom v prevažnej časti týchto pôd je aj veľká prímese skeletu (zhoršenie fyzikálneho stavu pôd). Za povšimnutie stojí rozdiel vo výškach smreka na rendzine modálnej a rendzine kambizemnej. Kým prvá z pôd rendzina modálna jednoznačne negatívne vplývala na výškový rast smreka (priemerná výška 28,67 m), na rendzine kambizemnej už jeho porasty dosahovali značných výšok (35,57 m). Posun pH hodnôt z mierne alkalického rozsahu do neutrálneho, resp. mierne kyslého, väčšia hĺbka a vyššia vodná kapacita, sa vo výškach smrekových porastov veľmi priaznivo odrazili.

Tab. 4 Analýza variancie strednej výšky porastov vo veku 100 rokov podľa pôdných typov a subtypov

Zdroj variancie	Stupne voľnosti	Suma štvorcov	Stredný rozptyl	F-test	Komponent variancie
medzi pôdnymi typmi	16	738,73	46,170	3,36***	45,38
Reziduál	131	1 802,19	13,757		54,62
Celkovo	147	2 540,92			

Tab. 5 Párové porovnanie rozdielov v bonite porastov v závislosti od pôdnych typov a subtypov

Pôdny typ	Priemerná výška porastu (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 KMm	36,00																
2 KMm <sup>f</sup>	37,00																
3 KMm <sup>a</sup>	36,19																
4 KMm <sup>af</sup>	33,80																
5 KMp	33,18																
6 KMp <sup>f</sup>	30,80																
7 KMr	35,00																
8 KMI	40,00																
9 KMg	36,63																
10 KMn	42,00						*										
11 LMm	36,50																
12 PRk	36,00						*										
13 PZm	32,50								*		*						
14 PZk	32,54																
15 PGm	36,67																
16 Ram	28,67		*						**		**						
17 RAk	35,57																

## ZÁVER

Ukázalo sa, že bonita smrekových porastov určená na základe hornej výšky dobre odráža rozdiely v kvalite jednotlivých stanovišť. S výrastom, resp. produkciou porastov najtesnejšie korelovali hrúbka nadložného humusu, obsah skeletu, pH hodnoty pôdy a obsah humusu. Zistili sme tiež významné rozdiely vo výškach porastov, rastúcich na pôdach, patriacich k rôznym pôdnym typom.

*Podakovanie: Realizácia tejto práce bola podporená finančnými prostriedkami z grantovej agentúry MŠ SR a SAV VEGA, č. projektov 1/2383/05, 1/2357/05 a 1/0635/03.*

## LITERATÚRA

- Ferraz, J.B.S., 1985: Standortsbedingungen, Bioelementversorgung und Wuchsleistung von Fichtenbeständen (*Picea abies* Karst.) des Südschwarzwaldes. Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen, 14, 225 pp.
- Fiedler, H.J., 1982: Untersuchungen zum Beziehungsgefüge zwischen Standort und Bestand in Fichten-ökosystemen. Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung, Berlin, 22(4), p. 215-224.
- Gömöryová, E., 1993: Vplyv pôdy na výškový rast smreka. KDP, TU Zvolen, 134 pp.
- Jokela, E.J., White E.H., Berglund J.V., 1988: Predicting Norway spruce growth from soil and topographic properties in New York. Soil Sci. Soc. Amer. J., 52(3), p. 809-815.
- Karpačevskij, L.O., 1981: Les i lesnyje počvy. Lesnaja promyšl., Moskva, 264 pp.
- Obmyňski, Z., 1977: Ogólny zarys ekologii. In: Białobok S. (ed.): Świerk pospolity. *Picea abies* (L.) KARST. Polska akademia nauk, Instytut dendrologii, Warszawa – Poznań, 566 pp.

# VÝZNAM PÔDNYCH MIKROORGANIZMOV PRE RAST A PRODUKCIU LESNÝCH PORASTOV

## Significance of soil microorganisms for growth and production of forest stands

Erika GÖMÖRYOVÁ, Darina HOLČÍKOVÁ

*Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, SR*  
[egomory@vsl.d.tuzvo.sk](mailto:egomory@vsl.d.tuzvo.sk)

### Abstrakt

V prírodných ekosystémoch primárna produkcia silne závisí na mikroorganizmoch. Mikroorganizmy pomáhajú koreňom prijímať živiny (mykoríza), prenáša živinové prvky do ekosystému z atmosférických (fixátor dusíka, rizobaktérie) alebo minerálnych zásob (dekompozítory), chránia korene pred patogénmi a stimulujú rast rastlín (patogény potláčajúce mikroorganizmy, rizobaktérie) viažu pôdne agregáty a stabilizujú povrchovú vrstvu viacerých prírodných pôd. Aby tieto procesy prebehli, musia byť prítomné všetky organizmy a podmienky musia byť kompatibilné s ich potrebami.

**Kľúčové slová:** pôdne mikroorganizmy, lesná produkcia, mykoríza, patogény

### Abstract

In natural ecosystems, the primary production depends heavily on microorganisms. The microorganisms help the roots to take up nutrients (mycorrhizae), bring nutrient elements into the ecosystem from atmospheric (nitrogen fixer, rhizobacteria) or mineral reserves (decomposers), protect roots from pathogens and stimulate the plant growth (pathogen-suppressive microorganisms, rhizobacteria), bind soil aggregates and stabilize the surface layer of many natural soils. To establish these processes, all organisms must be present and condition must be compatible with their needs.

**Key words:** soil microorganisms, forest production, mycorrhizae, pathogens

### ÚVOD

Jednou z najdôležitejších funkcií pôdy je úrodnosť pôdy, pod ktorou rozumieme schopnosť pôdy poskytovať rastlinám vhodné prostredie pre ich rast a vývoj. Prírodná úrodnosť pôdy závisí od pôdotvorných faktorov. Intenzívnym obhospodarovaním sa prírodná úrodnosť pôdy mení, ide potom o tzv. získanú úrodnosť. Produkcia lesných porastov je daná prírodnou úrodnosťou pôdy, ale súčasne sa uplatňujú aj produkčná schopnosť porastu a vplyvy vonkajšieho prostredia (prírodné i antropogénne).

Pôdnu úrodnosť ovplyvňuje v značnej miere okrem fyzikálnych a chemických vlastností pôdy aj biologická – živá zložka pôdy. Úzko späté s primárnou produkciou sú najmä pôdne mikroorganizmy. Niektoré z nich žijú v symbióze s vyššími rastlinami, ako napr. mykorízne huby, hľúzkotvorné baktérie. Iné žijú v pôde voľne, avšak tiež sú úzko späté s primárnymi producentmi. Tieto sa podieľajú na dekompozícii a mineralizácii organických zvyškov (a tým na uvoľňovaní živín), fixácii atmosférického dusíka, môžu pôsobiť ako rastlinné stimulatory, prípadne naopak ako patogény, iné sa podieľajú na tvorbe pôdnych agregátov.

Z toho vyplýva aj ich veľký význam v ekosystéme. Vo funkčnom ekosystéme sú prítomné všetky skupiny mikroorganizmov a vytvorené sú také podmienky, ktoré sú zlučiteľné s ich nárokmi na prostredie. Tam, kde došlo nejakým spôsobom k narušeniu prírodného prostredia, mení sa počet a funkcia mikroorganizmov, pribúdajú oportunistické huby a patogény na úkor užitočných mikroorganizmov, čo sa odráža následne v zníženej úrodnosti pôdy.

V nasledovnom texte by sme v krátkosti chceli poukázať na význam a funkciu niektorých skupín pôdnych mikroorganizmov, ktoré v značnej miere môžu ovplyvniť rast a produkciu porastov.

### Mykoríza

Pod pojmom mykoríza rozumieme symbiotické spoločenstvo húb a rastlín. Na koreňoch lesných drevín sa vyskytuje väčšinou ektotrofná mykoríza (ektomykoríza), pri ktorej podhubie opriada jemné korienky drevín hustým pseudoparenchymatickým plášťom a hýfy vnikajú len do medzibunkových priestorov. V symbióze s lesnými drevinami žijú najmä predstavitelia vyšších húb – Basidiomycetes (napr. *Cenococcum*, *Boletus*, *Russula*, *Cantharellus*, *Amanita*, *Laccaria*). Symbiózu s ektomykoríznymi hubami vytvára väčšina lesných drevín napr. *Pinaceae* (*Abies*, *Larix*, *Picea*, *Pinus*), *Betulaceae* (*Betula*, *Carpinus*), *Fagaceae* (*Fagus*, *Quercus*, *Castanea*), *Aceraceae* (*Acer*). U drevín ako *Salix*, *Populus*, *Tilia*, *Sorbus*, *Crataegus*, *Pyrus* sa môžeme stretnúť ako s ekto-, tak aj s endomykorízou (Gisi et al., 1990). Niektoré mykorízne huby sú viazané len na určité druhy drevín, iné sa vyskytujú len v listnatých alebo len v ihličnatých porastoch. V smrekovom poraste bolo identifikovaných 150 rôznych druhov mykoríznych húb, v dubovom 100 a v jelšinách len 50 druhov (Egli et Brunner, 2002). Zvyčajne sa na koreňoch jedného stromu vyskytujú vedľa seba viaceré druhy mykoríznych húb. Niektoré sú viazané na mladé stromy (napr. *Hebeloma* sp., *Laccaria* sp.), iné nájdeme len na koreňoch dospelých stromov (napr. *Boletus* sp., *Russula* sp.). Mykoríznymi hubami sa infikujú korene v priebehu niekoľkých dní až týždňov po vzklíčení semena. Tvorbou mykorízy sa zastavuje rast jemných koreňov do dĺžky a hýfy húb v pôde preberajú funkciu zásobovania rastlín živinami a vodou. Životnosť mykorízy je 1 – 2 vegetačné obdobia.

Vzájomné spolužitie mykoríznej huby s koreňmi má pre obe strany nesmierny význam. Zatiaľ čo huba získava od rastliny produkty fotosyntézy – glukózu, manózu, fruktózu, ale najmä trehalózu a pektín, huba zásobuje rastlinu rôznymi živinami ako napr. dusíkom, fosforom, draslíkom a uľahčuje rastline príjem vody vzhľadom na väčšiu celkovú plochu koreňov i vďaka jemným hýfam (ich priemer je 10 x menší ako priemer koreňových vlások), ktoré dokážu získavať živiny a vodu aj z veľmi malých pôdnych pórov, do ktorých sa jemné koreňové vlasky nedostanú. Okrem toho môžu mykorízne huby konvertovať zložitejšie organické zlúčeniny do jednoduchších, pre rastlinu ľahšie prístupných foriem. Ľahší príjem živín a vody má za následok vyššiu tvorbu sušiny biomasy rastlín, lepšie nasadenie púčikov a intenzívnejšie prekorenenie. V koreňoch a púčikoch mykoríznych rastlín sa zistil vyšší obsah fosforu (100 – 200 %), draslíka (70 – 100 %) a dusíka (0 – 80 %) ako u rastlín bez mykorízy (tab.1). Avšak zvýšený príjem živín pozorovať len za určitých vonkajších podmienok. Ak je živín v okolitom pôdnom prostredí dostatok, mykorizácia nevedie k vyššiemu príjmu živín. Naopak, na chudobných pôdach rastliny nie sú schopné bez mykorízy existovať.

Tab. 1 Množstvo sušiny (S) a obsah dusíka (N), fosforu (P) a draslíka (K) vo výhonkoch a koreňoch rastlín s mykorízou (M) a bez mykorízy (BM) (in Gisi et al. 1990)

	Ektomykoríza		Vesiculárno-arbuskulárna mykoríza			
	<i>Pinus strobus</i>		<i>Araucaria cunninghami</i>		<i>Allium cepa</i>	
	výhonky	korene	výhonky	korene	výhonky	korene
mg S – BM	280	315	7 800	–	1 780	–
mg S – M	850	316	72 600	–	10 400	–
M/BM	<b>3,0</b>	<b>1,0</b>	<b>9,3</b>	–	<b>5,8</b>	–
% N BM	0,90	1,6	–	0,0	–	–
% N M	1,13	2,9	–	0,90	–	–
100 (M – BM)/BM	<b>25</b>	<b>80</b>	–	<b>0</b>	–	–
% P BM	0,07	0,14	–	0,05	–	0,14
% P M	1,19	0,45	–	0,12	–	0,31
100 (M – BM)/BM	<b>170</b>	<b>220</b>	–	<b>145</b>	–	<b>120</b>
% K BM	0,44	0,8	–	–	–	–
%K M	0,75	1,7	–	–	–	–
100 (M-BM)/BM	<b>70</b>	<b>110</b>	–	–	–	–

Symbiotické spoločenstvo húb a rastlín má aj ďalšie výhody:

- Mykoríza môže chrániť stromy pred toxickým účinkom škodlivín (napr. niektoré mykorízne huby sú schopné viazať hliník na polyfosfátové granuly ako i na určité proteíny vo svojich bunkách). Pri mykoríznych rastlinách sa najvyššia koncentrácia ťažkých kovov nachádzala v hubovom plášti, takže do samotnej rastliny sa ťažké kovy dostávali už len v redukovanej miere. Nevýhodou je, že tieto koncentrácie môžu vzrásť v samotných hubách do takej miery, že ohrozujú ich ďalšie funkcie (Egli et Brunner, 2002).
- Mykorízne rastliny sú odolnejšie voči abiotickým a biotickým stresovým faktorom. Tak napr. tvorbou špecifických sacharidov, ako manitol alebo arabitol sa zvyšuje odolnosť mykoríznych koreňov voči mrazom. Tvorbou rastlinných hormónov (auxin, cytokinin, gibberellin) podporujú rast stromov. Hubový plášť na koreňoch borovicových semenáčikov zase obmedzuje penetráciu patogénov – *Phytophthora cinamuni* (Mishra et Mishra, 2004)

### **Nitrogénne mikroorganizmy**

Ide o skupinu mikroorganizmov, ktoré majú schopnosť asimilovať vzdušný dusík. Ako nitrogénne mikróby sa uplatňujú jednak voľne žijúce mikroorganizmy (napr. *Bacillus amylobacter*, *Azotobacter chroococcum*), jednak mikroorganizmy žijúce v symbióze s rastlinami. Medzi najvýznamnejšie patria zástupcovia rodu *Rhizobium* a *Bradyrhizobium*, ktoré vytvárajú hľúžky na koreňoch predovšetkým leguminóznych rastlín, u drevín napr. na koreňoch agátu. V týchto hľúžkach dochádza vďaka enzýmu nitrogenáza a produktom nod- a nif génov k premene atmosférického dusíka na amoniakálny, potrebnú energiu (ATP), sacharidy a potrebné enzýmy pre tvorbu aminokyselín zabezpečuje rastlina.

Okrem tejto symbiôzy veľký význam má aj symbiôza aktinomycét *Frankia* s neleguminóznymi rastlinami, ako napr. s jelšou, rakytníkom rešetliakovým (*Hypophae rhamnoides*), hlošinou úzkolistou (*Eleagnus angustifolia*), či s inými zástupcami radov *Myricales*, *Fagales*, *Rhamnales* a pod., pričom ročne môžu byť viazané pomerne značné kvantá dusíka. Dilly et al. (2000) zistili, že v jelšových porastoch sa symbiôzou jelše a *Frankia* fixuje 40 – 85 kg N ha<sup>-1</sup>rok<sup>-1</sup>. May a Attiwill (2002) uvádzajú, že porast s drevinou *Acacia dealbata* (5-ročný, 2 500 kmeňov na 1 ha) fixuje 50 kg N.ha<sup>-1</sup> za rok. V priebehu 9 rokov sa jeho pestovaním dostane naspäť do pôdy to isté množstvo dusíka, ktoré sa odoberie ťažbou dospelého porastu.

### **Mikroorganizmy rizosféry**

V blízkosti koreňov sa vytvára zóna, kde je vyššia koncentrácia mikroorganizmov ako v okolitom prostredí. Niektoré sa nachádzajú bezprostredne na povrchu koreňov. Táto zóna, označovaná ako rizoplan, postupne prechádza do tzv. rizosféry (oblasť do vzdialenosti niekoľkých mm od povrchu koreňov). Rizosféra je zónou s najväčšou aktivitou mikroorganizmov (Dilly et al., 2000). Koncentrácia mikroorganizmov okolo koreňov sa vyjadruje koeficientom R/S (R – množstvo mikroorganizmov v okolí koreňov, S – množstvo mikroorganizmov v pôde mimo koreňov). V rizosfére mikroorganizmy získavajú väčšie množstvo živín a energie vďaka koreňovým výlučkom, slizom a lyzátom. Mikroorganizmy reagujú na tieto látky dosť rozdielne. Najviac na ne reagujú baktérie (R/S = 5 – 50), huby (R/S = 5 – 10) a aktinomycéty (R/S = 1 – 10), zatiaľ čo prvoky, riasy, a pôdne živočíchy na ne reagujú podstatne menej. Prínos rizosférych mikroorganizmov pre výživu rastlín spočíva v rýchlej mineralizácii organických látok až na konečné produkty ako NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Tieto procesy prebiehajú v rizosfére až 4× rýchlejšie ako mimo koreňov a umožňujú tak rastlinám rýchlejší prísun živín (Gisi et al., 1990).

Mnohé rizosfére mikroorganizmy potláčajú patogénne organizmy chelatizáciou železom alebo produkciou antibiotík, iné fixujú vzdušný dusík alebo produkujú rastlinné hormóny a môžu stimulovať kolonizáciu koreňov mykoríznyimi hubami. Často ide o synergický účinok s mykoríznyimi hubami pri podpore rastu drevín (John, 1992).

### **Mikroorganizmy – dekompozítory**

V kolobehu živín zohráva dekompozícia organických zvyškov kľúčovú úlohu. Dekompozícia sa vyznačuje sekvenciou niekoľkých funkčných skupín mikroorganizmov. Medzi prvými sa objavujú niektoré druhy húb (tzv. sugar fungi) a rýchlorastúce baktérie, ktoré si osvojujú ľahko rozpustné a dostupné zlúčeniny a ktorých životný cyklus končí krátko po odumretí rastlinného materiálu. Potom nastupujú organizmy rozkladajúce celulózu a hemicelulózu. Najodolnejšie látky rozkladajú špeciálne

skupiny mikroorganizmov, ktoré rastú pomalšie. Lignín je pomerne rezistentný voči rozkladu a často vytvára komplexy s celulózu a proteínmi, ktoré sú ešte odolnejšie. Ich degradácia si často vyžaduje tzv. štartovaciu dávku glukózy, ktorú v prírode zabezpečujú pôdne bezstavovce premiešavaním rastlinného materiálu.

Primárni dekompozítori absorbujú rastlinné živiny a ukladajú ich do svojich vlastných tkanív a reprodukčných štruktúr. Až keď ich skonzumujú jedince ďalšej trofickej úrovne, uvoľnia sa živiny vo forme prístupnej vyšším rastlinám.

### ***Mikroorganizmy a tvorba agregátov***

Pôdne čiastočky sú často zoskupené do pôdných agregátov, ktoré umožňujú lepšiu infiltráciu vody do pôdy a výmenu vzduchu medzi pôdou a atmosférou. Väčší voľný priestor medzi pôdnymi agregátmi (makropóry) umožňujú rýchlejší pohyb vody a vzduchu v pôde, a vytvárajú priaznivejšie podmienky pre penetráciu koreňov. Poškodené, devastované pôdy často strácajú štruktúru. Keďže v takýchto pôdach je veľkosť pórov mnohokrát menšia ako priemer koreňov, mnohé rastliny v takýchto podmienkach nemôžu prežívať (Taylor, 1974).

Na tvorbe agregátov sa podieľajú chemické a biologické procesy. Pôdne baktérie produkujú adhézne slizovité látky, ktoré tmelia pôdne čiastočky do malých agregátov. Hýfy húb, najmä mykorrhíznych zase prispievajú k stabilite stredne veľkých agregátov (Miller et Jastrow, 1990).

### ***Organizmy povrchu pôdy***

Povrch prirodzenej pôdy je stabilizovaný tenkou biologickou vrstvou, označovanou ako „cryptogamic crust“. Medzi tieto organizmy zaraďujeme machy, lišajníky, riasy a huby, ktoré produkujú spóry (Ruthforth and Brotherson, 1982). Tieto organizmy nielenže stabilizujú pôdny povrch, ale niektoré z nich pútajú aj značné kvantá dusíka. Napr. cyanobaktérie (modro-zelené riasy) z rodu *Nostoc* a *Anabaena*, ktoré sú často dominantnou zložkou tejto vrstvy, dokážu viazať 5 – 50 kg N na ha za rok. Poškodenie alebo odstránenie tejto vrstvy má za následok nepriaznivý dopad na pôdny chemizmus a štruktúru vrchných 10 cm pôdy.

St. Clair et al. (in John, 1992) poukazujú na to, že reinokulácia môže urýchliť obnovu po požiari zničenej vrstvy. Avšak u mnohých lesných pôd sa komerčne vyrábaný inokulát cyanobaktérií neosvedčil (Tiedemann et al., 1980).

### ***Mikroorganizmy inhibujúce rast patogénov***

V nepoškodenej pôde sú vždy prítomné organizmy, ktoré inhibujú rast patogénov. Na poškodených stanovištiach dochádza medzi nimi k narušeniu prirodzenej rovnováhy. Medzi mikroorganizmy, ktoré potláčajú rast patogénov patria napr. huby rodu *Trichoderma*, *Gliocladium* a *Penicillium*. Niektoré druhy baktérií *Pseudomonas* potláčajú rast pôvodcov koreňových chorôb. Ukázalo sa, že spoločenstvo viacerých mikroorganizmov je účinnejšie pri potláčaní patogénov ako len jednotlivý druh. Napr. kombinácia bakteriálnych antagonistov s *Trichoderma hamatum* bola v boji proti patogénnym mikroorganizmom efektívnejšia ako len samotná huba (in John, 1992).

Zatiaľ čo hýfy húb antagonistov sa zvyčajne omotajú okolo hýf patogénov a tak im bránia v ďalšom raste, bakteriálni antagonisti likvidujú patogény rozkladom ich bunecnej steny. Niektoré druhy mikroorganizmov produkujú antibiotiká. Časť ektomykorrhíznych húb má tiež schopnosť inhibovať patogény, podobne aj niektoré pôdne bezstavovce (napr. určité druhy chvostoskokov pojedajú pôdne huby).

## **ZÁVER**

Pôdne mikroorganizmy sa podieľajú na mnohých procesoch v prírodných ekosystémoch. Pokiaľ dôjde k narušeniu ich životných podmienok, mení sa ich počet, aktivita, druhové spektrum. Za určitých podmienok sa môžu vytvoriť až takmer sterilné pôdy. Zvýšený input niektorých prvkov vedie k drastickej redukcii diverzity ektomykorrhíznych húb. Niektoré druhy mykorrhíznych húb za zvýšeného prísunu dusíka napr. prestanú vytvárať symbiózu s koreňmi drevín, pričom sa predpokladá, že určité druhy z nich úplne vymiznú (Egli a Brunner, 2002). Aký následok to bude mať v budúcnosti pre lesné dreviny, teraz ešte ťažko odhadnúť. V súčasnej dobe sa už komerčne vyrábajú viaceré prípravky na umelú infekciu mykorrhízными hubami, prípravky s „užitočnými“ mikroorganizmami (PGA – plant growth activator, PGA plus, a ďalšie), ktoré možno využívať na menších plochách (lesné škôlky).

Výskum a vývoj v tomto smere napreduje z roka na rok ďalej, avšak najdôležitejším ostáva naďalej snaha o zachovanie funkčnej diverzity pôdných mikrobiálnych spoločenstiev.

*Podakovanie: Realizácia tejto práce bola podporená finančnými prostriedkami z grantovej agentúry MŠ SR a SAV VEGA, č. projektov 1/2383/05, 1/2357/05 a 1/0126/03.*

## LITERATÚRA

- Dilly O., Bach H.J., Buscot F., Eschenbach C., Kutsch W.L., Middelhoff U., Pritsch K., Munch J.C., 2000: Characteristics and energetic strategies of the rhizosphere in ecosystems of the Bornhöved Lake district. *Applied Soil Ecology* (15), p. 201-210.
- Egli S., Brunner I., 2002: Mykorrhiza – Eine faszinierende Lebensgemeinschaft im Wald. Merkblatt für die Praxis, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmesndorf, (35), p.1-8.
- Gisi U., Schenker R., Schulin R., Stadelmann F.X., Sticher H., 1990: *Bodenökologie*. Geor Tieme Verlag, Stuttgart, 304 pp.
- John T.S., 1992: The importance of mycorrhizal fungi and other beneficial microorganisms in biodiversity projects. In: T. D. Landis (ed.). *Proceedings, Western Forest Nursery Association*. pp. 99-105.
- May B.M., Attiwill P.M., 2003: Nitrogen-fixation by *Acacia dealbata* and changes in soil properties 5 years after mechanical disturbance or slash-burning following timber harvest. *Forest Ecology and Management* (181), p. 339-355.
- Miller R. M., and Jastrow J.D., 1990: Hierarchy of root and mycorrhizal fungal interactions with soil aggregation. *Soil Biology and Biochemistry* (22), pp. 579-584.
- Mishra B.B. et Mishra S.N., 2004: Mycorrhiza and its significance in sustainable forest development. *Orissa review*, pp. 52-55.
- Taylor H.M., 1974: Root behavior as affected by soil structure and strength. Chapter 11, p. 271. E.W. Carson (ed.) *The plant root and its environment*. University Press of Virginia, 691 p.
- Tiedemann A.R., Lopushinsky W., Larsen H.J., 1980: Plant and soil responses to a commercial blue-green algae inoculant. *Soil Biology and Biochemistry* (12), p. 471-475.

# PRODUKCIA LESNÝCH EKOSYSTÉMOV V SÚČASNÝCH ENVIRONMENTÁLNYCH PODMIENKACH

(kľúčový referát k téme III. „Produkcia lesnej biomasy vo vzťahu k pôde a regiónom“)

## Production of forest ecosystems at the present environmental conditions

Juraj GREGOR, Viliam PICHLER, Eduard BUBLINEC, Ladislav TUŽINSKÝ

*Katedra prírodného prostredia, Lesnícka fakulta TU vo Zvolene*

*T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, SR*

[kpp@vsld.tuzvo.sk](mailto:kpp@vsld.tuzvo.sk)

### Abstrakt

Produkcia lesných ekosystémov je ovplyvňovaná negatívne viacerými environmentálnymi faktormi. Sú to: extrémne vysoká koncentrácia prízemného ozónu, kyslé zrážky, škodlivé imisie. Dôsledky sú: extremity počasia, povodne, vetrové kalamity v lesoch, suché pôdy, a pod. Pozitívne vplyvy možno vidieť vo zvýšení množstva CO<sub>2</sub>, vysoké vstupy dusíka, vyššia priemerná ročná teplota a predlžovanie vegetačného obdobia a pod. Rozhodujúcu úlohu zohráva však vysoká úroveň lesných hospodárov na Slovensku už od čias Márie Terézie.

**Kľúčové slová:** produkcia lesných ekosystémov, emisie, voda v pôde

### Abstract

Forest ecosystems production is influenced negatively due some environmental factors. They are extremely high concentration of ground floor ozone, acid precipitations, noxious emission input. Consequences are: weather extremities, floods, windbreaks, dry soils, and so on. Possible positive impacts are: the raising of CO<sub>2</sub>, high input of nitrogen (materials of the raising biomass), higher average annual temperature, and prolongation of the vegetation season, and so on. But the decisive role has the high level of forest managers of Slovakia since the time of Empress Maria Teresa.

**Key words:** production of forest ecosystems, emissions, water in soil

### ÚVOD

Environmentálne podmienky v súčasnosti i v ostatných desaťročiach sa rapídne menia. Hovorí sa o globálnych zmenách, ktoré vyúsťujú do klimatických zmien. Podľa niektorých autorov existuje extrémne vysoká koncentrácia prízemného ozónu, zrážky sú naďalej kyslé, pretrvávajú imisný spad škodlivín. Dôsledkom sú pravdepodobne extremity poveternostných javov, ktoré vyúsťujú do katastrofických situácií ako sú povodne, vetrové kalamity v lesoch, extrémne teploty, dlhodobé suchá a podobne. (napr. Pichler a kol. 2004)

Podľa prehľadov o stupni defoliácie, t. j. straty asimilačných orgánov lesných drevín, ktoré každoročne vydáva EC – Európska komisia ECE o zdravotnom stave európskych lesov, Slovensko dlhodobo figuruje na nelichotivých prvých miestach. Zatiaľ čo v Európe podiel lesov v stupni 0, t. j. so stratou asimilačných orgánov do 10 % sa pohyboval okolo 40 %, na Slovensku to bolo cca 20 %. Podiel lesov so silne presvetlenou korunou alebo lesov odumierajúcich, t. j. so stratou asimilačných orgánov nad 60 % bol v Európe okolo 2,5 %, na Slovensku sa pohyboval až okolo 10 %. Defoliácia drevín v triede 2 – 4, t. j. so stratou asimilačných orgánov nad 25 % v r. 1993 – 2003 sa pohybuje v rozmedzí 24 – 43 %, v roku 2003 bola na úrovni 31,4 %. Je zrejmé, že s biomasou asimilačných orgánov súvisí aj prírastok a produkcia lesných ekosystémov. Je isté, že uvedené javy ovplyvňujú aj produkciu lesných ekosystémov a nie len produkciu stromovej zložky (Kontriš a kol. 2004). Aká je teda produkčná situácia v našich lesoch?

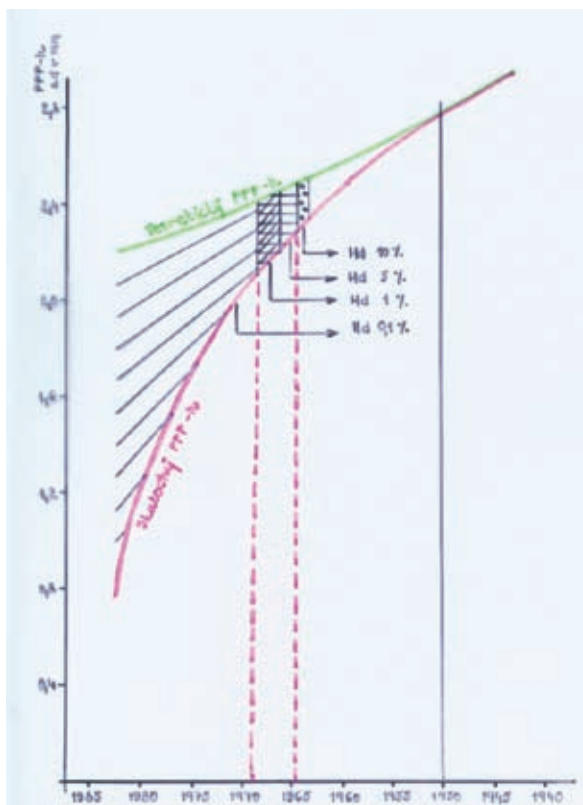
## Imisie a produkcia

Všeobecne sa konštatuje, že imisie zhoršujú zdravotný stav našich lesov a tým aj ich produkciu. Primárne pôsobia v plynnom stave predovšetkým ako oxidy síry, dusíka, uhlíka, halogénvodíkov (HF, HCl), ale aj vo forme ozónu. Poškodzujú najmä asimilačné orgány lesných drevín, v extrémnych prípadoch aj ich nekrotizáciou. V súčasnosti však oveľa väčší celoplošný význam majú kyslé zrážky.

Ich negatívny vplyv možno demonštrovať na poklese prírastku lesných porastov, ako ukazuje nasledujúci graf (obr. 1) z Vizovických vrchov v Českej republike. Zelená čiara predstavuje teoretický priemerný periodický prírastok z rastových tabuliek, ktorý by mal byť dosiahnutý na danej lokalite.

Červená čiara na grafe predstavuje skutočný, nameraný, prírastok. Hladiny preukaznosti rozdielov 0,1 – 10 % sú vyznačené čiernou farbou. Retrospektívna analýza ukazuje, že znižovanie prírastku na danej lokalite súvisí so socialistickou industrializáciou a možno ho identifikovať približne do r. 1950. Štatisticky preukázateľný pokles možno zaregistrovať okolo r. 1964 – 1968, v r. 1965 podiel stromov v triede 2, 3 a 4 v skúmanom poraste dosahoval už hodnotu takmer 70 % a priemerný prírastok smreka klesol z hodnoty 2,15 mm na 0,4 mm.

Obr. 1 Teoretický a skutočný priebeh PPP-n (v run) smreka obyčajného za ostatných 50 rokov na monitorovacej ploche Komonec



## Vstupy mokrej depozície

Zatiaľ čo predchádzajúcu situáciu charakterizovali plynné imisie, oveľa väčšia časť lesného pôdneho fondu je pod záťažou mokrej depozície, presnejšie povedané zmiešanej. Ide o to, že okrem inputu látok zrážkami, sa do lesnej pôdy dostávajú škodliviny vyfiltrované lesným porastom a následne zmyté zrážkami. K tomu pristupuje aj prirodzená sedimentácia plynných imisií, ktoré sú ťažšie ako vzduch. Za 10 ročné obdobie sa v ťažiskovej zóne 700 – 1 200 m n. m. dostávajú do lesnej pôdy nasledovné množstvá depozície v kg/ha/10 rokov:

Zložka	N – NO <sub>3</sub>	S – SO <sub>4</sub>	F'	H <sup>+</sup>
Bezlesie	100	330	25	1
Smrečina	130	590	19	7

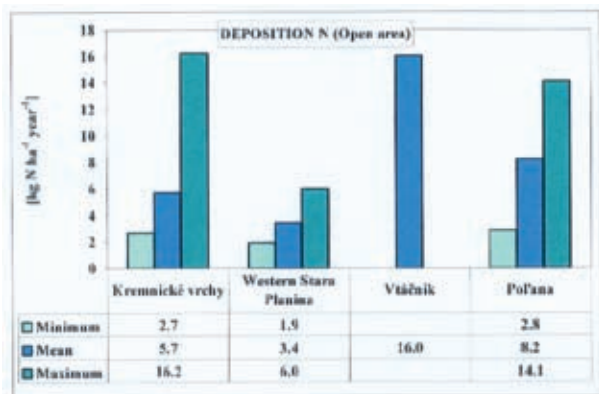
Je zrejmé, že ide o značné kvantá, najmä ak si uvedomíme, že údaje sú z reálnych iónových zlúčenín prepočítané na prvky. V niektorých pohoriach Slovenska sú uvedené priemerné hodnoty oveľa vyššie. Napr. na Vtáčniku namerala Ing. E. Ďurečková, PhD. depozíciu dusíka na voľnom priestranstve 160 kg N/ ha/10 rokov, ďalší príklad je síra (obr. 2 až 5).

Pravda, treba zároveň povedať, že okrem uvedených acidifikujúcich zložiek vstupujú do lesných ekosystémov aj značné množstvá živín (kg/ ha/10 rokov).

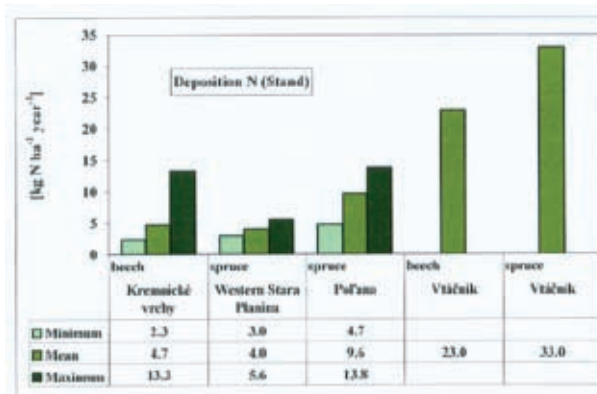
Zložka	Nt	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>
Bezlesie	300	200	51	160
Smrečina	380	280	61	320

Priemerná acidita zrážok vo výškovom pásme 700 – 1 200 m n. m. v smrekových ekosystémoch klesá na hodnotu pH 4,0, v bezlesí dosahuje hodnotu pH 4,8. Vysoké vstupy kladne a záporne nabitých iónov významne ovplyvňujú produkciu i pedogenetické procesy v tejto lesnícky významnej výškovej zóne.

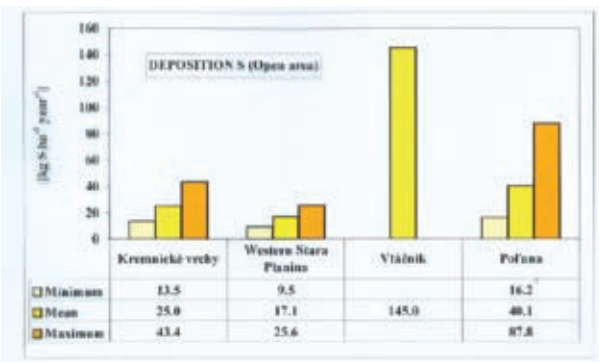
Obr. 2 Depozícia dusíka na otvorenej ploche



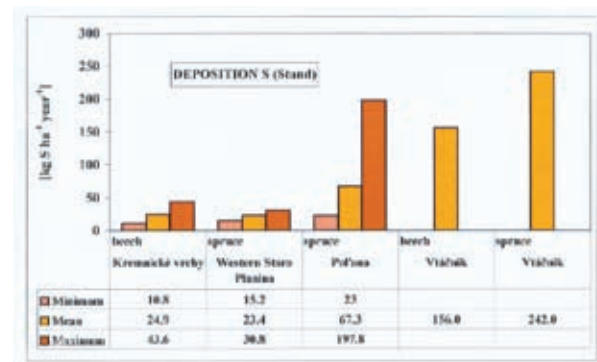
Obr. 3 Depozícia dusíka v poraste



Obr. 4 Depozícia síry na otvorenej ploche



Obr. 5 Depozícia síry v poraste



### Voda v pôde a produkcia

Vodný režim pôdy je jeden z rozhodujúcich činiteľov úrodnosti pôdy a výraznou mierou ovplyvňuje existenciu, rast a produkciu lesných ekosystémov. Realitu v najširšom interakčnom a fyzikálnom zmysle predstavujú v geometricky vymedzenej priestorovej jednotke systému atmosféra – rastlinný kryt – zóna aerácie – podzemná voda, procesy pohybu vody (Šútor, Štekauerová, 2000). Infiltrácia ako počiatková a evapotranspirácia ako končiacia zložka vodnej bilancie v procese vodného režimu pôd sú v lesnom ekosystéme okrem hydrofyzikálnych vlastností pôdy (vlhkostné retenčné čiary, hydraulická vodivosť pôdy, pórovitosť, merná a objemová hmotnosť pôdy a ďalšie) závislé aj od transformačného vplyvu lesného porastu (drevinové zloženie, zakmenenie, zápoj, fenofáza olistenia atď.) (Tužinský, 2004, Gregor, 1999).

Celkový objem pôdnej vody v zóne aerácie sa na Slovensku pri vlhkosti poľnej vodnej kapacity (PVK) odhaduje na 11,08 mld. m<sup>3</sup> (Šútor, 1994). Celkový objem vody v rizosfére lesného pôdneho fondu SR pri fyziologicky účinnej 100 cm hĺbke pôdneho profilu a priemernej vlhkosti 25 % obj. je okolo 4,5 mld. m<sup>3</sup>, čo je niekoľkonásobne viac, ako je množstvo vody vo všetkých akumulčných nádržiach na Slovensku (Tužinský, 2004).

Vodný režim pôdy je komplex procesov a javov, ktoré prebiehajú v pôdnom prostredí účinkom síl príslušných ku gradientu celkového potenciálu pôdnej vody, gradientu napätia vodných pár v styčnej vrstve pôdy s atmosférou a k sacej sile rastlín (Benetín, 1970). V lesnom prostredí pôsobí les na kolobeh vody a vodný režim pôdy vzhľadom na jeho zložité pôsobenie na jednotlivé zložky vodnej bilancie veľmi špecificky. Husto zapojené smrekové porasty dokážu zachytiť v korunách aj 50 % atmosférických zrážok, bukové porasty okolo 30 %, borovicové 10 až 15 % zrážok, ktoré sú okamžite vyparené do okolitého ovzdušia. Stok po kmeni je u väčšiny drevín takmer zanedbateľnou zložkou vodnej bilancie (1 až 3 % celkového množstva zrážok), pri drevinách s hladkou kôrou (bk, hb) dosahuje preukazne vyššie hodnoty (často viac ako 10 %) (Gregor a kol. 1994).

Najvýznamnejšou výdajovou zložkou vodnej bilancie je evapotranspirácia. Je limitovaná v najväčšej miere procesmi radiačnej bilancie a obsahom vody v pôde (Matejka 1995, Střelcová 2000).

Z množstva údajov o transpirácii vyplýva, že hodnoty fyziologického výparu v Európe sa v smrekových porastoch pohybujú v rozpätí 100 až 516 mm (v priemere okolo 280 mm), v bukových porastoch v rozmedzí 209 až 497 mm (v priemere okolo 310 mm). Analogické údaje získali pri transpiračných šetreniach na Slovensku Střelcová (2000) a Tužinský (2004). Z údajov v tab. 1 vyplýva, že celkový výdaj vody (ET + odtok) predstavoval 50 až 85 %, výdaj vody na evapotranspiráciu 37 až 65 % z celkového množstva atmosférických zrážok.

Tab.1 *Bilancia vody v lesných ekosystémoch*

Plocha	Drevina	Zrážky	Intercepcia	Stok po kmeni	Priesak vody	Komplex výdajových zložiek vodnej bilancie
		mm				
Báb	db + hb	275,0	88,3	3,2	17,6	228,6
Čifáre	db z	289,7	61,3	3,2	26,0	279,8
M.Karpaty	db + hb	305,0	62,7	4,1	42,9	262,0
Borinka	bk		71,9	27,8	37,4	201,9
B. Kríž	sm		132,7	3,7	36,6	265,8
Poľana	sm	359,4	137,7	3,9	111,0	292,5
Huk. grúň	bk		102,1	29,2	120,4	339,5
Or.Polhora	sm	607,6	129,4	8,2	240,8	332,1

Najmenej priaznivé vlhkostné podmienky sú v nížinných a pahorkatinných oblastiach. Napriek tomu, že prevažnú časť hydrologického roka sa zásoby pôdnej vody pohybujú v oblasti existenčného intervalu vlhkosti pôdy (PVK – BV), v letných mesiacoch a v kratších periódach, po dlhšie trvajúcich suchých a teplých dňoch, aj v ostatnom období vegetácie klesá zásoba pôdnej vody do kategórie kapilárne nepohyblivej a ťažko prístupnej vody pre rastliny ( $pF > 4,18$ ). Aridný interval vlhkosti pôdy ( $< BV$ ) sa spravidla vyskytuje len v letných mesiacoch, prevažne v povrchových a stredných vrstvách pôdy (do hĺbky 50 cm). Reakcia príslušných vegetačných formácií je adekvátna dĺžke a intenzite semiaridného, resp. aridného intervalu vlhkosti ( $< BZD$ ). Prízemná bylinná vegetácia reaguje rozkolísanosťou druhového zloženia, dreviny čerpaním vody z hlbších vrstiev pôdy. V prípade obmedzenej zásoby vody v celom fyziologickom profile pôdy dochádza k fyziologickému oslabeniu drevín, zníženiu plochy asimilačných orgánov ich predčasným opadom a tým aj k zníženiu transpirácie.

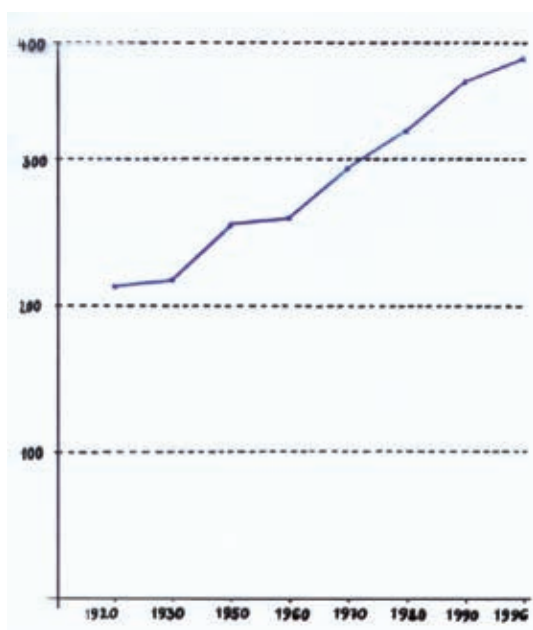
Ako príklad možno uviesť vlhkostné pomery v dubovom ekosystéme, v 1. lvs, vo vegetačných obdobiach 1993, 1998, 2000 a 2001, kedy sme vzhľadom na zhoršené vlhkostné (veľmi nízka až nedostatočná zásoba využiteľnej vody) pomery predčasný opad fyziologicky oslabených listov už v tretej dekáde júla a na začiatku augusta (20 až 40 % defoliácia). Denná hodnota evapotranspirácie sa znížila z viac ako 5 mm na menej ako 2 mm. Hrúbkový prírastok sa v porovnaní s priaznivým obdobím v rokoch 1995, 1999 a 2002 ( $> 2$  mm) sa znížil na hodnotu nižšiu ako 0,5 mm.

Vo vyšších lvs ( $> 4$  lvs) je dominantným intervalom vlhkosti semiovidický interval (MKK – BZD) s najčastejšie kapilárne pohyblivou a ľahko prístupnou vodou pre rastliny ( $pF < 3,1$ ). V zimnom období je veľmi často prítomná ľahko pohyblivá, gravitačne pohyblivá vody. Vo vrcholiacej vysušacej fáze (júl, august) môže klesnúť až do stavu kapilárne ťažko pohyblivej vody, so zníženou prístupnosťou pre rastliny ( $pF < 4,18$ ). V povrchových vrstvách pôdy, najmä v skeletnatých pôdach, so zníženou vododržnosťou, sme na krátky čas zaznamenali pokles až do stavu nepohyblivej a pre rastliny neprístupnej vody. Takýto vlhkosťový stav je nebezpečný pre najdisponibilnejšiu a najviac rozšírenú drevinu horských lesov smrek, ktorý je z hľadiska zabezpečenia vodou závislý na jej dostatku a okrem toho aj na jej pravidelnej dodávke (Gregor a kol. 2003).

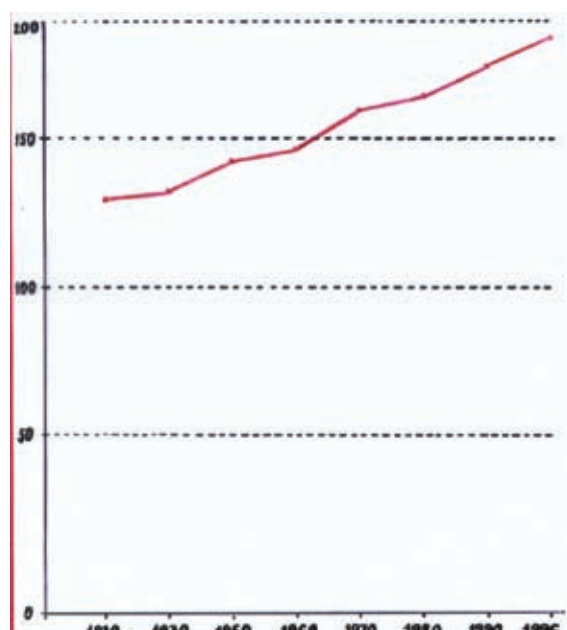
### **Produkcia lesných ekosystémov**

Z uvedeného prehľadu je zrejmé, že produkciu lesných ekosystémov ovplyvňujú v súčasnosti viaceré environmentálne faktory, pozitívne i negatívne. K tým, ktoré sme analyzovali iste treba prirátat aj zvyšujúce sa koncentrácie  $CO_2$  v ovzduší a problém jeho krátkodobého efektu (znižujúci sa počet prieduchov), katastrofické hodnoty prízemného ozónu, ktoré podľa niektorých autorov na Slovensku dlhodobo prevyšujú kritickú hranicu i problém vodného stresu z nedostatku disponibilnej vody v pôde aj vo väčších nadmorských výškach. Je isté, že tieto dva faktory môžu mať totálny význam. Demonštrovali sme to na obr. 1. Rozhodujúcu úlohu tu zohrali vysoké koncentrácie plyných imisí, ktoré defoliáciou a nekrotizáciou asimilačných orgánov spôsobili výraznú depresiu prírastku od r. 1950. Na druhej strane nás prekvapilo, keď sme pred necelými desiatimi rokmi chceli zistiť pokles celkových zásob dreva v lesoch Slovenska v dôsledku súčasných zložitých environmentálnych podmienkach (obr. 6). Na osi x je časová škála od r. 1920, na osi y zásoby dreva v miliónoch  $m^3$ . Miesto poklesu sme zistili za posledných 80 rokov výrobný vzostup, ktorý je jednoznačný najmä od r. 1960. Z grafu je zrejmé, že za posledných 80 rokov zásoby dreva na Slovensku vzrástli o 100 %. Potvrdzujú to aj priemerné zásoby dreva v  $m^3 \cdot ha^{-1}$  v tom istom časovom období (obr. 7).

Obr. 6 Zásoba dreva v porastoch [ $mil\ m^3$ ]



Obr. 7 Priemerná zásoba dreva [ $m^3 \cdot ha^{-1}$ ]



## **ZÁVER**

Kde hľadať príčinu tohto neočakávaného javu? Iste tu zohráva svoju úlohu zvyšujúce sa množstvo  $CO_2$  v ovzduší, stúpajúci alebo aspoň neklesajúci vysoké vstupy dusíka, zvyšujúca sa priemerná ročná teplota a tým aj predlžovanie vegetačného obdobia i ďalšie vplyvy. Avšak podľa nášho názoru rozhodujúcu úlohu tu zohráva vysoká odborná úroveň lesných hospodárov na Slovensku, ktorá siaha až do 18. storočia, kedy naša panovníčka Mária Terézia vydala známy patent „Poradek hor aneb lesov zachování“. Vtedy sa aj oficiálne deklarovala zásada trvalo udržateľného obhospodarovania sloven-

ských lesov. A slovenskí lesníci sa tejto dnes takej modernej zásady dôsledne pridŕžajú už 250 rokov. Zvyšujú tak zásoby dreva, tejto našej najvýznamnejšej reprodukovateľnej suroviny, v slovenských lesoch pre budúce generácie.

*Podakovanie: Táto práca bola podporená finančnými prostriedkami z VEGA č.: 1/0635/03 a 1/2383/05*

## LITERATÚRA

- Benetín, J., 1970: Dynamika pôdnej vlahy, SAV, Bratislava, 268 s.
- Gregor, J., 1999: Vplyv density bukového porastu a reliéfu na vlhkosť pôdy. Vedecké štúdie 7/1999/A, TU vo Zvolene, 56 s.
- Gregor, J., Kontrišová, O., Kontriš, J., 1994: Stenflow of Spruce Monocultures in Region Luhačovice. in: Matejka, K. (Ed.): Investigation of bee forest ecosystems and forest damage FGMR, Jílovište – Strnady, pp. 139-144.
- Gregor, J., Pichler, V., Tužinský, L., Bublinec, E., Pichlerová, M., Kontriš, J., 2003: Soil Moisture on the Vertical Transect of the Western Carpathians (Slovakia). Forest Science, No 3, BAN Bulgaria, pp. 11-13.
- Kontriš, J., Kontrišová, O., Pichler, V., Gregor, J., Pichlerová, M., Bublinec, E., Rudaš, B., 2004: Herb Species Qualitative Characteristics Relations Towards Variability of Dominant Site Factors in Submountains Beech Forests of the Western Carpathians. Silva Balcanica, 4 (2), pp. 95-101.
- Matejka, F., 1995: Vplyv meteorologických činiteľov na evapotranspiráciu. Meteorologické zprávy 48, s. 87-90.
- Pichler, V., Gregor, J., Tužinský, L., Bublinec, E., Kontriš, J., Pichlerová, M., 2004: Hydric Differentiation of the Edaphotop of Trees and Herb layers in Beech Ecosystems. Silva Balcanica, 5 (2), pp. 11-18.
- Štřelcová, K., 2000: Vplyv meteorologických činiteľov na transpiračný prúd a transpiráciu buka v stredohorskej oblasti Poľany. Dizertačná práca, Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, 125 s.
- Šútor, J., 1994: Voda v zóne areácie. III. Vodný zdroj prírodného prostredia. Zb. Voda pre život. MPH SR, VÚVH, Bratislava, s. 123-128.
- Šútor, J., Štekauerová, V., 2000: Hydrofyzikálne charakteristiky Žitného ostrova. ÚH SAV – ASCO, Bratislava, 163 s.
- Tužinský, L., 2004: Vodný režim lesných pôd. TU Zvolen, 102 s.
- Tužinský, L., Gregor, J., Pichler, V., Bublinec, E., 2004: Soil Moisture Dynamics in Mountain Areas during Dry Periods of Hydrologic Year. Silva Balcanica, 5 (2), pp. 19-24.

# PRIESTOROVÁ VARIABILITA VYBRANÝCH PÔDNYCH PARAMETROV

## Spatial variability of selected soil parameters

Ján HALAS

*Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy Bratislava, Raymanova 1, 080 01 Prešov, SR*  
[halas@vupop.sk](mailto:halas@vupop.sk)

### Abstrakt

Príspevok sa zaoberá (1) problematikou priestorovej variability pôdnych parametrov (kompakcie pôdy, aktuálnej pôdnej vlhkosti, obsahu humusu, prijateľného fosforu a pôdnej reakcie) na vybranom honu ornej pôdy a (2) prezentáciou tejto variability na mapách. Na skúšanom pozemku s výmerou 8 ha bola vytýčená štvorcová sieť s pomerom strán 75 x 75 m. Merania penetračného odporu pôdy a odber pôdnych vzoriek boli realizované na 15 kontrolných stanovištiach. Analýzy a vyhodnotenie získaných údajov boli vykonané podľa platných metodík VÚPOP Bratislava. Priestorové zobrazenie vybraných pôdnych parametrov je spracované v GIS. Z dosiahnutých výsledkov vyplynulo, že pôda a jej vlastnosti sú značne heterogénne aj v rámci relatívne malého územia akým je hon ornej pôdy a zároveň sa preukázal značný vplyv antropogénnej poľnohospodárskej činnosti na variabilitu skúmaných pôdnych parametrov.

**Kľúčové slová:** priestorová variabilita, vybrané pôdne parametre

### Abstract

The paper deals with (1) problem of spatial variability of selected soil parameters (soil compaction, soil moisture, organic matter content, content of phosphorus and soil reaction) on selected field plot and (2) map presentation of this spatial variability. Within investigated 8 ha field plot, measurements of soil penetration resistance were performed in a grid 75 x 75 m and soil samples were taken in each of 15 nodes. Analyses of samples and interpretation of obtained data were carried out according to methods VUPOP Bratislava. Spatial interpretation of selected soil parameters was processed in GIS. The results had confirmed that soil and its parameters are variable within field. Results also show that spatial variability selected soil parameters is highly influenced by human agricultural activities.

**Key words:** spatial variability, selected soil parameters

### ÚVOD

Priestorová variabilita pôdnych parametrov sa prejavuje v rôznorodosti vlastností jednotlivých častí pozemkov a spôsobuje tak variabilitu v produktivite rastlín a ich úrod. Tradičné hospodárenie na poľnohospodárskej pôde považuje pozemok (hon) za minimálnu plochu pre agrotechnický zásah. Zároveň túto jednotku považuje za viac-menej uniformnú vo svojich vlastnostiach a produkčných schopnostiach a často tak ignoruje priestorovú variabilitu pôdnych parametrov. Neznamená to však, že užívatelia si túto lokálnu variabilitu neuvedomujú a neuvedomovali. V minulosti však nemali dostatok nástrojov, aby túto variabilitu ovplyvnili resp. eliminovali. Podchytenie, vhodné mapové zobrazenie a adekvátna reakcia na variabilitu pôdnych parametrov je v súčasnosti základom pre precízne poľnohospodárstvo. Informačné technológie, ktoré sa aj v ňom dnes využívajú, umožňujú získať maximum informácií o jednotlivých lokálnych rozdieloch a presne aplikovať vstupy podľa týchto individuálnych charakteristík.

Cieľom príspevku je získanie informácií (mapových podkladov) o priestorovej variabilite pôdných parametrov: kompaktie pôdy, aktuálnej pôdnej vlhkosti, obsahu humusu, prijateľného fosforu (P) a pôdnej reakcie (pH) na vybranom hone ornej pôdy.

Zámerom je poskytnúť podklad pre potenciálnu tvorbu aplikačných máp a máp variabilného obrábania pôdy, zohľadňujúcich lokálne rozdiely na danom pozemku a vedúcich ku hospodárnemu využitiu všetkých vstupov.

## MATERIÁL A METÓDY

Skúmaný pozemok (hon) je lokalizovaný v okrese Bardejov, v k.ú. Kobyly. Na hone s výmerou 8 ha v nadmorskej výške 380 – 400 m n.m. je zastúpený pôdny typ pseudoglej kultizemný. Substrátom sú polygénne (svahové) hliny. Hon je lokalizovaný na miernom svahu (3 – 7°), expozícia je južná a východná až západná. Pôda je bezskeletovitá, hlboká (nad 0,6 m), zrnitostne hlinitá v ornici (34,6 %) aj podornici (43,4 % frakcie < 0,01 mm).

Na zistenie priestorovej variability uvedených pôdných parametrov bola na skúmanom pozemku ornej pôdy vytýčená štvorcová sieť s pomerom strán 75 x 75 m. V jednotlivých bodoch (vrchoch) podľa zvolenej siete sme vykonali merania penetračného odporu pôdy s 5-násobným opakovaním:

- odber vzoriek pôdy na zistenie aktuálnej vlhkosti z hĺbok 0,1 – 0,15 m, 0,25 – 0,30 m a 0,45 – 0,50 m
- odber porušených pôdných vzoriek z hĺbky 0 – 0,30 m na stanovenie obsahu organického uhlíka  $C_{ox}$  resp. humusu, obsahu prijateľného P a pôdnej reakcie (pH).

Merania a odber vzoriek boli realizované na 15 kontrolných stanovištiach, s ich zameraním GPS prístrojom (Topcon) v súradnicovom systéme WGS-84.

Namerané hodnoty tlaku v MPa zaznamenané na penetrogramoch boli štatisticky vyhodnotené ako aritmetické priemery z piatich meraní. Tieto hodnoty boli následne korigované podľa zistenej momentálnej vlhkosti na vlhkosť pôdy 19 %. Vlhkosť bola stanovená gravimetricky. Analýzy na stanovenie obsahu organického uhlíka  $C_{ox}$  resp. humusu, prijateľného P a pôdnej reakcie (pH) boli vykonané a vyhodnotené v súlade s platnými metodikami VÚPOP v dvoch opakovaniach.

Priestorové vyhodnotenie vybraných pôdných parametrov je spracované v GIS prostredí Surfer verzia 8, s využitím základného nastavenia interpolačnej metódy krígingu.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Prezentované mapy (obr. 1 – 3 hore) sú vytvorené zo získaných priemerných hodnôt penetračného odporu pôdy po korekciách na vlhkosť v zvolenej sieti meraní. Vyhodnotenie plošnej variability aktuálnej vlhkosti je na mapách (obr. 1 – 3 dole). Variabilita obsahu humusu a prijateľného fosforu je na mapách (obr. 4). Na obr. 5 je variabilita pôdnej reakcie (pH) a variabilita úrod v rámci sledovaného honu. Mapa bola vytvorená z úrod získaných odberom „metroviiek“ v rovnakej sieti ako realizované merania.

Potvrdilo sa, že pôda a jej vlastnosti sú značne heterogénne aj v rámci relatívne malého územia, akým je pozemok resp. hon ornej pôdy. Ďalšie zistenia sme sformulovali do nasledovných bodov:

1. Pomerne nízka je variabilita kompaktie pôdy do hĺbky približne 0,25 m, čo je spôsobené každoročnou kultiváciou (orbou) do uvedenej hĺbky. Výraznejšia variabilita kompaktie sa uplatňuje od 0,30 m, pričom do hĺbky 0,45 m je dominantne spôsobená technogénnymi vplyvmi, pod touto hranicou prevažne primárnymi vplyvmi
2. Variabilita aktuálnej vlhkosti pôdy súvisí s miestnymi terénnymi a pôdnymi podmienkami rovnako s reliéfom územia.
3. Variabilita obsahu humusu prakticky koreluje s pôdnou vlhkosťou a vizuálne je pozorovateľná aj z leteckej snímky ako tmavšie sfarbenie v pravej časti honu.
4. Variabilita prijateľného fosforu odhliadnuc od dvoch lokalít s výrazne nižším obsahom je pomerne nízka.
5. Variabilita pôdnej reakcie je zrejmá len medzi okrajovou a centrálnou časťou pozemku, pričom sa preukázalo, že vápnenie pôdy, ktoré bolo realizované v nedávnej minulosti, sa vykonalo iba na malej časti honu.

## ZÁVER

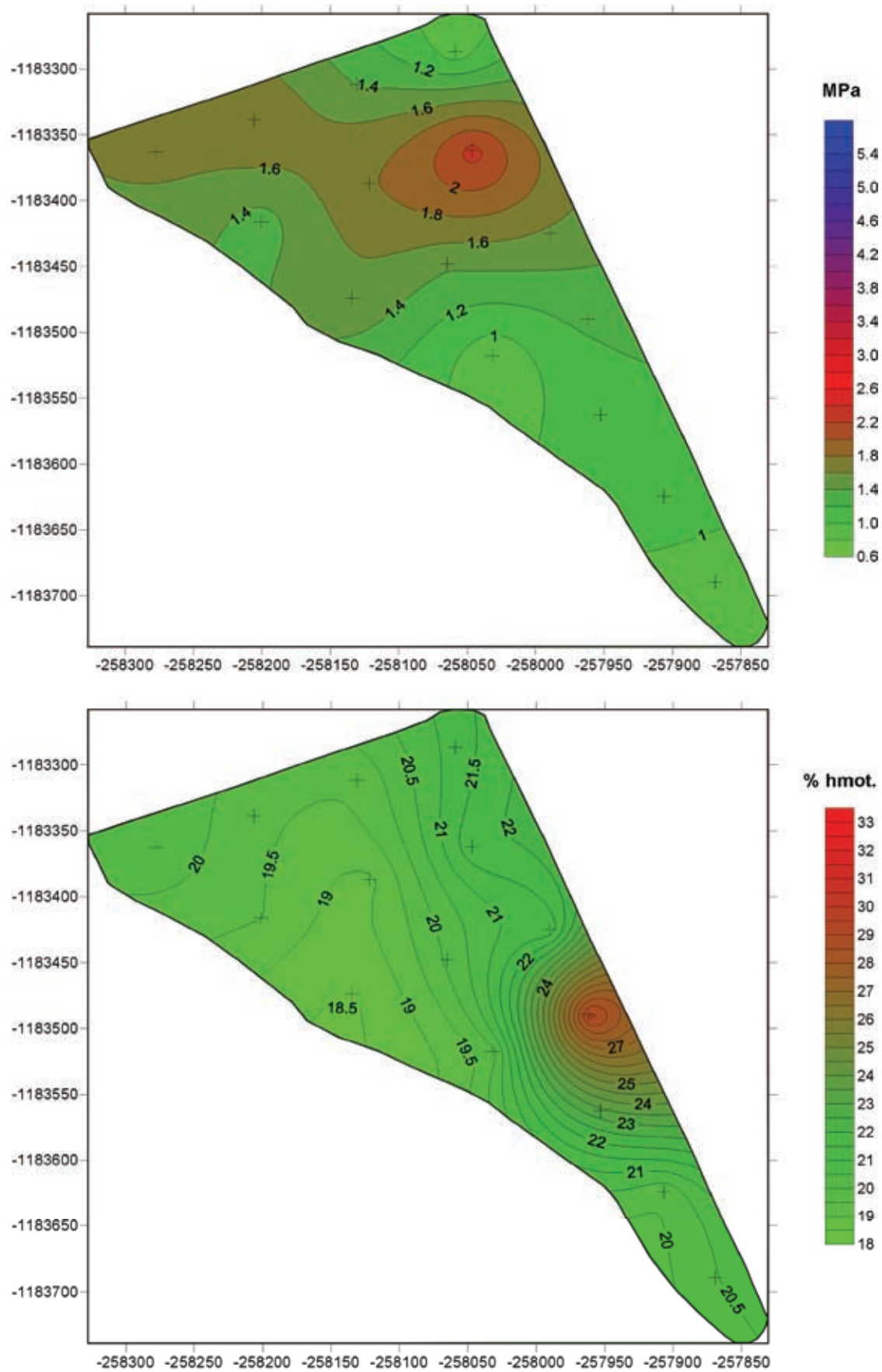
Všeobecne konštatujeme preukázanosť značného vplyvu antropogénnej poľnohospodárskej činnosti na variabilitu skúmaných pôdných parametrov predovšetkým na kompakciu a pH pôdy. Odporúčaním pre prax je zohľadniť dosiahnuté výsledky a premietnuť ich do korigovanej sústavy hospodárenia.

Zistené skutočnosti nás vedú k potrebe podrobnejšieho výskumu variability pôdných parametrov aj vo väzbe na úrody pestovaných plodín vrátane štatistického spracovania, zahrňujúc rozsiahlejšie územia, využitie moderných informačných technológií GIS vrátane modernej poľnohospodárskej techniky, čo pri získaní dostatku informačných vstupov znamená v konečnom dôsledku zavedenie nového spôsobu hospodárenia tzv. „precision farming“.

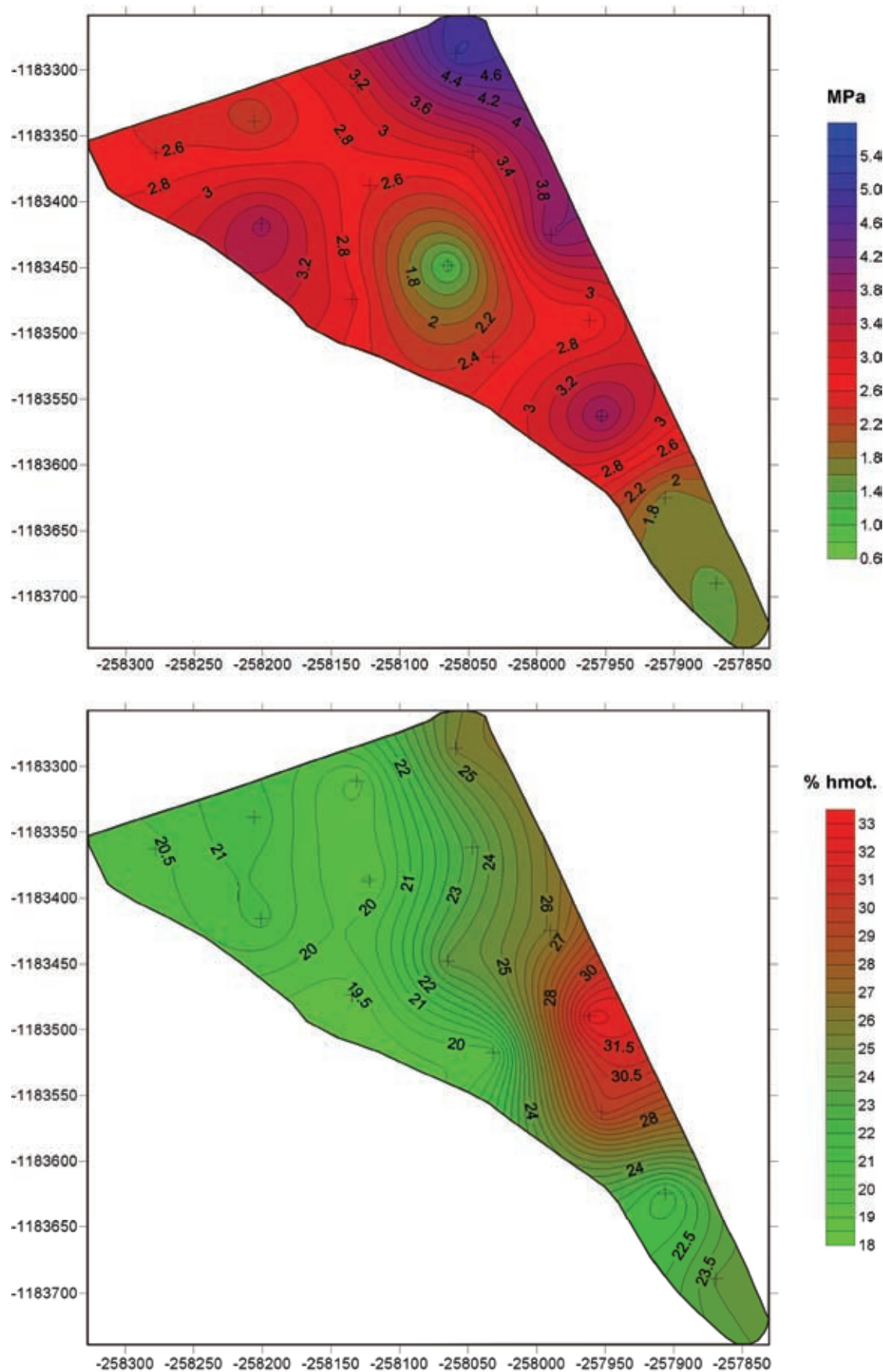
## LITERATÚRA

- Bajla, J., 1998: Penetrometrické merania pôdných vlastností: Nitra: SPU, 1998. s.16, ISBN 80-7137-543-8
- Brodský, L., Vaněk, V., 2001: Význam hustoty vzorkování půdy pro mapování zásobenosti fosforu. In: AGROCHÉMIA Ročník 5.(41) č. 3/2001, SPU Nitra a Duslo Šaľa, a.s., 2001, s. 13-15, ISSN 1335-2415.
- Halas, J., 2004: Prieskum pôdnej kompaktie na vybranom hone ornej pôdy metódou penetrometrie. Tretie pôdoznalecké dni v SR. Zborník referátov z konferencie pôdoznalcov SR, Mojmírovce 22. – 24. jún, 2004. Societas pedologica slovacae, Výskumný ústav pôdoznalstva a ochrany pôdy, A4, CD ROM, ISBN: 80-89128-11-4.
- Lhotský, J., 2000: Zhutňování půd a opatření proti němu: Praha: ÚZPI, Studijní informace – rostlinná výroba 7/2000. s. 20. ISBN 80-7271-067-2.
- MŽP SR., 2002: Atlas krajiny SR. ESPRIT, spol. s r.o. Banská Štiavnica, 2002, s. 95-99. ISBN 80-88833-27-2.
- Zrubec, F., 1997: Metodika zúrodnenia zhutnených pôd. Bratislava: VÚPÚ, 1997. s. 5 a 22. ISBN 80-85361-39-6.

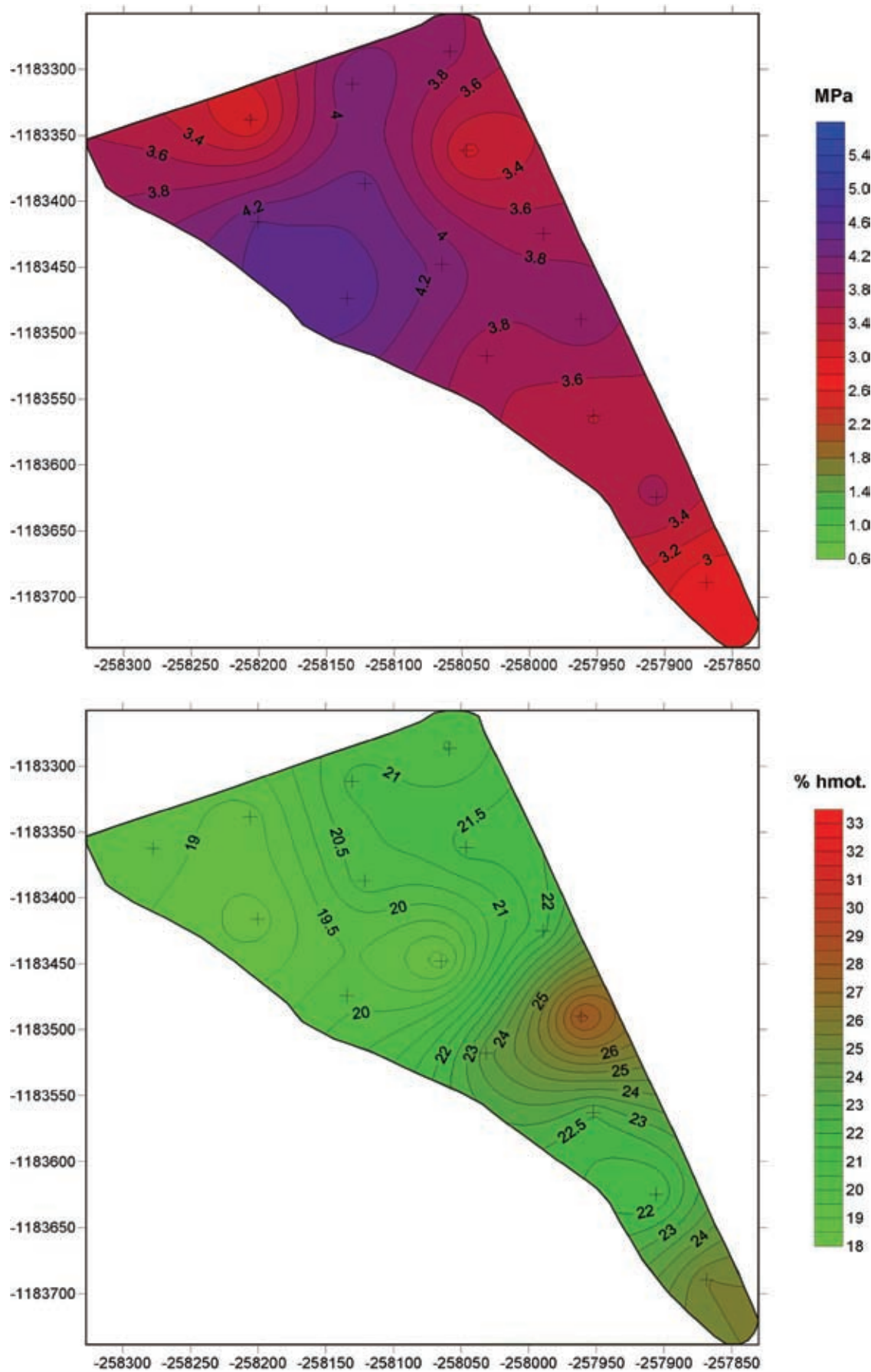
Obr. 1 Variabilita penetračného odporu pôdy (hore) a aktuálnej vlhkosti pôdy (dole) v hĺbke 0,15 m



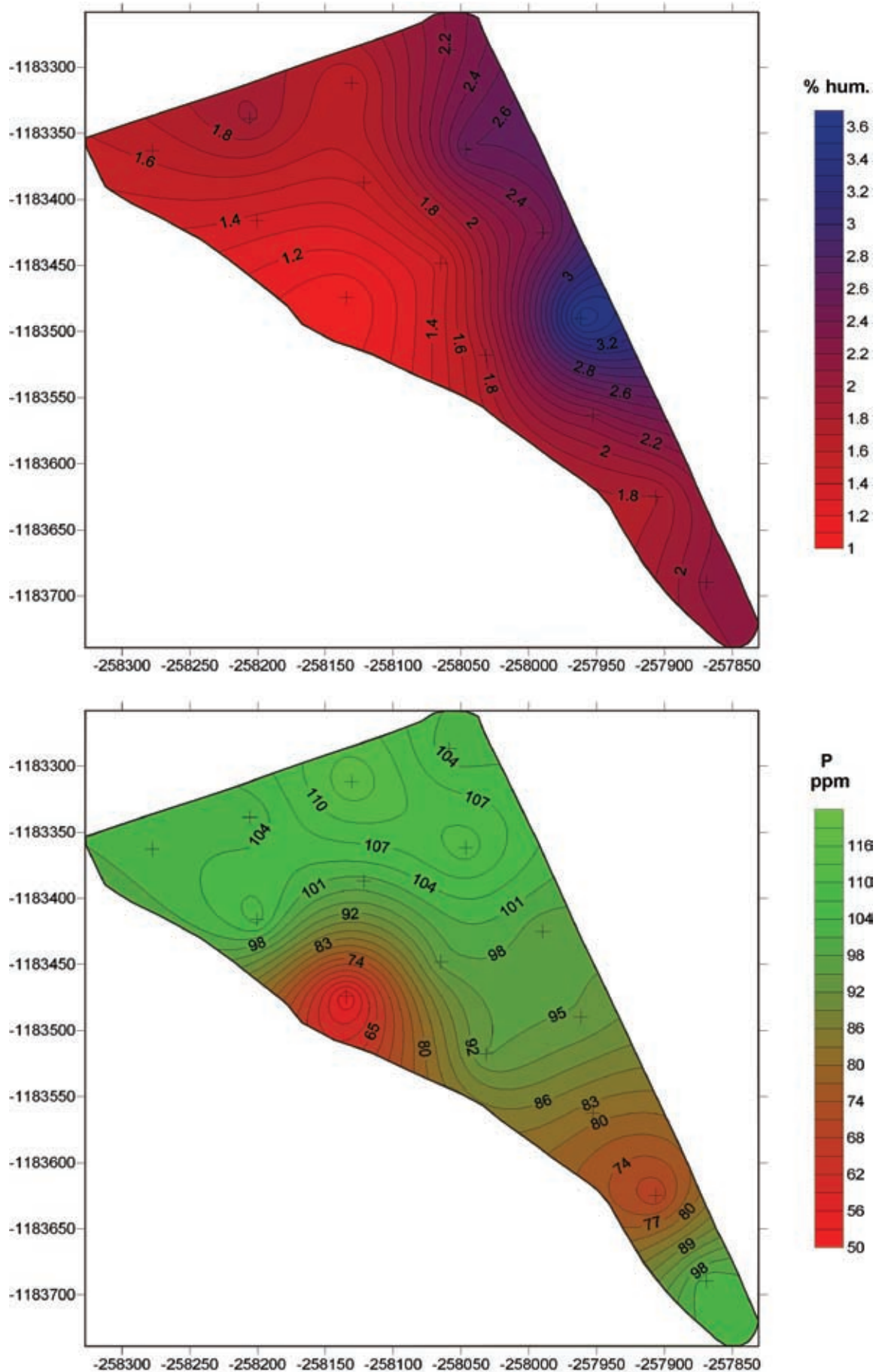
Obr. 2 Variabilita penetračného odporu pôdy (hore) a aktuálnej vlhkosti pôdy (dole) v hĺbke 0,30 m



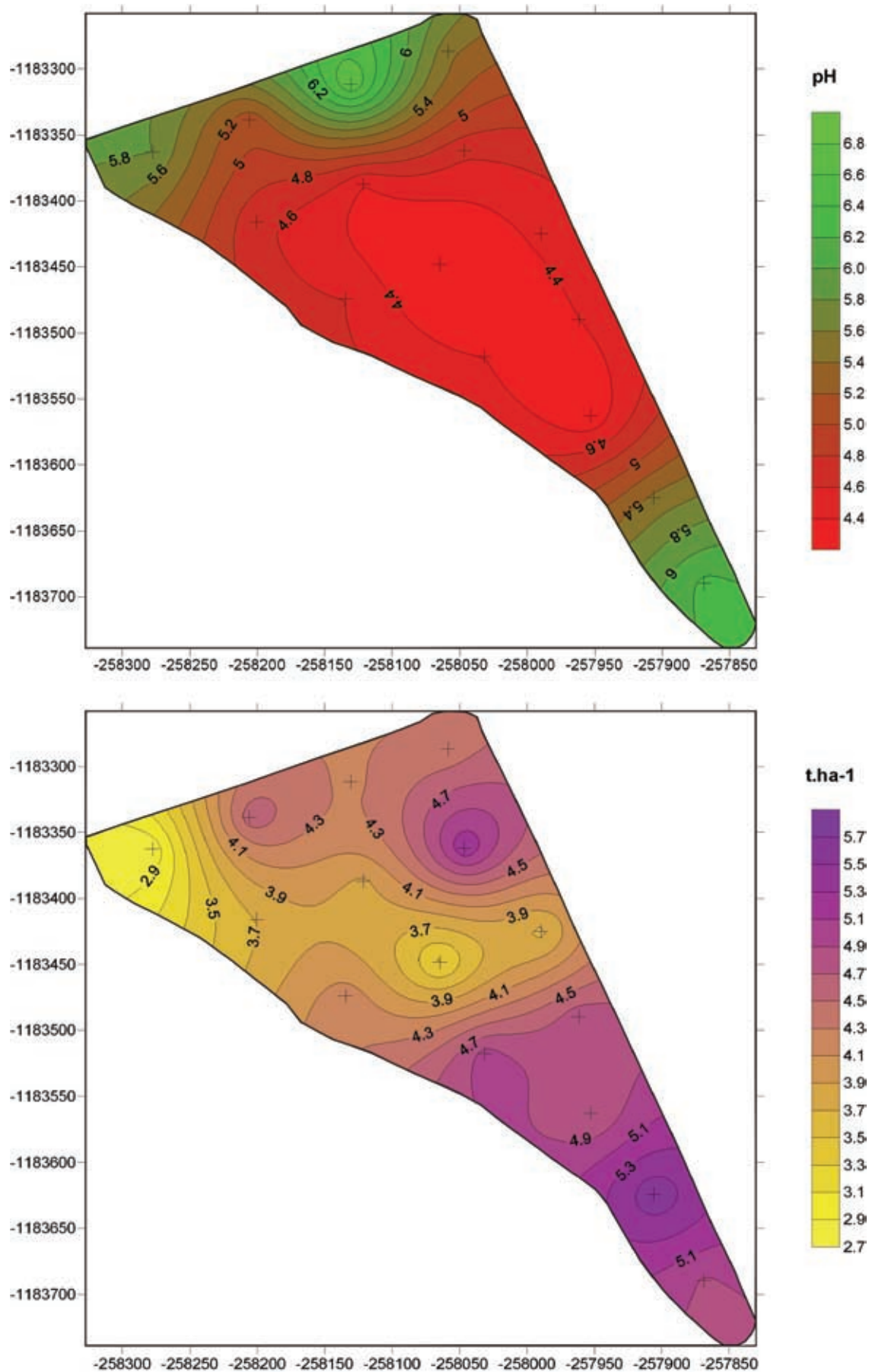
Obr. 3 Variabilita penetračného odporu pôdy (hore) a aktuálnej vlhkosti pôdy (dole) v hĺbke 0,50 m



Obr. 4 Variabilita obsahu humusu (hore) a obsahu fosforu (dole) v hĺbke 0 – 0,30 m



Obr. 5 Variabilita pôdnej reakcie pH (hore) v hĺbke 0 – 0,3 m a variabilita úrod v rámci honu (dole)



# LESNÍ PŮDY ÚSTECKÉHO KRAJE Z POHLEDU DIVERZITY DŘEVIN

## Forest soils of Ústí district from the woods diversity point of view

Marek HANUŠ, Miroslav HLÁVKA

*Fakulta životního prostředí, Univerzita J.E. Purkyně, Králová Výchovina 7,  
400 96 Ústí nad Labem, ČR*

### Abstrakt

Článek obsahuje odborné zkušenosti o vztazích půd a odlesnění v Ústeckém kraji za posledních 40 let. Pozornost je soustředěna na Krušné hory a na vazby lesů postihnutých emisemi toxických plynů a diverzitu lesa. Jsou zdůrazněny 3 typy, které jsou přehlédnuté a nejsou ekonomicky tak často využívány. Okrem toho je poskytnutá informace o dálnici D8, která je budovaná přes Národní park Východní Krušné hory.

**Klíčová slova:** dřevina, půda, Ústecký kraj

### Abstract

An article contains forester's experiences about relations soils with trim woods in Ústí district since last 40 years. Attention is aimed on Krušné hory, relation forest with emission of toxic gases and wood diversity. Accented are tree types which are marginalized and aren't economic used so often. In article is given current information about D8 highway building across National park Východní Krušné hory Mts.

**Key words:** wood, soil, Ústí district

### ÚVOD

Ústecký kraj (dále jen ÚK) se rozkládá v severozápadní části České republiky. Pět z jeho sedmi okresů leží při hranici se SRN ve směru JZ – SV v pořadí Chomutov, Most, Teplice, Ústí nad Labem a Děčín, zbývající dva okresy jsou vnitrostátní – Litoměřice a Louny. ÚK se vydělil z kraje Severočeského oddělením okresů Česká Lípa, Liberec a Jablonec nad Nisou.

Z pedologického hlediska jde o území velmi rozrůzněné, navíc v nemalé části výrazně zasažené civilizačními procesy. Vedle přímého vlivu především povrchové těžby hnědého uhlí to byl i vliv spadu ze zdrojů emisí, který poznamenal ve 20. století chemické procesy v půdě.

Tento příspěvek je pojat jako výběr poznatků lesníka, sledujícího vývoj lesů v Ústeckém kraji od roku 1960 do dneška. Během té doby byl autor s přírodou prakticky v každodenním styku. V současné době působí na ploše 893 ha v Českém středohoří jako odborný lesní hospodář pro město Úštěk a Homoli.

### Přírodní podmínky

ÚK je rozdělen tokem největší české řeky Labe na jihozápadní část s Krušnými horami, Mosteckou a Žateckou pánví, nivou Ohře, Lounským a Milešovským středohořím a severovýchodní část s převážnou částí Labských pískovců, Verneřickým středohořím a západními okraji Lužických hor a Severočeské pískovcové plošiny. Z toho vyplývá, že většina území leží v mezofytiku, výše položené partie v oreofytiku a pánve s nižšími polohami Českého středohoří spolu se západním výběžkem Polabí v termofytiku. Na území kraje se vyskytuje jak oficiálně nejteplejší místo v ČR (dle starších pramenů Žitenice, dle nejnovějších Doksany), tak i takzvaný „větrný pól republiky“ Milešovka (837 m n.m.).

Nejzachovalejší partie krajiny získaly ve druhé polovině minulého století statut chráněných území – sluší se připomenout i předchozí zájem vědců, počínaje Alexandrem von Humboldtem v Českém

středohoří přes mineraloga, homolského rodáka Josefa Emanuela Hibsche, libochovického rodáka Jana Evangelistu Purkyně a mnohé další ke Karlu Dominovi a nejmladší generaci badatelů na čele s editorem nejnovějšího botanického klíče Karlem Kubátem. Nalézají se zde národní park České Švýcarsko a chráněné krajinné oblasti Labské pískovce, Lužické hory, České středohoří a Kokořínsko. Z maloplošných chráněných území se většina nachází samozřejmě na lesní půdě.

Z lesnického hlediska zasahuje ÚK do přírodních lesních oblastí (dále jen PLO) 1 – Krušné hory, 2a – Mostecká a Žatecká pánev, 4 – Doupovské hory (okraje oblasti bez jádra podléhajícího MNO ČR), 5 – České středohoří, 17 – Polabí, 18a – Severočeská pískovcová plošina, 19 – Lužická pískovcová plošina a 20 – Lužická pahorkatina.

Je pochopitelné, že za tisíciletí kultivace půdy v nejteplejších polohách kraje došlo k postupnému vytěsnění lesů do špatně obdělávacích okrajových poloh. Tento proces trval do konce 19. století, již před I. světovou válkou je pozorovatelný odliv obyvatelstva z venkova do měst a útlum tlaku na další rozšiřování zemědělského půdního fondu. K němu došlo až v 70. letech 20. století, kdy s nástupem modernější techniky do socialistického zemědělství docházelo k nežádoucí (z pohledu ochrany půdy i krajiny) arondaci lesních celků i zemědělských bloků, likvidaci mimolesní dřevinné vegetace i některým neuváženým melioracím. K nejhrubším zásahům patřily v té době tzv. „náhradní rekultivace“, při nichž za zemědělský půdní fond (dále jen ZPF) odejmutý výrobě v hnědouhelných pánvích byly likvidovány meze a kamenné snosy na náhorní parovině Krušných hor. V současnosti jsme svědky opačného trendu, i v oblasti termofytika (!) jsou některé polnosti opouštěny a postupovány k zalesnění, neboť zemědělci je nedokáží pravidelně obdělávat.

Tab. 1 Zastoupení lesů v Ústeckém kraji dle okresů

Okres	Rozloha lesa (ha)	Lesnatost (%)	Jehličnatý les (ha)	Listnatý les (ha)	Průměrný věk
Děčín	43 515	49,1	32 741	10 116	62
Chomutov	32 203	36,5	20 170	11 412	38
Litoměřice	15 804	16,3	7 600	7 770	62
Louny	18 214	15,7	12 028	5 578	59
Most	14 388	32,5	6 106	8 006	37
Teplice	17 136	36,3	8 198	8 597	45
Ústí n.L.	12 241	30,8	3 622	8 419	56
Ústecký kraj	153 501	28,8	90 465	59 898	51,5
Severočeský kraj (bývalý)	244 434	34,7	161 309	78 471	55,0

### Hlavní půdní typy v jednotlivých přírodních lesních oblastech

Krušné hory, tvořené horninami krystalinika, daly vznik především podzolům na krystalických břidlicích a žule (25,6 %), na náhorní parovině pak rašelinným horským půdám (23,8 %). Oligotrofní hnědé půdy na krystalických břidlicích představují 13,9 %. Směrem k západu roste výskyt rašelinných glejů a rašeliny na rulách, fylitu i žulách (9,5 %). Rankery na svazích představují 7 %.

Tyto půdy s výjimkou rašeliny poskytovaly dobré podmínky pro klasickou hercynskou kombinaci buk, jedle, smrk. Buk byl vytěžen především pro potřeby sklárství, jedle pro kvalitu dřeva našla rovněž snadno uplatnění a v 19. století byl jednoznačně upřednostněn v době smrkové mánie, smrk ztepilý. Mistry byl doprovázen i výsadbou modřínu, žel, často alpské proveniencí. Zelená pro smrk platila do 60. let 20. století, kdy v důsledku imisí převážně ze zdrojů umístěných v Mostecké pánvi došlo k celoplošnému hynutí této dřeviny. Překotná likvidace kalamity harvestory a procesory byla zajišťována celoplošně, přičemž byly bohužel odstraněny i jedinci, vyznačující se individuální odolností vůči imisím, tudíž stromy, které měly být geneticky podchyceny. Ve výjimečných případech se tak i stalo. Je holou skutečností, že tam, kde byly ponechány domácí smrky svému osudu se našly skupiny dřevin, které dnes prosperují a během posledních 15 – 20 let několikrát plodily.

K prudkému zhoršení půd okyselením pak došlo v letech, kdy již fungovaly na velkých zdrojích emisí lapače popílků, avšak nebyly dostatečně zachycovány plynné zplodiny s SO<sub>2</sub>. Již brněnský

pedolog Pelišek konstatoval pokles pH o 1,5 stupně na několika lokalitách na Chomutovsku během 50 let (kolem 1975). Problematika okyselení půd byla m.j. řešena leteckou aplikací mikromletého vápence.

Mostecká pánev, do níž na více místech pronikají výběžky Českého středohoří, poskytuje pro les především mezotrofní hnědé půdy na miocéních sedimentech a čedičích (37,3 %). Oligotrofní hnědé půdy a ilimerizované půdy představují 32,8 % a mezotrofní vápnité hnědé půdy na různých podkladech jsou zastoupeny na 15,3 %, přičemž skýtají mimořádně dobré podmínky pro biologickou rozrůzněnost. Stále probíhající hnědouhelná těžba znamená i neustálý pohyb v evidenci půdy, místy dochází i k přesýpání již existujících zalesněných výsypek (např. Alexandr u Duchova).

Okraj doupovského stratovulkánu reprezentují především hnědé půdy na čedičích a tufech (35,5 %) a nevyvinuté půdy na prudkých svazích a sutích spolu s vrcholy a hřbety (31 %). Na svazích se zde lze setkat i s gleji na čediči a tufech (15 %). Oblast je ovšem srážkově ovlivněna Krušnými horami podobně jako pánve.

Oproti tomu v poněkud rozvolněné krajině Českého středohoří, kde mezi jednotlivými vulkány a sopouchy jsou úžlabiny i rozlehlá údolí hojně a intenzivně využívány zemědělsky představují hnědé půdy na čedičích jen 26,3 %, avšak ultrabáze 19,7 %! Mezotrofní hnědá půda na čedičích a hlinitých diluviích 18,8 %. Zejména v posledních letech vláhového deficitu právě v Českém středohoří reakce dřevin jasně ukázaly, kde v minulosti člověk pochybil při volbě dřevin v obnově lesa.

Polabí je zastoupeno především ve známé Zahradě Čech na Litoměřicku, kde se lze setkat i s 1. lesním vegetačním stupněm (dále jen LVS). Sprašové půdy zde s překryvy hlín a štěrkopísků představují 34,6 %, pleistocénní písčito-hlinité půdy na křídovém podloží 20,1 % a štěrkopískové terasy 18,3 %.

Održením Českolipska od Ústí zbyla pouze velmi malá část Severočeské pískovcové plošiny na Úštěcku, kde se vyskytují hnědé lesní půdy na křídových pískovcích a pleistocénních štěrkopísčích. Paradoxně zejména několik málo poloh s výskytem zaříznutých kaňonů s periodickými vodotečemi skýtá přes nízkou nadmořskou výšku dobré přirozené podmínky pro růst smrku ztepilého. Ten zde dosahuje velmi zajímavých dimenzí. Jako zajímavost budiž uvedeno, že v roce 2000 byla z jedné takové lokality z městského lesa Úštěka dodána smrková kulatina do Litoměřic k postavení vorů, které byly splaveny do německé Míšně!

Tyto polohy jsou samozřejmě vhodné i pro pěstování kdysi hojně jedle bělokoré. Jejím širšímu uplatnění však překáží přezvěření oblasti, oproti normovaným stavům několikanásobně. Jádro Severočeské pískovcové plošiny se nachází na Dokesku a zahrnuje i znamenité porosty v oblasti vojenského prostoru Ralsko.

Tab. 2 Přehled PLO zastoupených v Ústeckém kraji

Číslo, PLO	Výměra v ha	Počet hosp.souborů	HS/km <sup>2</sup>
1 – Krušné hory	114 357	18	0,016
2b – Most a Žitá pánve	4 167	13	0,168
4 – Doupov (okraje)	1 453	8	0,551
5 – České středohoří	32 554	14	0,043
17 – Polabí	93 697	9	0,010
18a – Svč. písk. pl.	48 021	17	0,035
19 – Lužická písk. pl.	36 887	15	0,040
20 – Luž. pahorkatina	15 923	11	

Lužická pískovcová vrchovina je reprezentována především hnědými půdami na pískovcích (26,3 %) a písčitymi podzoly na pískovcích a plošinách (25,5 %). Hnědé půdy na třetihorních efusích představují 13,6. V oblasti České Kamenice se v 19. století hojně experimentovalo s introdukovanými dřevinami, především severoamerickými. Tak se zde ocitla například *Tsuga canadensis*, především však *Pinus strobus*. Dnes tato borovice představuje pro správu NP České Švýcarsko obrovský problém, protože se ukázala jako ekologicky přizpůsobivější nežli osvědčený domácí ekotyp borovice lesní „Jetřichovické“. Ta byla v minulosti hojně využívána a žádána v Německu, m.j. i pro výrobu lodních stěžňů!

Lužická pahorkatina, nacházející se severně předchozí PLO, se vyznačuje především kyselými půdami – mezotrofní hnědé půdy na žule a granodioritu představují 30,8 %, podzolované hnědé půdy 20 % a oglejené půdy na sedimentech 14,9 %. Je zde velmi vysoké zastoupení smrku, který v závěru minulého tisíciletí byl pod silným tlakem imisí ze zdrojů v žitavské pánvi.

### ***Vztah půdní úrodnosti a pěstovaných dřevin***

Lesy ÚK jsou exploatovány již dlouhá staletí. Písemné doklady o jednotlivých panstvích jsou k dohledání v příslušných archivech a poskytují dnešnímu badateli zajímavé informace. Například z panství Černínů v západní části Lounska (Petrohrad a okolí) jsou z poloviny 18. století velice přesné údaje, kdy byly evidovány dokonce i otepi dříví a jednotlivé zástřezy zvěře pernaté i srstnaté. Je to ovšem i další důkaz o propracovanosti hospodaření v lesích. Budiž proto zapátráno po možnostech autochtonního výskytu základních dřevin v jednotlivých PLO.

V Krušných horách předcházely v době smrkové mánie výsadbě sazenic hydromeliorace, při nichž byla zrašelinělá půda protkána sítí mělkých per (do hloubky maximálně 100 cm, většinou však jen kolem 50 cm – tato čísla potvrdil průzkum, prováděný pro potřeby Technické kanceláře PŘSL Teplice počátkem 70. let). O 100 let později bylo přistoupeno v některých případech k takzvaným provozním melioracím, které byly realizovány bez projekční přípravy a často byla práce ponechána jen na zkušeném bagristovi. Netřeba zdůrazňovat, že byly často hlavníky směřovány kolmo na vrstevnice a na rašelinách byla snaha hloubit příkopy až na délku ramene, protože rychleji přibývaly kubické metry, které byly fakturovány.

Tab. 3 *Přehled hlavních typů půd v oblastech Krušné hory, Mostecká a Žatecká pánev a České středohoří*

<b>Krušné hory</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>
Oligotrofní hn. p. (podzol) na kryst.břidl. a žule	29,235	25,6
Rašel. horská hn. půda na raš., humus podzol., rule, svoru	27,265	23,8
Oligotrof. hn. p., ilimerizované p. na miocénu, permu	12,491	13,9
Rašel. gleje, rašeliny na rule, fylitu, žule	10,868	9,5
Rankery na svazích	7,952	7,0
Balvanité svahy, hřebeny, syrozem, vrchol. rašelinistiště	4,721	4,2
Ilimerizované hn. p. na porfyru, svoru, fylitu, žule	3,275	2,9
Hn.půdy až semigleje na kryst. břidlici a žule	3,369	2,9
Podzoly na svoru, fylitu a žule	4,647	4,1
<b>Mostecká a Žatecká pánev</b>		
Mezotrofní (eutr.) hn. p. na miocénních sed., čediči	1,554	37,3
Oligotrof. hn. p., Ilimer. p., na miocénu, permu	1,370	32,8
Slunné svahy, mezotrof, váp. hn. p. na miocénu, opuce, ž., č	635	15,3
Hřebeny, svahy, rankery a zbahnělý raš. glej	324	7,8
<b>České středohoří</b>		
Hnědé p. na čediči a tufech	8,558	26,3
Nevyvinuté hn. p. na čed. a tuf. – prudké svahy, sutě, vrch., hř	1,628	5,0
Eutrof. hn. p. na ultrabáz. horninách	6,395	19,7
Mezotrof. hn. p. na čed., znělci – hřebeny, slun. svahy	2.928	9,8

Koncem 60. let byla vyvinuta technologie obnovy porostů na parovině Krušných hor pomocí buldozerů, které shrnovaly klest a pařezy do pruhů. Nahrnutá hmota představovala dle šetření Šacha (VÚLHM Jíloviště – Strnady) dvanácti až třináctinásobek organické hmoty oproti vyčištěné ploše mezi valy. Tuto technologii dodržovaly všechny lesní závody s výjimkou Litvínova, kde za působnosti Václava Bradáče v roli pěstebního inspektora byla výhradně uplatňována technologie založená na bagrové přípravě půdy. Při ní jednak bagr vytvářel kopečky při hloubení odvodnění ploch s vysokou hladinou podzemní vody, jednak převracel půdní povrch stržením případného drnu. Vznikl tak mikro-

relief, kdy mezi vrcholem kopečku a dnem prohlubně byl rozdíl i 100 cm. V humidní oblasti tak sazenice na kopečku získávala výhodu pozice oproti buření, v místech mrazových kotlin i proti kritickým pozdním mrazům. Naopak prohlubeň zadržovala srážkovou vodu a podílela se tak na vzniku mikroklimatu vhodného pro mladý strom. Žel, po odchodu Václava Bradáče do důchodu i na lesním závodě Litvínov došlo k užití buldozerové přípravy půdy.

Na náhorní parovině Krušných hor lze o autochtonních porostech mluvit jen v případě jader rozlehlých rašelinišť, jako je například Oceán nebo Novodomské rašeliniště, kde se vyskytuje *Pinus mugo*, *P. uncinata*, *Betula nana*, *Sorbus aucuparia* a některé druhy *Salix*. Všechny ostatní stromovité dřeviny nutno považovat za cíleně vysazené. Na svazích ovšem je situace jiná. V době imisní kalamity převládl zdravý názor, že s listnatými těžbami nutno posečkat až do doby odeznění hlavních kouřových škod. Tím došlo k tomu, že některé bučiny, na úpatí hor pak doubravy překročily věkovou hranici 200 let. V těchto porostech lze dohledat starší jedince, o nichž možno soudit, že nebyli vysazeni lidskou rukou. Nejznámější takový strom byl Albrechtický dub, poslední mohykán ze čtveřice, popisované J.E.Chadtem-Ševětínským na počátku 20. století jako „Hraniční duby zanesené v Deskách Zemských“. Nevšimavostí současné generace na počátku 90. let došlo k tomu, že strom byl poničen požárem a následně zavezen skřívku z velkolomu Československé armády. Další autochtonní porost s největší pravděpodobností se nachází v rezervaci Salesiova výšina, kde na křemencích jde o společenstvo buku s dubem a habrem – jednotlivci zde dosahují mimořádných dimenzí.

V Mostecké pánvi již o autochtonních výskytech s výjimkou okrajových dřevin, jako jsou například *Sorbus aria*, *S. torminalis*, *S. danubialis*, rod *Ulmus*, někteří zástupci rodu *Salix* a podobně nelze vůbec mluvit. Naopak v souvislosti se zalesňováním výsypek se zde ocitla řada neofytů, které by postupně měly být eliminovány – především *Acer negundo*.

V Doupovských horách jsou problémy jak s nevhodným výskytem smrku, tak i modřínu, pro druhy šířící se samovolně bez přímého přispění člověka platí totéž jako v případě Mostecké pánve.

České středohoří tím, že zasahuje do 7(!) okresů – Mostu, Teplic, Ústí nad Labem, Děčína, Loun, Litoměřic a České Lípy – představuje mimořádně zajímavé území. Především na ultrabazických půdách se lze setkat se zajímavými podmínkami pro druhovou diverzitu, pokud ji dá člověk možnost.

Na příkladu Českého středohoří lze ukázat možnosti biodiverzity v rámci skupin lesních typů (dále jen SLT). V této PLO č. 5 se vyskytuje celkem 96 SLT! Přes vyšší zastoupení smrku ve vyšších polohách je v Českém středohoří procentuálně smrku výrazně méně oproti českému průměru. Ovšem všechny hospodářské dřeviny v této oblasti se vyskytující nutno považovat za cíleně vysazené, neboť v minulosti zde přirozená obnova byla využívána jen sporadicky. Naopak se lze právem domnívat, že především na vysýchavých půdách, kde se setkáváme s třešní ptačí, jeřáby a někdy i jilmy, jde o autochtonní dřeviny, jež se dostaly na lokalitu cestou zoochorní či anemochorní.

Výskyt *Quercus cerris* spolu s dalšími duby na společných lokalitách, jako je například Dubice nedaleko Porty Bohemici je jen důkazem, jak se v této intenzivně využívané oblasti experimentovalo. Ještě lepším dokladem je porost *Castanea sativa* – kaštanu setého nedaleko Vilemína, který má exempláře staré přes 200 let (stále plodí). Ostatně známá chomutovská Kaštanka, dnes součást Podkrušnohorského zooparku, byla založena před necelými 400 lety mnichy, kteří přinesli kaštanovník z Itálie a volili dobře, protože některé ze stromů plodí dodnes.

Autor v roce 1992 v rámci práce na přípravě územního plánu města Ústí nad Labem procházel povodí jednotlivých vodotečí a přitom narazil v pásmu bukové doubravy mezi Sebužínem a Brnou na pravém labském břehu na porost složený z dubu a buku s příměsí břeku ve věku nad 100 let. Protože břeke na rozdíl od hlavních dřevin nevykazoval prakticky žádné poškození, vzbudil tím zvýšený zájem a v současnosti již je větší počet břeků evidován v databázi VÚLHM, z elitních stromů jsou odebrány řízky a na problematice této dřeviny se intenzivně pracuje.

Jediným jehličnanem využitelným v nejnižších polohách ČS je borovice lesní, ta však v posledních letech má problémy s nedávno zavlečenou houbovou chorobou. Borovice lesní má dlouhodobé problémy i co se týče počtu funkčních jehlic – většina jedinců totiž má jen 2 ročníky. Naopak ve vyšších polohách ČS je na místě pracovat s jedlí bělokorou. Na lokalitě Muckov byl nalezen exemplář se 13 ročníky jehlic, i když zřejmě šlo o výjimku. Absolutním rekordem autora v tomto směru bylo nalezení jedle bělokoré v lokalitě Blatenský svah v nejzašším západním výběžku kraje, kde 70-letý exemplář měl 15 ročníků funkčních jehlic!

Polabí je předurčené snad ještě více k pěstování cenných listnáčů nežli ČS. Hlavní hospodářská dřevina, borovice, trpí snad více nežli v ČS. Značná část porostů se potýká s agresí akátu.

Severočeská pískovcová plošina je obdobně doménou borovice, je však doplněna i smrkem. Zde v minulosti došlo k závažným pěstitelským chybám, když například na Dokesko byla zanesena provenience borovice lesní z oblasti Darmstadtu. Autor porovnal růst této borovice s místní proveniencí pěstovanou ve vojenském prostoru pod Bezdězem v roce 1969 v rámci postgraduální práce. Vyšlo jednoznačně, že porosty domácí provenience byly vzrůstnější, méně trpěly sněhovými závěsy a celkově vykazovaly lepší kondici.

Lužická pískovcová plošina je zastoupena v NP České Švýcarsko. Velkým problémem tohoto území je agresivita nešťastně introdukované vejmutovky. Její agresivitu lze přirovnat k agresivitě akátu. V této PLO však lze nalézt i autochtonní dřeviny. Nejsou to jen borovice na skalách eventuálně některé smrky v kaňonech, ale i nečekané nálezy domácí jedle. V zapomenutých roklích a kaňonech. Vít Friml objevil několik jedinců o výčetním obvodu kolem 300 cm a výšce přes 50 m.

Dalším problémem NP je otázka nepůvodní zvěře. Zatímco muflon je v chráněných územích na indexu a je likvidován či převážen jinam, kamzik, dovezený do oblasti v roce 1903 (dle některých pramenů až 1906) je dnes soustředěn do 3 velkých tlup a vcelku tolerován. Dá se očekávat, že v případě této zvěře nebude postoj ochranářů tak rigidní, jako v případě jiných introdukcí.

Lužická pahorkatina je předurčena k různým typům smrkového hospodářství, samozřejmě vždy s podílem melioračních a zpevňujících dřevin (MZD). Oblast je pod silným vlivem emisí ze SRN i Turova (při SV proudění). Vyšší srážky jsou pro smrk příznivé. Za úvahu by zde stálo použití smrku sitky a douglasky.

### ***Současné trendy v obnově v Ústeckém kraji***

Na většině lesní půdy, tj. především na LPF obhospodařovaném Lesy ČR převládá obnova přesně v intencích jednotlivých LHP. Na menších majetcích soukromníků a obcí, na rozdíl od státních pozemků dotovaných Ministerstvem zemědělství, je situace jiná. Řada hospodářů se snaží dotaci využít a sází MZD. Na okrajové dřeviny, mezi které patří i cenné listnáče, však ani u jednoho z majitelů LPF nezbyvá energie. Dřeviny jako třešeň, břek a jilm jsou odkázány na Matku Přírodu. Jako příklad autor připomíná úspěchy lesníků ze správy Soutok z Lanžhota. Těm se podařilo v roce 2002 prodat do Rakouska jeden jediný kmen ořešáku černého – *Juglans nigra*, severoamerického druhu do nivy Moravy a Dyje introdukovaného, za 100 000 Kč (!).

I na antropogenních půdách lze pěstovat náročné dřeviny, samozřejmě stanovištně vhodné. Nepochybně proto lze používat k zakládání lesa v oblasti Mostecká i *Sorbus torminalis* – břek a *Cerasus avium* – třešeň ptačí, ve vlhčích místech i *Pseudotsuga menziesii* – douglasku tisolistou, které se daří například i na Sokolovsku. Na Hruboskalsku ve věku necelých 150 let dorůstá douglaska výšky přes 50 m a výčetních průměrů přes 130 cm.

## **ZÁVĚR**

Neobyčejná pestrost geologie Ústeckého kraje dala vzniknout nejrozličnějším půdám. Na těch se následně uchytila pestrá škála dřevin. Ta byla v průběhu civilizačního procesu nahrazena cíleným pěstováním takzvaných „hospodářských“ dřevin. Během smrkové, borové, modřínové a topolové mánie prožila lesní půda místy i šoky. Současná generace lesníků se snaží o nápravu, v níž má ovšem řadu překážek.

Ze stanovištního hlediska se tak pro cenné listnáče a nedostatkové dřeviny dostává prostoru především na vysychavých půdách, kde panuje mezi lesníky velký strach z nezdaru. V první řadě je však nutno vyřešit otázku snížení stavů zvěře v souvislosti se škodami, v druhé pak opakovanou osvětou vzbudit větší zájem mezi odborným personálem o honbu za kvalitou, nikoli kvantitou.

## **LITERATURA**

Plíva, K., Žlábek, I., 1989: Provozní systémy v lesním plánování. MLVHD Praha.

Koles projekt, 2000: Lesy města Ústěku, LHP 2000 – 2009.

MZe ČR, 2000: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky. Lesnická práce, Praha.

# VPLYV VÁPNEŇA NA MIKROBIÁLNU BIOMASU V PÔDACH EMISNE ZAŤAŽENEJ OBLASTI SLOVENSKEHO RUDOHORIA

## Influence of liming on microbial biomass in soils of the emission - impacted area of Slovenské rudohorie Mts.

Katarína HARNOVÁ, Miroslav KROMKA

Katedra pedológie, Prírodovedecká fakulta UK v Bratislave, Mlynská dolina B – 2,  
842 15 Bratislava, SR

[harnova@fns.uniba.sk](mailto:harnova@fns.uniba.sk), [kromka@fns.uniba.sk](mailto:kromka@fns.uniba.sk)

### Abstrakt

Masívne hynutie sekundárnych smrečín v Slovenskom rudohorí je v poslednom desaťročí predmetom štúdia mnohých prác skúmajúcich širokú škálu možných príčin nepriaznivého stavu lesných porastov. Za týmto účelom boli zriadené aj dve poloprevádzkové výskumné plochy v katastri obce Nálepko, na lokalitách Surovec a Zahájnica. Cieľom predkladaného príspevku je predovšetkým zistiť vplyv vápnenia na biomasu mikroorganizmov v humusových horizontoch pôd na týchto výskumných lokalitách. Spolu s vplyvom vápnenia sa sledoval aj vplyv vybraných drevín (*Picea abies*, *Tilia cordata*) a lokalít na biomasu mikroorganizmov, pričom sa brali do úvahy výsledky niektorých pôdno-chemických vlastností.

**Kľúčové slová:** biomasa mikromycét a baktérií, pôdna acidifikácia a ťažké kovy, sekundárne smrečiny, Nálepko

### Abstract

Massive decline of secondary spruce forests in the Slovenské rudohorie Mts. has been the subject of many studies examining many possible reasons of the critical condition of the forest stands. For this purpose, two semi-practice experimental plots were established in the cadastre of the Nálepko village (localities Surovec and Zahájnica). The aim of this contribution is mainly to observe the effect of liming on biomass of microorganisms in topsoil horizons in both experimental localities. Considering certain soil-chemical parameters, along with the effect of liming also the effect of chosen tree species (*Picea abies*, *Tilia cordata*) and of site on microbial biomass were observed.

**Key words:** biomass of micromycetes and bacteria, soil acidification and heavy metals, secondary spruces, Nalepkovo

### ÚVOD

Sekundárne smrečiny v oblasti Nálepko v spišsko-gemerskej časti Slovenského rudohoria sú v posledných desaťročiach postihnuté hromadným hynutím lesných porastov. Za možné príčiny tohto nežiadúceho stavu sa pokladajú výrazná antropicky podmienená pôdna acidifikácia a vysoký obsah rizikových prvkov v pôdach, najmä ortuť Hg, doprevádzaná arzénom (Šomšák et al., 1995). Znečistenie pôd pochádza predovšetkým z lokálnych priemyselných zdrojov v Rudňanoch a Krompachoch (vyraďené z prevádzky v roku 1993), predpokladá sa aj diaľkový prenos imisii ostravsko-katowického typu. Zvýšená acidifikácia pôd tohto regiónu spôsobuje mobilitu rizikových prvkov (najmä Hg) a pod jej vplyvom sa v sledovanom území objavujú ďalšie negatívne vplyvy, ako deficit makroživín, toxicita hliníka a najmä inhibícia procesov mineralizácie pôdnej organickej hmoty (Dlapa et al., 1997).

V 80-tych rokoch 20. storočia sa v strednej a severnej Európe rozšírilo vápnenie lesov v snahe zamedziť ďalšiemu okysľovaniu pôdy a po opakovanom zásahu zvýšiť pH pôd tak, aby sa dostali z tlmivého rozsahu hliníka (Šály, 1996). Podľa Kreutzer (1995 in Šomšák et al., 1995) k pozitívnym vplyvom vápnenia patrí deacidifikácia pôdy, zníženie mobility toxických foriem Al a ťažkých kovov, vzrast zásobenosti pôd kationmi  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  a zlepšenie kvality humusu. Za špecifických podmienok sa môžu výraznejšie prejavovať aj negatívne vplyvy vápnenia, ako napr. zníženie zásoby humusu, plytkjší koreňový systém, odumieranie koreňov, a v neposlednom rade aj mobilizácia ťažkých kovov vo forme organických komplexov.

Pôdna acidifikácia sa najvýraznejšie prejavuje v povrchových horizontoch, kde sú najviac koncentrované pôdne mikroorganizmy. Mnoho prác zameraných na sledovanie možných príčin hynutia lesov v tomto regióne je publikovaných v zborníkoch Šomšák et al. (1995) a Šomšák et al. (1997), vplyv znečistenia pôd na pôdne mikroorganizmy a ich biomasu sledovala Ďugová (1999), Matysová (1999). V terestrických ekosystémoch je známa adaptabilita pôdných mikroorganizmov voči kyslému prostrediu a pufrovacia schopnosť pôdy, ktorá prispieva k odolnosti voči kyslým zrážkam, samozrejme nie s neobmedzenou platnosťou (Šimonovičová, 1990). Acidifikácia výrazne redukuje množstvo mikrobiálnej biomasy (Matysová, 1990) a v takýchto a iným spôsobom zaťažených pôdach je množstvo baktérií a aktinomycét značne potlačené a ich úlohu v pôdno-mikrobiologických pomeroch preberajú mikroskopické huby (Kocianová, Šimonovičová, 1997). Jedným z vhodných postupov pri hodnotení záťaže pôdy acidifikáciou a ťažkými kovmi je stanovenie množstva mikrobiálnej biomasy.

## MATERIÁL A METÓDY

### *Stručná charakteristika výskumných plôch*

V roku 1996 boli v katastri obce Nálepkovo zriadené dve poloprevádzkové výskumné plochy (lokality Surovec a Zahájnica) s cieľom využiť formu asanačného zalesňovania (bolo vysadených 5 drevín *Picea abies*, *Tilia cordata*, *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus*, *Abies alba*) a vyskúšať pôsobenie vápnenia. Výskumné lokality sú súčasťami rúbaniskových plôch, ktoré vznikli v roku 1995. Na každej lokalite boli dreviny vysadené vedľa seba na výmerách 20 x 75 m (0,15 ha) v pravidelnom spone. K aplikácii vápnenia sa pristúpilo v roku 1996. Plocha každej dreviny je rozdelená mulčovacími plachticami na časť vápnenú jemným dolomitickým prachom (prípravok Dolvapvarinit) v množstve 4 t.ha<sup>-1</sup>, a na časť kontrolnú – nevápnenú (Antoni, 1997). Základné stanovištné charakteristiky oboch výskumných plôch sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Základné stanovištné charakteristiky výskumných plôch

	Surovec	Zahájnica
Nadmorská výška	800 – 870 m n.m.	630 – 690 m n.m.
Orientácia svahu	V	SZ
Sklon svahu	50 %	30 %
Pôdny typ	kambizem podzolová*	kambizem podzolová*
Obsah rizikových prvkov	As = 62,4 mg.kg <sup>-1</sup>	As = 39,3 mg.kg <sup>-1</sup>
Ao-horizont (0 – 5 cm)	Hg = 2,40 mg.kg <sup>-1</sup>	Hg = 4,73 mg.kg <sup>-1</sup>

\* pôdny typ podľa Kolektív (2000)

Pôdne vzorky boli na oboch výskumných plochách odobraté v máji 2001 z rizosféry časti Ao-humusového horizontu (hlbka 0 – 5 cm) z vápneného a kontrolného variantu smreku a lípy. Smrek bol vybraný ako cieľová ihličnatá drevina, lipa – listnatá melioračná drevina. Získané pôdne vzorky boli spracované štandardnými metódami (vysušenie na vzduchu, preosiatie cez 2 mm sito). V jemnozemi sa stanovovala aktívna a výmenná pôdna reakcia, obsah organickej hmoty ( $\text{C}_{\text{ox}}$  %) oxidimetricky podľa Walkey-Black, modifikované Novák, Pelíšek (Klika et al., 1954), a charakteristiky sorpčného komplexu (hodnoty H, S, T, V) Godlinovou metódou podľa Hraško et al. (1962). Pre stanovenie biomasy mikroorganizmov boli zvolené priame mikroskopické metódy. Celková dĺžka hýf mikro-mycét v 1 grame pôdy bola stanovená metódou membránových filtrov podľa Bernát et al. (1984), počet živých baktérií fluorescenčnou metódou podľa Schinner et al. (1993). Prepočet dĺžky hýf

a počtov baktérií na gram pôdy na suchú biomasu bol vypočítaný podľa Zvjagincev et al. (1991). Takto získané hodnoty sa ešte prepočítali na gram organického uhlíka, čím sa podľa Bernát, Braunová (1982) zvýraznia rozdiely medzi jednotlivými vzorkami. Na zistenie štatistickej hodnovernosti rozdielov v hodnotách dĺžok hýf a počtov baktérií medzi vzorkami bol použitý Studentov test.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Cieľom práce bolo zistiť, ako pôsobí vápnenie spolu s ďalšími stanovištnými podmienkami daných lokalít a konkrétnych drevín na biomasu mikromycét a baktérií, ktoré sú považované za dve najpočetnejšie zložky mikrobiálneho spoločenstva v lesných ekosystémoch. Výsledky chemických analýz vzoriek (tab. 2) poukazujú na zlepšenie niektorých sledovaných pôdnych vlastností vplyvom vápnenia. V porovnaní s kontrolnými (nevápnenými) vzorkami takmer všetky hodnoty aktívnej pôdnej reakcie postúpili z hlinikového (pH 3,8 – 4,2) do silikátového pufráčneho pásma (pH 5,0 – 6,2), zlepšilo sa aj nasýtenie sorpčného komplexu. Vplyv vápnenia na obsah organickej hmoty sa prejavil na každej z plôch rozdielne.

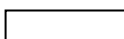
Tab. 2 Výsledky niektorých pôdno-chemických analýz na výskumných plochách

Lokalita	Vzorka	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	% C <sub>ox</sub>	% humus	H mval/100g	S mval/100g	T mval/100g	% V
Surovec	smrek	5,85	5,21	7,6	13,1	8,4	34,8	43,2	80,56
	smrek	4,13	3,24	10,6	18,27	22	6,8	28,8	23,61
	lipa	6,27	5,73	10,2	17,28	7,2	47,2	54,4	86,76
	lipa	4,15	3,38	13,2	22,76	21,4	10	31,4	31,85
Zahájnica	smrek	5,09	4,23	6,6	11,38	12,6	15,6	28,8	55,32
	smrek	4,12	3,31	4,8	8,28	17	3,6	20,6	17,48
	lipa	5,4	4,83	13,2	22,76	11,6	31,6	43,2	73,15
	lipa	3,78	3,16	11,8	20,34	22,8	6	28,8	20,83

vápnenný variant



kontrola

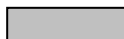


Výsledky stanovenia biomasy mikroorganizmov sú uvedené v tab. 3. Sledovali sme vplyv vápnenia, plochy a dreviny spolu so stanovenými pôdnymi vlastnosťami na biomasu mikroorganizmov, a aj pomerné zastúpenie mikromycét a baktérií v celkovej biomase.

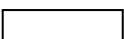
Tab. 3 Biomasa mikroorganizmov (sušina) na výskumných plochách

Lokalita	Vzorka	Mikromycéty (MM)		Baktérie (B)		Celková biomasa (B+MM)	Pomer B/MM
		dĺžka mycélia m.g <sup>-1</sup> pôdy	biomasa µg.g <sup>-1</sup> pôdy	počet baktérií x10 <sup>9</sup> .g <sup>-1</sup> pôdy	biomasa µg.g <sup>-1</sup> pôdy		
Surovec	smrek	6,94	27,07	5,62	112,36	139,43	4,15
	smrek	9,12	35,56	4,37	87,42	122,99	2,46
	lipa	5,47	21,34	8,10	161,96	183,30	7,59
	lipa	4,69	18,27	3,85	77,06	95,33	4,22
Zahájnica	smrek	4,34	16,92	5,14	102,83	119,76	6,08
	smrek	3,85	15,00	7,13	142,62	157,62	9,51
	lipa	3,62	14,10	5,31	106,20	120,30	7,53
	lipa	3,94	15,38	4,36	87,14	102,52	5,67

vápnenný variant



kontrola



Z výsledkov je zrejmé, že i napriek znečisteniu pôdy a nepriaznivým pôdnym vlastnostiam v kontrolných variantoch má veľkú prevahu biomasa baktérií nad biomasou mikromycét. Stanovené

hodnoty biomasy mikromycét sú porovnateľné s hodnotami, ktoré stanovila Ďugová (1990) na lokalitách Rudňany a Krompachy  $19 - 30 \mu\text{g.g}^{-1}$ , a výrazne nižšie ako biomas mikromycét z kontrolnej, antropicky neovplyvnenej lesnej pôdy v Borinke (Malé Karpaty) ( $133 - 198 \mu\text{g.g}^{-1}$ ). V rizosfére smreka bola vyššia biomas ako biomas pod lipou, s výnimkou vápneného variantu na Surovci.

Vzorky z rizosféry smreku mali voči rizosfére lipy nižšie pH, nasýtenosť sorpčného komplexu i obsah organickej hmoty. Nízka hodnota pôdnej reakcie viac vyhovuje mikromycétam, ktorých biomas tu bola vyššia ako v rizosfére lipy. Čo sa týka biomasy baktérií a celkovej suchej biomasy, prejavil sa vplyv vápnenia a plochy – vo vápnených variantoch bola ich biomas väčšia v rizosfére lipy na oboch plochách, v nevápnených v rizosfére smreku. Prepočet biomasy na  $1\text{g C}_{\text{ox}}$  vyhladzuje tieto výsledky jednoznačne v prospech smreku. Ovplyvnenie pôdneho profilu drevinou si však vyžaduje dlhodobšie pôsobenie.

Pôsobenie vápnenia sa v biomase mikroorganizmov na oboch lokalitách prejavilo rôzne. Vápnenie výrazne zvýšilo biomasu baktérií a to najmä v rizosfére smreka. Na Surovci bola zistená väčšia biomas mikromycét a menšia biomas baktérií ako na Zahájnici. Celkovo je možné povedať, že množstvo mikroorganizmov je vyššie na Surovci vo vápnených variantoch, a na Zahájnici v kontrolných. Vápnenie na lokalite Surovec zvýšilo biomasu mikroorganizmov, čo pravdepodobne urýchlilo rozklad organickej hmoty, o čom svedčí znížený obsah  $\text{C}_{\text{ox}}$  v týchto variantoch. Tieto zistenia sú v súlade s tvrdením autorky Kopčanová (1983), podľa ktorej v dôsledku vápnenia kyslých pôd dochádza k rýchlemu rozkladu pôdnej organickej hmoty. V konečnom dôsledku môže teda vápnenie pôsobiť na Surovci negatívne a mať za následok úbytok pôdnej organickej hmoty. Matysová (1999) zaznamenala na Zahájnici krátko po založení pokusu v oboch variantoch všetkých drevín vyššiu biomasu  $\text{C}_{\text{bio}}$  mikroorganizmov (stanovenú metódou substrát-indukovanej respirácie) ako na Surovci. Vo výsledkoch prezentovaných v tejto práci sa na Zahájnici výraznejší vplyv vápnenia neprejavil, pravdepodobne kvôli rôznym stanovištným podmienkam a rozsahu znečistenia, ktoré je na Zahájnici väčšie (Šomšák et al., 1995).

V práci Ďugová (1999) boli v imisiách postihnutých pôdach regiónu okolo Krompách a Rudňan najpočetnejšie mikroskopické huby. Na výskumných plochách v okolí Nálepky bol podiel biomasy sledovaných mikrobiálnych skupín aj napriek znečisteniu pôd posunutý v prospech baktérií, a to nielen vo vápnených variantoch, ale aj v kontrolných, kde sú pre baktérie nepriaznivejšie pôdno-chemické vlastnosti (extrémne kyslé pH, extrémne nenasýtený sorpčný komplex). Pomer baktérie: mikromycéty sa pohyboval v rozmedzí  $2,5 - 9,5$  a bol nižší na Surovci. Vápnenie zvýšilo podiel baktérií v celkovej biomase. Podľa Kopčanová (1983) vápnenie na kyslých stanovištiach podmieňuje skoro bez výnimky vzostup baktérií a aktinomycét a redukciu mikroskopických húb, čím môžeme vysvetliť výrazne vyšší podiel baktérií vo vápnených variantoch. Keďže sme pôdne vzorky odoberali z rizosféry drevín, na hodnoty biomasy baktérií má pravdepodobne vplyv samotná rizosféra, v ktorej sú podľa Kopčanová (1983) najpočetnejšie nesporulujúce baktérie. Vzhľadom na fakt, že pôdne vzorky sa odoberali 6 rokov po vzniku rúbaniska, môžeme potvrdiť názor Bernáta (1973), podľa ktorého v mikrobiocenóze čerstvého rúbaniska prevládajú mikromycéty, postupne v slede k staršiemu (15 ročnému) rúbanisku sa ich relatívne zastúpenie znižuje a prevládnú baktérie a aktinomycéty.

## ZÁVER

Po uplynulých 6 rokoch od založenia pokusu na výskumných plochách v okolí Nálepky možno konštatovať, že vplyvom vápnenia došlo v rizosfére sledovaných drevín k zlepšeniu niektorých pôdnych vlastností (pôdna reakcia, nasýtenie sorpčného komplexu), no vzhľadom na znížený obsah  $\text{C}_{\text{ox}}$  a biomasu mikroorganizmov sa na lokalite Surovec môže v konečnom dôsledku vápnenie prejavovať negatívne. Výraznejší vplyv vápnenia na lokalite Zahájnica nebol pozorovaný. Z porovnania drevín vyplýva, že i napriek nepriaznivejším pôdnym vlastnostiam mali vzorky z rizosféry smreku vyššiu biomasu mikroorganizmov ako rizosféra lipy, najmä v kontrolných variantoch. Lokality sa odlišujú i v pomernom zastúpení mikroorganizmov – v celkovej biomase prevládala vo všetkých vzorkách i napriek prezentovanej záťaži pôd tohto regiónu biomas baktérií, pričom pomer baktérie: mikromycéty bol väčší na Zahájnici.

*Príspevok je súčasťou grantovej úlohy VEGA 1/2411/05.*

## LITERATÚRA

- Antoni J., 1997: Rozpad sekundárnych smrečín obce Nálepko. In: Šomšák L. (ed.) et al., 1997: Zborník zo seminára „Rozpad sekundárnych smrečín obce Nálepko“. Katedra pedológie PríF UK, Bratislava, s. 5-7.
- Bernát J., 1973: Mikrobiologické pomery v okrajovej rúbani. Acta F. R. N. Univ. Comen. – Microbiologia III., s. 1-14.
- Bernát J., Braunová O., 1982: The biomass of micromycetes in forest soil. Acta F. R. N. Univ. Comen. – Microbiologia X, pp. 21-30.
- Bernát J., Braunová O., Mirčink T. G., 1984: Determination of the microfungi biomass. Acta F. R. N. Univ. Comen. – Microbiologia XI, pp. 1-7.
- Dlpa P., Juráni B., Kubová J., 1997: Chemický stav lesných pôd obce Nálepko. In: Šomšák L. (ed.) et al., 1997: Zborník zo seminára „Rozpad sekundárnych smrečín obce Nálepko“. Katedra pedológie PríF UK, Bratislava, s. 25-38.
- Ďugová O., 1999: Pôsobenie ťažkých kovov na biomasu pôdných mikromycét. In: Zborník z 2. medzinárodného seminára „Život v pôde“. Bratislava, s. 38-40.
- Hraško J. et al., 1962: Rozbory pôd. SVPL, Bratislava, 335 s.
- Klika J., Novák V., Gregor A., 1954: Praktikum z fytocenologie, ekologie, klimatologie a půdoznalectví. ČSAV, Praha, 762 s.
- Kolektív, 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. VÚPOP, Bratislava, 76 s.
- Kopčanová L., 1983: Mikrobiológia. Skriptá. Príroda, Bratislava pre VŠP Nitra, 154 s.
- Matysová B., 1999: Vplyv acidifikácie na vybrané mikrobiologicko-ekologické charakteristiky pôd regiónu Nálepko. In: Zborník z 2. medzinárodného seminára „Život v pôde“. Bratislava, s. 91-93.
- Schinner, F., Öhlinger, R., Kandeler, E., Margesin, R., 1993: Bodenbiologische Arbeitsmethoden. Springer-Verlag Berlin, 389 p.
- Šály R., 1996: Ako ďalej s otupením nadmernej kyslosti pôd? Les 6/96, s. 7-9.
- Šimonovičová A., 1990: Mikromycéty vo vysokohorských pôdach. Kandidátska dizertačná práca. PríF UK, Ústav ekobiológie SAV, Bratislava, 171 s.
- Šimonovičová A., Kocianová M., 1997: Mykocenóza acidifikovaného regiónu obce Nálepko. In: Šomšák L. (ed.) et al., 1997: Zborník zo seminára „Rozpad sekundárnych smrečín obce Nálepko“. Katedra pedológie PríF UK, Bratislava, s. 33 – 38.
- Šomšák L., Dlpa P., Juráni B., Kromka M., Majzlán O., 1995: Ekologické podklady obnovy lesa obce Nálepko. Katedra pedológie PríF UK, Bratislava, 62 s.
- Šomšák L. (ed.) et al., 1997: Zborník zo seminára „Rozpad sekundárnych smrečín obce Nálepko“. Katedra pedológie PríF UK, Bratislava, 66 s.
- Zvjagincev D. G. et al., 1991: Metody počvennoj mikrobiologii i biochimii. Izd. MGU, Moskva, 303 s.

# VPLYV ČASU TRVANIA KONTAKTU PÔDY S VODNÝM ROZTOKOM NA SORPČNÉ SPRÁVANIE POLYCYKlickÝCH AROMATICKÝCH UHL'OVODÍKOV (PAU) V PÔDACH\*

## Influence of the sorption contact time with water on sorption behavior of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soils

Edgar HILLER<sup>1</sup>, Katarína SLIVKOVÁ<sup>2</sup>, Mikuláš BARTAL<sup>3</sup>, Zuzana DERZSIOVÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prírodovedecká fakulta, katedra geochemie, Univerzita Komenského, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, SR, [hiller@fns.uniba.sk](mailto:hiller@fns.uniba.sk)

<sup>2</sup>Výskumný ústav vodného hospodárstva, Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava 1, SR

<sup>3</sup>Národné referenčné laboratórium, Výskumný ústav vodného hospodárstva, Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava 1, SR

### Abstrakt

Príspevok sa venuje laboratórnemu štúdiu nerovnovážneho sorpčného správania troch polycyklických aromatických uhl'ovodíkov, naftalénu, fenantrénu a pyrénu v jednej vzorke pôdy. Vplyv času trvania kontaktu vodného roztoku sorbátu s pôdou na celkové sorpčné správanie PAU bol sledovaný pomocou experimentálne stanovených závislostí  $S_t$  od  $C_{w,t}$  v čase 2 hod, 1, 2 (3 pre pyrén) a 21 dní. Všetky pozorované závislosti vyhovovali rovnici analogickej Freundlichovej sorpčnej izoterme:  $\log S_t = \log K_F^{\text{app}} + N_t \log C_{w,t}$ . Namerané výsledky poukazujú na významný nárast v sorbovanom množstve všetkých troch PAU v čase 2 hod až 1 deň a v čase 1 až 21 dní pre fenantrén a pyrén. Zdá sa, že minimálne v prípade fenantrénu a pyrénu sa s rastúcim časom trvania kontaktu znížila miera linearity stanovených závislostí  $S_t$  od  $C_{w,t}$ , ako to vyjadruje významný pokles exponenta ( $N_t$ ) na intervale spoľahlivosti 95 %. V intervale 1 až 21 dní sa zvýšila hodnota zdanlivého rozdeľovacieho koeficienta  $K_F^{\text{app}}$  ( $= K_D$  ( $\text{l.kg}^{-1}$ )) pri  $C_{w,t} = 1 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$ ) pre pyrén ~3,8 krát a fenantrén ~2 krát, zatiaľ čo v prípade naftalénu nebol pozorovaný nárast v  $K_F^{\text{app}}$  na intervale spoľahlivosti 95 %. Toto zistenie naznačuje, že na ustálenie sorpčnej rovnováhy hydrofóbnejších PAU bol potrebný dlhší čas ako menej hydrofóbnych. Uvedená štúdia tiež ukazuje, že viaceré publikované hodnoty  $K_D$  a  $K_{OC}$  rôznych organických látok v literatúre môžu byť výrazne podhodnotené, pretože boli namerané v krátkom čase ( $\leq 1$  deň), ktorý nemusí reprezentovať rovnovážne podmienky počas realizácie hromadných nádobkových experimentov.

**Kľúčové slová:** polycyklické aromatické uhl'ovodíky, sorpčné správanie, kontakt vodného roztoku s pôdou

### Abstract

In this paper, non-equilibrium sorption behavior of three polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), namely naphthalene, phenanthrene and pyrene in one soil type was studied. Impact of sorption contact time on total sorption behavior of PAHs was evaluated by measured phase-distribution relationships at contact times of 2 h, 1, 2 (3 for pyrene) and 21 d. All observed phase-distribution relationships fitted to an equation like Freundlich type reflecting non-equilibrium conditions:  $\log S_t = \log K_F^{\text{app}} + N_t \log C_{w,t}$ . The data indicated significant increase in sorption for all three PAHs from 2 h to 1 d, as well as from 1 to 21 d for phenanthrene and pyrene. It appeared that at least in case of phenanthrene and pyrene, the

\* Príspevok bol prezentovaný na Tretích pôdoznaleckých dňoch, Mojmirovce 22. – 24. 6. 2004

form of the phase-distribution relationships changed from approximately linear to highly nonlinear form as the sorption contact time increased. This fact was reflected by decrease  $N_i$  values at the 95 % confidence level. Apparent distribution coefficient  $K_F^{\text{app}}$  ( $= K_D$  ( $\text{L.kg}^{-1}$ ) at  $C_{W,t} = 1 \mu\text{g.l}^{-1}$ ) over periods of 1 and 21 d increased approximately 3.8 times for pyrene and 2 times for phenanthrene, while for naphthalene was not observed any increase of  $K_F^{\text{app}}$  at the 95 % confidence level. This observation suggests that more hydrophobic compounds exhibit slower sorption kinetics than less hydrophobic compounds like naphthalene. Observed changes in sorption of PAHs studied as contact time increased indicate that literature  $K_D$  and  $K_{OC}$  values for many hydrophobic organic compounds can be significantly underestimated as were measured over short periods ( $\leq 1$  day) because short periods not need represent equilibrium conditions during realized batch experiments.

**Key words:** polycyclic aromatic hydrocarbons, sorption behavior, soil – water solution contact

## ÚVOD

Transport hydrofóbných organických látok často prebieha v nerovnovážnych podmienkach v dôsledku existencie pomalého priebehu sorpcie a desorpcie v sedimentoch (Roberts et al., 1986) alebo v pôdach (Spurlock et al., 1995). Predchádzajúce práce ukázali, že dosiahnutie sorpčnej rovnováhy môže trvať niekoľko dní, mesiacov až rokov (Ball a Roberts, 1991; Huang a Weber, 1998; Pedit a Miller, 1994; Rügner et al., 1999; Weber a Huang, 1996). Ball a Roberts (1991) zistili, že dosiahnutie sorpčnej rovnováhy perchlóretylénu a tetrachlórbenzénu v piesčitých sedimentoch trvalo 10 až 100 dní, a že podľa modelu vnútropórovej difúzie by bol potrebný oveľa dlhší čas na dosiahnutie skutočnej termodynamickej rovnováhy. Potvrdili, že hodnota  $K_D$  tetrachlórbenzénu po 100 dňoch času trvania kontaktu bola 10-krát vyššia ako po 1 dni. Pomalú fázu sorpcie fenantrénu v rašeline preukázal Pignatello (1998), keď hodnota  $K_F$  po 30 dňoch bola 2 krát vyššia ako po 1 dni. Ďalšie experimentálne dôkazy o existencii pomalého priebehu sorpcie organických látok v prírodných sorbentoch uvádzajú Xing a Pignatello (1996) pre 2,4-dichlórbenzén, 2,4-dichlórphenol a metolachlór s kontinuálnym nárastom Freundlichovho koeficienta  $K_F$  a poklesom exponenta  $N$ , keď sa zvýšil čas trvania kontaktu z 1 na 180 dní. Tieto a ďalšie výsledky zhrnuté v prácach Pignatello a Xing (1996) a Luthy et al. (1997) naznačujú, že pomalá fáza sorpcie organických látok v pôdach a sedimentoch tvorí významný príspevok k ich celkovej sorpcii, a že čas potrebný na dosiahnutie sorpčnej rovnováhy sa môže pohybovať od niekoľkých dní až po niekoľko rokov.

Cieľom tejto štúdie bolo experimentálne štúdium závislosti sorpčného správania 3 PAU (naftalén, fenantrén a pyrén) v jednej vzorke pôdy od času trvania kontaktu pôdy s vodným roztokom sorbátu. Laboratórne práce boli uskutočnené menej tradičným spôsobom, pretože sa nesledovala zmena jednej zvolenej hodnoty počiatočnej koncentrácie s časom, ale sledovala sa zmena celkového tvaru závislosti  $S_i$  od  $C_{W,t}$  pre zvolený čas. Takýto prístup môže viesť k hlbšiemu pochopeniu vplyvu času trvania kontaktu na sorpčné procesy a vysvetleniu sorpčných mechanizmov, ktoré sa uplatňujú na sorpcii PAU v pôdach.

## MATERIÁL A METÓDY

Na experimentálne práce bola použitá jedna vzorka pôdy (čiernica) s obsahom organického uhlíka 1,19 % ( $f_{OC} = 0,0119 \text{ g.g}^{-1}$ ) a ílovitej frakcie 11 %. Odoberatá pôda z hĺbky 5 – 30 cm bola voľne vysušená, jemne podrvená a preosiata cez sito na frakciu pod 2 mm. Analytická čistota použitých organických chemikálií, naftalénu, fenantrénu a pyrénu (SUPELCO, USA) bola  $\geq 98$  %. Zásobné roztoky jednotlivých PAU boli pripravené rozpustením v metanole. Získané zásobné roztoky boli následne použité na prípravu série vodných roztokov jednotlivých PAU s požadovanými koncentraciami, pričom riedenie sa realizovalo takým spôsobom, aby výsledné pracovné roztoky obsahovali menej ako 1 obj. % metanolu. Na prípravu vodných roztokov bola použitá deionizovaná a sterilizovaná voda Milli-Q Plus.

Závislosti  $S_i$  od  $C_{W,t}$  boli stanovené metódou hromadných nádobkových experimentov. Pre naftalén a fenantrén bol zvolený pomer pôda: vodný roztok 1 : 10 a pre pyrén 1 : 40. Do sklenených nádobiek so zábrusovým uzáverom a objemom  $100 \text{ cm}^3$  sa navážil buď 1 g pôdy (pyrén), alebo 4 g pôdy (naftalén a fenantrén). K naváženým pôdam sa pridalo presne  $40 \text{ cm}^3$  vodného roztoku naftalénu, fenantrénu a pyrénu v rozsahu 4 až 5 rozličných počiatočných koncentrácií pre každý PAU.

Všetky vodné roztoky obsahovali aj prídavok  $\text{HgCl}_2$ , ktorý zabraňuje biologickej degradácii študovaných PAU. Uzavreté sklenené nádoby sa potom premiešavali na horizontálnej miešačke pri teplote približne  $22 \pm 2$  °C. Pre experimenty v trvaní 21 dní boli nádoby najprv 2 dni neustále premiešavané, a potom sa uložili na miesto bez prístupu svetla. Uložené nádoby sa následne každé 2 dni dodatočne premiešavali niekoľko hodín. V zvolených časových intervaloch (2 hod, 1, 2 (3 pre pyrén) a 21 dní) bol kontakt pôdy s vodným roztokom prerušený prostredníctvom oddelenia v centrifúge a zostatková koncentrácia PAU vo vodnom roztoku bola stanovená metódou vysoko účinnej kvapalinovej chromatografie s fluorescenčným detektorom (HPLC-FD) v Národnom referenčnom laboratóriu pre oblasť vôd na Slovensku. Množstvo PAU sorbovaných v 1 kg pôdy vo zvolených časoch ( $S_t$  [ $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ]) bolo vypočítané z rozdielu ich počiatočnej ( $C_0$  [ $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ]) a zostatkovej koncentrácie vo vodnom roztoku ( $C_{w,t}$  [ $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ]) podľa vzťahu:

$$S_t = \frac{(C_0 - C_{w,t}) \times V}{m} \quad (1)$$

kde  $V$  [l] je objem vodného roztoku a  $m$  [kg] je hmotnosť pôdy. Pozorované straty spôsobené sorpciou PAU na stenách nádobiek a ďalšou manipuláciou s roztokmi boli zohľadnené pri výpočte sorbovaného množstva PAU v pôde. Všetky pokusy boli urobené v 2 paralelných nezávislých meraniach.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na základe získaných výsledkov je možné priebeh sorpcie sledovaných PAU v pôde čiernica rozdeliť na dve odlišné fázy. V prvej fáze (do 24 hodín) boli sledované PAU viazané v použitom geosorbente v rýchlej konfigurácii. Druhá fáza predstavuje sorpciu skúmaných látok v pomalejšej konfigurácii a bola charakteristická pre málo vo vode rozpustné a viac hydrofóbne PAU: fenantrén a pyrén. Pre vo vode rozpustnejší naftalén nebola zistená druhá fáza. Sorbované množstvo fenantrénu a pyrénu vyjadrené prostredníctvom pomeru zdanlivých rozdeľovacích koeficientov nameraných v pomalejšej a rýchlej konfigurácii ( $K_{DP}^{\text{app}}/K_{DR}^{\text{app}}$ , pričom  $K_D^{\text{app}} = S_t/C_{w,t}$ ) naznačuje, že sorpcia týchto dvoch PAU v pomalejšej konfigurácii nie je zanedbateľná. Tieto výsledky podáva tab. 1.

Tab. 1 *Pozorovaná sorpcia v pomalejšej konfigurácii sledovaných PAU v pôde čiernica a niekoľko príkladov prevzatých z literatúry*

	<u>Čas trvania kontaktu (deň)</u>		Pomer $K_{DP}^{\text{app}}/K_{DR}^{\text{app}}$	Podiel v pomalejšej fáze§	Zdroj
	dlhý	krátky			
Pyrén v pôde ČA	21	1	<sup>a</sup> 1,8 – 4,5¶	<sup>a</sup> 0,44 – 0,78	táto práca
Fenantrén v pôde ČA	21	1	<sup>a</sup> 1,5 – 2,8¶	<sup>a</sup> 0,32 – 0,64	táto práca
Naftalén v pôde ČA	21	1	<sup>a</sup> 1,1 – 1,4#	<sup>a</sup> 0,07 – 0,27	táto práca
Fenantrén v sedimente	180	3	2	0,5	(1)
Pyrén v sedimente	180	3	2	0,5	(1)
TeCB v sedimente	100	1	10	0,9	(2)
Metolachlór v pôde	30	1	1,6	<sup>a</sup> 0,31 – 0,37	(3)

¶ Štatisticky významný rozdiel na hladine  $\alpha = 0,05$

# Štatisticky nevýznamný rozdiel na hladine  $\alpha = 0,05$

<sup>a</sup>Závisí od koncentrácie vo vodnom roztoku

§ Podiel v pomalejšej fáze =  $1 - (K_{DP}^{\text{app}}/K_{DR}^{\text{app}})$

(1) Podľa Heiger-Bernays et al. (1995); (2) Podľa Ball a Roberts (1991); (3) Podľa Xing a Pignatello (1996).

V sledovanom čase trvania kontaktu medzi 1 až 21 dňami sa môže zvýšiť hodnota zdanlivého rozdeľovacieho koeficienta ( $K_D^{\text{app}}$ ) o 50 % až 4,5 krát v závislosti od skúmanej organickej látky a jej zostatkovej koncentrácie vo vodnom roztoku. Naše zistenia sa dobre zhodujú s výsledkami prác od iných autorov (napr. Lesan a Bhandari, 2003; Weber a Huang, 1996; Xing a Pignatello, 1996), ktorí pozorovali viazanie atrazínu, fenantrénu, metolachlóru a 2 chlórovaných benzénov v pôdach najprv v rýchlej konfigurácii (24 hodín), v ktorej sa sorbovalo 70 – 80 % uvedených organických látok a potom v pomalejšej fáze. Minimálne 2 dni zistené v tejto práci a nevyhnutné na dosiahnutie sorpčnej rovnováhy pre fenantrén v pôde čiernica tiež udáva Weber a Huang (1996) pre tú istú látku a pôdy. Je

pravdepodobné, že viazanie sledovaných PAU v pôde ČA v rýchlej konfigurácii ( $\leq 24$  hodín) súvisí s ľahkou dostupnosťou neobsadených sorpčných pozícií na povrchu pôdnych zložiek a agregátov. Ako ešte bude podrobnejšie uvedené v ďalšom texte, viazanie v pomalejšej konfigurácii a v stavoch blízkych rovnovážnym môže byť riadené difúziou molekúl PAU do čiastočiek cez medzipriestory a póry prítomné v organických a anorganických zložkách pôdy (Ball a Roberts, 1991; Holubec, 1994; Pignatello a Xing, 1996; Wu a Gschwend, 1986).

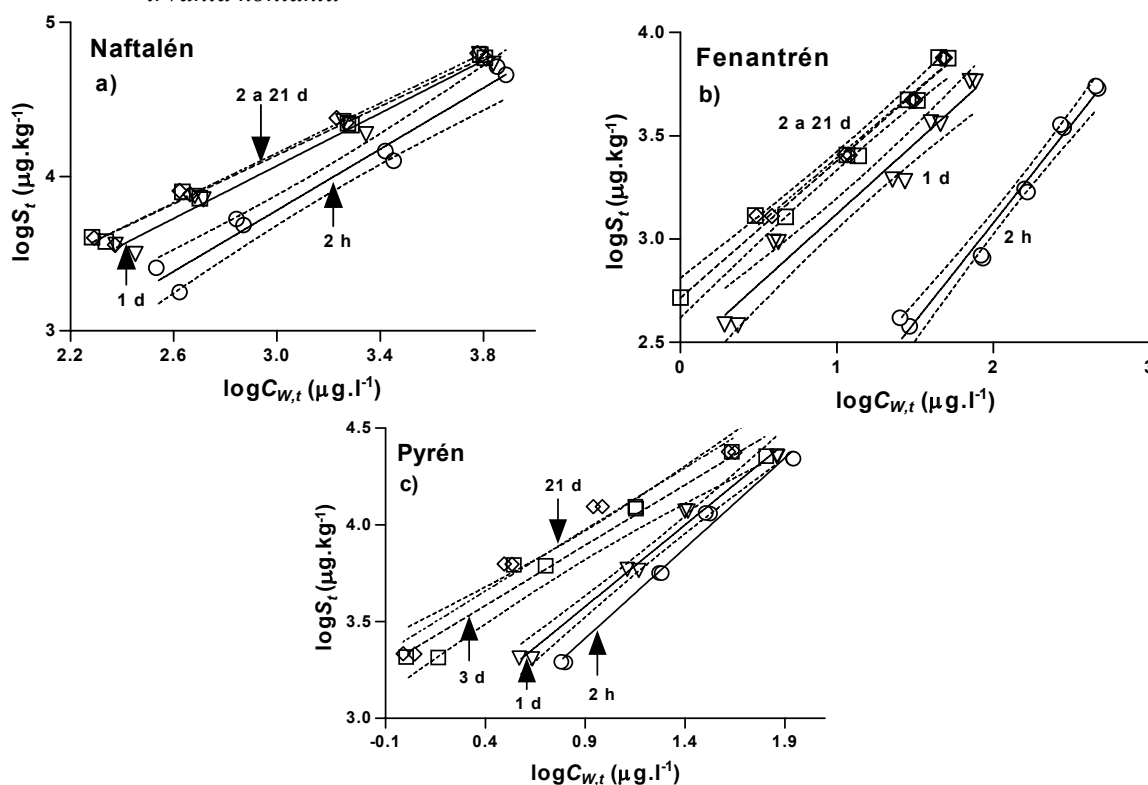
Namerané výsledky pre jednotlivé PAU boli vynesené do upravených grafov reprezentujúcich závislosť sorbovaného množstva ( $S_t$ ) v pôde ČA od ich zostatkovej koncentrácie vo vodnom roztoku ( $C_{w,t}$ ) za nerovnovážnych podmienok. Po dosiahnutí rovnováhy prechádzajú tieto závislosti na sorpčné izotermie. Obr. 1a, b, c znázorňuje namerané závislosti v logaritmickom tvare pre použitý čas trvania kontaktu 2 hod, 1, 2 a 21 dní v prípade naftalénu a fenantrénu a 2 hod, 1, 3 a 21 dní pre pyrén. Preložené priamky cez namerané údaje boli získané vyhodnotením pozorovaných závislostí nelineárnou regresiou pomocou linearizovaného tvaru mocninovej funkcie analogickej rovnici Freundlichovej sorpčnej izotermie v programe GraphPadPrism. Táto rovnica má tvar:

$$\log S_t = \log K_F^{app} + N_t \log C_{w,t} \quad (2)$$

a zohľadňuje nerovnovážne podmienky počas sorpcie (Huang a Weber, 1998).  $S_t$  [ $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ] je sorbované množstvo daného PAU v pôde pre daný čas trvania kontaktu  $t$ ,  $C_{w,t}$  [ $\mu\text{g.l}^{-1}$ ] je zostatková koncentrácia vo vodnom roztoku v čase  $t$ , exponent  $N_t$  je bezrozmerný a vyjadruje mieru nelinearity závislosti  $S_t$  od  $C_{w,t}$  pre čas  $t$  a  $K_F^{app}$  [ $\mu\text{g}^{1-N_t} \cdot \text{l}^{N_t} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] je zdánlivý rozdeľovací koeficient pri  $C_{w,t} = 1 \mu\text{g.l}^{-1}$  alebo v princípe udáva sorbované množstvo organickej látky pre jej jednotkovú koncentráciu vo vodnom roztoku ( $C_{w,t} = 1 \mu\text{g.l}^{-1}$ ) pre daný čas  $t$ . Po dosiahnutí rovnováhy sa  $K_F^{app}$  stáva Freundlichovým koeficientom ( $K_F$ ).

Pozorované závislosti  $S_t$  od  $C_{w,t}$  jasne poukazujú na vzájomný vzťah medzi sorbovaným množstvom naftalénu, fenantrénu a pyrénu v pôde čiernica a časom trvania kontaktu. Uvedené závislosti dokumentujú, že naftalén dosiahol rovnovážny stav za najkratší čas, približne za 1 deň, fenantrén za 2 dni a v prípade pyrénu bol potrebný najdlhší čas na dosiahnutie sorpčnej rovnováhy, tj. 3 dni.

Obr. 1a,b,c Experimentálne určené závislosti sorbovaného množstva sledovaných PAU v pôde čiernica ( $S_t$ ) od zostatkovej koncentrácie vo vodnom roztoku ( $C_{w,t}$ ) pre jednotlivé časy trvania kontaktu



Tab. 2 sumarizuje zmeny vo veličinách  $K_F^{app}$  a  $N_t$  získaných z vyhodnotenia závislostí  $S_t$  od  $C_{w,t}$  rovnicou (1) pre jednotlivé časy trvania kontaktu. Zdá sa, že minimálne v prípade fenantrénu a pyrénu sa s rastúcim časom trvania kontaktu znížila miera linearity stanovených závislostí  $S_t$  od  $C_{w,t}$ , ako to vyjadruje významný pokles exponenta ( $N_t$ ) na intervale spoľahlivosti 95%. Uvedené závislosti všetkých 3 sledovaných PAU pre čas 2 hod boli takmer lineárne, pretože  $N_t \approx 1$  (tab. 2), avšak štatisticky významný pokles v hodnote  $N_t$  s rastúcim časom naznačuje, že pri dlhšom čase trvania kontaktu sa stali výrazne nelineárne.

Tab. 2 Veličiny  $\log K_F^{app}$  a  $N_t$  získané vyhodnotením pozorovaných závislostí  $S_t$  od  $C_{w,t}$  pomocou linearizovanej mocninovej funkcie analogickej rovnici Freundlichovej sorpčnej izotermy ( $\log S_t = \log K_F^{app} + N_t \log C_{w,t}$ )

	Čas trvania kontaktu	$K_{OW}$	$\log K_F^{app} \quad N_t \quad R^2$		
<b>Naftalén</b>	2 hod	2 291	0,808 (0,593)	0,992 (0,018)	0,967
	1 deň		1,510 (0,390)	0,853 (0,124)†	0,979
	2 dni		1,770 (0,180)#	0,789 (0,059)	0,994
	21 dní		1,730 (0,250)§	0,808 (0,080)	0,990
<b>Fenantrén</b>	2 hod	37 154	1,165 (0,268)	0,956 (0,123)	0,976
	1 deň		2,437 (0,159)	0,684 (0,121)†	0,955
	2 dni		2,714 (0,096)¶	0,663 (0,080)	0,982
	21 dní		2,747 (0,107)§	0,645 (0,084)	0,983
<b>Pyrén</b>	2 hod	151 356	2,574 (0,156)	0,932 (0,108)	0,987
	1 deň		2,819 (0,127)	0,843 (0,095)	0,987
	3 dni		3,333 (0,133)¶	0,624 (0,123)†	0,963
	21 dní		3,402 (0,123)§	0,636 (0,125)	0,963

¶ Štatisticky významný nárast medzi 1 a 2, resp. 3 dňami na hladine  $\alpha = 0,05$

# Štatisticky nevýznamný nárast medzi 1 a 2 dňami na hladine  $\alpha = 0,05$

§ Štatisticky nevýznamný nárast medzi 2, resp. 3 a 21 dňami na hladine  $\alpha = 0,05$

† Štatisticky významný pokles  $N_t$  oproti predchádzajúcej hodnote na hladine  $\alpha = 0,05$

Vysvetliť zmenu tvaru závislostí  $S_t$  od  $C_{w,t}$  pozorovaných v tejto práci je do dnešnej doby záležitosťou protirečivých argumentov. Niektorí autori, napr. (Huang et al., 2003; Weber et al., 1992; Xing a Pignatello, 1997) považujú exponent ( $N_t$ ) za ukazovateľ toho, do akej miery majú jednotlivé aktívne sorpčné pozície homogénne rozloženie energie, pričom ak je  $N_t \approx 1$ , tak sorbované molekuly organickej látky sa viažu prevažne na pozície s rovnakou energiou. Zdá sa, že tento argument môže byť prijateľný pre vysvetlenie poklesu  $N_t$  a rastúcej nelinearity s rastúcim časom trvania kontaktu. 2 hod sú pravdepodobne postačujúce len k tomu, aby sa molekuly sledovaných PAU mohli viazať v ľahko dostupných sorpčných pozíciách s nízkou a relatívne rovnakou energiou na povrchu pôdnych komponentov. Navyše za takýto krátky čas nemôže nastať úplné obsadenie a nasýtenie všetkých pozícií molekulami PAU, takže sledovaná látka sa priamo úmerne rozdeľuje medzi tuhú fázu a vodný roztok pri akejkoľvek koncentrácii vo vodnom roztoku.

S rastúcim časom však môže dochádzať k viazaniu molekúl PAU aj do ťažšie prístupných sorpčných pozícií s odlišnou energiou na povrchu a súčasne k difúzii molekúl PAU do sorpčných pozícií s výrazne odlišnou distribúciou energie vo vnútri agregátov, čo sa makroskopicky prejaví pozorovaným nárastom v miere nelinearity a poklesom  $N_t$  (Weber a Huang, 1996). Zdanlivý rozdeľovací koeficient ( $K_F^{app}$ ) sa počas prvých 24 hod výrazne zvýšil pre všetky 3 sledované PAU, pričom v prípade fenantrénu a pyrénu jeho nárast pokračoval aj po tomto čase, avšak v menšom rozsahu. Rovnovážna hodnota  $K_F^{app}$  pre naftalén bola dosiahnutá za 1 deň, pre fenantrén za 2 dni a po 3 dňoch aj pre pyrén, keďže po tomto čase nebol zistený štatisticky významný rozdiel na hladine  $\alpha = 0,05$  (95 % interval spoľahlivosti). Čas potrebný na ustálenie rovnovážnych hodnôt  $K_F^{app}$  je v zhode s uvedenými časmi potrebnými na dosiahnutie sorpčnej rovnováhy podľa obr. 1a, b, c. Z tohoto dôvodu, závislosti  $S_t$  od  $C_{w,t}$  pre sledované PAU, pri ktorých sa predpokladá ustálenie rovnováhy sa dajú považovať za sorpčné izotermy skúmaných sústav pôda-vodný roztok organického sorbátu a príslušné hodnoty  $K_F^{app}$  za rovnovážne Freundlichove koeficienty ( $K_F$ ).

Doteraz uvedené výsledky dokumentujú jeden veľmi zaujímavý fenomén. Naftalén, ktorý je najrozpuštnější vo vode, má najnižšiu schopnosť akumulácie v nepolárnom organickom rozpúšťadle

vyjadrenú ako  $K_{OW}$  a aj najmenšiu schopnosť sorbovať sa v pôde ČA (vyjadrenú ako  $K_F^{app}$  v rovnováhe  $\approx K_F$ ) zo všetkých 3 PAU potreboval najkratší čas na dosiahnutie sorpčnej rovnováhy.

Naopak, rovnováha pre pyrén s najnižšou rozpustnosťou vo vode a najvyššou afinitou k nepolárnym organickým rozpúšťadlám a k pôde ČA bola dosiahnutá za najdlhší čas. Tieto pozorovania sa zhodujú s výsledkami z prác Ball a Roberts (1991) a Wu a Gschwend (1986) a podporujú predstavu, že dlhší čas potrebný na dosiahnutie sorpčnej rovnováhy a teda pomalšie ustáľovanie rovnováhy hydrofóbnejších PAU môže nejakým spôsobom súvisieť so sorpciou vo vnútorných póroch a agregátoch pôdy. Potom ako prebehne sorpcia v rýchlej konfigurácii ( $\leq 24$  hod), sorpcia ďalších molekúl sorbátu v pomalejšej konfigurácii a v stavoch blízkych rovnovážnemu, kedy sú aktívne sorpčné centrá na povrchu sorbentu obsadené je možná pravdepodobne len pomocou difúzneho transportu molekúl sorbátu k voľnému povrchu sorbentu vo vnútorných póroch. Wu a Gschwend (1986) predpokladali, že pomalé ustáľovanie sorpčnej rovnováhy súvisí s difúziou molekúl sorbátu do čiastočiek cez póry, pričom ich difúzia je spomaľovaná pôsobením lokálnej sorpcie na vnútorných stenách pórov a agregátov. Inými slovami, difúzia molekúl nepolárnych organických látok s vyššími rozdeľovacími koeficientami ( $K_{OW}$ ,  $K_D$  alebo  $K_F$ ) do čiastočiek bude pomalšia ako dôsledok účinnejšej lokálnej sorpcie na vnútorných stenách pórov. Vonkajším prejavom takéhoto správania môže byť zistený dlhší čas potrebný na dosiahnutie sorpčnej rovnováhy pre pyrén a fenantrén ako naftalén.

## ZÁVER

Pozorované zmeny v hodnotách rozdeľovacích koeficientov s rastúcim časom trvania kontaktu ukazujú, že skutočný rozsah sorpcie nepolárnych organických látok v pôdach a sedimentoch môže byť oveľa väčší, ako vyplýva z experimentálnych stanovení pre krátky čas. Z tohto dôvodu môžu byť niektoré publikované hodnoty veličín  $K_D$ , resp.  $K_{OC}$  mnohých organických látok podhodnotené, pretože boli stanovené v krátkom čase ( $\leq 1$  deň), ktorý nemusí predstavovať rovnovážne podmienky počas experimentálnych prác a teda takéto hodnoty  $K_D$ , resp.  $K_{OC}$  sú vyjadrením len prvej, rýchlej fázy sorpcie. Do pochybností sa tak dostávajú aj viaceré publikované lineárne regresie typu  $\log K_{OC}$ - $\log K_{OW}$  a  $\log K_{OC}$ - $\log S_w$ , pretože sú založené na predpoklade lineárnej rozdeľovacej rovnováhy a väčšinou vychádzajú z  $K_{OC}$  zistených pre čas 1 deň a menej.

Ako ukázali výsledky dosiahnuté v tejto štúdii, tieto predpoklady nie sú vždy splnené, pretože čas potrebný na dosiahnutie rovnovážneho stavu pre fenantrén a pyrén bol  $>1$  deň, závisel od  $K_{OW}$  a v rovnováhe bolo pozorované výrazne nelineárne sorpčné správanie sledovaných PAU. Podobne, možno sa domnievať, že viaceré matematické modely založené na predpoklade okamžitej rovnovážnej a lineárnej sorpcie a používané v praxi na simuláciu transportu a transformačných premien toxických organických látok v životnom prostredí môžu výrazne skresľovať skutočný stav, ak transport alebo premena organickej látky prebieha rýchlejšie alebo porovnateľne rýchlo ako sorpcia.

## LITERATÚRA

- Ball, W.P., Roberts P.V., 1991: Long-term sorption of halogenated organic chemicals by aquifer material. 2. Intraparticle diffusion. *Environ. Sci. Technol.*, 25, 1 237-1 249.
- Heiger-Bernays, W., Menzie, C., Montgomery, C., Edwards, D., Pauwels, S., 1995: Draft report environmentally acceptable endpoints in soil. Gas Research Institute, Environment & Safety Research Group.
- Holubec, M., 1994: Vplyv bentonitu na sorpciu organických látok v podzemných vodách (Práce a štúdie č. 128). VÚVH, Bratislava, 109 s.
- Huang, W., Peng P., Yu, Z., Fu, J., 2003: Effects of organic matter heterogeneity on sorption and desorption of organic contaminants by soils and sediments. *Appl. Geochem.*, 18, 955-972.
- Huang, W., Weber Jr., W.J., 1998: A distributed reactivity model for sorption by soils and sediments. 11. Slow concentration-dependent sorption rates. *Environ. Sci. Technol.*, 32, 3549-3555.
- Lesan, H.M., Bhandari, A., 2003: Atrazine sorption on surface soils: time-dependent phase distribution and apparent desorption hysteresis. *Water Res.*, 37, 1644-1654.

- Luthy, R.D., Aiken, G.R., Brusseau, M.L., Cunningham, D.S., Gschwend, P.M., Pignatello, J.J., Reinhard, M., Traina, S.J., Weber Jr., W.J., Westall, J.C., 1997: Sequestration of hydrophobic organic contaminants by geosorbents. *Environ. Sci. Technol.*, 31, 3341-3347.
- Pedit, J.A., Miller, C.T., 1994: Heterogeneous sorption processes in subsurface systems. 1. Model formulations and applications. *Environ. Sci. Technol.*, 28, 2094-2104.
- Pignatello J.J., 1998: Soil organic matter as a nanoporous sorbent of organic pollutants. *Adv. Coll. Interf. Sci.*, 76 – 77, 445-467.
- Pignatello, J.J., Xing, B., 1996: Mechanisms of slow sorption of organic chemicals to natural particles – a review. *Environ. Sci. Technol.*, 30, 1-11.
- Roberts, P.V., Goltz, M.N., Mackay, D.M., 1986: A natural gradient experiment on solute transport in a sand aquifer. 3. Retardation estimates and mass balances for organic solutes. *Water Resour. Res.*, 22, 2047-2058.
- Rügner, H., Kleinedam, S., Grathwohl, P., 1999: Long term sorption kinetics of phenanthrene in aquifer materials. *Environ. Sci. Technol.*, 33, 1645-1651.
- Spurlock, F.C., Huang, K., Genuchten, M.Th.V., 1995: Isotherm nonlinearity and nonequilibrium sorption effects on transport of fenuron and monuron in soil columns. *Environ. Sci. Technol.*, 29, 1000-1007.
- Weber Jr., W.J., McGinley, P.M., Katz, L.E., 1992: A distributed reactivity model for sorption by soils and sediments. 1. Conceptual basis and equilibrium assessments. *Environ. Sci. Technol.*, 26, 1955-1962.
- Weber Jr., W.J., Huang, W., 1996: A distributed reactivity model for sorption by soils and sediments. 4. Intraparticle heterogeneity and phase-distribution relationships under nonequilibrium conditions. *Environ. Sci. Technol.*, 30, 881-888.
- Weber Jr., W.J., Huang, W., Yu, H., 1998: Hysteresis in the sorption and desorption of hydrophobic organic contaminants by soils and sediments: 2. Effects of soil organic matter heterogeneity. *J. Contam. Hydrol.*, 31, 149-165.
- Wu, S., Gschwend, P.M., 1986: Sorption kinetics of hydrophobic organic compounds to natural sediments and soils. *Environ. Sci. Technol.*, 20, 717-725.
- Xing, B., Pignatello, J.J., 1996: Time-dependent isotherm shape of organic compounds in soil organic matter: implications for sorption mechanism. *Environ. Toxicol. Chem.*, 15, 1282-1288.
- Xing, B., Pignatello, J.J., 1997: Dual-mode sorption of low polarity compounds in glassy (polyvinyl chloride) and soil organic matter. *Environ. Sci. Technol.*, 31, 792-799.

# SORPCIA POLYCYKlickÝCH AROMATICKÝCH UHL'OVODÍKOV (PAU) V PÔDACH: VPLYV FYZIKÁLNO-CHEMICKÝCH VLASTNOSTÍ SORBÁTU A SORBENTU\*

## Sorption of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAU) in soils: effect of physical-chemical properties of sorbate and sorbent

Edgar HILLER<sup>1</sup>, Katarína SLIVKOVÁ<sup>2</sup>, Mikuláš BARTAL<sup>3</sup>, Zuzana DERZSIOVÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prírodovedecká fakulta, katedra geochémie, Univerzita Komenského, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, SR, [hiller@fns.uniba.sk](mailto:hiller@fns.uniba.sk)

<sup>2</sup>Výskumný ústav vodného hospodárstva, Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava 1, SR

<sup>3</sup>Národné referenčné laboratórium, Výskumný ústav vodného hospodárstva, Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava 1, SR

### Abstrakt

Štúdia sa venuje laboratórnemu výskumu sorpcie polycyklických aromatických uhl'ovodíkov v pôdach v rovnovážnych podmienkach. Na stanovenie rovnovážnych sorpčných izoteriem naftalénu, acenaf-ténu, fluorénu, fenantrénu a pyrénu sa použilo šesť vzoriek pôd s rozdielnym podielom organického uhlíka ( $f_{OC} = 0,0048 - 0,0241$ ), ílovitej frakcie ( $f_{CM} = 0,006 - 0,372$ ) a odlišným mineralogickým zložením ílovitej frakcie. Detailnejší rozbor dosiahnutých výsledkov ukázal, že organický uhlík má najväčší vplyv na rovnovážne sorbované množstvo jednotlivých PAU v pôdach, aj keď od určitého podielu ílovitej frakcie, zvlášť smektitov môže byť sorpčné správanie PAU výrazne ovplyvnené práve prítomnými smektitmi. Tento vplyv sa začína prejavovať pri hodnote pomeru organického uhlíka k smektitom približne 1 : 10 alebo pri pomere  $f_{OC}/f_{smektit} \sim 0,1$ . Výsledky tiež ukázali, že aj napriek pozorovanej nelineárnej sorpcie, priemerné hodnoty rozdeľovacích koeficientov  $K_D$  a normalizovaných na podiel organického uhlíka  $K_{OC}$ , sú porovnateľné s hodnotami publikovanými v literatúre a záviseli od molekulových vlastností PAU: od miery hydrofóbnej povahy vyjadrenej rozdeľovacím koeficientom v sústave n-oktanol-voda  $K_{OW}$  a rozpustnosti vo vode  $S_W$ .

**Kľúčové slová:** polycyklické aromatické uhl'ovodíky, sorpcia, smektit

### Abstract

This study is dedicated to laboratory investigation of sorption behavior of polycyclic aromatic hydrocarbons in soils under equilibrium conditions. Six soils from Slovakia with different organic carbon fraction ( $f_{OC} = 0.0048 - 0.0241$ ), clay fraction ( $f_{CM} = 0.006 - 0.372$ ) and mineralogical composition of clays were used for determination of naphthalene, acenaphthene, fluorene, phenanthrene and pyrene sorption isotherms. The more detailed analysis of results showed that soil organic carbon was predominant sorbent in the sorption of investigated polycyclic aromatic hydrocarbons from aqueous solution by soils, although it was found that sorption behavior of PAH compounds in soils was significantly affected by smectites when organic carbon/smectite ratio was roughly below 0.1 ( $f_{OC}/f_{smectite} \sim 0.1$ ). The results also showed that average distribution coefficient  $K_D$  values and the normalized to organic carbon content  $K_{OC}$  of studied PAH compounds, despite observed nonlinear sorption, were comparable with their values earlier published in the literature and were dependent on their molecular properties: hydrophobicity expressed as  $K_{OW}$  and water solubility  $S_W$ .

**Key words:** polycyclic aromatic hydrocarbons, sorption, smectite

\* Príspevok bol prezentovaný na Tretích pôdoznaleckých dňoch, Mojmirovce 22. – 24. 6. 2004

## ÚVOD

Sorpcia organických látok v pôdach je jedným z najdôležitejších procesov, ktorý určuje ich pohyblivosť, bioprístupnosť a biologickú rozložiteľnosť v pôdnom prostredí (Alexander, 1995). Je dokázané, že množstvo danej organickej látky sorbované v pôdach závisí predovšetkým od dvoch hlavných činiteľov: (1) od vlastností pôdy a (2) od vlastností organickej látky (Karickhoff, 1981, 1984). Sorpcia nepolárnych organických látok, napríklad PAU, je v mnohých prípadoch závislá najmä od podielu organického uhlíka v pôde ( $f_{OC}$ ) (Chiou et al., 1998; Karickhoff, 1981; Karickhoff et al., 1979; Means et al., 1980). Menej významná úloha minerálnych komponentov pôdy pre sorpciu PAU sa pripisuje konkurenčnej a prednostnej adsorpcii polárnych molekúl vody na polárnych vonkajších a vnútorných povrchoch minerálnych komponentov pôdy (Chiou et al., 1983; Kile et al., 1995). Experimentálne určené hodnoty sorpčných rozdeľovacích koeficientov ( $K_D$  alebo  $K_F$ ) pre nepolárne organické látky sa zvyčajne normalizujú na podiel organického uhlíka v pôde podľa vzťahu:  $K_{OC} = K_{D,F}/f_{OC}$ , kde  $K_{OC}$  je koeficient, ktorý udáva rozdelenie danej látky medzi vodný roztok a hypotetický sorbent so 100 % obsahom organického uhlíka. Tento prístup umožňuje zmenšiť variabilitu hodnôt  $K_D$  a  $K_F$  pre sorpciu nepolárnych organických látok, pretože  $K_{OC}$  je relatívne nezávislý od podielu a povahy organického uhlíka v pôde a umožňuje lepšie porovnávanie sorpčného správania medzi pôdami a sedimentmi s rôznymi vlastnosťami (Hamaker a Thompson, 1972). Veľkosť normalizovaného rozdeľovacieho koeficienta ( $K_{OC}$ ) nepolárnych organických látok súvisí s ich dvomi vlastnosťami: (a) s rozpustnosťou vo vode ( $S_W$ ) a (b) s rozdeľovacím koeficientom v sústave oktanol-voda ( $K_{OW}$ ).

V príspevku sú uvedené experimentálne stanovené sorpčné izotermy 5 PAU (naftalén, acenaftén, fluorén, fenantrén a pyrén) pre šesť vzoriek pôd s rozdielnym podielom organického uhlíka ( $f_{OC} = 0,0048 - 0,0241$ ) a ílovitej frakcie ( $f_{CM} = 0,006 - 0,372$ ) a zároveň sa stručne hodnotí vplyv vlastností sorbentu (pôda) a sorbátu na sorpčné správanie PAU v pôdach.

## MATERIÁL A METÓDY

Na experimentálne práce bolo použitých šesť vzoriek pôd odobratých vo výške pôdneho profilu 5 – 30 cm, vopred voľne vysušených a preosiatych cez 2 mm sito (tab. 1). Sorpčné izotermy PAU boli stanovené metódou nádobkových experimentov v sklenených nádobkách so zábrusovým uzáverom a objemom 100 cm<sup>3</sup>. Do sklenených nádobiek s presne naváženým množstvom danej upravenej vzorky pôdy (1 – 4 g) boli pridané vodné roztoky jednotlivých PAU s rozdielnou počiatočnou koncentráciou, s objemom 40 cm<sup>3</sup> a prídavkom vodného roztoku HgCl<sub>2</sub>, ktorý slúži ako prevencia proti biologickému rozkladu. Vodné roztoky s rozdielnou počiatočnou koncentráciou boli pripravené zo sledovaných PAU rozpustených v čistom metanole. Pripravené nádoby boli potom neustále premiešavané 48 – 96 hodín na horizontálnej miešačke. Po tejto dobe bolo premiešavanie prerušené a časť pôdných suspenzií sa odoberala do plastových „vialiek“ určených na centrifugáciu. Rovnovážne vodné roztoky boli v centrifúge oddelené od pôdy (2 min pri 10 000 rpm) a analyzované pomocou vysoko tlakovej kvapalinovej chromatografie s fluorescenčným detektorom (HPLC-FD) na VÚVH Bratislava v Národnom referenčnom laboratóriu pre oblasť vôd na Slovensku. Množstvo sorbovaných PAU v 1 kg pôdy ( $S_e$  [μg.kg<sup>-1</sup>]) bolo vypočítané podľa rovnice:  $S_e = (C_0 - C_e) \times V/m$ , kde  $m$  [kg] je hmotnosť použitej pôdy,  $V$  [l] je objem roztoku,  $C_0$  [μg.l<sup>-1</sup>] je počiatočná koncentrácia PAU vo vodnom roztoku pred interakciou s pôdou a  $C_e$  [μg.l<sup>-1</sup>] je rovnovážna koncentrácia vo vodnom roztoku po interakcii s pôdou.

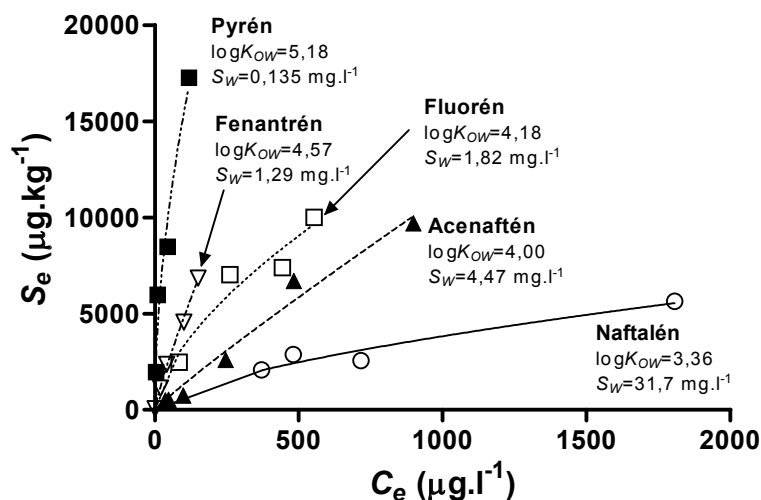
Tab. 1 Vybrané ukazovatele použitých pôd

	RM	HM 1	ČA	HM 2	ČM	SA
<b>Pôdny typ</b>	regozem	hnedozem	čiernica	hnedozem	černozem	smonica
<b>Pôdny druh</b>	piesčitá	hlinitá	piesčito-hlinitá	hlinitá	ílovito-hlinitá	ílovito-hlinitá
<b>Lokalita odberu</b>	Lozorno	Chynorany	Stupava	Chynorany	Žihárec	Gbely
<b>Ílovitá frakcia (&lt; 2μm)</b>	0,60	22,9	11,0	22,1	29,8	37,2
<b>Organický uhlík (%)</b>	0,48	0,89	1,19	1,53	2,41	1,57
<b>Smektitý (%)</b>	< 1,00	< 1,00	< 1,00	11,5	14,3	21,6
<b>Pomer org.uhlík/smektitý</b>	0,48	0,89	1,19	0,13	0,17	0,07
<b>pH(H<sub>2</sub>O)</b>	5,76	7,30	7,96	7,86	8,38	6,11

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

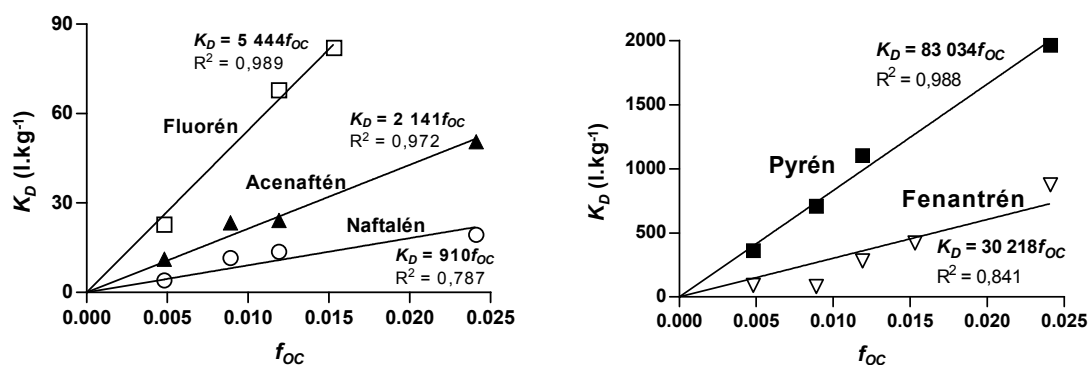
Stanovené sorpčné izotermy sú uvedené na obr. 1. Získané sorpčné izotermy najlepšie vyhovovali Freundlichovej izoterme, ktorá má tvar:  $S_e = K_F C_e^N$ , kde  $K_F$  [ $\mu\text{g}^{1-N} \cdot (\text{l})^N \cdot \text{kg}^{-1}$ ] je Freundlichov koeficient a  $N$  je Freundlichov exponent. Koeficient  $K_F$  je v zásade možné považovať za ukazovateľ sorbovaného množstva PAU v pôde ( $S_e$  [ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ]) z roztokov, ktoré majú jednotkovú rovnovážnu koncentráciu ( $C_e = 1$  ppb). Pretože hodnota  $K_F$  závisí od zvolených jednotiek, za účelom zhodnotenia vplyvu vlastností pôd a sorbátov na sorpčné správanie PAU boli použité priemerné hodnoty  $K_D$  vypočítané ako aritmetický priemer hodnôt  $K_D$  pre jednotlivé body zodpovedajúcej sorpčnej izotermy.

Obr. 1 Pozorované sorpčné izotermy pre sorpciu sledovaných PAU v pôde regozem (RM)



Obr. 2 poukazuje na dve skutočnosti: (1) priemerné hodnoty  $K_D$  sledovaných PAU viac-menej záviseli od podielu organického uhlíka v pôdach s výnimkou pôdy SA a (2) pozorované vysoké hodnoty  $K_D$  sa nedali vysvetliť len zmenami v podiele organického uhlíka. Zdá sa, že táto odchýlka pre pôdu SA môže nejako súvisieť s príspevkami od expandujúcich ílových minerálov k celkovej sorpcii PA.

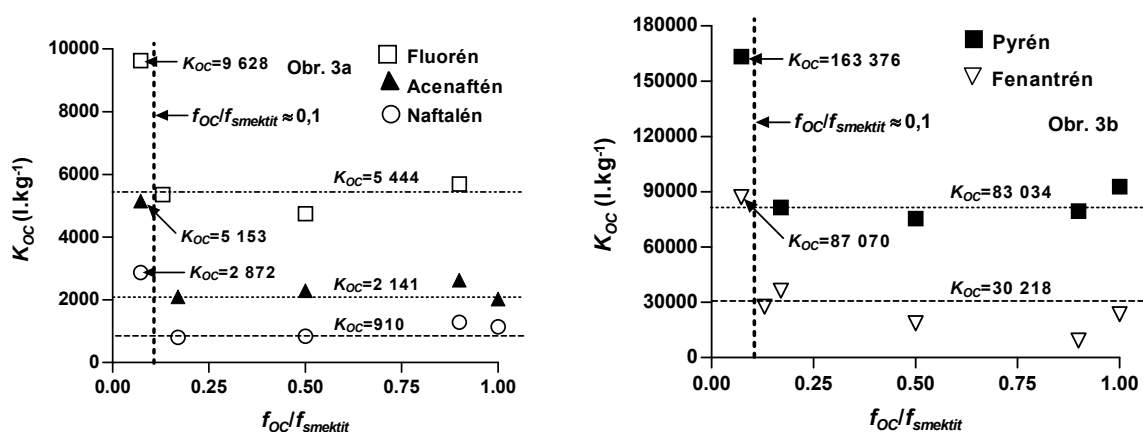
Obr. 2 Zistená závislosť rozdeľovacích koeficientov ( $K_D$ ) skúmaných PAU od podielu organického uhlíka ( $f_{OC}$ )



Uvedené zistenie najlepšie ilustrujú obr. 3a, b, v ktorých sú vynesené priemerné  $K_{OC}$  jednotlivých PAU oproti pomeru organický uhlík/smektit ( $f_{OC}/f_{smektit}$ ) použitých pôd. Prerušované čiary rovnobežné s osou  $x$  predstavujú  $K_{OC}$  zistené zo závislosti  $K_D$  od  $f_{OC}$  (obr. 2). Možno si všimnúť, že od pomeru  $f_{OC}/f_{smektit} \sim 0,1$  sú namerané  $K_{OC}$  takmer rovnaké a oscilujú okolo  $K_{OC}$  zistených zo závislosti  $K_D$  od  $f_{OC}$ , čo naznačuje, že hlavným sorbentom v týchto pôdach je organická hmota. Na druhej strane, ak je pomer  $f_{OC}/f_{smektit} < 0,1$ , čo je prípad pôdy smonica (SA),  $K_{OC}$  všetkých PAU sú približne 2 až 4 krát vyššie ako pre pôdy s  $f_{OC}/f_{smektit} > 0,1$ . Je možné, že pozorované zvýšené  $K_{OC}$  pre pôdu SA sa vzťahujú k prítomnosti relatívne vysokého podielu smektitov (tab. 1).

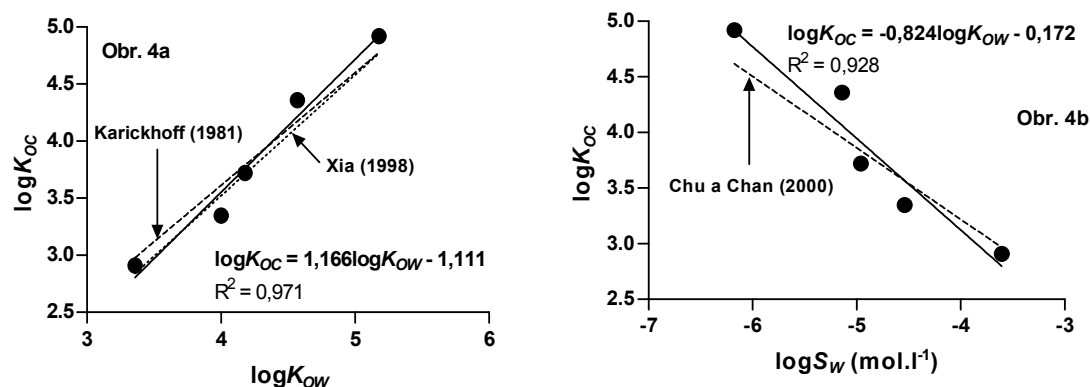
Tieto zistenia podporujú aj výsledky iných prác (Huang et al., 1996; Hwang a Cutright, 2002; Hwang et al., 2003; Means et al., 1980; Rebhun et al., 1992; Walker a Crawford, 1968). Zvýšené  $K_{OC}$  pre sledované PAU môžu súvisieť s nie celkom účinným blokovaním aktívneho podielu smektitov prítomnou organickou hmotou, ktorý je potom dostupný pre sorpciu (Walker, Crawford, 1968) alebo s odlišným usporiadaním organo-minerálneho komplexu organickej hmoty so smektitom, ktorého sorpčné vlastnosti sú výrazne odlišné s výrazne vyššou afinitou k sledovaným PAU. Sorpčná kapacita pôd s pomerom  $f_{OC}/f_{smektit} > 0,1$  podľa priemerných  $K_D$  sa takmer lineárne zvyšuje s rastúcim podielom organického uhlíka (obr. 2) v poradí RM < HM 1 < ČA < HM 2 < ČM.

Obr. 3a,b Vzťah medzi rozdeľovacím koeficientom organický uhlík-voda ( $K_{OC}$ ) a pomerom  $f_{OC}/f_{smektit}$ , tento vzťah udáva možný príspevok smektitov k celkovej sorpcii študovaných PAU v pôdach, prerušované čiary rovnobežné s osou x udávajú zistené  $K_{OC}$  z lineárnych závislostí  $K_D$  od  $f_{OC}$



Dá sa očakávať, že sorbované množstvo nepolárnych organických látok v pôde súvisí nielen s vlastnosťami pôdy, ale tiež so samostatnými vlastnosťami nepolárnych organických látok, ku ktorým patrí najmä rozpustnosť vo vode ( $S_W$ ) a rozdeľovací koeficient v sústave oktanol – voda ( $K_{OW}$ ) vyjadrujúci mieru akumulácie organickej látky v organickom rozpúšťadle. Obr. 4a,b znázorňujú zistené lineárne závislosti  $\log K_{OC}$ - $\log K_{OW}$  a  $\log K_{OC}$ - $\log S_W$  z nameraných výsledkov pre sledované polycyklické aromatické uhľovodíky a použité pôdy s výnimkou pôdy SA. Napriek pozorovanej nelineárnej sorpcii PAU v pôdach (obr. 1) sú zistené lineárne regresie medzi  $\log K_{OC}$  a  $\log K_{OW}$ , resp.  $\log S_W$  v tejto práci a vypočítané  $K_{OC}$  vo veľmi dobrej zhode s regresiami a  $K_{OC}$  publikovanými v literatúre, ktoré vychádzajú z lineárnych sorpčných izoteriem PAU v pôdach alebo sedimentoch (Chu, Chan, 2000; Karickhoff, 1981; Karickhoff et al., 1979; Means et al., 1980; Xia, 1998 in Allen-King et al., 2002).

Obr. 4a,b Nájdené lineárne závislosti  $\log K_{OC}$  od  $\log K_{OW}$  a  $\log K_{OC}$  od  $\log S_W$  pre skúmané PAU a pôdy s výnimkou pôdy SA a porovnanie s niektorými údajmi publikovanými v literatúre



Praktický význam vyššie uvedeného porovnania spočíva v tom, že  $K_{OC}$  pre sorpciu PAU v pôdach, v ktorých prevládajúcou zložkou organickej hmoty sú humínové látky sa dajú spoľahlivo odhadnúť z publikovaných i zistených lineárnych regresii v tejto práci v rámci charakteristickej odchýlky v  $K_{OC}$  pre danú organickú látku, ktorý neprekračuje súčiniteľ  $\sim 3$  (Gschwend a Wu, 1985; Hamaker a Thompson, 1972; Kile et al., 1995; Means et al., 1980; Rutherford et al., 1992).

## ZÁVER

V tejto štúdii sa hodnotil vplyv vlastností pôd a sorbátov na sorpčné správanie 5 polycyklických aromatických uhlíkov v pôdach. Stanovené rovnovážne sorpčné izotermy sledovaných PAU boli nelineárne v rozsahu rovnovážnych koncentrácií a priemerné  $K_D$  pre jednotlivé PAU záviseli od podielu organického uhlíka  $f_{OC}$  v použitých pôdach s výnimkou pôdy SA s pomerne vysokým podielom smektitov. Namerané výsledky ukázali, že v pôde SA s vysokým podielom expandujúcich ílových minerálov v pomere k podielu organického uhlíka (pomer  $f_{OC}/f_{smektit} \sim 0,073$ ) sa sorbovalo najvyššie množstvo skúmaných PAU. Vypočítané  $K_{OC}$  pre PAU podľa zistenej lineárnej regresie:  $\log K_{OC} = 1,166 \log K_{OW} - 1,111$  a lineárnych regresii uverejnených v literatúre (Karickhoff et al., 1979; Karickhoff, 1981; Means et al., 1980) pre sorpciu PAU v pôdach a sedimentoch boli až 4 krát nižšie ako pozorované  $K_{OC}$  pre pôdu SA. Skutočnosť, že uvedené lineárne regresie podhodnocujú  $K_{OC}$  pre pôdy s pomerne vysokým podielom expandujúcich ílových minerálov dokumentuje, že je potrebné naďalej venovať pozornosť výskumu sorpčných mechanizmov, ktoré sa uplatňujú vo vzťahu k sorpcii nepolárnych (hydrofóbných) organických látok v minerálnych komponentoch pôd. Z vlastností skúmaných PAU mali rozhodujúci vplyv na ich rovnovážne rozdelenie v ľubovolnej použitej pôde rozdeľovací koeficient n-oktanol – voda  $K_{OW}$  a rozpustnosť vo vode  $S_W$ .

## LITERATÚRA

- Alexander, M., 1995: How toxic are toxic chemicals in soil? *Environ. Sci. Technol.*, 29, 2713-2717.
- Allen-King, R.M., Grathwohl, P., Ball, W.P., 2002: New modeling paradigms for the sorption of hydrophobic organic chemicals to heterogeneous carbonaceous matter in soils, sediments and rocks. *Adv. Water Resour.*, 25, 985-1016.
- Chiou, C.T., McGroddy, S.E., Kile, D.E., 1998: Partition characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons on soils and sediments. *Environ. Sci. Technol.*, 32, 264-269.
- Chiou, C.T., Porter, P.E., Schmedding, D.W., 1983: Partition equilibria of nonionic organic compounds between soil organic matter and water. *Environ. Sci. Technol.*, 17, 227-231.
- Chu, W., Chan, K.H., 2000: The prediction of partitioning coefficients for chemicals causing environmental concern. *The Sci. Total Environ.*, 248, 1-10.
- Gschwend, P.M., Wu, S., 1985: On the constancy of sediment-water partition coefficients of hydrophobic organic pollutants. *Environ. Sci. Technol.*, 19, 90-96.
- Hamaker, J.W., Thompson, J.M., 1972: Adsorption. In: Organic chemicals in the soil environment (Goring G.A.I., Hamaker J.W., eds.). Volume 1. Marcel Dekker, New York, 49-143.
- Huang, W., Schlautman, M.A., Weber Jr., W.J., 1996: A distributed reactivity model for sorption by soils and sediments. 5. The influence of near-surface characteristics in mineral domains. *Environ. Sci. Technol.*, 30, 2993-3000.
- Hwang, S., Cutright, T.J., 2002: The impact of contact time on pyrene sorptive behavior by a sandy-loam soil. *Environ. Pollut.*, 117, 371-378.
- Hwang, S., Ramirez, N., Cutright T.J., Ju L.K., 2003: The role of soil properties in pyrene sorption and desorption. *Wat. Air Soil Poll.*, 143, 65-80.
- Karickhoff, S.W., 1981: Semi-empirical estimation of sorption of hydrophobic pollutants on natural sediments and soils. *Chemosphere*, 10, 833-846.
- Karickhoff, S.W., 1984: Organic pollutant sorption in aquatic systems. *J. Hydraul. Eng.*, 110, 707-735.
- Karickhoff, S.W., Brown, D.S., Scott, T.A., 1979: Sorption of hydrophobic pollutants on natural sediments. *Water Res.*, 13, 241-248.
- Kile, D.E., Chiou, C.T., Zhou, H., Li, H., Xu, O., 1995: Partition of nonpolar organic pollutants from water to soil and sediment organic matters. *Environ. Sci. Technol.*, 29, 1401-1406.

- Means, J.C., Wood, S.G., Hassett, J.J., Banwart, W.L., 1980: Sorption of polynuclear aromatic hydrocarbons by sediments and soils. *Environ. Sci. Technol.*, 14, 1524-1528.
- Rebhun, M., Kalabo, R., Grossman, L., Manka, J., Rav-Acha, Ch., 1992: Sorption of organics on clay and synthetic humic-clay complexes simulating aquifer processes. *Water Res.*, 26, 79-84.
- Rutherford, D.W., Chiou, C.T., Kile, D.E., 1992: Influence of soil organic matter composition on the partition of organic compounds. *Environ. Sci. Technol.*, 26, 336-340.
- Seth, R., Mackay, D., Muncke, J., 1999: Estimating the organic carbon partition coefficient and its variability for hydrophobic chemicals. *Environ. Sci. Technol.*, 33, 2390-2394.
- Walker, A., Crawford, D.V., 1968: The role of organic matter in adsorption of the triazine herbicides by soils. *Proceedings from the Symposium of Radiation in Soil Organic Matter Studies*, 91-108.

# ORIENTAČNÍ HODNOCENÍ PRŮBĚHU REKULTIVAČNÍHO PROCESU

## The informative assessment of the reclamation process course

Miroslav HLÁVKA, Jaroslava VRÁBLÍKOVÁ

*Fakulta životního prostředí, Univerzita J.E. Purkyně, Králová Výchova 7,  
400 96 Ústí nad Labem, ČR*

[Hlavka@fzp.ujep.cz](mailto:Hlavka@fzp.ujep.cz)

### Abstrakt

Důsledek lidské činnosti na životní prostředí je velmi různorodý. Povrchová těžba uhlí má významný vliv na pedosféru, mikroklima, krajinu a ekologické vazby. Cílem příspěvku je hodnocení chemické kvality rekultivovaných půd na zdevastovaných lokalitách po těžbě uhlí. Předmětem sledování byly látky vhodné pro agronomické využití rekultivovaných půd.

**Klíčová slova:** Mostecko, krajina, výsypka, rekultivace, půda

### Abstract

Human influence on environment is very heterogeneous. Coal mining has great impact on soil, microclimate, landscape and ecological relations. The point of article is to describe some chemical quality of reclaimed soils at devastated area after coal mining. In soils were observed substances important for agricultural crops.

**Key words:** Most area, landscape, dump, reclamation, soil

### ÚVOD

Obnova území po těžbě hnědého uhlí je specifickým problémem, který vyžaduje specifické řešení. Nejpostiženějším územím ČR je Severočeská hnědouhelná pánev, konkrétně okolí Mostu, Bíliny, Chomutova a Sokolova. K devastaci krajiny dochází v lomech a tam, kde se zakládají výsypky. Historicky byl vývoj těžeb největší v průběhu 80. let, kdy se v r. 1989 vytěžilo cca 61 mil. t uhlí a přemístilo 223 mil. m<sup>3</sup> skrávky. V 90. letech dochází k postupnému útlumu dobývací činnosti, postup porubů a ničení krajiny je pomalejší.

Negativním důsledkem lidské činnosti je degradace krajiny a jejích funkcí. Povrchová těžba nerostných surovin je extrémním případem činnosti s dalekosáhlými důsledky pro životní prostředí. Devastovaná krajina má silně pozměněné ekologické, hydrické, klimatické, krajinné, hygienické, sociální a estetické funkce. Nástrojem pro znovuobnovení funkcí krajiny jsou rekultivace a následná revitalizace území. Cílem projektu bylo zhodnocení a porovnání rozdílů půdních vlastností a jejich vhodností pro agronomické využití na dvou lokalitách na Mostecku. Předmětem sledování byly půdy na rekultivovaných a nerektivovaných plochách a stanovení živin, pH, organického uhlíku a mikrobiální aktivity. Použité metody přinášejí pouze orientační výsledky, ale jsou finančně nenáročné a dostupné.

### MATERIÁL A METODY

Zkoumané území se nachází na částečně rekultivovaných výsypkách lomů Československá armáda (dále jen ČSA) a Most-Ležáky poblíž města Most. Byly vybrány dvě rekultivované plochy. Jednou plochou je Pařidelský lalok vnitřní výsypky lomu Most-Ležáky, který je již několik let periodicky sledován fakultou životního prostředí UJEP. Druhá plocha je vnější výsypkou lomu Československá armáda (dále jen ČSA).

Vzorky půd byly odebrány na všech lokalitách po odstranění povrchové vrstvy z hloubky 10 až 15 cm. Po přepravě do laboratoře byly na vzduchu pozvolna vysušeny. Takto upravené vzorky byly homogenizovány a zredukovány jejich množstvím kvartací. Pro stanovení živin byl využit pedologický kufřík fy BangCo-kufříková laboratoř vyšetřování půd Viscolor. Kufřík je určen pro práci v terénu a získané výsledky mají pouze orientační charakter. Avšak i tyto výsledky jsou mezi sebou porovnatelné a mohou přinést důležité informace. Ve vodném výluhu vzorků půd byly provedeny analýzy jednotlivých prvků dle specifických doporučených postupů. Podobně z vodného výluhu bylo stanoveno pH s pomocí kombinované skleněné elektrody a digitálního pH-metru. Organický uhlík byl stanoven přímou metodou spalování při 530°C v muflové peci. Mikrobiální aktivita byla hodnocena na základě celulózoového testu, tedy čtverce filtračního papíru o velikosti 10 x 10 cm, který byl po dobu 13 týdnů zakopán v hloubce 15 cm pod zemí a vystaven mikrobiálnímu rozkladu.

Na území lomu Most Pařidelském laloku bylo vytipováno 6 stanovišť s různou charakteristikou. Trvale zavodněné stanoviště se stojatou vodou a charakteristickým rostlinným porostem – „Mokřad“. Ve vzdálenosti cca 20 m od zmíněného stanoviště je lokalizována skupina náletových bříz s výškou pohybující se mezi 10 až 15 m. V širším okolí se žádná jiná dřevina nevyskytuje. Toto stanoviště nese jméno „Bříza“. Obě tyto lokality jsou situovány na rovinné ploše, svahovém výchozu, který jižním směrem přechází ve svah upadající hlouběji do zbytkové jámy lomu. Severní konec výchozu tvoří stoupavý svah. Stanoviště „Spraš“ je umístěno západněji od předchozího stanoviště. Na tuto plochu byla navezena vrstva sprašových substrátů. Jižním směrem na svahu, je umístěno stanoviště „Pod cestou“. Severně od stanoviště „Bříza“ směrem do svahu je lokalita „Johan“, která byla převrstvena vrstvou ornice a určena pro zemědělské využití. Poslední stanoviště pojmenované „Černá hmota“ leží východním směrem cca 750 m od výše jmenovaných. Toto stanoviště nemá vegetační kryt a svou polohou ve svahu je silně ohroženo erozí. Substrát na lokalitě je tvořen uhelným prachem, škvárou a jílovitými materiály, které nejsou vhodné pro život rostlin.

Na území výsypky lomu ČSA byly vybrány čtyři stanoviště. Stanoviště byly voleny tak, aby využitím byly porovnatelné s předchozími lokalitami na Pařidelském laloku.

Stanoviště „Mokřad“ vzniklo na území malé terénní deprese. Volná hladina vodní plochy je protáhlého tvaru a zaujímá cca 350 m<sup>2</sup>. Břehy jsou porostlé orobincem (*Tupna sp.*) apod. Ve vzdálenosti cca 60 m od tohoto přirozeně vzniklého stanoviště je situována plocha rekultivovaná s lesní vegetací, pojmenovaná „Les“. Hlavní dřevinou je dub letní (*Quercus robur*) s občasnými nálety břízy (*Betula sp.*). Vegetace dosahuje výšky 7 až 10 m. Mezi oběmi lokalitami je situována plocha nerektifikovaná se spontánní sukcesní vegetací. Zastoupeny jsou pouze travní společenstva s cca 50 % pokryvností. V půdě je přítomno větší množství písčité a skeletovité frakce. Posledním stanovištěm je „Černá hmota“, které je vzdáleno od lokality „Les“ cca 150 m. Půdní podmínky jsou obdobné jako u lokality na Pařidelském laloku, tedy jíl, škvára a zbytky uhelné hmoty.

Mezi další metody, kterými lze orientačně posoudit průběh revitalizačního procesu, je např. měření vitality stromků i bylin bioindikačními kleštěmi. Ty jsou součástí měřicího přístroje Mervit. Teoretická východiska pro měření se nachází v elektrofyzilogii stromů. Základem je poznatek, že veškerá hmota je elektrické povahy a působí v ní záporné a kladné elektrické náboje. Pletiva stromů a bylin jsou z organických materiálů a vody, ve které jsou kladné i záporné ionty. Množství iontů a tím i elektrické vlastnosti buněk a pletiv závisí na všem co ovlivňuje množství iontů v půdním roztoku (vlhkost půdy a její složení) na všem co ovlivňuje rychlost prodání vody v rostlinách (transpirace, počasí, vegetační doba), teplotě, hodnotách pH a zdravotním stavu rostliny. Měření elektrické vodivosti pletiv má nejrůznější použití např.:

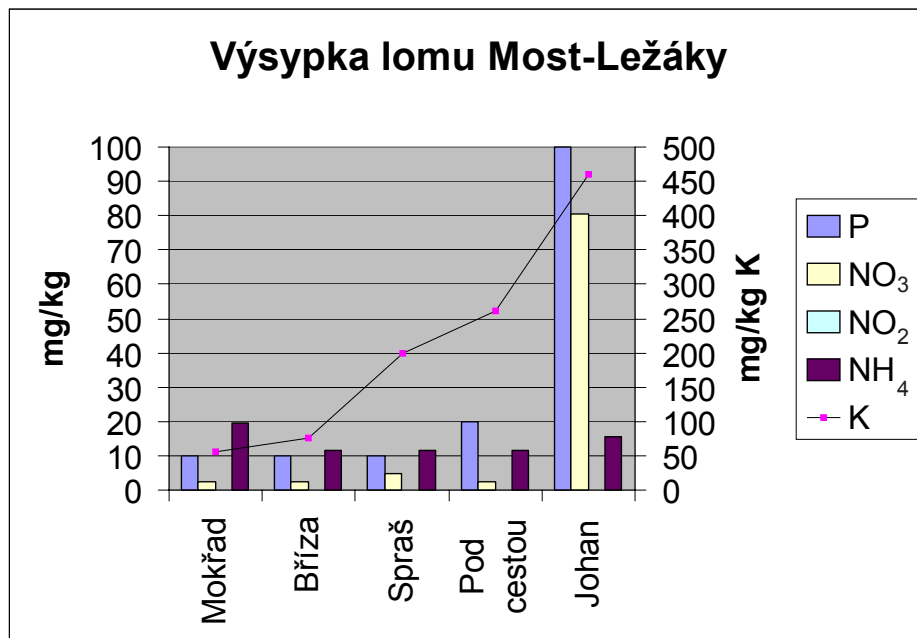
- při zjišťování vitality či zdravotního stavu stromů či bylin,
- využití v lesnické fytopatologii,
- při sledování účinků hnojení a chemizace,
- při sledování účinků pěstebních zásahů,
- při včasné rozpoznání mrtvých pletiv,
- při sledování stresů na lesní porosty.

V souladu s pokyny UKZUZ k monitoringu půdy je využívána i další metoda, která hodnotí život v půdě – podle počtu a hmotnosti žíhal v přepočtu na 1m<sup>3</sup>. Pro posouzení stavu lokality je vhodné i využívání jednoduchých měřicích registrátorů HOB0 H8 ke zjišťování teplotních a vlhkostních poměrů ve sledovaném území.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Na jmenovaných lokalitách byly odebrány vzorky a analyzovány mobilní analytikou (BangCo) nebo v laboratoři. Výsledky rozboru nutrietů ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , P a K) v půdě jsou shrnuty v grafu 1.

Graf 1 Obsah nutrietů na stanovištích výsypky lomu Most-Ležáky



Na stanovišti „Johan“ lomu Most-Ležáky jsou zřetelné vyšší obsahy  $\text{NO}_3^-$ , P a K oproti ostatním stanovištím na sledované výsypce. Tato skutečnost je dána provedenou zemědělskou rekultivací na této lokalitě. Původní substrát byl převrstven ornici a kompostem. Na ostatních stanovištích je významný pouze rozdíl K. Téměř o polovinu méně bylo naměřeno K na stanovišti „Pod cestou“. Nejmenších hodnot dosáhly ukazatele stanoviště „Mokřad“.

Podobná situace je patrná na plochách výsypky lomu ČSA. Stanoviště „Les“ s provedenou lesnickou rekultivací. Na lokalitu byla také navedena vrstva ornice. Množství  $\text{NO}_3^-$  je srovnatelné s lokalitou „Johan“.

Z hlediska obsahu živin v analyzovaných vzorcích půd se nejlepší jeví rekultivované plochy „Johan“ a „Les“.

Dále bylo prováděno měření biologické aktivity v půdách s pomocí celulózového testu. Podle očekávání byla stanovena nejintenzivnější mikrobiální aktivita na lokalitě „Johan“. Téměř o polovinu nižší aktivita mikroorganismů byla pozorována v místech lokality „Bříza“. Relativně vysokých hodnot bylo dosaženo pravděpodobně díky většímu množství biomasy na daném stanovišti. Vrstva opadanky představuje vhodný substrát pro mikrobiální rozklad. S relativně vyšší aktivitou mikroorganismů souvisí i vyšší množství organického uhlíku obsaženého v půdě. Půdní reakce je však relativně kyselá při porovnání s neutrální reakcí stanoviště „Johan“.

Půda na nejvhodnějším stanovišti „Johan“ oproti stanovišti „Bříza“ však obsahuje přibližně o polovinu menší množství uhlíku. Jeho menší obsah je zapříčiněn menší produkcí biomasy travního porostu v porovnání s produkcí dřevin na druhém jmenovaném stanovišti.

Na druhé výsypce je překvapující jak nízký mikrobiální rozklad, tak i nízký obsah humusu. Rozdíly mezi příbuznou lokalitou na výsypce lomu Most-Ležáky je pravděpodobně vysvětlitelná přítomností jiných dřevin a půdotvorného substrátu.

Podobný rozdíl je však patrný i na stanovištích „Mokřad“ na obou výsypkách. Na výsypce ČSA, převyšuje výrazně mikrobiální aktivita na tomtéž stanovišti na výsypce lomu Most-Ležáky. Naopak na druhé jmenované lokalitě je přibližně dvojnásobné množství humusu. Mokřadní plocha na výsypce ČSA je rozlohou několikanásobně větší s větším množstvím rostlinné biomasy než na výsypce Most-Ležáky. Větší stabilitu mokřadního ekosystému podtrhuje i výskyt vyšších živočichů, kteří jej využívají jako úkryt. Větší množství organismů způsobuje rychlejší rozklad biomasy a intenzivnější

materiální tok. Vodní výluh z půdy z tohoto stanoviště vykazuje alkalickou reakci, která je vhodnější v porovnání s extrémně kyselou reakcí mokřadní plochy na výsypce lomu Most-Ležáky.

Vhodnost stanoviště „Pod cestou“ pro pěstování je omezena právě nízkým obsahem humusu a pomalým rozkladem organických zbytků. Reakce výluhu půdy je neutrální až slabě kyselá.

Stanoviště „Spraš“ a „Louka“ jsou si velice podobné ve všech sledovaných ukazatelích. Obě lokality nebyly rekultivovány a veškerý rostlinný kryt je výsledkem probíhajících sukcesních pochodů. Na lokalitě „Louka“ je větší procento skeletu. Vhodnost obou stanovišť pro zemědělské účely je mizivá.

Naprosto nevhodnými stanovišti pro život jsou plochy „Černá hmota“. Obsah nutrientů je nedostatečný s výjimkou K. Půdní reakce se pohybuje v nízkých hodnotách silně až extrémně kyselých oblastech. Stanovené množství organického uhlíku je pravděpodobně zkráceno přítomností uhelného prachu, který posouvá naměřené hodnoty k vyšším údajům. Mimo jiné je pro rostliny toxický. Povrch obou stanovišť je tmavšího charakteru a ve slunných dnech se přehřívá. Významné je i erozní riziko.

Při zhodnocení obsahu P a K pro ornou půdu, dle vyhlášky MZe č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků ve znění vyhlášky č. 477/2000 Sb. a 400/2004 Sb., dosahuje obsah P na stanovišti „Johan“ stanovenou normu nad  $80 \text{ mg.kg}^{-1}$  a je hodnocen jako dobrý. Obsah K je vysoký a přesahuje normu  $420 \text{ mg.kg}^{-1}$  pro půdy středně těžké. Všechny ostatní stanoviště na výsypce lomu Most-Ležáky nedosahují požadované limitní koncentrace  $50 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Podobně i obsah K je nízký s výjimkou stanoviště „Pod cestou“, kde je jeho obsah dobrý. Na výsypce lomu ČSA bylo dostatečné množství K pouze na stanovišti „Černá hmota“, všechny ostatní ukazatele leží pod spodní hranicí normy a nejsou proto vhodné.

Rekultivované plochy se jeví jako nejvhodnějším prostory pro intenzivnější hospodaření. Stanoviště, které nebyly překryty ornici jsou méně vhodné a jejich produkční schopnost je pravděpodobně nižší. Nevhodné lokality není možno přímo rekultivovat a musí se rekultivovat nepřímo.

## ZÁVĚR

Negativním důsledkem lidské činnosti je degradace krajiny a jejich funkcí. Rekultivace a následná revitalizace umožní obnovu území a jeho funkcí. Je řada jednoduchých metod a cenově dostupných přístrojů, kterými lze průběh revitalizačního procesu posoudit.

## LITERATURA

- Kryl V., Frohlich E., Sixta J., 2002: Zahlázení hornické činnosti a rekultivace. VŠB TU, Ostrava, 2002
- Růžek L., Voříšek K., Vráblíková J., Strnadová S., Vráblík P., 2003: Chemical nad biological characteristic of reclaimed soils in the Most region (Czech Republic). Plant Soil Environment, Volume 49, Czech Academy of Agricultural Sciences, Praha 2003.
- Vyhláška Mze č.275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků ve znění vyhlášky č. 477/2000 Sb. A 400/2004 Sb.
- Vráblík P., 2003: Charakteristika mikroklimatu na rekultivovaných lokalitách výsypek jako významná podmínka volby postupu rekultivací. FSv ČVUT Praha, 2003
- Vráblík P., 2002: Monitoring mikroklimatu na antropogenních půdách. Zborník referátov „Monitorovanie a hodnotenie stavu životného prostredia IV.“ Fakulta ekológie a environmentalistiky TU Zvolen, Zvolen, 2002.
- Vráblíková J., Vráblík P., 2002: Zkušenosti s revitalizací antropogenně postižené půdy. Zborník z 3. mezinárodní konference „Život v podě.“ Ústav krajinnej ekologie SAV Bratislava, 2002.
- Vráblíková J., Vráblík P., Püschel D., Vokřálová K., 2001: Revitalizace antropogenně postiženého území. Acta Universitatis Purkynianae 73 Studia oecologica XII. Univerzita J.E. Purkyně, Ústí n.L., 2001.

# ZMĚNY ORGANICKÉ HMOTY PŘI PŮDOOCHRANNÉM ZPRACOVÁNÍ KAMBIZEMĚ

## Soil organic mater transformation processes in Cambisol under minimum-tillage system

Jan HORÁČEK, Rostislav LEDVINA, Věra ČECHOVÁ, Olga ŠABATKOVÁ,  
Jana KOPEČNÁ, Jiřina HŘEBEČKOVÁ

*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta,  
Katedra obecné produkce rostlinné, Studentská 13, 370 05 České Budějovice, ČR*  
[horacek@zf.jcu.cz](mailto:horacek@zf.jcu.cz)

### Abstrakt

Půdní organická hmota přispívá k regulaci toků materiálů a energií v půdě a ovlivňuje do značné míry plnění jejích produkčních i mimoprodukčních funkcí. Transformační procesy v půdní organické hmotě byly sledovány prostřednictvím polního pokusu ve Stagře s.r.o. Studená na kambizemi kyselé, hlinitopísčitého až písčitohlinitého zrnitostního složení, pomocí stanovení a porovnání vybraných kvalitativně-quantitativních parametrů půdní organické hmoty v půdoochranně (SH) a konvenčně (SK) zpracovávaných variantách. Přeměny půdní organické hmoty probíhají ve vztahu k systému zpracování půdy rozdílně, neboť jsou ovládány rozdílnými vodno-vzdušnými a oxidačně-redukčními poměry v půdě. Kromě očekávaných relativně homogenních hodnot sledovaných kvantitativních a kvalitativních parametrů ve zpracovávaných hloubkách variant byla potvrzena i jistá „sezónní dynamika“ – větší množství i kvalita humusu v podzimních odběrech oproti jarním. Při porovnání variant bylo nalezeno celkově větší množství organické hmoty u konvenčního zpracování, ale u půdoochranné technologie vykazuje tato organická hmota vyšší kvalitu, zejména v hlubší části půdního profilu. I přes krátkodobost experimentu lze říci, že půdoochranné zpracování půdy může při důsledné technologické kázni vytvářet pro transformaci půdní organické hmoty stejné nebo i příznivější podmínky než zpracování konvenční, a to i v horších půdně-klimatických podmínkách.

**Klíčová slova:** půdní organická hmota, transformace organických látek, kvalita humusu, půdoochranné zpracování půdy

### Abstract

Soil organic matter is an important component of soil and fulfills a substantial part of its retention and regulation abilities for pedosphere matter and energy exchange. That is why influence of soil organic matter transformation processes in a positive direction is a key question for successful fulfilling of production as well as non-production functions of soil. One of possible alternatives is so-called soil protective soil cultivation, which, besides a positive influence of mentioned transformations, can also have further positive effects on soil environment. Transformation processes in soil organic matter were observed in an operational trial in the locality of Studená, on Cambisol dystic (KM<sup>a</sup>), loam-sandy to sand-loamy texture, using chosen quantitative-qualitative parameters at the variant under minimum tillage (SH) for about 10 years, in comparison with the conventional one (SK). The quantity of organic matter in soil was found higher at the conventional cultivation; on the contrary, the quality of organic matters in soil was better at the soil protective technology, but in both cases statistically not significantly. It follows from results that minimum tillage can be for organic matter transformation processes equal or better condition than conventional tillage.

**Key words:** soil organic matter, processes of transformation, soil organic matter parameters, minimum-tillage

## ÚVOD

Ochrana půdy spočívá v současnosti v stále větším uznávání všech jejích funkcí (tedy i mimoprodukčních), neboť lidstvo si začíná plně uvědomovat svou existenční závislost na tomto fenoménu. Proto kromě snah o udržení produkční schopnosti půdy, které jsou při optimálně šetrném přístupu označovány jako „trvale udržitelné systémy hospodaření“ (Ledvina et al., 2004), je pozornost odborníků zaměřena i na udržení či rozvoj funkcí mimoprodukčních, z nichž lze za nejvýznamnější označit funkci environmentální (Hraško, 2003).

Velmi zjednodušeně lze říci, že půda v tomto případě představuje retenční a regulační prostředí pro toky různých materiálů i energií (Horáček a Liebhard, 2004). Spojit produkční a mimoprodukční schopnost obdělávaných půd v trvale udržitelný systém může napomoci zavedení půdoochranných (redukovaných) systémů při zpracování půdy a zakládání porostů plodin v řadě jejich různých modifikací (Horáček et al., 1999, Hůla et al., 2002).

Podstatnou část regulačních a retenčních schopností půdy pro toky materiálů a energií v nejširším smyslu slova zajišťuje organická hmota v půdě (Horáček a Liebhard, 2004). Půdní organická hmota je složitý polydispersní a heterogenní systém organických látek různého původu (Stevenson, 1982), který je v neustálém vývoji a probíhá v něm současně řada reakcí rozkladných – mineralizace – a zároveň řada pochodů syntetických – humifikace (Horáček, 1995). Další transformační procesy organické hmoty v půdě jako ulmifikace (rašelinění) a karbonizace (uhelnatění) jsou pro běžné půdní prostředí okrajové. Významnější se naopak zdá být proces tzv. mumifikace popsán Kolářem (1984), projevující se zejména v kambizemých dystrických vyšších poloh snížením „dynamických procesů“ v půdní organické hmotě, resp. zvýšením rezistence její labilní složky vůči mikrobiálnímu rozkladu sóly železa a hliníku (Kolář et al., 2000).

Tyto přeměny jsou z praktického hlediska nejdůležitější a jsou ovlivňovány celou řadou faktorů. V první řadě je to samotný původ, povaha a chemické složení primárních organických látek (Horáček, 1995). Dále jsou to fyzikální vlastnosti půdy, limitující vodno-vzdušné poměry včetně poměrů teplotních (Novák, 1963). Důležitý je rovněž chemizmus půdy, kdy kromě jejího pH (Kolář et al., 2000) rozhoduje množství a mobilita živin, zejména „přístupného“ fosforu, který se podílí na přenosu energie (Novák, 1963) a ovlivňuje činnost půdního edafonu (Angers et al., 1992, Horáček et al., 2002). Zanedbatelný není ani způsob využití, resp. systém hospodaření na konkrétním stanovišti včetně systémů zpracování půdy, které transformaci půdní organické hmoty ovlivňují ve značné míře (Hůla et al., 2002). Mezi konvenčními a půdoochrannými technologiemi jsou zjišťovány podstatné rozdíly (Sprague a Triplett, 1986, Horáček et al., 2001). Zapravení nebo částečné ponechání posklizňových zbytků a organických hnojiv blízko povrchu půdy vede k úvahám, že při dlouhodobém vynechání orby se bude organická hmota hromadit v povrchové vrstvě (Angers et al., 1992) a mělce zapravené organické látky nebudou v dostatečné míře transformovány na vlastní humus. Výsledky těchto výzkumů, ve kterých je však většinou sledováno jen množství organických látek v ornici (Franzlubbers a Arshad, 1996), shrnují Lal a Kimble (1997) a uvažují o možnosti oceňování kvality půdy obsahem její organické hmoty v čase.

V předkládaném příspěvku se pokoušíme zhodnotit transformace organické hmoty při půdoochranném (bezorebném) zpracování půdy jako alternativy pro trvale udržitelné systémy hospodaření v horších půdně-klimatických podmínkách (LFA).

## MATERIÁL A METODY

Charakteristika stanoviště: vybrané pokusné hony (A a B) jsou součástí pozemků společnosti Stagra s.r.o. Studená v bramborářsko-ovesné výrobní oblasti, jejich nadmořská výška je kolem 600 m. Průměr srážek je 650 mm za rok, za vegetační období 413 mm a průměrná doba slunečního svitu za toto období je 1 400 hodin. Půdním typem je kambizem arenická, (KM)<sup>r</sup> hlinitopísčitého až písčito-hlinitého zrnitostního složení dle Nováka.

Varianty pokusu: Jedná se o plně provozní pokus s využitím systému bezorebného nepřerušovaného zpracování půdy (cca 12 let). Pokus je založen na dvou pozemcích (A a B) shodného zrnitostního složení. Sledování je založeno na porovnávání pedochemických změn (v případě této práce transformačních přeměn půdní organické hmoty) konvenčně (SK) a bezorebně (SH) zpracované půdy v rámci běžného osevního sledu. Vzorky půd jsou odebrány u všech stanovišť na jaře po

odeznění mrazového efektu a na podzim těsně před sklizní plodin z hloubek 0,05 – 0,10 m (značeno např. SHA 5), 0,15 – 0,20 m a 0,25 – 0,30 m.

Analytické metody: v půdních vzorcích se podrobně zjišťuje množství a kvalita půdní organické hmoty pomocí upraveného frakcionačního postupu (Horáček, 1995). Kromě přímo stanovených obsahů celkového uhlíku (celk. Cox), uhlíku humusových látek (Cox HL), uhlíku fulvokyselin (Cox FK), uhlíku huminových kyselin (Cox HK) a z nich vypočítaného poměru huminových kyselin k fulvokyselinám (HK : FK) a stupně humifikace (Sh) dle běžných metodik (Hraško, 1962) s některými úpravami (Horáček, 1995) byl ještě změřen barevný kvocient humusových látek (Q 4/6) a stanoven horkovodorozpuštěný (hot water soluble) uhlík (Chws) jako nejdynamičtější složka půdního uhlíku. Pro statistické zhodnocení výsledků byl použit program Statistica (StatSoft, Inc.).

## VÝSLEDKY A DISKUZE

### Obsah celkového oxidovatelného uhlíku Cox

Zjištěné obsahy Cox odpovídají danému půdnímu typu i druhu lokality (viz tab. 1). Mají též očekávaný profilový průběh, tj. u orby první dvě vrstvy mají přibližně stejné hodnoty a v největší hloubce obsah Cox výrazně klesá na rozdíl od údajů některých autorů (Sprague a Triplett, 1986, Salinas-Garcia et al., 1997), kteří shledávají relativně vysoký obsah organických látek v povrchové vrstvě půdy. U bezorebných variant zaznamenáváme rovnoměrnější úbytek Cox s hloubkou a zároveň jeho nepatrně nižší celkové množství v celém profilu oproti orbě, zvláště v hloubce 0,25 – 0,3 m, což je rozdíl od námi dříve zjištěných hodnot z pokusu dlouhodobého (Horáček et al., 2001). Z průměru všech výsledků můžeme ještě usuzovat na jistou sezónní dynamiku organických látek v půdě, kdy nacházíme (až na výjimku v hloubce 0,25 – 0,3 m) vyšší obsahy v podzimních odběrech.

Tab. 1 *Obsahy celkového oxidovatelného uhlíku Cox ve třech hloubkách variant půdoochranného a konvenčního zpracování půdy na jaře (J) a na podzim (P) ve Studené v letech 2003 – 2004*

odběr	Cox (%)								
	J 03	P 03	J 04	P 04	Ø	podzimy Ø	jara Ø	rozptyl	sm.odch.výběru
SHB 5	2.35	2.32	2.31	2.25	2.31	2.28	2.33	0.0170	0.1302
SHB 15	1.53	1.38	1.70	1.55	1.54	1.46	1.61	0.0261	0.1615
SHB 25	0.57	0.54	0.62	0.56	0.57	0.55	0.60	0.0214	0.1463
SKB 5	1.93	2.28	1.85	1.70	1.94	1.99	1.89	0.0570	0.2388
SKB 15	1.64	1.49	1.61	1.28	1.50	1.38	1.62	0.0336	0.1832
SKB 25	0.47	0.48	0.58	0.45	0.50	0.47	0.53	0.0915	0.0915

### Obsah humusových látek Cox HL

Tento ukazatel udává množství zhumifikovaného podílu veškeré půdní organické hmoty a v obdělávaných půdách většinou úzce koreluje s obsahem Cox, což potvrzují i naše výsledky (Horáček, 1995). Je zde však méně výrazný rozdíl jeho hodnot v ornici konvenčně zpracovávané varianty (hloubky 0,05 – 0,1 a 0,15 – 0,2 m) než u Cox.

Tab. 2 *Obsahy oxidovatelného uhlíku humusových látek Cox HL ve třech hloubkách variant půdoochranného a konvenčního zpracování půdy na jaře (J) a na podzim (P) ve Studené v letech 2003 – 2004*

odběr	Cox HL (%)								
	J 03	P 03	J 04	P 04	Ø	podzimy Ø	jara Ø	rozptyl	sm.odch.výběru
SHB 5	1.12	1.16	1.32	1.15	1.19	1.16	1.22	0.0061	0.0898
SHB 15	0.85	0.81	1.06	0.85	0.89	0.83	0.95	0.0096	0.1130
SHB 25	0.38	0.37	0.44	0.36	0.39	0.36	0.41	0.0008	0.0337
SKB 5	0.98	1.16	1.08	0.94	1.04	1.05	1.03	0.0074	0.0996
SKB 15	0.86	0.82	0.97	0.77	0.85	0.79	0.92	0.0058	0.0877
SKB 25	0.29	0.34	0.41	0.28	0.33	0.31	0.35	0.0025	0.0575

Vývojová řada, resp. sezónní dynamika Cox HL se ještě nedá seriózně hodnotit. V porovnání variant nepatrně převahuje obsah humusových látek v orané kontrole u obou stanovišť (viz tab. 2).

### **Uhlík horkovodorozpustný Chws**

Z kvantitativních ukazatelů půdní organické hmoty se tato její labilní složka v poslední době často hodnotí (Kolář et al., 2000), a to zejména pro úzký vztah Chws s tzv. fyziologicky dostupným organicky vázaným dusíkem (Weigel et al., 1998). V hodnocení experimentu kopíruje profilový průběh Cox i Cox HL u obou variant na obou stanovištích a o jeho sezónní dynamice nelze prozatím jednoznačně rozhodnout (tab. 3). Jeho vztah k potenciálně mineralizovatelnému dusíku bude cílem řešení v průběhu příštích let.

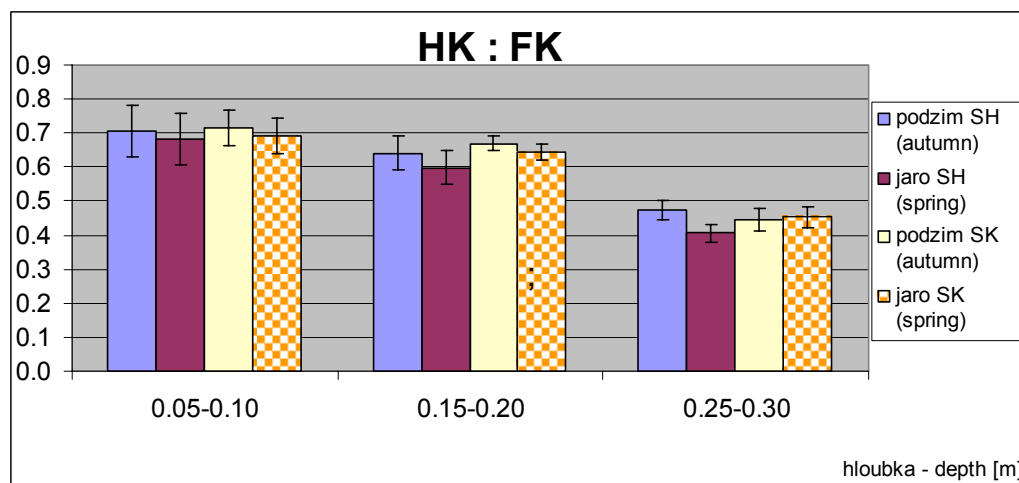
Tab. 3 *Obsahy horkovodorozpustného uhlíku Chws ve třech hloubkách variant půdoochranného a konvenčního zpracování půdy na jaře (J) a na podzim (P) ve Studené v letech 2003 – 2004*

odběr	C hws (%)							
	J 03	P 03	J 04	P 04	Ø	podzimy Ø	jara Ø	rozptyl
SHB 5	0.116	0.128	0.127	0.180	0.14	0.15	0.12	0.0006
SHB 15	0.091	0.082	0.092	0.128	0.10	0.10	0.09	0.0003
SHB 25	0.048	0.038	0.037	0.050	0.04	0.04	0.04	0.0000
SKB 5	0.102	0.134	0.140	0.145	0.13	0.14	0.12	0.0003
SKB 15	0.082	0.094	0.134	0.117	0.11	0.11	0.11	0.0004
SKB 25	0.026	0.034	0.042	0.039	0.04	0.04	0.03	0.0000

### **Poměr huminových kyselin k fulvokyselinám HK:FK**

Poměr HK:FK jako nejčastěji používaný ukazatel kvality půdní organické hmoty vyjadřuje převahu či nedostatek humusových látek (humusových kyselin) příznivých vlastností, tj. kyselin huminových nad méně příznivými fulvokyselinami (Ledvina et al., 1992). V případě sledovaného pokusu (graf č. 1) lze říci, že průměrné hodnoty tohoto ukazatele odpovídají danému půdnímu typu a mají i očekávaný profilový průběh, i když zdaleka ne tak výrazný jako při dlouhodobém nepřerušovaném uplatňování redukovaných technologií (Horáček et al., 2001). Lze zaznamenat (i když nikoli statisticky průkazně) dynamiku jaro versus podzim, kdy podzimní hodnoty ve shodě s předchozími parametry jsou nepatrně vyšší – tedy příznivější. Při komplexním posouzení průměrných hodnot HK:FK u obou variant pokusu však nelze upřednostnit ani jednu z nich a podrobné posuzování dynamiky tohoto ukazatele by bylo i v tomto případě předčasné.

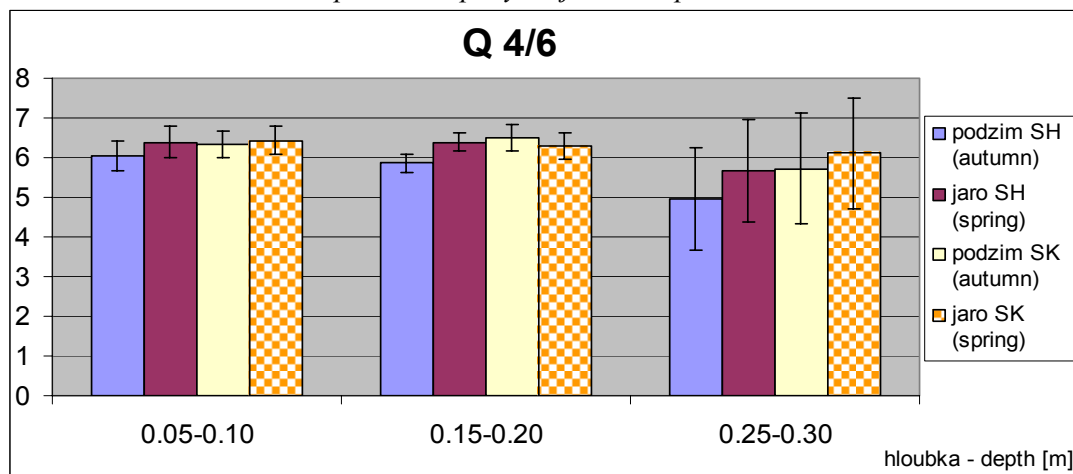
Obr. 1 *Poměr huminových kyselin k fulvokyselinám ve třech hloubkách půdního profilu variant půdoochranného a konvenčního zpracování půdy na jaře a na podzim v lokalitě Studená 2003 – 2004*



### Barevný kvocient $Q_{4/6}$

Hodnoty tohoto kvalitativního parametru nemají vyhraněný profilový průběh (viz graf č. 2), i když celkem logicky se jeho hodnoty snižují (zlepšují) výrazněji v hloubce 0,25 – 0,3 m, což je jisté obecné specifikum průběhu kvalitativních parametrů humusových látek v půdním profilu (Horáček, 1995). Průměrné hodnoty  $Q_{4/6}$  pak mohou naznačovat lepší, i když statisticky neprůkaznou kvalitu humusových látek u bezorebného zpracování půdy.

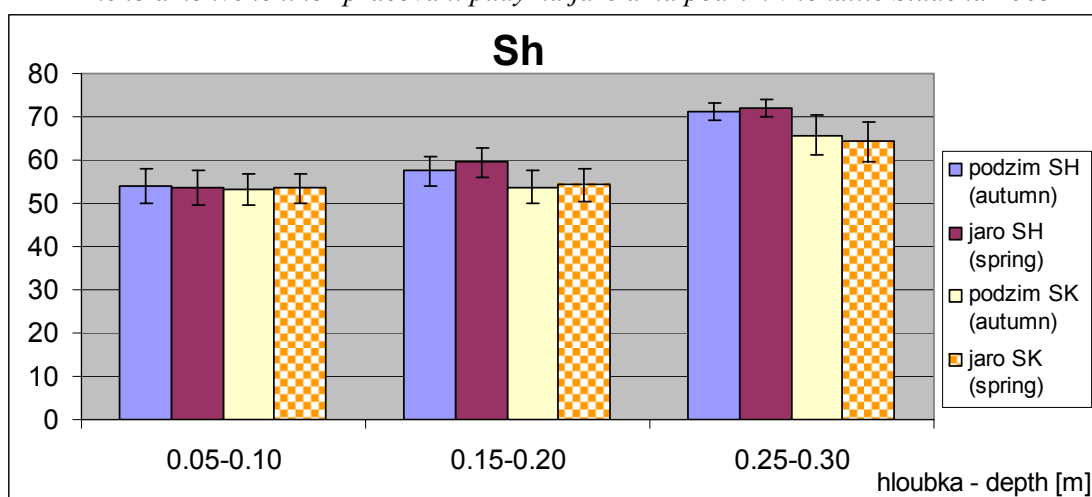
Obr. 2 Hodnoty barevného kvocientu ve třech hloubkách půdního profilu variant půdoochranného a konvenčního zpracování půdy na jaře a na podzim v lokalitě Studená 2003 – 2004



### Stupeň humifikace $Sh$

Stupeň humifikace postihuje podíl zhumifikovaných látek na celkovém obsahu organické hmoty v půdě. Profilový průběh  $Sh$  má ve sledovaném experimentu očekávaný trend (viz graf č. 3), ale jeho hodnocení je, jak jsme ukázali v některých našich výzkumných pracích, poněkud specifické – jde zejména o jeho obecně vzrůstající hodnoty s hloubkou (Horáček et al., 2001). Protože jsou odběrové hloubky shodné, je možno učinit závěr, že stupeň humifikace je jednoznačně lepší (vyšší) u bezorebné technologie tohoto provozního pokusu, i když nikoli statisticky průkazně. Sezónní dynamiku podobně jako v předchozím si však ještě netroufáme seriózně hodnotit.

Obr. 3 Hodnoty stupně humifikace  $Sh$  ve třech hloubkách půdního profilu variant půdoochranného a konvenčního zpracování půdy na jaře a na podzim v lokalitě Studená 2003 – 2004



### ZÁVĚRY

Při sledování transformace organické hmoty v půdě zpracovávané půdoochranně (bezorebně) a konvenčně (orbou) v polním provozním pokusu ve Studené lze kromě rozdílů mezi technologiemi

pozorovat i některé obecné zákonitosti. K nim patří především určitá sezónní dynamika fyzikálních charakteristik (účinky mrazového efektu a přirozené uléhání půdy během vegetace) a poměrně homogenní (přibližně stejné) hodnoty většiny půdních vlastností v prvních dvou hloubkách orané varianty.

Celkové množství organické hmoty bylo větší u konvenčního zpracování, ale ve variantě s vynecháním orby vykazuje tato organická hmota vyšší kvalitu danou vyšším obsahem humusových látek a úrovní dalších kvalitativních parametrů. Sledované období je však ještě příliš krátké pro obecnější závěry i pro statistickou průkaznost. Hodnocení rovněž komplikuje relativně mělký humusový horizont na vybraných pokusných stanovištích, což ztěžuje odběr půdních vzorků právě pro stanovení parametrů půdní organické hmoty (stanovení přesných hloubek odběru vzhledem k „prohloubení“ tohoto horizontu nebo jeho částí v důsledku zpracování a působení mrazového efektu). Přesto lze říci, že transformace organické hmoty v půdě jsou ovlivňovány ve vztahu k systémům jejího zpracování rozdílně, neboť jsou ovládány rozdílnými vodno-vzdušnými a oxidačně redukčními poměry v půdě. Redukované nebo též půdoochranné zpracování půdy může při důsledné technologické kázni vytvářet pro transformaci půdní organické hmoty a její biologické oživení stejné, nebo i příznivější podmínky než zpracování konvenční.

*Poděkování: Příspěvek vznikl za podpory grantu MSM 6007665806.*

## LITERATURA

- Angers, D.A., Pesant, A., Vigneux, J., 1992: Early cropping induced changes in soil aggregation, organic matter, and microbial biomass, *Soil Science Society of America Journal*, Vol.56, 1992, pp. 115-119.
- Franzluebbers, A.J., And M.A. Arshad, 1996: Water-stable aggregation and organic matter in four soils under conventional and zero tillage. *Can. J. Soil Sci.* 76: 1996, pp. 387-389.
- Horáček, J., 1995: Studie vlastností a přeměn organické hmoty v půdě. Docentská habilitační práce, JU ZF České Budějovice, 1995, 218 s.
- Horáček, J., Ledvina, R., Stach, J., Šabatka, J., Raus, A., 1999: Posouzení fyzikálních vlastností půdy při klasické a bezorebné technologii pěstování brambor. *Zemědělská technika*, 45, 1999 (3), s. 81-86.
- Horáček, J., Ledvina, R., Raus, A., 2001: The content and quality of organic matter in Cambisol in a long-term no-tillage system. 2001, *Rostl. Výr.*, 47: 205-210.
- Horáček, J., Liebhard, P., 2004: Vlastnosti zemědělské půdy při přechodu na redukované systémy jejího zpracování. *Inovační podnikání & transfer technologií č. 1, příl. VII, AIP ČR Praha*, 2004, s. 14-15.
- Hraško, J., 1962: Rozbory pôd. SVPL, Bratislava, 1962, 334 s.
- Hraško, J., 2003: Sú pedogenetické koncepcie prežitkom? In *Sb. mezin. Konf. „Druhé pôdoznalecké dni v SR“*, Stará Lesná, 2003, s. 13-18.
- Hůla, J., Procházková, B. a kol., 2002: Vliv minimalizačních a půdoochranných technologií na plodiny, půdní prostředí a ekonomiku. *Zemědělské informace* (3), ÚZPI Praha, 2002, 126 s.
- Kolář, L., 1984: Agrochemické zvláštnosti ovlivňující soustavu hnojení v oblasti Šumavy. *Doktorská disertační práce*, VŠZ Praha. 1984, 290 s.
- Kolář, L. a kol., 2000: Půdní organická hmota, humus a mikrobiální aktivita půd podhorských a horských oblastí, *Sborník ZF České Budějovice, ř. FYTO*, 2000, s. 53-63.
- Lal, R., And J.M. Kimble, 1997: Conservation tillage for carbon sequestration. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 1997, 49: 243-253.
- Ledvina, R., Horáček, J., Čechová, V., Hřebečková, J., 2004: Půdoochranné technologie pro pěstování polních plodin. *Col. of Sci. Pap. Fac. of Agric. in Č. Budějovice*, vol. 21, 2004, s. 61 – 66, ISSN 1212-1731.
- Novák, B., 1963: Příspěvek k teorii mikrobiální tvorby humusu. *Doktorská disertační práce*, VŠZ Praha, 1963.
- Sprague, G.B., Triplett, M.A., 1986: No-tillage and surface-tillage agriculture, John Wiley & Sons, New York, 1986, 465 p.
- Stevenson, F.J., 1982: Degradation products and chemical structures in: *Humus chemistry, genesis, composition, reactions*, Wiley, 1982, pp. 244-263.
- Weigel, A., J. Kubát, M. Körschens, D.S. Powlson, And S. Merčil, 1998: Determination of the decomposable part of soil organic matter in arable soils. *Arch. Acker – Pfl.-Bau Boden.*, 1998, 43: 123-143.

# METALIZÁCIA SLOVENSKÝCH PÔD, JEJ ROZSAH A DÔSLEDKY

## Metallization of Slovakian soils, its extent and consequences

Ondrej HRONEC<sup>1</sup>, Ján TOMÁŠ<sup>2</sup>, Emília HUTTMANOVÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Katedra environmentálneho manažmentu, Fakulta európskych štúdií a regionálneho rozvoja,  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Detašované pracovisko Košice,  
Požiarnická 1, 040 01 Košice, SR*

[ondrej.hronec@uniag.sk](mailto:ondrej.hronec@uniag.sk), [emilia.huttmanova@post.sk](mailto:emilia.huttmanova@post.sk)

<sup>2</sup>*Katedra chémie, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska  
univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, SR*  
[jan.tomas@uniag.sk](mailto:jan.tomas@uniag.sk)

### Abstrakt

Metalizácia pôd je vnášanie ťažkých a rizikových kovov do pôd. Pôda, ktorá sa vyznačuje vysokou sorpčnou schopnosťou, veľmi dobre sorbuje kladne nabité ióny kovov. Preto ich prísun do pôdy aj v malých koncentráciách počas dlhého obdobia vedie k vysokej kumulácii kovov v pôde. Podstatným vkladom zvýšených množstiev ťažkých kovov do pôdy sú imisie z energetiky, priemyslu, dopravy a z ďalších zdrojov, ktoré predstavujú nekontrolovateľné vnášanie kovov do pôdy. Pôda však nevystupuje ako pasívny akceptor kontaminantov. Znečistená pôda je zdrojom pre znečisťovanie ostatných zložiek životného prostredia a potravín. Vysoká rizikovosť rizikových kovov súvisí s ich dlhodobým zotrvaním v prostredí (vysokou perzistenciou).

**Kľúčové slová:** metalizácia, ťažké kovy, rizikové prvky, limitné hodnoty, geochemické anomálie, kontaminované pôdy

### Abstract

Metallization of soil is an import of heavy and risk metals into soils. The soil is characterized by high sorption ability very good sorbs positively charged metal ions. Therefore their supply also in low concentration during long time can lead to high metal accumulation in soil. Relevant input of higher amount of heavy metals in soil presents emission emanating from power stations, industry, traffic and other sources which can be indicate like uncontrolled import of metals into soil. However the soil does not act as passive acceptor of contaminants. Contaminated soil is representing as a source for other contamination of environment compounds and foods. High hazard of risk metals is connected with their permanent persistence in environment.

**Key words:** metallization, heavy metals, risk elements, limit's values, geochemical anomalies, contaminated soils

### ÚVOD

V atmosfére sú kovy viazané prevažne na jemnodisperznú frakciu atmosférického aerosólu, podieľajú sa na diaľkovom prenose škodlivín a sú súčasťou globálneho znečistenia ovzdušia. Ich účinky sa prejavujú na pôdach, u ktorých dochádza k zhoršeniu fyzikálnych, chemických a biologických vlastností. Hranice najvyšších prípustných obsahov rizikových ťažkých kovov, či už v prírodných, alebo aj antropických zdrojov v pôde sú určené limitnou hodnotou.

Limitné hodnoty rizikových látok v pôde sú uvedené v Prílohe č. 2 k zákonu č. 220/2004 Z.z. Uvádzame ich v tabuľke 1.

Tab. 1 *Limitné hodnoty rizikových prvkov v poľnohospodárskej pôde (v mg·kg<sup>-1</sup> suchej hmoty, rozklad lúčavkou kráľovskou, Hg celkový obsah)*

Pôdny druh	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn	F
piesočnatá, hlinito-piesočnatá	10	0,4	15	50	30	0,15	40	25	0,25	100	400
piesočnato-hlinitá, hlinitá	25	0,7	15	70	60	0,5	50	70	0,4	150	550
ílovito-hlinitá, ílovitá, íl	30	1,0	20	90	70	0,75	60	115	0,6	200	600

Zdroj: Príloha č. 2 k zákonu 220/2004 Z. z.

#### Stanovenie pôdneho druhu

Pôdny druh	Obsah častíc menší ako 0,01 mm
piesočnatá, hlinito-piesočnatá	pod 20 %
piesočnato-hlinitá	20 – 45 %
ílovito-hlinitá, ílovitá, íl	nad 45 %

Pre limitné hodnoty rizikových prvkov v poľnohospodárskej pôde sa musia zohľadniť hodnoty pôdnej reakcie pre Cd, Pb, Ni a Zn. Na stanovenie limitných hodnôt sa odoberajú pôdne vzorky v hĺbkach 0,00 – 0,20 m na orných pôdach a 0,05 – 0,10 m na trvalých trávnych porastoch.

Prevýšenie limitných hodnôt aspoň jednej rizikovej látky a prvku v poľnohospodárskej pôde indikuje jej kontamináciu. Pri prevýšení limitnej hodnoty niektorej rizikovej látky a prvku v poľnohospodárskej pôde je povinné zistenie kritických hodnôt znečistenia. Následne pôdna služba (Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy – VÚPOP) vypracuje zhodnotenie rizík zo znečistenia poľnohospodárskej pôdy vo vzťahu k poľnohospodárskej produkcii, k podzemným a povrchovým vodám, k možnému ohrozeniu zdravia obyvateľstva, zdravia hospodárskych zvierat, voľne žijúcich zvierat a ekosystémov. Spracuje návrh na odstránenie znečistenia pôdy a spôsob hospodárenia na tejto pôde.

Limitné hodnoty rizikových prvkov vo vzťahu poľnohospodárska pôda a rastlina (kritické hodnoty) sú uvedené v tabuľke 2.

Tab. 2 *Limitné hodnoty rizikových prvkov vo vzťahu poľnohospodárska pôda a rastlina – kritické hodnoty (v mg·kg<sup>-1</sup> suchej hmoty, vo výluhu 1 mol·l<sup>-1</sup> dusičnanu amónneho)*

Prvok	Kritická hodnota
Arzén (As)	0,4
Meď (Cu)	1,0
Nikel (Ni)	1,5
Zinok (Zn)	2,0
Kadmium (Cd)	0,1
Olovo (Pb)	0,1
Fluór (F, vodorozpustný)	5,0

Zdroj: Príloha č. 2 k zákonu 220/2004 Z. z.

V citovanej Prílohe č. 2 k zákonu č. 220/2004 Z.z. sú ďalej stanovené limitné hodnoty polycyklických aromatických uhľovodíkov v pôde (v počte 12 PAU) ich celkového povoleného obsahu 1,00 mg·kg<sup>-1</sup> suchej hmoty, pri najprísnejších limitoch pre naftalén, antracén, benzo (k) fluorantén a benzo (g,h,i) perylén 0,05 mg·kg<sup>-1</sup> suchej hmoty (sú to prokarcinogény, ktoré môžu spôsobiť nádorové ochorenia). Ďalej sú stanovené limitné hodnoty pre polychlórované bifényly v pôde (PCB), chlórované pesticídy, nechlórované pesticídy a nepolárne látky (NEL).

#### VÝSLEDKY

Do platnosti Zákona 220/2004 Z. z. (o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia

a o zmene a doplnení niektorých zákonov) kontaminácia pôd bola posudzovaná podľa limitov (Rozhodnutia MPSR o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde a o určení organizácií oprávnených zisťovať skutočné hodnoty týchto látok č. 531/1994 – 540). Podľa týchto hygienických limitov bolo zistené v rámci celej výmery pôdneho fondu SR (poľnohospodárske a lesné pôdy) 1,4 % kontaminovaných pôd a 0,4 % výrazne kontaminovaných pôd. Tieto sa nachádzajú prevažne v horských oblastiach s výskytom geochemických anomálií (Stredný Spiš, Slovenské Rudohorie, Štiavnické vrchy a ďalšie pohoria). Rokom 2001 bol ukončený druhý cyklus Čiastkového monitorovacieho systému – ČMS pôd. V porovnaní s výsledkami prvého cyklu v rokoch 1992 – 1996 neboli zistené signifikantné zmeny v obsahu ťažkých kovov a to ani v kontaminovaných ani v nekontaminovaných oblastiach.

**Potvrdilo sa, že kontaminované pôdy na rozdiel do ovzdušia a vody si dlhodobo udržuujú nepriaznivý stav a akékoľvek zmeny sa dejú vo väčšom časovom rozpätí** (Hronec, 1996; Hronec a kol. 1992).

Podľa výsledkov monitoringu pôd **extrémne vysoké hodnoty As** sa nachádzajú južne od tepelnej elektrárne Zemianske Kostoľany a na priľahlej časti nivy rieky Nitry (ktorá bola zaplavená týmito odpadmi pri pretrhnutí hrádze úložiska popolčiekov v roku 1965) ako i v širšom imisnom areáli uvedenej tepelnej elektrárne. Je to výsledok dlhodobého spaľovania uhlia s vysokým obsahom arzenu. Ďalej je to v okolí metalurgického závodu v Krompachoch. Podobná situácia je aj v okolí ŽB Nižná Slaná. Tu je príčinou zvýšeného množstva As spracovanie železných rúd s obsahom tohto prvku, unikajúceho do ovzdušia a odtiaľ do pôdy.

**Zvýšené obsahy Cd** v povrchových horizontoch pôd sú výsledkom dlhodobého vplyvu imisií a z hnojenia superfosfátmi. Sú rozptýlené v nížinných oblastiach, v jadrových a vulkanických pohoriach. Súvislé vyššie obsahy Cd najmä v západnej, severnej a severozápadnej časti SR, kde sa nevyskytujú geochemické anomálie sú spôsobené dlhodobým imisným vplyvom (Teplárne, a.s. v Žiline, Oravské ferrozliatinové závody, a. s. Istebné, atď.).

**Najvyššie obsahy Co** sú pravdepodobne viazané na geochemické anomálie Ni, Fe, Mn, v ktorých sa Co nachádza ako sprievodný prvok (severná časť Slovenského Rudohoria, Strážovské vrchy, okolie Banskej Štiavnice, severne od Spišskej Novej Vsi, v Spišskej Magure, v Laboreckej vrchovine). Chróm v nadpriemerných hodnotách sa nachádza ako výsledok dlhodobého vplyvu metalurgického a chemického priemyslu na Dolnej Orave – Istebné, v Podunajskej nížine – Sereď, ďalej v okolí Liptovského Mikuláša – Kožiarske závody, ďalej v okolí Žiliny – Považské chemické závody. V pôdach sa chróm vyskytuje v oxidačnom stupni  $Cr^{3+}$  a  $Cr^{6+}$ . Z biotoxikologického hľadiska je  $Cr^{3+}$  v pôdach pre rastliny neprístupný.  $Cr^{6+}$  je ľahko mobilný v kyslých i zásaditých pôdach, má výrazné alergénne a karcinogénne účinky. Pre pôdy sú určené zatiaľ iba limitné obsahy pre celkový obsah Cr. Najvyššie obsahy  $Cr^{6+}$  sú v pôdach na Dolnej Orave, s imisnými zdrojmi metalurgických závodov.

**Meď** sa v extrémne vysokých hodnotách vyskytuje v okolí Rudňan a Krompách, na Strednom Spiši z miestnych emisných zdrojov počas ich dlhoročných prevádzok (aj bez odlučovacích zariadení až do šesťdesiatych rokov minulého storočia). Kovohuty Krompachy boli jedným z najstarších a najväčších zdrojov medi v Európe. Vyššie obsahy medi sa nachádzajú temer v celej Podunajskej nížine a južnej časti Východoslovenskej nížiny v príčinnej súvislosti s používaním meďnatých prípravkov vo vinohradníctve.

**Ortuť** sa vo výrazne zvýšených hodnotách nachádza v oblasti kontaminácie pôd Hg imisiami v okolí Rudňan, kde bol donedávna jeden z najväčších zdrojov emisií Hg. Značný podiel na obsahu Hg v okolí Rudňan a Gelnice majú geochemické anomálie a zložité geologické pomery Stredného Spiša.

**Nikel** sa vo zvýšenej hodnote nachádza najmä v nížinách a v niektorých kotlinách. Priestorové rozloženie Ni a jeho vyšších obsahov je výsledkom vplyvu energetiky a z časti metalurgie z našich i zahraničných zdrojov, čo potvrdzuje kumulácia Ni v povrchových vrstvách pôdy.

**Olovo** vo zvýšených obsahoch sa nachádza v severozápadnej a severnej časti SR ako následok imisnej záťaže zo susedných krajín (Poľsko, Česko). Domáce zdroje s imisiami olova sú kombinované s geochemickými anomáliami jadrových a vulkanických polohách a v ich širokom okolí, kde sú nahromadené ich zvetraliny (náplavové kužele, terasy, nivy).

**Zinok** sa v extrémne vysokých hodnotách vyskytuje najmä v geochemických anomáliách v Štiavnických vrchoch, v nive a na terasách Štiavnického potoka a zo zdrojov metalurgického priemyslu v Rudňanoch a zvlášť v Krompachoch.

**Fluór** je potrebné hodnotiť podľa hygienického limitu pre vodný výluh, pretože nie je výraznejšia závislosť medzi obsahom vodorozpustného a celkového fluóru. Vplyv emisií fluóru je napr. v okolí hlinikárne v Žiari nad Hronom výrazný, ale prejavuje sa len v obsahu vodorozpustného fluóru.

## ZÁVER

V pôdach sa rizikové prvky nachádzajú v rôznych formách a ich obsah a dynamiku ovplyvňuje celý rad faktorov. Sú to jednak faktory statické ako materská hornina, klimatické podmienky, ročné obdobie, geomorfológia terénu, atď. Statické podmienky človek nemôže ovplyvniť. Na rozdiel od statických podmienok, dynamické podmienky, ktorými sú obsah a kvalita humusu, pôdna reakcia, zrnitosť, sorpčná kapacita, mikrobiálna aktivita sú ovplyvňované najmä úrovňou výživy a hnojenia, agrotechnikou, mechanizačnými prostriedkami, atď. Pri posudzovaní znečistenia pôd je potrebné vychádzať z poznania prirodzených obsahov týchto prvkov v pôde (pozaďových hodnôt).

Rovnaké celkové obsahy toho istého kovu v rôznych pôdnych typoch nemusia viesť k rovnakým pozitívnym či negatívnym dôsledkom z hľadiska hygieny pôd. Kovy sa v pôde vyskytujú v rôznych chemických aj fyzikálnych formách, ktoré súvisia nielen s vlastnosťami kovov, ale aj s vlastnosťami anorganickej a organickej časti pôdy.

## LITERATÚRA

- Čurlik, J. a kol., 2003: Pôdna reakcia a jej úprava. Bratislava, Jaroslav Suchoň – Suma print, 2003, 250 s. ISBN 80-967696-1-8.
- Čurlik, J., Šefčík, P., 1999: Geochemický atlas Slovenskej republiky, MŽP SR Bratislava 1999, 99 s. + 83 M, ISBN 80-88833-14-0.
- Demo, M., Bielek, P., Hronec, O., 1999: Trvalo udržateľný rozvoj, SPU Nitra, 1999. 400 s., ISBN 80-7137-611-6.
- Hronec, O., 1996: Exhaláty – pôda – vegetácia. Prešov: TOP s.r.o., 1996. 325 s., ISBN 80-967523-0-8.
- Hronec, O., Tomáš, J., 1996: Poškodzovanie pôd a rastlín ľudskými činnosťami, 130 s. (u autorov).
- Hronec, O., Tóth, J., Holobradý, K., 1992: Exhaláty vo vzťahu k pôdam a rastlinám Východného Slovenska. Príroda Bratislava, 1992, 195 s., ISBN 80-07-00546-3.
- Hronec, O., Tóth, J., Tomáš, J., 2002: Cudzorodé látky a ich riziká. Harlequin Quality, Košice, 2002, ISBN 80-968824-0-6.
- Tóth, J., Tomáš, J., Volmannová, A., 1999: Fytofarmácia. Ochrana biodiverzity. VŠP Nitra, 1999, 100 s.
- Vilček, J., Hronec, O., Bedrna, Z., 2005: Environmentálna pedológia, VÚPOP Bratislava, 2005, 310 s. ISBN 80-8069-501-6.

# OPTIMALIZÁCIA VYUŽÍVANIA POĽNOHOSPODÁRSKEJ PÔDY A JEJ OCHRANA PRI POZEMKOVÝCH ÚPRAVÁCH

## Optimalization of agricultural soil use and its protection at land consolidation

**Blanka ILAVSKÁ, Richard LAZÚR, Martin GRANEC**

*Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy Bratislava, Gagarinova 10,  
827 13 Bratislava, SR  
[ilavska@vupu.sk](mailto:ilavska@vupu.sk)*

### Abstrakt

Pozemkové úpravy sú nástrojom na dosiahnutie takého funkčného usporiadania územia, ktoré umožní každému vlastníkovi pôdy disponovať so svojím majetkom pri rešpektovaní zásad ochrany a tvorby krajiny a potenciálov pôdy a iných zložiek životného prostredia. Ciele pozemkových úprav nie je možné uspokojivo plniť bez správnych a dostatočne podrobných informácií o vlastnostiach pôdy, jej potenciáloch a funkciách.

**Kľúčové slová:** pozemkové úpravy, údaje o pôde, BPEJ, GIS, erózia, ochrana pôdy

### Abstract

Land consolidation in Slovakia serves as a tool for achievement of such functional land arrangement, which enables every land owners to utilize his field real estate property with respect to the principles of environmental protection, ecological stability and sustainability. This aim can not be fulfilled without any complex, detailed and accurate information about soil quality, functions and potentials.

**Key words:** land consolidation, soil data, BPEJ, GIS, erosion, soil conservation

### ÚVOD

Základným cieľom pozemkových úprav je funkčne účelné usporiadanie vlastníctva pozemkov a ostatného nehnuteľného poľného majetku v území, ktorého organizácia bude daná agroekologickým potenciálom krajiny – požiadavkami ochrany a tvorby životného prostredia, efektívneho využitia pôdneho fondu a rozvíjania krajinotvorných a iných environmentálnych funkcií poľnohospodárskej pôdy. Z tohto kontextu je zrejmý význam aktuálnych, komplexných a čo najpresnejších informácií o vlastnostiach, kvalite, funkciách a potenciáloch poľnohospodárskej pôdy.

Dominantným poskytovateľom údajov o pôde a odborných služieb založených na poznaní pôdy (napr. vyhodnotenie ohrozenosti pôdy, environmentálneho potenciálu) je Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy v Bratislave. Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy preto vykonáva permanentnú aktualizáciu, zdokonaľovanie a spresňovanie Informačného systému o pôde vrátane Bonitačného informačného systému.

### MATERIÁL A METÓDY

Pri zostavovaní všeobecných zásad funkčného usporiadania územia majú rozhodujúcu úlohu vlastnosti, funkcie a potenciál pôd.

Predmetom pozemkových úprav je najmä:

- racionálna organizácia využívania poľnohospodárskej pôdy v krajine s ohľadom na prirodzený potenciál pôdy, ekologickú stabilitu krajiny a preferencie človeka v jej využívaní
- spravodlivé usporiadanie pozemkového vlastníctva k poľnohospodárskej pôde, kde každý vlastník musí dostať pozemok rovnakej výmery a kvality (ceny) ako mal pôvodne, to sa realizuje prostredníctvom ocenenia pôdy.

Aj keď v súčasnosti existujú názory považujúce hodnotenie pôdy založené na systéme BPEJ za prekonané, je to stále hlavný a prakticky jediný spôsob zohľadnenia pôdných parametrov v pozemkových úpravách explicitne zakotvený vo všetkých relevantných právnych predpisoch.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### *Homogenita parciel a honov*

Výrazne negatívnym dôsledkom nesprávneho postupu pri scelovaní pozemkov a honov nie je len odstránenie medzí a stromov ktoré plnia veľmi významné ekologické funkcie, ale aj veľké produkčno-ekonomické straty. Pri spájaní a usporiadaní územných celkov má sa zásadne vychádzať zo základného postulátu, že ak príslušný územný celok (parcela, hon, blok a pod.) má byť základnou územnou výrobnou jednotkou a ak má poskytovať aj vyrovnané podmienky pre rast a produkciu plodín, má byť aj dostatočne homogénny. Na heterogénnych honoch sú rozdielne podmienky pre obrábanie a tým aj pre rast a produkciu plodín. Sú tu značne obmedzené možnosti jednotného postupu agromelioračných a protieróznych opatrení, ako aj ostatných zásahov.

Pretože štruktúra HPEJ je v rozdielnych pôdno-ekologických podoblastiach špecificky diferencovaná, majú sa rešpektovať aspoň základné zásady a postupy (Džatko, 1998).

- Zásadne nespájať neštrkovité a veľmi štrkovité pôdy, hlboké a plytké pôdy, ako aj územia s väčším rozdielom svahovitosti ako 7°.
- Pri posudzovaní váhy vplyvu zložiek prostredia na heterogenitu územia sa doporučuje uplatniť nasledujúce poradie:
  - v nížinách: zrnitosť, pôdotvorný substrát, stupeň oglejenia, obsah skeletu, hĺbka pôdneho profilu, svahovitosť a expozícia,
  - v kotlinách a v horskej sústave: svahovitosť, zrnitosť, obsah skeletu, hĺbka pôdneho profilu, pôdotvorný substrát a expozícia.

Je treba diferencovane hodnotiť stupne heterogenity územia na rovinách, pahorkatinách a v horskej sústave. Na rovinách by mala byť minimálne 80 %-ná, v členitejších územiach pahorkatín 75 %-ná a v horskej sústave 70 %-ná homogenita honov.

Všetky návrhy na usporiadanie pôdneho fondu sa musia riešiť systémovo, čiže v nadväznosti na charakter a potenciál aj širšieho okolia.

### *Oceňovanie pozemkov*

Údaje o vlastnostiach poľnohospodárskej pôdy sa uplatňujú v procese projektovania pozemkových úprav vo viacerých etapách tohto procesu v zmysle §3 zákona č.330/1991 v znení neskorších predpisov. Objektívne ocenenie pôvodných pozemkov je základnou podmienkou spravodlivého usporiadania pozemkového vlastníctva a určenia nových pozemkov, kde každý vlastník má dostať pozemok primeranej výmery a kvality (hlavným kritériom je kvalita pôdy podľa BPEJ), ako jeho pôvodný pozemok. Oceňovanie sa vykonáva podľa BPEJ a podľa skutočne zisteného druhu pozemku (pri tematickom meraní polohopisu). Hodnota pozemkov sa určuje podľa prílohy 1. Vyhlášky MP SR č. 38/2005 Z.z. „O určení hodnoty pozemkov a porastov na nich na účely pozemkových úprav“. Pretože objektívne hodnotenie pozemkov je podmienkou pre odsúhlasenie RPS (register pôvodného stavu), v ktorom sú dotknuté vlastnícke práca účastníkov projektu, môžeme objektívnosť a presnosť určenia BPEJ ako podkladu pre ocenenie považovať za významnú podmienku.

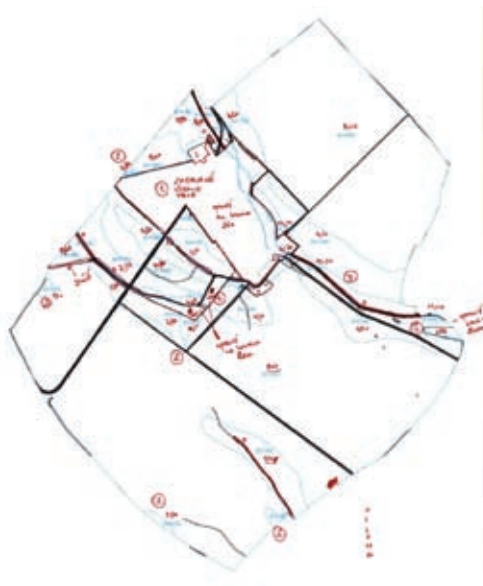
Chyby spôsobené nepresnosťou výškopisu podkladových máp majú za následok chybné určenie kódu sklonu a expozície (v niektorých prípadoch aj HPJ) v kóde BPEJ. Odstraňujú sa s využitím digitálneho modelu terénu vytvoreného zo zamerania výškopisu v projekte PÚ, ktoré poskytujú spracovatelia PPÚ v rámci aktualizácie BPEJ pre ocenenie pozemkov v RPS. Z dodaného výškového bodového poľa pomocou 3D rozšírenia aplikácie ARC MAP sa vygeneruje digitálny terénny model,

ktorý sa prevedie taktiež pomocou rozšírenia ARC MAP pri štandardných nastaveniach na grid obsahujúci hodnoty svahov. Tento grid sa ďalej preklasifikuje podľa stupnice intervalov svahovitosti platný v bonitácii: 0 – 1°, 1 – 3°, 3 – 7°, 7 – 12°, 12 – 17°, 17 – 25°, nad 25°. Prekrytím digitálneho modelu s vrstvou BPEJ sa zistené odchýlky alebo chyby odstránia určením správneho 5. miesta kódu (obr. 1 – 4).

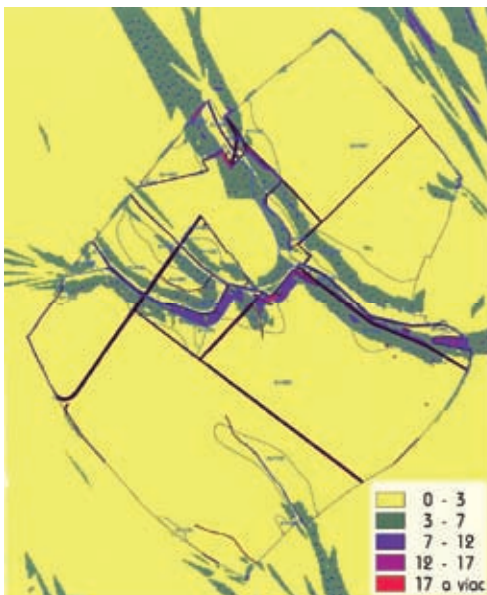
Obr. 1 *Areály BPEJ na podklade ortofotomapy*



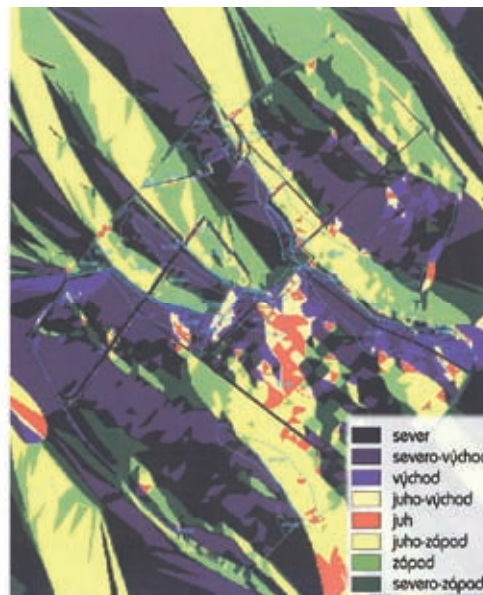
Obr. 2 *Návrh projektanta na zmenu hraníc BPEJ*



Obr. 3 *Digitálna mapa kategórií sklonu*



Obr. 4 *Digitálna mapa expozície*



### ***Ochrana poľnohospodárskej pôdy pred eróziou***

V poľnohospodárskej krajine pozemkové úpravy okrem vyriešenia vlastníckych vzťahov umožňujú aj komplexne riešiť efektívne využívanie a ochranu poľnohospodárskej pôdy v súlade s vlastnosťami pôd a zlepšiť celkovú ekologickú stabilitu riešeného územia.

Zdrojom informácií o pôde v dostatočnej presnosti a relevantnej mierke pre celé územie poľnohospodárskej pôdy SR sú údaje o bonitovaných pôdno-ekologických jednotkách (BPEJ), obsahujúce

v agregovanej štandardizovanej forme základné informácie o ekologických a agronomických vlastnostiach pôd, umožňujúce určiť:

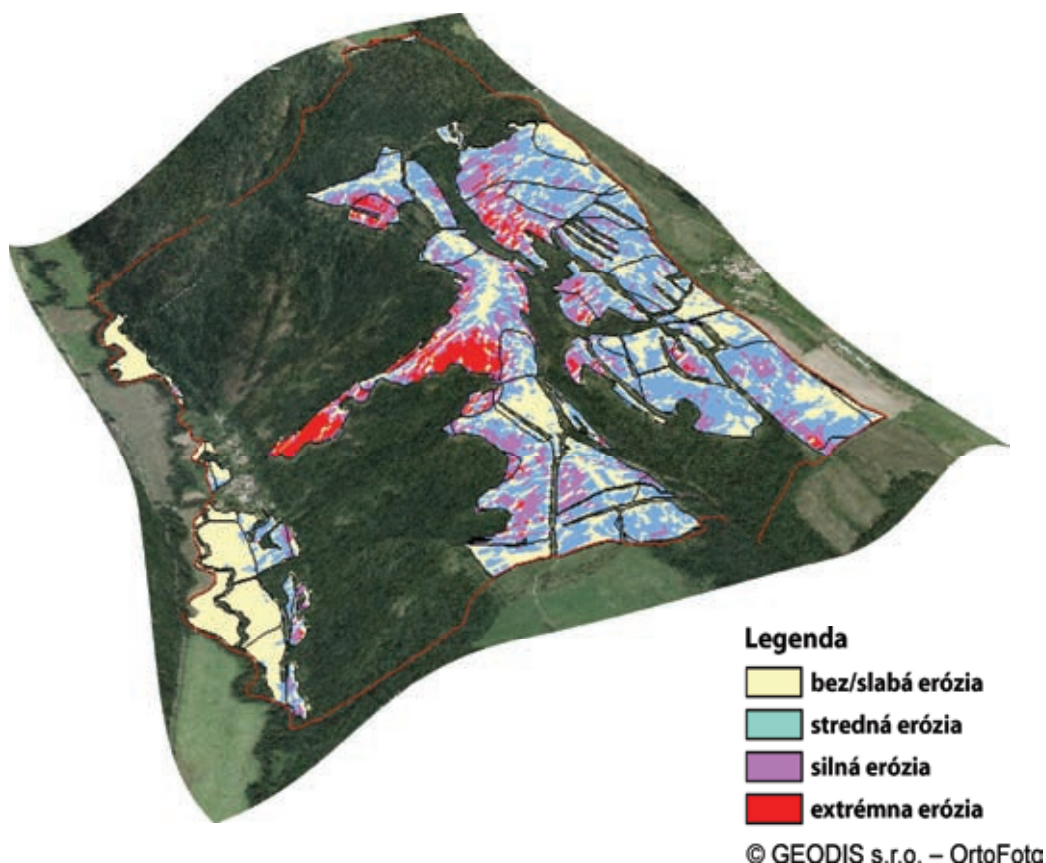
- optimálny spôsob využitia pôdy na konkrétnej lokalite,
- ohrozenie pôdy degradačnými faktormi,
- optimálny spôsob jej ochrany,

V súčasnej dobe, keď je takmer 43 % ornej pôdy Slovenska (z jej celkovej výmery) potenciálne ovplyvnené eróziou pôdy, protierózna ochrana nadobúda primárne postavenie. Protierózna ochrana musí byť neodmysliteľnou súčasťou trvalo udržateľného využívania poľnohospodárskej pôdy. Je to súbor účinných opatrení (v procese hospodárenia na pôde), ktoré slúžia na to, aby zamedzili stratám pôdnej hmoty ako aj zhoršovaniu úrodnostných parametrov.

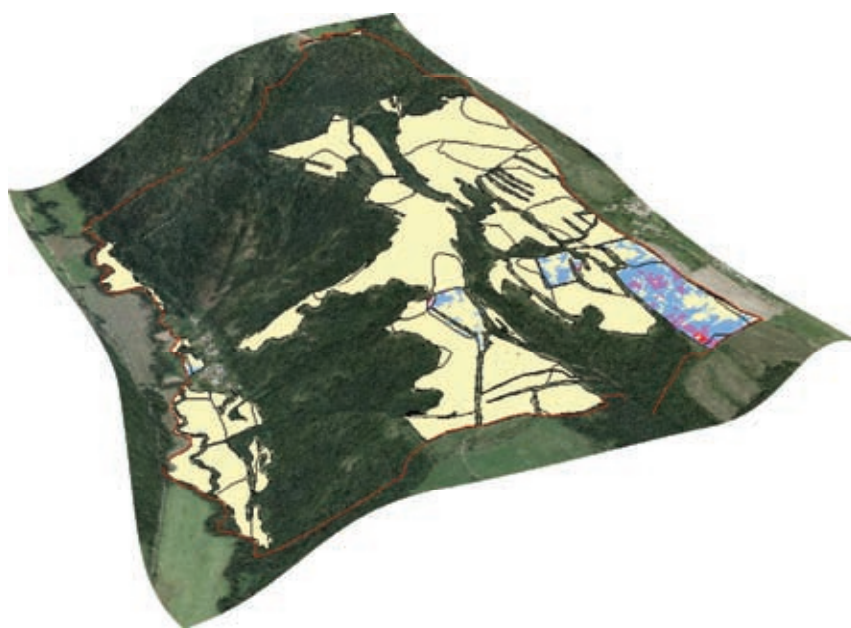
#### ***Princípy ochrany pôdy pred vodnou eróziou***

Potreba protieróznej ochrany sa určuje na základe stanovenia a vyhodnotenia erózneho ohrozenia poľnohospodárskej pôdy v obvode projektu pozemkových úprav Na výpočet intenzity erózie VÚPOP používa univerzálnu rovnicu straty pôdy – USLE (Wischmeier-Smith, 1962), digitálneho terénneho modelu na podklade ortofoto máp s aktuálnym vegetačným krytom.

Obr. 5 Erózna ohrozenosť poľnohospodárskej pôdy v obvode pozemkových úprav (podľa USLE)



Obr. 6 Erózna ohrozenosť poľnohospodárskej pôdy pri aktuálnom vegetačnom kryte (TTP, OP)



Na obr. 5 a 6 je príklad vyhodnotenia eróznej ohrozenosti vodnou eróziou poľnohospodárskych pôd v obvode pozemkových úprav. Vyhodnotenie eróznej ohrozenosti veternou eróziou sa vykonáva na základe bonitačného informačného systému o pôde VÚPOP s prihliadnutím na faktory zrnitosti pôdy, náchylnosti pôdy k veternej erózii a klimatické podmienky (kódy BPEJ).

Hlavným cieľom protieróznej ochrany je zabrániť vzniku škodlivej, najmä výmoľovej erózie na ohrozenej pôde, znížiť intenzitu plošnej erózie pôdy aspoň na hodnotu prípustnej (tolerovanej) intenzity erózie a zabezpečiť ochranu zdrojov povrchových a podzemných vôd, zariadení v krajine, vegetácie pred negatívnymi účinkami transportovaného materiálu. Protierózna ochrana však musí zohľadňovať tak požiadavky poľnohospodárskej činnosti ako aj požiadavky ekologickej stability a trvalej udržateľnosti poľnohospodárskej krajiny.

Tab.1 Protierózne opatrenia na poľnohospodárskej pôde

Druh protieróznych opatrení	Spôsob realizácie protieróznych opatrení	
	vodná erózia	veterná erózia
Organizačné	<ul style="list-style-type: none"> <li>• delimitácia kultúr</li> <li>• protierózne rozmiestnenie plodín</li> <li>• rotácia plodín s ochranným účinkom</li> <li>• veľkosť, tvar a rozmiestnenie honov</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• výber pestovaných plodín</li> <li>• protierózne rozmiestňovanie kultúr.</li> <li>• veľkosť, tvar a rozmiestnenie pozemkov</li> </ul>
Agrotechnické	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pôdoochranná agrotechnika</li> <li>• protierózne oševné postupy</li> <li>• protierózna obnova porast (TTP)</li> <li>• mulčovanie</li> <li>• protierózny smer výsadby</li> <li>• zatrávnenie medziradiakov</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pôdoochranná agrotechnika a mulčovanie.</li> <li>• úprava štruktúry pôdy.</li> <li>• zvyšovanie vlhkosti povrchu pôdy</li> <li>• úprava povrchu pôdy</li> </ul>
Biologické	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ochranné zatrávňovanie</li> <li>• ochranné zalesňovanie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pásové pestovanie plodín</li> <li>• ochranné lesné pásy (vetrolamy)</li> </ul>
Technické	<ul style="list-style-type: none"> <li>• terénne úpravy</li> <li>• vytváranie terás</li> <li>• povrchové odvodnenie územia (záchytné priekopy, zvodné nádrže..)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prenosné zábrany</li> </ul>

Použitie konkrétnych ochranných protieróznych opatrení a ich účinnosť na pôdu vo veľkej miere závisí od prirodzených vlastností stanovišťa, preto je veľmi dôležité posúdiť vhodnosť aplikácie toho

ktorého ochranného opatrenia. Pri návrhu protieróznych opatrení je potrebné si uvedomiť, že jednotlivé opatrenia nie sú v protieróznej ochrane alternatívami, ale že sa navzájom dopĺňajú. Ide o opatrenia organizačné, agrotechnické, biologické a technické.

## ZÁVER

Pozemkové úpravy sú nástrojom na dosiahnutie takého funkčného usporiadania územia, ktoré umožní každému vlastníkovi pôdy disponovať so svojím majetkom pri rešpektovaní zásad ochrany a tvorby krajiny a potenciálov pôdy a iných zložiek životného prostredia. Ciele pozemkových úprav nie je možné uspokojivo plniť bez správnych a dostatočne podrobných informácií o vlastnostiach pôdy, jej potenciáloch a funkciách. Poskytovateľom takýchto informácií je Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, ktorý pre potreby spracovateľov projektov pozemkových úprav vykonáva permanentnú aktualizáciu a spresňovanie informácií o pôde a spracúva účelové hodnotenia kvality, ohrozenia a potenciálov poľnohospodárskej pôdy nevyhnutné pre jej udržateľné využívanie v ekologicky stabilizovanej krajine.

*Podakovanie: Táto práca bola podporovaná Agentúrou pre podporu vedy a techniky prostredníctvom finančnej podpory č. APVT-27-036602.*

## LITERATÚRA

- Antal, J. et al., 1994: Erózia na pôdach (Rozborová úloha). VŠP Nitra, 1994, 84 s.
- Bielek, P., 1996: Ochrana pôdy, VÚPÚ, Bratislava.
- Džatko, M. a kol., 1998: Ekologizácia využívania produkčného potenciálu pôd. In: Trvalo udržateľná úrodnosť pôdy a protierózna ochrana, VÚPOP Bratislava, s. 73-82.
- Fulajtár, E., Janský, L., 2001: Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana. VÚPOP, Bratislava, 308 s.
- Ilavská, B., Lazúr, R., 2003: Aktualizácia a detailizácia bonitačného GIS pre potreby spracovania pozemkových úprav. Záv. správa VÚPOP Bratislava.
- Jambor, P., Ilavská, B., 1998: Metodika protierózneho obrábania pôdy. Bratislava VÚPÚ, SPPK, 70 s.
- Janeček, M. a kol., 2002.: Ochrana zemědělské půdy před erozí, ISV nakladatelství, Praha, 2002.
- Jurán, C., 1990: Erózne procesy na území Slovenska a perspektíva protieróznej ochrany poľnohospodárskej pôdy. In.: Pôda najcennejší zdroj. VÚPÚ Bratislava, 1990, s. 61-74.
- Kováč, K., 1996: Osevné postupy a ekologické hospodárenie. In.: Ochrana pôdy – výzva pre budúcnosť. Tále, 1996, s. 161-185.
- Malíšek, A., 1992: Optimálna dĺžka svahu v závislosti na vodnej erózii, Vedecké práce VÚPÚ Bratislava, 1992.
- Mišťina, T., Kováč, K. a kol., 1993: Ochranné obrábanie pôdy. VÚRV Piešťany, 1993, 166 s.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1962: Soil Loss Estimation as a toll in soil and water management planning, Int. Assoc. Scient. Hydrol. Pub. 59.
- Zákon SNR č.330/1991 Zb. o pozemkových úpravách, usporiadaní pozemkového vlastníctva, pozemkových úradoch, pozemkovom fonde a o pozemkových spoločenstvách v znení neskorších predpisov.
- Zákon NR SR č.180/1995 Z.z. o niektorých opatreniach na usporiadanie vlastníctva k pozemkom v znení neskorších predpisov.

# ODRAZ NEDOSTATKU PÔDNEJ VLHKOSTI NA HRÚBKOVÝ PRÍRASTOK DUBA

## Impact of soil moisture lack on diameter increment of oak

Jozef IŠTONA, Jozef PAJTÍK, Pavel PAVLENDÁ

*Lesnícky výskumný ústav, T.G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, SR*

*[istona@fris.sk](mailto:istona@fris.sk), [pajtik@fris.sk](mailto:pajtik@fris.sk), [pavlenda@fris.sk](mailto:pavlenda@fris.sk)*

### Abstrakt

Sucho je veľmi významný fyziologický činiteľ pre lesné porasty a svojim stresujúcim účinkom, okrem iného, priamo a veľmi negatívne ovplyvňuje produkciu ich biomasy. Miera jeho pôsobenia v lesnom ekosystéme závisí od ročného obdobia, časového trvania extrémnych teplôt ovzdušia a tiež od zásoby vody v pôde. V práci sme najprv porovnali a zhodnotili krátkodobý vplyv klimatických faktorov na hrúbkový prírastok duba cerového v suchom (2003) a vlhšom roku (2004) a následne i dlhodobý vplyv klimatických faktorov na prírastok počas celého života pomocou dendroklimatologického vyhodnotenia vývrtovej alebo kotúčovej a výpočtom funkcie odozvy (response function). Výsledky potvrdzujú, že v nížinných polohách aj po dobrej zimnej zásobe pôdnej vody pri nedostatku zrážok a skorom nástupe veľmi teplých dní v jarných mesiacoch sa jej obsah rýchlo vyčerpáva a už na prelome mája a júna dochádza k zastaveniu hrúbkového rastu. Naopak, výdatné májové a júnové zrážky majú najväčší vplyv na veľkosť prírastku. Z výsledkov dendroklimatickej analýzy rastu cera, ktoré odrážajú dlhodobé klimatické vplyvy vyplýva, že najväčší vplyv na veľkosť prírastku má množstvo atmosférických zrážok počas celého roka, pričom najviac vplývajú zrážky počas vegetačného obdobia (v mesiacoch máj a jún). Vplyv teplôt nie je taký významný ako vplyv zrážok, najväčší pozitívny vplyv na veľkosť prírastku má teplota v októbri predchádzajúceho roka a teplota vo februári hodnoteného roka.

**Kľúčové slová:** sucho, prírastok, dendrochronologická analýza, dub cerový

### Abstract

The drought is the important physiological factor relating to the forest stands. It influences very negatively the production of biomass by its stressing effect. The extent of its effect in forest ecosystems depends on the season, duration of extreme air temperatures and water supply in soil. Firstly the paper compares and assesses the short-time effect of climatic factors on diameter increment of Turkey oak in dry year of 2003 and during the year 2004, which was moister than previous. Then the paper deals with long-term impact of climatic factors on increment of oak during the whole living through the dendrochronological assessment of increment cores or circles and through the calculation of the response function. The results prove that in lowland localities the water supply is rapidly reducing due to a lack of precipitation during the extremely hot spring months even there was enough water supply in soil during the winter. Therefore the growth processes stops already at the turn of May and June. On contrary the fruitful rain in May and June have the biggest impact on increment measure. From the results of dendrochronological analysis of Turkey oak growth follows that the most significant influence on increment measure has the amount of precipitation during the whole year and especially the precipitation in vegetation period (May and June). The impact of temperatures is not as significant as precipitation effect. The highest positive effect on extent of increment has the temperature in October of the previous year, as well as the temperature in February of the assessed year.

**Key words:** drought, increment, dendrochronological analysis, Turkey oak

## ÚVOD

Les zaradujeme medzi zložitý biologický systém, ktorý významne zasahuje do kolobehu vody v krajine a v ktorom aj samotné dreviny majú rozmanitý vzťah k vodnému režimu. Ich metabolická činnosť býva dobrá, ak hydrotermický režim prostredia odpovedá ich nárokom. Medzi najväčšie nebezpečenie, ktoré ich fyziologicky ohrozuje, patrí sucho. Sucho vždy bolo a bude aj pri zmenených klimatických podmienkach významný fyziologický činiteľ na lesné porasty a svojim stresujúcim účinkom, okrem iného, priamo a veľmi negatívne ovplyvňuje produkciu biomasy.

Ak hovoríme o suchu, vždy máme na mysli nedostatok zrážok a vlhkosti. Miera jeho pôsobenia v lesnom ekosystéme závisí od ročného obdobia, časového trvania extrémnych teplôt ovzdušia a tiež od zásoby vody v pôde. Z doterajších zistení sa škodlivé suchá v našich prírodných pomeroch vyskytovali zhruba do 500 m n. m. Prebiehajúce klimatické zmeny (i očakávané) povedú k tomu, že spomínané presychanie sa bude posúvať vyššie a doterajšia rozkolísanosť zrážok i teplôt bude narastať. Aby sme mohli uvedené zmeny v závislosti od zrážok a teplôt prognózovať treba najprv čo najpresnejšie poznať ich režim už aj za terajších podmienok, a tiež dosah a dopady hlavne na trvalosť a druhovú i produkčnú stabilitu lesných spoločenstiev.

## MATERIÁL A METODY

Cieľom príspevku je porovnanie a zhodnotenie dlhodobej a krátkodobej dynamiky hrúbkového rastu duba cerového na živnom stanovišti odrážajúcej ekologické pomery nížinnej až pahorkatinnej polohy. Experimentálny a podkladový materiál duba je získaný z trvalej monitorovacej plochy (TMP) v Čifároch (OZ Levice). TMP Čifáre predstavuje modelovú plochu pre lesné spoločenstvá dubín (cerín) na sprašiach a sprašových hlinách v dubovom vegetačnom stupni. Výskumná plocha sa nachádza v nadmorskej výške 225 m, na miernom svahu s JV expozíciou so sklonom 15 %.

Na základe zistených vlastností bola pôda na ploche zaradená do skupiny pôd ilimerických, a to ako luvizem modálna (MKSP 2000), resp. Albi-Haplic Luvisol (WRB 1998). V tabuľke 1 sú uvedené vybrané vlastnosti charakterizujúce pôdu na monitorovacej ploche podľa odberových hĺbok určených pre plochy II. úrovne monitoringu v rámci programu ICP Forests. Výrazná je vertikálna textúrna diferenciácia s dominantným iluviálnym luvickým horizontom.

Tab. 1 Prehľad vlastností pôdy na TMP Čifáre

	Íl	C <sub>org</sub>	N <sub>t</sub>	pH-H <sub>2</sub> O	pH-CaCl <sub>2</sub>	CEC
	%	%	%			cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>
<b>Pokr. humus</b>	–	21,5	1,64	5,59	5,13	–
<b>0 – 10 cm</b>	7,2	3,2	0,28	4,90	4,19	9,4
<b>10 – 20 cm</b>	12,5	2,9	0,23	4,55	3,85	8,9
<b>20 – 40 cm</b>	31,6	1,8	0,14	4,64	4,25	12,2
<b>40 – 80 cm</b>	35,7	0,7	0,08	5,15	4,62	12,5

Stromovú vrstvu takmer na 100 % tvorí dub cerový (*Quercus cerris*) s ojedinelou prímесou duba zimného. Krovitý podrast je silne vyvinutý s veľkou prevahou trnky nad zobom vtáčím, hlohom a ružou šipovou, ktoré dopĺňa ojedinelý výskyt drieňa, rešetliaka prečisťujúceho, bresta hrabolitého a černice. Typologicky je zaradená do skupiny lesných typov *Carpineto-Quercetum* (Zlatník, 1959) a do lesného typu č. 1307 – mrvicová hrabová dúbava na spraši (Hančinský, 1972). Na ploche bolo v roku 2000 160 stromov. Je to tenšia cerová kmeňovina vo veku 75 rokov.

Potrebné údaje na hodnotenie vlhkostného režimu na ploche sme získali z gravimetrických meraní vlhkosti pôdy, ktorú na ploche sledujeme celoročne v dvojtyždňových (jar, leto, jeseň) až štvortýždňových (zima) intervaloch do hĺbky 100 cm. Odber vzoriek sa robí pomocou pôdneho vrtáka. Hydrolimity pôdy sú charakterizované maximálnou kapilárnou kapacitou (MKK), bodom zníženej dostupnosti vody (BZD) a bodom vädnutia (BV). Uvádzané hydrolimity sú prevzaté zo zistení od Tužinského (1998).

Popri podrobnejšom sledovaní ročnej dynamiky hrúbkového rastu, ktorá sa na ploche sleduje od roku 2000, sme zisťovali v dvojtyždňových intervaloch aj množstvo zrážok. Priemerné údaje podkorunových zrážok sú z desiatich zberačov.

Dendrometre hrúbkového rastu boli nainštalované na úrovňové stromy vo výške 1,3 m a zaznamenávajú zmeny na obvode kmeňa. Hrúbkový prírastok sa meral v dvojtyždňových intervaloch pomocou mikrodendrometrov Ecological Measuring Systems. Po ploche bolo nainštalovaných 40 dendrometrov. Ich základom je oceľový pás, ktorý sa pomocou pružiny napína okolo kmeňa a pri raste sa napätie meračského pásu prenáša na vernierovu stupnicu s presnosťou 0,1 mm. Odčítanie je manuálne. Dendrometre EMS boli nainštalované na jeseň roku 1999.

Krátkodobý vplyv klimatických faktorov na prírastok sme zhodnotili pomocou porovnania jeho veľkosti a dynamiky v suchom (2003) a vlhšom roku (2004)

Dlhodobý vplyv klimatických faktorov na prírastok počas celého života sme vyhodnotili pomocou dendroklimatologického vyhodnotenia vývrtov a výpočtom funkcie odozvy (response function).

Letokruhovú analýzu bola vykonaná z vývrtov, ktoré boli odobraté na jar roku 2002 pred začatím rastového procesu. Jednotlivé letokruhové série (časové rady širok letokruhov), ktoré boli pre jednotlivý strom vypočítané ako aritmetický priemer z oboch vývrtov, boli synchronizované metódou krížového datovania a následne boli opravené nepravidelnosti v tvorbe letokruhov. Datácia a oprava sérií boli vykonané v programe DAS. Týmto programom boli vypočítané významné prírastkové minimá a maximá (roky s výrazne nízkym, resp. vysokým prírastkom). Ďalším krokom letokruhovej analýzy bola indexácia – odstránenie vekového trendu z časovej rady širok letokruhov prevedením absolútnych hodnôt širok letokruhov na hodnoty letokruhových indexov, čím sa eliminuje vplyv veku stromu a bonity porastu. Indexácia bola vykonaná v programe DAS, pričom bola z ponúkaných rastových funkcií vybratá tá, ktorá najlepšie aproximovala trend (vo väčšine prípadov to bola mocninová funkcia štvrtého rádu).

Pre dendroklimatologické vyhodnotenia boli využité údaje SHMÚ z najbližších meteorologických staníc. Dendroklimatologické vyhodnotenie spočívalo v porovnaní mesačných klimatických dát (priemerných mesačných teplôt a mesačných úhrnov zrážok) s radom letokruhových indexov pre jednotlivé vývrty. Veľkosť prírastku vyjadrená formou indexu bola postupne korelovaná s hodnotami klimatických parametrov v zadanej sekvencii mesiacov (15 mesiacov, od júla predošlého roku až do septembra roku, kedy sa daný letokruh vytvoril).

Súčasťou dendroklimatologického vyhodnotenia bol aj výpočet funkcie odozvy (response function, Fritts, 1976) za použitia radov meteorologických prvkov. Jedná sa o mnohonásobnú regresiu, kde vstupnými parametrami sú indexovaná šírka letokruhu v danom roku, priemerné mesačné teploty a mesačné úhrny zrážok v danom období 15 mesiacov, celkom teda do modelu vstupuje 31 premenných. Výpočty boli vykonané v programe SPSS a samotným výpočtom predchádzala štandardizácia všetkých premenných. Ak sú premenné štandardizované, potom vo výpočtoch sa korelačný koeficient zhoduje s regresným koeficientom. Response function bola vypočítaná zvlášť pre každú letokruhovú sériu. Jej výpočet pre celú sadu sérií nebol urobený, pretože hoci sa pri nej dosiahne vysoký koeficient determinácie, model je nestabilný.

Vývrty pre účely letokruhových analýz boli odobraté metódou štandardne používanou v rámci ICP Forests. To znamená, že vývrty boli odoberané zo stromov mimo samotnej plochy, aby nedošlo k poškodeniu stromov na ploche. Bolo vybratých 24 úrovňových stromov bez poškodenia kmeňa s hrúbkou blízkou strednej hrúbke porastu, z ktorých sa odobrali dva vývrty v smere po svahu a proti svahu. Letokruhovú sériu pre daný strom bola vypočítaná ako aritmetický priemer z príslušných dvoch vývrtov. Vývrty boli vybrúsené a šírky letokruhov zmerané s presnosťou na 0,01 mm pomocou digitálneho poziciometra KUTSCHENREITER.

Dendroklimatický model pre plochu bol zostavený ako jednotlivý stromový a je nasledovného tvaru:

$${}_1I_n = {}_1R_m * {}_mK_n$$

kde:  ${}_1I_n$  vektor letokruhových indexov  
 ${}_1R_m$  vektor regresných koeficientov  
 ${}_mK_n$  matica klimatických premenných  
 $n$  počet skúmaných rokov  
 $m$  počet klimatických charakteristík

V ďalšom kroku sa redukoval počet klimatických faktorov iba na štatisticky významný počet (s), o ktorých môžeme povedať ( $P = 90\%$ ), že ovplyvňujú tvorbu hrúbkového prírastku. Vlastná redukcia sa uskutočnila F-testom významnosti regresných koeficientov. Dendroklimatický model možno potom formulovať nasledovne:

$${}_1I_n = {}_1R_s * {}_sK_n$$

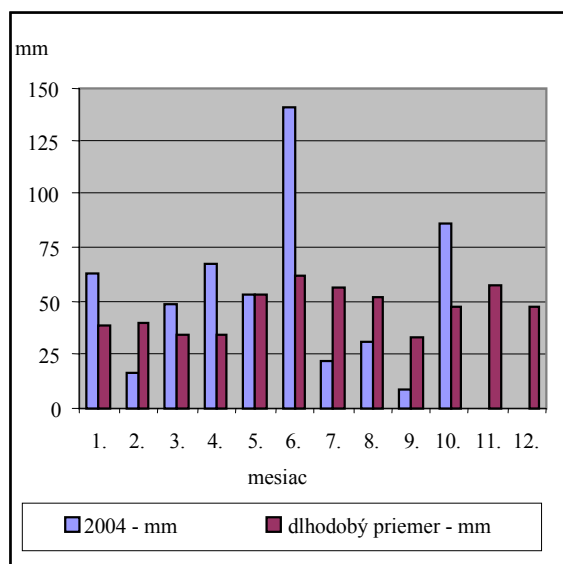
## VÝSLEDKY A DISKUSIA

V rokoch 2000 až 2004 sa vyskytli vlhkostne tri priaznivé a dva veľmi nepriaznivé roky. Z nich rok 2003 (vlhkostne veľmi nepriaznivý) a rok 2004 (vlhkostne priaznivejší) sme využili pre krátkodobé hodnotenie vplyvu zásoby vody v pôde na hrúbkový prírastok.

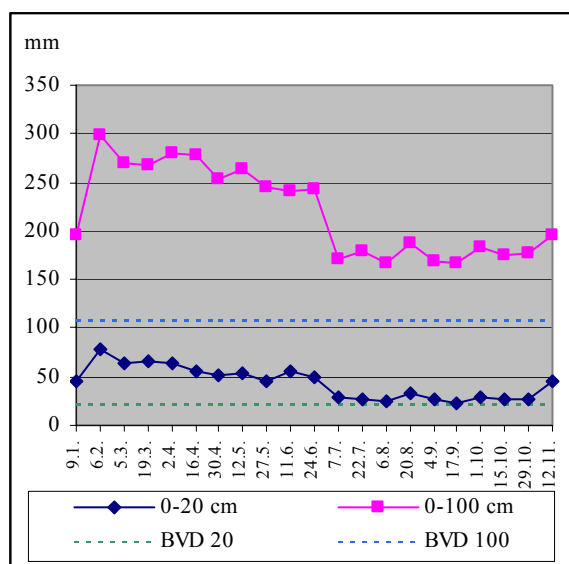
V nasledujúcich obrázkoch sa porovnávajú vstupy zrážok do dubového spoločenstva do konca októbra, ich dopad na zásobu vody v pôde i odraz sucha na tvorbu hrúbkového prírastku.

Na obr. 1 zobrazujeme porovnanie kvantity zrážok podľa mesiacov v roku 2004. Zobrazenie nám dokazuje, že aj za priaznivejších klimatických pomerov dochádza k veľkej rozkolísanosti zrážok oproti dlhodobému normálu, obzvlášť júnové zrážky boli mimoriadne veľké, po nich nastúpilo v letných mesiacoch teplé a suché obdobie iba občas bolo prerušované slabými zrážkami.

Obr. 1 Porovnanie kvantity zrážok podľa mesiacov v 2004 s dlhodobým priemerom



Obr. 2 Dynamika v zásobe vody v pôde podľa hĺbky a zobrazením hodnoty hydrolimitu bodu vädnutia (BV) pre 20 – 100 cm

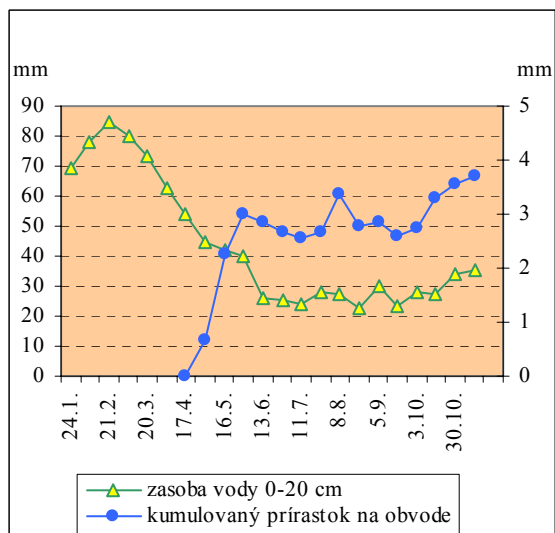


Na obrázku 2, 3 a 4 je zobrazená dynamika zásoby pôdnej vody pre povrchových 20 cm a fyziologickú 100 cm hrúbku v porovnávaných rokoch. Pri hodnotení celej fyziologickej hĺbky za rok 2004 vidieť, že zásoba vody počas zimných a jarných mesiacov do začiatku júla väčšinou bola nad alebo tesne pod BZD (približne 250 mm). Jej maximálna hodnota dosiahla začiatkom februára takmer MKK (334 mm). Celkovo veľmi dobrá zásoba vody v pôde trvala do konca mája a júna. Jej významný pokles nastal v júli, keď v druhej polovici júla klesla pod hodnotu BZD na cca 160 mm a na tej hladine sa udržiavala až do polovice októbra. Iba koncom-októbrové a novembrové zrážky začali vplývať na jej vzostup. Treba zdôrazniť skutočnosť, že na rozdiel od predošlého roku, ktorý bol už od mája podstatne suchší, sa v tomto roku vlhkosť pôdy pohybovala v semiaridnom intervale so zásobou vody medzi hydrolimitmi BZD a BV iba počas leta a jesene, a hoci zásoba vody za celú hrúbku bilančne nepoklesla pod BV, pri povrchovej 20 cm vrstve sa jej obsah od leta do jesene pohyboval na BV! Z pohľadu využiteľnej vody hodnotíme letnú zásobu vody za celú hĺbku už ako veľmi nízku, čo sa výrazne prejavilo aj v stagnácii hrúbkového prírastku duba.

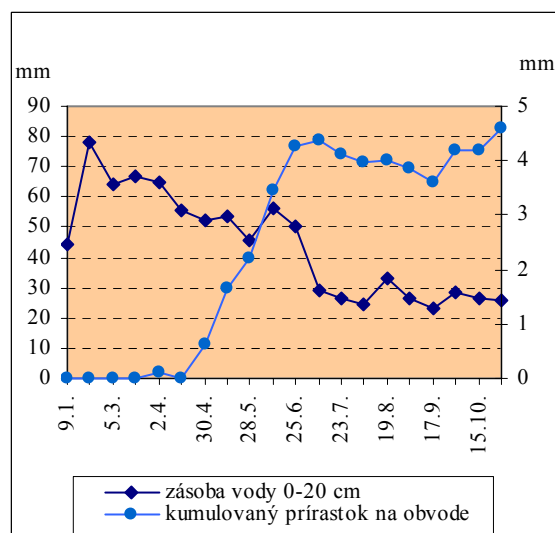
Z porovnania dynamiky hrúbkového prírastku a zásoby vody v pôde (obr. 3 a 4) vidieť silnú závislosť sledovaného prírastku na jej dostatočnej zásobe v prvej polovici a nedostatku v druhej polovici vegetačného obdobia i rozdielnosti nástupu sucha v roku 2003 a 2004. Pre úplnosť uvádzame

na obrázku 5 priebeh narastania prírastku na obvode stromu i za ďalšie roky spolu (2000 až 2002), kde negatívny vplyv sucha na prírastok sa najviac prejavil v roku 2000.

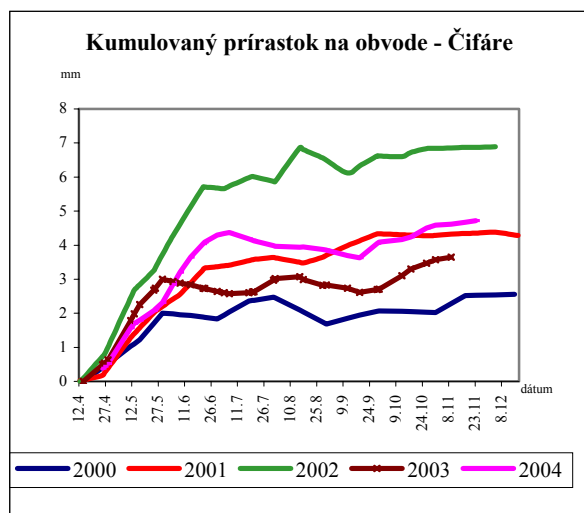
Obr. 3 *Dynamika zásoby vody v pôde a kumulovaného prírastku na obvode cera v suchom roku 2003 (Ištoňa, Pajtik 2003)*



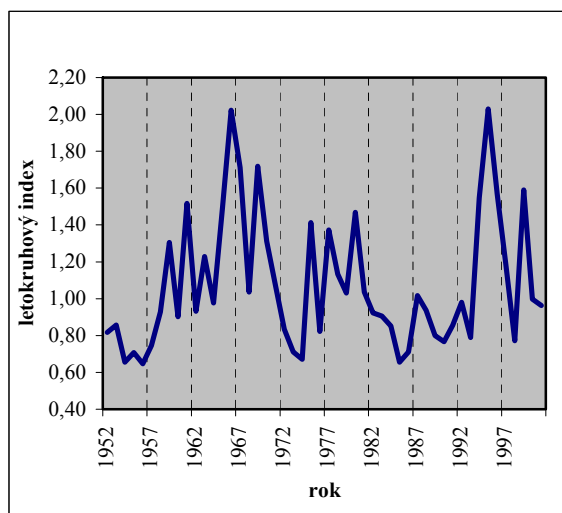
Obr. 4 *Dynamika zásoby vody v pôde a kumulovaného prírastku na obvode cera vo vlhšom roku 2004*



Obr. 5 *Priebeh rastu duba cerového v rokoch 2000 – 2004*



Obr. 6 *Priemerná letokruhovú chronológia cera z TMP Čifáre*



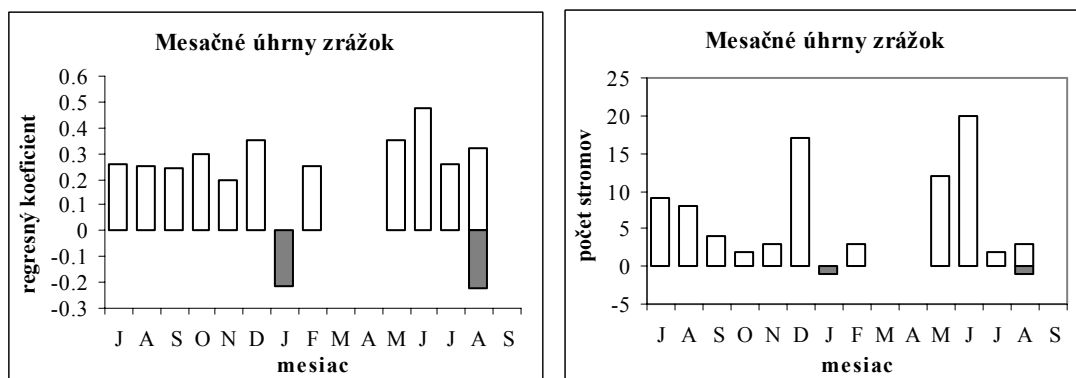
Uvedomujeme si, že okrem zrážok a zásob pôdnej vody veľkosť prírastku ovplyvňujú aj iné faktory, predovšetkým teplota, preto v ďalšej časti sme urobili dendroklimatologické vyhodnotenie vývrtov. Prírastok je dendrometrická veličina charakterizujúca rast stromov a porastov. Prostredníctvom jeho sledovania možno získať ďalšie informácie vypovedajúce o stave jednotlivých stromov a celého porastu a ich zmien v čase.

Výsledkom dendrochronologických analýz sú jednak priemerné letokruhovú chronológie, ktoré vyjadrujú vývoj prírastku a prírastkové minimá a maximá (obr. 6), jednak korelácia širok letokruhov s klimatickými faktormi a funkcia odozvy. Významnosť jednotlivých klimatických faktorov sa vyjadrila pomocou priemerného kladného resp. záporného regresného koeficientu a ich počtu a je znázornená na obr. 7 a 8.

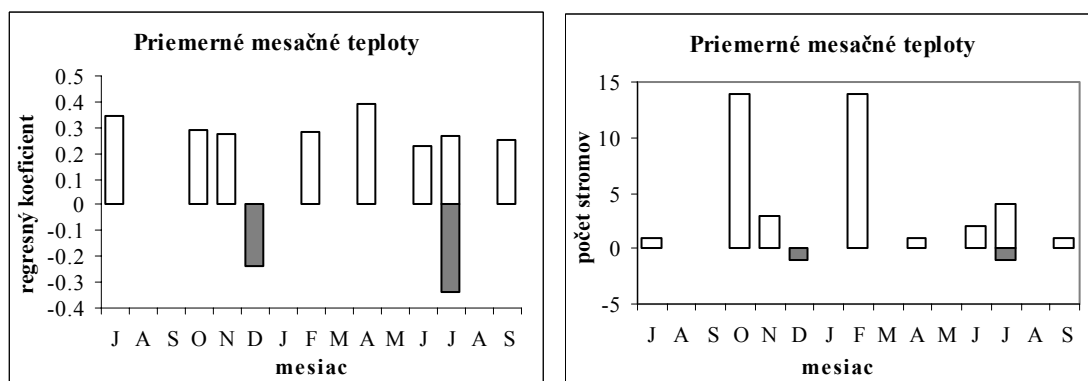
Následne boli klimatické faktory kumulované do skupín a dendroklimatický model bol vypočítaný podľa prvého tvaru, to znamená, pre všetky kumulované klimatické faktory bez ich redukcie. Významnosť jednotlivých klimatických faktorov sa vyjadrila podobne ako v predchádzajúcom prípade

pomocou priemerného kladného, resp. záporného regresného koeficientu a ich počtu. Znáznomená je na obr. 9.

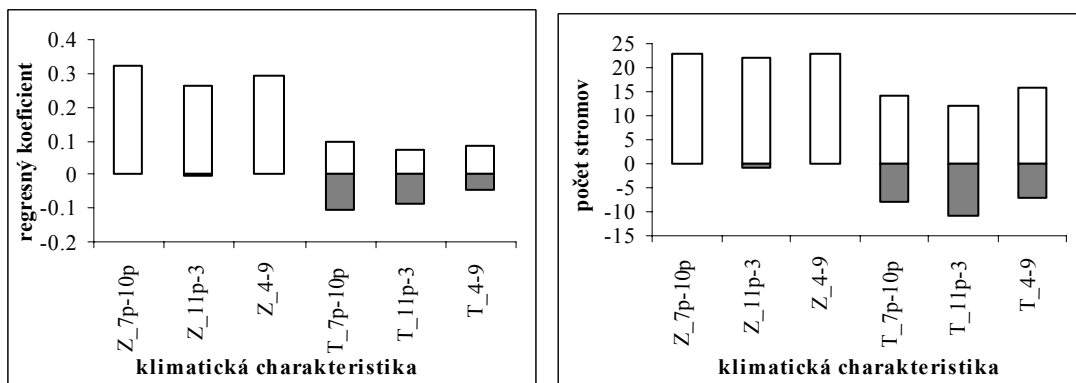
Obr. 7 *Prehľad vplyvu mesačných úhrnov zrážok na prírastok cera na TMP Čifáre*



Obr. 8 *Prehľad vplyvu priemerných mesačných teplôt na prírastok cera na TMP Čifáre*



Obr. 9 *Prehľad vplyvu jednotlivých klimatických faktorov na prírastok cera na TMP Čifáre*



#### **Vysvetliky k označeniu x-ovej osi v grafoch letokruhových analýz:**

J, A, S,..., J, A, S	mesiace v poradí od júla predchádzajúceho roka do septembra aktuálneho roka
Z_7p-10p	úhrn zrážok od júla predchádzajúceho roka do októbra predchádzajúceho roka
Z_11p-3	úhrn zrážok od novembra predchádzajúceho roka do marca aktuálneho roka
Z_4-9	úhrn zrážok od apríla aktuálneho roka do septembra aktuálneho roka
T_7p-10p	priemerná mesačná teplota od júla predchádzajúceho roka do októbra predchádzajúceho roka
T_11p-3	priemerná mesačná teplota od novembra predchádzajúceho roka do marca aktuálneho roka
T_4-9	priemerná mesačná teplota od apríla aktuálneho roka do septembra aktuálneho roka

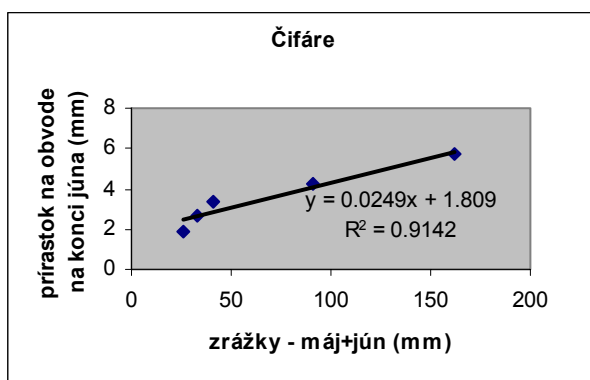
Výsledky ďalej ukázali, že aj v rámci malej plochy existuje veľká variabilita sily vplyvu klimatických faktorov na rast jednotlivých stromov.

ledky dendroklimatickej analýzy rastu cera, ktoré odrážajú dlhodobé klimatické vplyvy na monitorovanej ploche Čifáre dokazujú, že:

- najväčší vplyv na veľkosť prírastku má množstvo atmosférických zrážok počas celého roka, pričom najväčší vplyv majú zrážky počas vegetačného obdobia (v mesiacoch máj a jún),
- vplyv teplôt nie je taký významný ako vplyv zrážok, najväčší pozitívny vplyv na veľkosť prírastku má teplota v októbri predchádzajúceho roka a teplota vo februári hodnoteného roka.

Skutočnosť, že najväčší vplyv na hrúbkový prírastok majú atmosférické zrážky v mesiacoch máj a jún potvrdzuje aj závislosť prírastku vytvoreného do konca júna od množstva podkorunových zrážok v mesiacoch máj a jún, znázornená na obr. 10.

Obr. 10 *Závislosť prírastku vytvoreného do konca júna od množstva podkorunových zrážok v mesiacoch máj a jún*



## ZÁVER

V nížinných polohách aj pri dobrej zimnej zásobe pôdnej vody sa pri nedostatku zrážok v jarných mesiacoch jej obsah rýchlo vyčerpáva a už na prelome mája a júna môže dojsť pri skorom nástupe extrémnych teplôt aj k zastaveniu rastových procesov duba, čo dokazujú výsledky z meraní na TMP Čifáre v roku 2000 a 2003. Naopak, výdatné májové a júnové zrážky majú najväčší vplyv na prírastok a na jeho celoročnú veľkosť.

## LITERATÚRA

- Bucha, T., Maňkovská, B., Mind'áš, J., Molnárová, H., Pavlenda, P., Pajtík, J., Raši, R., Varga, L., 2002: Zdravotný stav lesov Slovenska. Správa z monitoringu 2002. Zvolen, LVÚ 2002, 96 s.
- FAO-UNESCO-ISRIC, 1998: Soil Map of the World. Revised legend. World Soil Resources Report, No. 84, FAO. Rome, 118 s.
- Fritts, H. C., 1976: Tree ring and climate, London, New York, San Francisco, Academic Press, 567 s.
- Hančinský, L., 1972: Lesné typy Slovenska. Príroda, Bratislava 307 s.
- Janiček, R., 1994: User's Guide DAS (Dendrochronological analysis system), 53 s.
- Kolektív, 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. VÚPOP Bratislava, 76 s.
- Pajtík, J., Ištoňa, J., 2003: Dynamika hrúbkového rastu duba cerového na sprašovej hline v závislosti od klimatických faktorov, Lesnícky časopis – Forestry Journal, roč.49,č.1, s.37-47.
- Tužinský, L., 1998: Výskum pôdy v luvizemi dubového ekosystému vo vzťahu k atmosférickým zrážkam. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 44 (1-2): 87-99.
- UN-ECE, ICP Forests, 1998: Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Hamburg, 3rd/4th edition.
- Zlatník, A., 1959: Přehled slovenských lesů podle skupin lesních typů. Spisy lab. biogeocenologie a typologie lesa, LF-VŠZ Brno, 3, 178 s.

# OGHRANA, VYUŽÍVANIE PÔDY A VPLYV ČLOVEKA (kľúčový referát témy I. "Ochrana a využívanie pôdy")

## Soil conservation, land use and influence of man

**Bohdan JURÁNI**

*Katedra pedológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského  
Mlynská dolina B – 2, 842 15 Bratislava, SR  
[jurani@fns.uniba.sk](mailto:jurani@fns.uniba.sk)*

### Abstrakt

Z historického pohľadu má využitie pôdy úzky súvis s hustotou populácie, úrovňou poľnohospodárskych technológií a úrovňou vedomostí o pôde v danom časovom období. Úroveň ochrany pôd súvisí s poslednými dvomi faktormi. Bonita pôdy ako hodnotové vyjadrenie kvality pôdy a teda i ceny pôdy úzko súvisí s úrovňou vedomostí o pôde. V súčasnosti prakticky všade na svete je pôdna bonita odvodená od produkčnej pôdnej funkcie. Súčasné znalosti o pôdnych funkciách nie sú zatiaľ premietnuté do žiadnej bonitácie pôd. Antropizácia, ako vplyv človeka na pôdu, má niekoľko špecifických črt. Jednak ide o pomalý, dlho trvajúci vplyv, spôsob vplyvu odráža úroveň poľnohospodárskych a lesníckych technológií v danom časovom období. Odráža tiež úroveň vedomostí o pôde. V dnešných podmienkach relatívnej nadprodukcie potravín v Európe, zmizol rešpekt obyvateľstva k pôde, ako nenahraditeľnému zdroju, pre zástavbu sa zaberajú pôdy s najlepšimi produkčnými i environmentálnymi funkciami. Riešenie tohto vážneho problému si vyžaduje rozšíriť vzdelávanie o pôde na všetkých úrovniach, upraviť zákony a vyhlášky tak, aby túto skutočnosť odrážali a dodržiavať literu i ducha zákona na lokálnych i centrálnych úrovniach.

**Kľúčové slová:** využitie pôdy, antropizácia pôdy, povedomie o pôde

### Abstract

From the historical point of view, land use has narrow connection with population density, level of agricultural technologies and level of knowledge about soil in the given time period. Level of soil conservation has connection with last two factors. Soil bonity, as an expression of value of the soil quality and also soil price, is tightly connected with level of knowledge on soil. Presently in fact everywhere on the earth is soil bonity derived from productive soil function. Nowadays knowledge on soil functions are not yet projected nowhere on the world to any kind of land evaluation. Anthropization, as man's influence on soil, has several specific features. First of all it is slow, long lasting influence, way of influence is reflecting level of agricultural and forest technology in the given time period. It is reflecting also level of knowledge about soil. In the today conditions of the relative food overproduction in Europe, respect of the inhabitants to the soil as irreparable source has disappear, for construction are consumed soils with most productive and environmental functions. Solving of this very serious problem needs to enlarge education about soil on all levels, to correct laws and declarations in such way, to reflect new knowledge and to keep words and soul of soil law on local consumed and central levels.

**Key words:** soil use, soil anthropization, awareness about soil

### *Využívanie a ochrana pôdy, historický pohľad*

Sledovanie historických zmien vo využívaní krajiny od čias nástupu neolitických technológií pri získavaní potravín ukázalo, že poľnohospodárske využívanie krajiny a s ním spojené odlesňovanie krajiny, ako aj ochrana pôdy, úzko korešpondovali s:

- veľkosťou ľudskej populácie na danom území v danej historickej dobe, teda hustotou osídlenia krajiny v danom období. Hustota osídlenia súvisela s dostatkom vhodných pôd pre získanie potravy, bezpečnosťou daného územia, ale i s výskytom rúd a materiálov a surovín potrebných pre život obyvateľstva. Historické zmeny hustoty osídlenia súviseli s vyššie uvedenými faktormi, ale aj rôznymi historickými udalosťami, ako sú prehrané alebo vyhrané vojenské stretnutia, výskyt pandemických ochorení, úroveň ľudskej hygieny a pod. Narastanie veľkosti populácie spôsobovalo tlak na získanie ďalších poľnohospodárskych území na úkor lesov, teda odlesňovanie územia.
- úrovňou používaných poľnohospodárskych technológií a ich výnosnosťou. Úroveň poľnohospodárskych technológií rástla len veľmi pomaly, najmä v počiatočnom období keďže ich rast úzko súvisel so získavaním poznatkov v oblasti biológie, ale aj techniky pre potreby väčšej ťažnej sily. Pôsobením tohto mechanizmu bolo pre obživu obyvateľov potrebné stále viac a viac poľnohospodárskej pôdy, v podmienkach Slovenska to znamenalo jej nárast na úkor lesov. Podobným spôsobom rástla tiež výmera orných pôd a to i v horských podmienkach. Prelom v tomto mechanizme spôsobila tzv. „zelená revolúcia“ v poľnohospodárstve, kedy vďaka šľachteniu plodín, používaniu priemyslových hnojív, ale i vďaka ťažnej sile poľnohospodárskych strojov a zavedeniu nových technológií stúpili úrody poľnohospodárskych plodín v priemere na dvojnásobok, i viac a znížila sa potreba ľudskej práce v poľnohospodárstve.
- úrovňou vedomostí o pôde. Neznalosť v tejto oblasti spôsobila najmä v období expanzie poľnohospodárstva do svahovitých oblastí, ale i do oblastí s výskytom textúrne diferencovaných pôd výraznú vlnu vodnej erózie pôd, ktorej výsledkom bol vznik hlbokých výmoľov, ktoré často výrazne obmedzovali ďalšie poľnohospodárske využívanie niektorých oblastí. Rozvoj poznatkov, ale aj techniky umožnil zavedenie obrábania pôd po vrstevnici v horských oblastiach (pravdepodobne od druhej polovice 18. storočia, intenzívnejšie však až v devätnástom a dvadsiatom storočí). Táto technológia priniesla vznik terasovaných polí, ktoré s nástupom „zelenej revolúcie“ sa neskôr stali trvalými trávnyimi porastami.

### ***Poľnohospodárska antropizácia***

Z uvedených konštatovaní vyplýva, že pomalé pôsobenie negatívnych vplyvov človeka na pôdu osídľujúce populácie postrehli pomerne neskoro a nemali tiež dostatok vedomostí a technických prostriedkov pre ich odstránenie, alebo aspoň zmenšenie na prijateľnú mieru.

Vplyv človeka možno globálne charakterizovať ako:

- pomalý, ale trvalý,
- odrážajúci úroveň poľnohospodárskych a lesníckych technológií,
- odrážajúci úroveň vedomostí o pôde.

### ***Problémy dneška***

V období relatívneho nedostatku potravín, teda až po obdobie tzv. „zelenej revolúcie“, pôda požívala u obyvateľstva prirodzenú vážnosť a bolo prirodzené pôdu chrániť pred nadmernými zábermi ako aj v rámci vtedajších vedomostí vykonávať opatrenia na zamedzenie jej deštrukcie. „Zelená revolúcia“ priniesla popri nespornom pozitíve, akým je dostatok potravín i negatívum, spočívajúce v prerušení pozitívnych vzťahov časti populácie k pôde. Táto skutočnosť sa najmarkantnejšie prejavila v cene pôdy.

Cena pôdy na Slovensku, tak ako prakticky vo všetkých krajinách sveta, je odvodená od bonity pôdy, ktorej hodnota je založená na produkčnej funkcii pôdy. Výnimku tvoria urbánne pôdy alebo pôdy pre výstavbu priemyselných objektov, kde cena pôdy je postavená na jej hodnote ako povrchu zemského, vhodného pre ľudské aktivity. V tomto prípade ide o prioritizovanie jednej zo socio-ekonomických funkcií. Táto funkcia však bola do istej miery prioritizovaná už od stredoveku.

Súčasný poznatky o komplexe environmentálnych funkcií, napriek rôznym snahám o vyjadrenie a ich premietnutie do hodnotovej oblasti však v žiadnej z krajín sveta nie sú premietnuté prostredníctvom pôdnej bonity do ceny pôdy. V povedomí veľkej časti našej populácie a to i vysokoškolsky vzdelanej sa zahniezdila akási „nepotrebnosť“, alebo aspoň malá potrebnosť ochraňovať pôdy. Pre veľkú časť obyvateľstva, ktoré sa neživí priamo, využívaním produkčnej funkcie pôdy, je hodnota pôdy vyjadrená len cenou, za ktorú sa táto dá predať. Keďže ceny pôdy ako pozemkov pre výstavbu sú 10 – 1 000 násobne vyššie, ako ceny poľnohospodárskej pôdy, snahou takýchto majiteľov pôdy je

predať ju na stavebné účely. Zrušenie odvodov za záber poľnohospodárskych pôd, ktoré do istej miery vyplňali rozdiel medzi cenou poľnohospodárskej pôdy a urbánnej pôdy otvorilo brány bezbrehým záberom pôd.

Ponechanie ochrany aspoň najlepších pôd v zmysle zákona o pôde z roku 2004 na administratívne orgány je len chabou snahou regulovať tento problém, nemôže byť účinný a prináša problémy iného charakteru (jeden z nich bol nedávno medializovaný). Utešovanie sa relatívne malým indexom záberu pôd v porovnaní s inými štátmi má jednu chybu: denný záber 3 ha pôdy denne (Bielek, 2005) je index za rok 2004. Vzhľadom k začiatku industriálneho boomu na Slovensku, môžeme už v tomto roku očakávať omnoho vyššie číslo tohoto indexu.

Ak západoeurópske krajiny pristúpia k zákonným opatreniam, ktoré zamedzia vysoké denné zábery pôdy u nich, môžeme očakávať nárast tohto indexu u nás do neočakávaných výšok, lebo pre zníženie nezamestnanosti ešte stále budeme vítať každý druh investičnej činnosti. Vzhľadom na to, že naše najproduktívnejšie pôdy majú zároveň najvyššiu hodnotu environmentálnych funkcií a zároveň sú pôdami v rovinatom reliéfe, vhodné pre výstavbu za relatívne najnižších nákladov, možno očakávať najväčší záber práve takýchto pôd.

## ZÁVER

Očakávaný (podľa môjho názoru) katastrofálny dopad vstupu investičného boomu na Slovensko, ktorý spôsobí záber produkčne i environmentálne najlepších pôd spôsobuje:

- zrušenie odvodov za záber pôdy a tým výrazné hodnotové znevýhodnenie poľnohospodárskych pôd;
- formulácia nového Zákona o pôde z r. 2004, bez reštrikčných opatrení za záber chránených pôd;
- nerešpektovanie Zákona o pôde z r. 2004
  - na lokálnej úrovni
  - bez vážnej kontroly na centrálnej úrovni;
- chýba výchova obyvateľstva na všetkých úrovniach pre uvedomenie si dôležitosti pôdy ako nenahraditeľného zdroja dôležitého pre život a to nielen z hľadiska produkcie potravín.

Riešenie tohto problému nebude možné bez:

- výchovy obyvateľstva na všetkých úrovniach o dôležitosti pôdy, ako nenahraditeľného zdroja
- znovu zavedenie istej formy finančného odvodu za záber pôd
- úprava Zákona o pôde z r. 2004 a dodržiavanie litery zákona
  - na miestnej úrovni
  - centrálnymi úradmi
- príprava jednotného zákona o ochrane pôd (bez „kvázi“ rezortného rozdelenia na poľnohospodárske a lesné)

### *Zachránime naše pôdy pre budúce generácie?*

*Podakovanie: Táto práca vznikla aj vďaka podpore Vedeckou grantovou agentúrou Ministerstva školstva, registračné číslo projektu 1/2339/05.*

## LITERATÚRA

Bielek P., Sedlák, J., 2005: Stavby na zelenej lúke zaberajú pôdu bezhlavo. Pravda 28. 5. 2005.

# MONITORING A JEHO POSTAVENIE PRI STRATÉGII OCHRANY A VYUŽÍVANIA PÔDY

## Monitoring and its position at protection strategy and land use

Jozef KOBZA

*Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy Bratislava,  
Regionálne pracovisko Banská Bystrica, Mládežnícka 36, P.O.BOX 9,  
974 04 Banská Bystrica, SR  
[kobza.vupop@isternet.sk](mailto:kobza.vupop@isternet.sk)*

### Abstrakt

Jednou z iniciatív Európskej stratégie pre výkon monitoringu pôd je aj stimulácia národných stratégií ochrany pôdy a ich hodnotenia. EK sa tak zaväzuje ustanoviť priblíženie takého pôdneho monitorovacieho procesu, ktorý by lepšie pomohol riadiť aktivity na pôde, lepšie chrániť pôdu a jej funkcie transparentným spôsobom v rámci celého európskeho spoločenstva. V súlade s Európskou stratégiou monitoringu pôd, monitorujeme v SR celý rad dôležitých parametrov v spojitosti s konkrétnymi ohrozeniami (kontaminácia pôdy, acidifikácia a alkalizácia pôdy, vývoj pôdnej organickej hmoty a prístupných živín, kompakcia a erózia pôdy). Na základe dosiahnutých výsledkov z doterajšieho monitorovania bol vypracovaný materiál opatrení, využívania a ochrany poľnohospodárskych pôd ako metodické usmernenie pre aplikáciu niektorých ustanovení Zákona č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskeho pôdneho fondu. Táto úloha vyplýva z potreby aproximovať základný zákon o ochrane a využívaní poľnohospodárskych pôd s najnovším odborným a legislatívnym vnímaním pôdy v medzinárodnom priestore a najmä v EÚ.

**Kľúčové slová:** EÚ stratégia, pôdy SR, monitoring pôd

### Abstract

One of the important initiatives of European Strategy on soil monitoring is a stimulation of national strategies of soil protection and their evaluation. In effort of EC is an approximation of such soil monitoring process which will be helpful for management of all activities on soil including soil protection and function of soil by transparent manner in all EU. In harmony with European strategy for soil monitoring in Slovakia important soil properties have been monitored concerning the concrete threats (soil contamination, acidification and alkalization of soils, development of soil organic matter and available nutrients, compaction and erosion of soil). On the basis of obtained results of soil monitoring system in Slovakia, document on Methodical Instruction for Application of some provisions related to Act of N. 220/2004 has been elaborated in present time. This work is resulted from the need of approximation of the actual Law on protection and use of agricultural soils with the latest expert and legislative perception of soil in international dimension and especially in EU.

**Key words:** EU strategy, soils of Slovakia, soil monitoring

### ÚVOD

Vstupom do spoločenstva krajín EÚ sa vznáša viac svetla aj do pôdnej politiky našej krajiny, ktorá sa tak stáva súčasťou Európskej pôdnej politiky. Jej úsilím je mobilizovať a akcelerovať všetky Európske výskumné a vedecké kapacity zaoberajúce sa pôdou, jej postavením a funkciami v životnom prostredí s dôrazom na jej ochranu v snahe zachovať ju v trvalo udržateľnom stave aj pre budúce generácie. To znamená na jednej strane maximálne využiť existujúce poznatky o pôdach, na druhej strane zabezpečiť ich kompatibilitu a integráciu v rámci európskeho spoločenstva. Tá druhá požia-

davka je práve úlohou v súčasnosti pracujúcich Európskych komisií pre rôzne oblasti pôdnej politiky zahŕňajúc aj výkon ochrany pôdy. Tento predpokladá permanentné sledovanie jej stavu spojenú s predikciou jej ďalšieho možného vývoja. Monitoring pôd tak má osobitné postavenie pri stratégii ochrany, ako aj ďalšieho využívania pôdy. Táto koncepcia bola plne chápaná a aj uplatnená v európskej stratégii pôd, osobitne pre výkon monitoringu, ktorá vyšla na začiatku roka 2005 v Luxemburgu a na ktorej vypracovaní sa podieľal aj Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy v Bratislave. Európska stratégia pre výkon monitoringu pôd je tu zahrnutá v nasledovných hlavných bodoch:

- Monitoring pôd je chápaný ako integrovaná časť monitoringu životného prostredia;
- Pre každú z reálnych ohrození (threats to soil), ako je napr. acidifikácia, salinizácia a sodifikácia pôd, kontaminácia pôd, úbytok pôdnej organickej hmoty a prístupných živín P a K, kompakcia a erózia pôd, biodiverzita pôd sú identifikované parametre a indikátory pre potrebu ich monitorovania;
- Bude vypracovaný program meraných základných pôdnych parametrov každej monitorovacej lokality, ktoré budú súčasťou európskej pôdnej monitorovacej siete s možnosťou prepojenia na existujúce údaje o pôdach vo vzťahu k európskej pôdnej mape v M 1:1 000 000;
- Existujúce národné údaje budú harmonizované do takej miery, ako to len bude možné;
- Taktiež bude nevyhnutné harmonizovať všetky budúce aktivity (popis pôdneho profilu a lokality, odber pôdnych vzoriek, analytické metódy a pod.);
- Súčasťou tejto iniciatívy bude aj stimulácia národných stratégií ochrany pôdy a ich hodnotenia;
- Európska komisia sa zaväzuje ustanoviť priblíženie takéhoto pôdneho monitorovacieho procesu na báze už existujúcich monitorovacích systémov, avšak s vývojom mechanizmu, ktorý by lepšie pomohol riadiť aktivity na pôde, lepšie chrániť pôdu a jej funkcie transparentným spôsobom v rámci celého európskeho spoločenstva;
- Dôležitým krokom bude tiež vytvorenie základnej (štartovacej) databázy nevyhnutnej pre celkové hodnotenie pôd európskeho spoločenstva.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

V rámci monitoringu pôd SR, ktorý je u nás realizovaný od roku 1992 (na základe Uznesenia vlády SR č. 449 z 26.5.1992, ako aj ďalších dôležitých ustanovení – Uzn. vlády SR č. 620 zo 7.9.1993, Uzn. vlády SR č. 7 z 12.1.2000, ako aj Uzn. vlády SR č. 664 z 23.8.2000), sledujeme celý rad dôležitých pôdnych parametrov, ktoré v nadväznosti na návrh EK súvisia s konkrétnymi ohrozeniami pôdy (acidifikácia, alkalizácia a salinizácia pôd, kontaminácia pôd, úbytok pôdnej organickej hmoty a prístupných živín – najmä fosforu a draslíka, kompakcia a erózia pôd).

Súčasný stav a doterajší vývoj poľnohospodárskych pôd SR, ako aj ich schematický spôsob ochrany je uvedený v nasledovnej tabuľke 1.

Jeden z článkov 6. Environmentálneho Akčného programu Komisie EÚ (článok 10) zo dňa 24.1.2001 hovorí o monitoringu a hodnotení jeho výsledkov, ako aj o ich implementácii do národných pôdnych politík. Komplexnosť opatrení musí byť v spojitosti s udržateľným vývojom nielen pôd, ale aj krajiny. Preto musia byť riešené tak, aby nedochádzalo k poškodzovaniu ochranných funkcií pôdy, a teda ani k stability krajinného celku. Najúčinnnejšie môžu byť vtedy, keď ich komplexnosť bude premietnutá v štátnej pôdnej politike.

Štátna pôdna politika SR deklaruje, že pôda je a zostane základňou environmentálneho, ekologického, ekonomického a sociálneho potenciálu Slovenska, a preto musí byť starostlivo chránená pred poškodením. Novelou v oblasti poľnohospodárskeho pôdneho fondu je Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy, ktorý by mal viesť ku skvalitneniu a ujednoteniu štátnej správy na úseku ochrany poľnohospodárskeho pôdneho fondu s cieľom chrániť poľnohospodársky pôdny fond pred degradáciou. Aby však táto novela mohla naplniť svoje poslanie, treba poznať, čo predchádza vlastnej degradácii pôd a akým smerom sa uberá vývoj našich pôd. V súčasnosti bol riešiteľským kolektívom monitoringu pôd SR vypracovaný materiál „Metodické usmernenie pre aplikáciu niektorých ustanovení Zákona č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskeho pôdneho fondu na základe výsledkov monitoringu pôd SR“, ktorý by mal slúžiť k jeho zavedeniu do praxe, a tým zvýšiť ochranu našich pôd.

Územie Slovenskej republiky ohrozené degradáciou poľnohospodárskej pôdy eviduje Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy v Bratislave v rámci odbornej činnosti pre oblasť ochrany poľnohospodárskej pôdy (v rámci tzv. Pôdnej služby).

Tab. 1 *Sumarizácia súčasného trendu a ochrany poľnohospodárskych pôd*

Ohrozenia pôdy	Súčasný stav a vývoj poľnohospodárskych pôd	Spôsob ochrany poľnohospodárskych pôd
Acidifikácia	Výmera kyslých pôd klesá od r. 1975 súčasne s poklesom kyslých atmosférických polutantov SO <sub>2</sub> a NO <sub>x</sub> . Znepokojivý je trend vo vývoji slabo kyslých pôd, ktorý má od roku 1995 stúpajúcu tendenciu a v roku 2000 dosiahol 31,5 %, čo je najvyššia hodnota od r. 1970.	Voliť štruktúru osevu s plodinami, ktoré dobre znášajú kyslejšiu pôdnu reakciu, udržiavacie vápnenie, neprehľbovať orniciu kyslých pôd
Alkalizácia a salinizácia	Výmera takto ohrozených pôd je asi 2 500 ha. Vývojový trend zatiaľ bez výraznejších zmien.	Špeciálny spôsob ochrany si vyžaduje pôdy najmä pod vplyvom tzv. sekundárnej alkalizácie v okolí vápeniek, magnezitiek a alkalických odpadov formou projekčnej prípravy.
Kontaminácia	Vývojový trend zatiaľ bez výraznejších zmien, čo však znamená, že pôdy ktoré boli už v minulosti kontaminované (cca 25 000 ha) si tento nepriaznivý stav udržiavajú aj v súčasnosti.	Obmedzenie transportu znečisťujúcich látok do pestovaných rastlín, a tým aj do potravinového reťazca (vápnenie kyslých pôd, prísun kvalitných org. hnojív a organo-minerálnych sorbentov). Do úvahy tiež prichádzajú osobitné systémy obhospodarovania (OSO). Pri silnom znečistení problém ozdravenia a ochrany pôd riešiť formou projekčnej prípravy.
Pôdna organická hmota (POH) a prístupné živiny P, K	Bol zistený mierny úbytok POH a prístupných živín P a K prakticky na všetkých orných pôdach.	Do osev. postupov zaraďovať plodiny, ktoré zanechávajú po sebe veľa org. pozberových zvyškov, pravidelný prísun kvalitných organických hnojív, udržiavacie hnojenie
Kompakcia a erózia pôd	Bol zistený trend zhutňovania najmä na intenzívne obhospodarovateľných pôdach (černozeme, hnedozeme). Tento proces do určitej miery ovplyvňuje aj eróziu pôd, ktorá s väčšou alebo menšou intenzitou stále prebieha.	Spôsob ochrany spočíva v protieróznej agrotechnike, v obmedzení prejazdov ťažkých mechanizmov, vstupe na pôdu pri opt. vlhkosti pôdy (25 – 30 %), v protieróznych osevných postupoch, ako aj v protieróznom usporiadaní pôdneho fondu.

## ZÁVER

Súčasný stav kvality pôdneho krytu SR je výsledkom dlhodobého prirodzeného vývoja a súčasne je aj produktom človeka. Tak ako má pôda svoju minulosť, má aj svoju súčasnosť a bude mať aj svoju budúcnosť. Pôda bude stále viac ovplyvňovaná človekom. Preto je potrebné zabezpečiť takú úroveň vzťahu človeka k pôde, ktorá negatívne neovplyvní budúcnosť našich pôd. Táto úloha vyplýva z potreby aproximovať základný zákon o ochrane našich pôd s najnovším odborným a legislatívnym vnímaním pôdy v medzinárodnom priestore a najmä v EÚ.

# PÔDOOCHRANNÉ TECHNOLOGIE VO VZŤAHU K FYZIKÁLNYM VLASTNOSTIAM PÔDY

## Soil conservation technologies in relation to physical properties

Dana KOTOROVÁ, Božena ŠOLTYSOVÁ, Rastislav MATI

*Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany – Ústav agroekológie Michalovce, SR*

[kotorova@minet.sk](mailto:kotorova@minet.sk)

### Abstrakt

V podmienkach fluvizeme kultizemnej na Východoslovenskej nížine bol posudzovaný vplyv rozdielného obrábania pôdy na zmeny vybraných fyzikálnych vlastností. Sledovanie bolo robené na variantoch s konvenčným a bezorbovým obrábaním pôdy. V priemere vyššia objemová hmotnosť bola na variante bez orby, kde bola aj nižšia celková pórovitosť. Rozdiely v hodnotách maximálnej kapilárnej vodnej kapacity medzi variantmi prípravy pôdy neboli významné. Štatistické metódy potvrdili významný vplyv ročníka a spôsobu obrábania na sledované fyzikálne vlastnosti pôdy.

**Kľúčové slová:** fluvizem kultizemná, konvenčná agrotechnika, bezorbová agrotechnika, fyzikálne vlastnosti

### Abstract

Influence of different soil tillage on changes of physical soil properties was observed in conditions of Eutric Fluvisols. In average higher bulk density at no-tillage variant was determined. High values of total porosity were observed at conventional tillage variant. Differences of maximum capillary water capacity between conventional and no-tillage variants were not significant. Significant influence of experimental year and tillage technology on observed physical soil properties was valued by statistical methods.

**Key words:** Eutric Fluvisols, conventional tillage, no-tillage, physical properties

### ÚVOD

K základným prvkom pestovateľských sústav sa zaraďuje obrábanie pôdy. Spôsob prípravy pôdy nadobúda na význame vo vzťahu k výrobnej oblasti, k pôdnemu typu, k druhu pôdy, pôdnej úrodnosti, ale aj k pestovaným plodínám. V súčasnosti sú pôdoochranné technológie významné aj tým, že eliminujú negatívne vplyvy, ako napr. ťažká mechanizácia, vyššia koncentrácia plodín a pod. Pri obrábaní pôdy sa vždy bezprostredne mení vnútorná skladba pôdy, jej pórovitosť, objemová hmotnosť, štruktúrnosť a pod.

V súvislosti so zhoršovaním základných fyzikálnych vlastností pôdneho prostredia vystupuje do popredia zmena zaužívaných agrotechnických postupov a aplikácia nových technológií, ktoré šetria pôdne prostredie. Podľa Kvěcha a Škodu (1985) sú pri minimalizačných opatreniach vynechané niektoré operácie, agrotechnické zásahy sú spájané do menšieho počtu operácií, niektoré zásahy sú nahrádzané iným účinnejším agrotechnickým zásahom, využíva sa plytká alebo špeciálna príprava pôdy, pásové obrábanie pôdy, sejba do nepripravenej pôdy a pod. Každá pestovaná plodina však reaguje na takto zvolenú agrotechniku inak.

Viaceri autori, ako napr. Kováč – Žák (1999) a Lacko-Bartošová (1992), ktorí sa zaoberali vplyvom diferencovanej prípravy pôdy na jej fyzikálne parametre, potvrdili pri minimalizačných technológiách zvýšenie hodnoty objemovej hmotnosti pôdy v porovnaní s tradičnou orbou. Zmenené podmienky vlhkostného a vzdušného režimu rozdielne obrábaných pôd majú vplyv aj na intenzitu rozkladu a transformácie organickej hmoty v pôde, ktorá je dôležitým ukazovateľom pôdnej úrodnosti.

Východoslovenská nížina (VSN) svojou rozlohou cca 200 tis. ha predstavuje rozsiahle územie, ktoré je, aj napriek svojim špecifickým pôdnym a klimatickým podmienkam, intenzívne poľnohospodársky využívané. Vysoké zastúpenie ťažkých a veľmi ťažkých pôd, ktoré sa striedajú na krátkych vzdialenostiach, výrazne sťažuje hospodárenie na pôde a zvyšuje predovšetkým materiálovú náročnosť produkčného procesu (Vilček, 1998). Zastúpenie stredne ťažkých pôd na VSN, ku ktorým patrí aj fluvizem kultizemná vo Vysokej nad Uhom, predstavuje 6,9 % z výmery poľnohospodárskej pôdy.

## MATERIÁL A METÓDY

V rokoch 1999 – 2004 bol založený poľný pokus na experimentálnom pracovisku VÚRV Piešťany Ústav agroekológie Michalovce vo Vysokej nad Uhom na fluvizemi kultizemnej (FMA), v kukuričnej výrobnjej oblasti. Sledovaný pôdny subtyp sa zaraďuje k stredne ťažkým hlinitým pôdam, s priemerným obsahom ílovitých častíc nad 30 %. Sú to pôdy hlboké, dobre priepustné v celom profile. Ornica je svetlohnedej farby, hrudkovitej až drobnohrudkovitej štruktúry. Podornica je dobre priepustná a zvyčajne sa neodlišuje od ornice. Tieto pôdy patria do kategórie najúrodnejších pôd.

Stanovište patrí do teplého, veľmi suchého, nížinného, kontinentálneho klimatického regiónu (T 3) s priemernou ročnou teplotou vzduchu 9,1 °C, za vegetačné obdobie 15,2 °C. Ročný úhrn zrážok predstavuje 591 mm, počas vegetačného obdobia 397 mm.

Osevný postup v rokoch 1999 – 2004 bol nasledovný: pšenica letná forma ozimná – sója fazuľová pšenica letná forma ozimná – repa cukrová – jačmeň siaty jarný – slnečnica ročná. Vo východiskovom roku 1998 bol pestovaný hrach siaty.

Pokus sa realizoval v prirodzených podmienkach bez závlahy pri dvoch spôsoboch obrábania pôdy: konvenčná agrotechnika (KA) – bežný spôsob prípravy pôdy pred sejbou plodiny; bezorbová agrotechnika (BA) – priama sejba do nepripravenej pôdy.

Pôdne vzorky boli odoberané v jarnom období (apríl – máj). V neporušených pôdnych vzorkách, ktoré boli odobraté z ornice vo forme Kopeckého fyzikálnych valčekov sa známymi metodickými postupmi podľa Kobzu a kol. (1999) stanovili fyzikálne parametre objemová hmotnosť redukovaná ( $\rho_d$ , kg.m<sup>-3</sup>), celková pórovitosť (P, %) a maximálna kapilárna vodná kapacita ( $\Theta_{KMK}$ , %).

Získané výsledky boli spracované matematicko-štatistickými metódami podľa Grofika a Fláka (1990), z ktorých bola využitá analýza rozptylu.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pôdna úrodnosť, ako základná a charakteristická vlastnosť pôdy, je významne ovplyvňovaná použitým spôsobom obrábania pôdy. Zvolenou agrotechnikou sa menia fyzikálne vlastnosti pôdneho prostredia, pričom realizovaná agrotechnika sa v produkčnom procese prejaví na hodnotách objemovej hmotnosti redukovanej, celkovej pórovitosti a následne aj na hospodárení pôdy s vodou.

Pre zachovanie dosiahnutej kvality pôdneho prostredia je dôležitá voľba takých obrábacích spôsobov a technológií, ktoré nezhoršia základné vlastnosti pôdy. Aj z tohto dôvodu nachádzajú dobré uplatnenie v produkčnom procese pôdoochranné technológie. Obrábanie pôdy má veľký význam vo vzťahu k výrobnej oblasti, k pôdnemu typu či druhu a jeho úrodnosti, ale aj k pestovaným plodínám.

Tab. 1 *Objemová hmotnosť fluvizeme kultizemnej [kg.m<sup>-3</sup>]*

Rok	Spôsob obrábania pôdy			
	KA	BA	x	% KA/BA
1998	1427	1432	1430	100,4
1999	1481	1506	1494	101,7
2000	1484	1590	1537	107,1
2001	1370	1561	1466	113,9
2002	1401	1543	1472	110,1
2003	1340	1551	1446	115,7
2004	1511	1610	1561	106,6
<b>x</b>	<b>1431</b>	<b>1542</b>	<b>1486</b>	<b>107,8</b>

Na fluvizemi kultizemnej vo Vysokej nad Uhom objemová hmotnosť redukovaná na oboch variantoch obrábania pôdy v sledovaných rokoch v porovnaní s východiskovým stavom v priemere vzrástla (tabuľka 1). Spôsob sejby priamo bez orby sa začal prejavovať na objemovej hmotnosti až v roku 2001. V rokoch 2002 a 2003 bola objemová hmotnosť nižšia než v predchádzajúcich dvoch rokoch. Celkovo vyššie hodnoty objemovej hmotnosti sa zistili na variante s bezorbovou agrotechnikou. K podobným výsledkom dospeli aj Čupa (2000), Balla, Kotorová (2003) a ďalší.

Celková pórovitosť úzko súvisí s objemovou hmotnosťou. Hodnoty pórovitosti (tabuľka 2) korešpondujú so zistenými hodnotami objemovej hmotnosti redukovanej. Vyššia celková pórovitosť bola pri konvenčnej agrotechnike, kde boli nižšie hodnoty objemovej hmotnosti redukovanej.

Tab. 2 Celková pórovitosť fluvizeme kultizemnej [%]

Rok	Spôsob obrábania pôdy			
	KA	BA	x	% KA/BA
1998	45,68	45,61	45,65	99,8
1999	43,54	42,58	43,06	97,8
2000	47,32	39,47	43,40	83,4
2001	47,77	40,58	44,18	84,9
2002	46,68	41,29	43,99	88,5
2003	48,90	40,85	44,88	83,5
2004	42,39	38,62	40,51	91,1
<b>x</b>	<b>46,04</b>	<b>41,29</b>	<b>43,55</b>	<b>89,7</b>

Tab. 3 Maximálna kapilárna vodná kapacita fluvizeme kultizemnej [%]

Rok	Spôsob obrábania pôdy			
	KA	BA	x	% KA/BA
1998	37,42	36,80	37,11	98,3
1999	38,76	36,13	37,45	93,2
2000	38,92	37,87	38,40	97,3
2001	36,53	32,85	34,69	89,9
2002	37,69	34,44	36,07	91,4
2003	35,84	36,19	36,02	101,0
2004	32,91	31,88	32,40	96,9
<b>x</b>	<b>36,87</b>	<b>35,17</b>	<b>36,02</b>	<b>95,4</b>

Maximálna kapilárna vodná kapacita je pomerne nestabilným hydrofyzikálnym parametrom úzko súvisiacim so zásobou vody v pôde a s heterogenitou pôdneho profilu. Na konvenčnom variante sa v sledovanom období nachádzali jej hodnoty v intervale 32,91 – 38,92 % a v priemere boli nižšie ako v roku 1998. Na variante bez orby sa hodnoty  $\Theta_{\text{KMK}}$  pohybovali od 31,88 % do 37,87 %. Vyššia maximálna kapilárna vodná kapacita bola na konvenčne obrábanom variante v porovnaní s variantom bez orby, aj keď rozdiely neboli významné. Zistené hodnoty zodpovedajú hodnotám už známym pre fluvizem kultizemnú. Podobné výsledky pre hlinité pôdy Východoslovenskej nížiny publikovali aj Fulajtár (1986) a Mati, Kotorová (1999).

Na FMa sa v sledovanom období rokov 1999 – 2004 štatistickými metódami potvrdila významná závislosť sledovaných fyzikálnych a hydrofyzikálnych parametrov na roku sledovania a spôsobe prípravy pôdy pred sejbou (tabuľka 4 a 5). Dá sa predpokladať, že na zmenách sledovaných fyzikálnych parametrov sa prejavil vplyv koreňového systému zaradených strukovín a zvoleného obrábania pôdy k jednotlivým plodínám. Podobné výsledky o strukovinách a ich vplyve na objemovú hmotnosť, pórovitosť i maximálnu kapilárnu vodnú kapacitu boli publikované v práci Kotorovej et al. (1994).

Tab. 4 *Analýza rozptylu sledovaných fyzikálnych parametrov na FMm*

Zdroj premenlivosti	Stupeň voľnosti	$\rho_d$	P	$\Theta_{KMK}$
		F – vypočítané hodnoty		
rok	5	11,293 ++	7,564 ++	53,048 ++
príprava pôdy	1	107,591 ++	111,058 ++	67,875 ++
opakovanie	3	0,809 -	0,392 -	1,273 -
zvyšok	45			
celkom	55			

Tab. 5 *Mnohonásobný LSD-test porovnávania fyzikálnych parametrov FMm ( $\alpha = 0,05$ )*

Parameter pôdy	Sledovaný faktor		Priemer	Homogénna skupina					
$\rho_d$ [kg.m <sup>-3</sup> ]	rok	1998	1429,50	x					
		2003	1445,38	x	x				
		2001	1465,50	x	x	x			
		2002	1472,13		x	x			
		1999	1493,50			x			
		2000	1536,88				x		
		2004	1560,38				x		
	príprava pôdy	KA	1430,57	x					
		BA	1541,79		x				
P [%]	rok	2004	40,51	x					
		1999	43,06		x				
		2000	43,40		x	x			
		2002	43,99		x	x	x		
		2001	44,17		x	x	x		
		2003	44,88			x	x		
		1998	45,65				x		
	príprava pôdy	BA	41,29	x					
		KA	46,04		x				
$\Theta_{KMK}$ [%]	rok	2004	32,40	x					
		2001	34,69		x				
		2003	36,01			x			
		2002	36,06			x			
		1998	37,11				x		
		1999	37,45				x		
		2000	38,40					x	
	príprava pôdy	BA	35,17	x					
		KA	36,87		x				

## ZÁVER

Z výsledkov získaných v rokoch 1999 – 2004 môžeme urobiť nasledujúce závery o vplyve zvoleného obrábania pôdy na fyzikálne parametre fluvizeme kultizemnej:

1. Pri bezorbovej agrotechnike sa zistili vyššie hodnoty objemovej hmotnosti redukovanej v porovnaní s konvenčnou agrotechnikou. Tomuto zvýšeniu zodpovedalo zníženie celkovej pórovitosti. Nižšie hodnoty pórovitosti na variante bez orby počas celého sledovaného obdobia sú predovšetkým výsledkom poklesu nekapilárnych pórov.

2. Maximálna kapilárna vodná kapacita bola dosť variabilná a zistené hodnoty bez ohľadu na zvolený spôsob obrábania pôdy pred sejbou zodpovedali pôdnemu typu. Rozdiely medzi variantmi prípravy pôdy neboli významné.
3. Štatistické metódy potvrdili štatisticky signifikantný vplyv pestovateľského ročníka a spôsobu obrábania fluvizeme kultizemnej na sledované fyzikálne vlastnosti.
4. Vplyv pôdoochranných technológií sa na zmenách fyzikálnych vlastností pôdy prejaví v dlhšom časovom horizonte, čo bude predmetom ďalšieho výskumu.

## LITERATÚRA

- Balla, P., Kotorová, D., 2003: Vplyv osevného sledu s vyšším zastúpením obilnín na zmeny fyzikálnych a chemických vlastností pôd Východoslovenskej nížiny. In: Poľnohospodárstvo, roč. 38, 1992, č. 8, s. 671-676.
- Čupa, J., 2000: Vliv zpracování půdy k předplodině na výnos zrnové kukuřice a ozimé pšenice v sušší oblasti jižní Moravy. In: Rostlinná výroba, roč. 46, 2000, č. 3, s. 113-117.
- Fulajtár, E., 1986: Fyzikálne vlastnosti pôd Slovenska, ich úprava a využitie. 1. vyd. Bratislava: Veda, 1986. 156 s.
- Grofik, R., Flák, P., 1990: Štatistické metódy v poľnohospodárstve. 1. vyd. Bratislava: Príroda, 1990. 344 s. ISBN 80-07-00018-6
- Kobza, J. et al., 1999: Čiastkový monitorovací systém – pôda: Záväzné metódy. 1. vyd. Bratislava: Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, 1999. 138 s. ISBN 80-85361-55-8
- Kotorová, D., Šoltysová, B., Hisemová, A., 1994. Štúdium zvyšovania úrodového potenciálu pôd VSN úpravou ich fyzikálnych, chemických a agrobiologických vlastností: Správa za vecnú etapu. Michalovce: OVÚA, 1994. 79 s.
- Kováč, k., Žák, Š., 1999: Vplyv rôznych spôsobov obrábania pôdy na jej fyzikálne a hydrofyzikálne vlastnosti. In: Rostlinná výroba, roč. 45, 1999, č. 8, s. 359-364.
- Kvěh O., Škoda, V., 1985: Současné a perspektivní způsoby zpracování půdy. 1. vyd. Praha: VŠZ, 1985. 111 s.
- Lacko – Bartošová, M., 1992: Obrábanie nivnej ťažkej pôdy a zmeny fyzikálnych vlastností. In: Rostlinná výroba, roč. 38, 1992, č. 1, s. 1-8.
- Mati, R., Kotorová, D., 1999: Vplyv heterogenity pôdneho profilu fluvizeme na jej hydrofyzikálne charakteristiky. In: Vplyv antropogénnej činnosti na vodný režim nížinného územia. Michalovce: ÚH SAV, 1999, s. 375-380.
- Vilček, J. 1998: Interpretácia bonitácie pôd na Východoslovenskej nížine. In: Trvalo udržateľný rozvoj poľnohospodárskej výroby na regionálnej úrovni. Michalovce: OVÚA, 1998. s. 207-212.

# PRODUKČNÉ A EKOLOGICKÉ PARAMETRE RASTLINNEJ PRODUKCIE VO VPP SPU KOLÍŇANY, S.R.O. V POŽITAVSKEJ PAHORKATINE

## Production and ecological parameters of crop production in VPP SPU Kolíňany, s.r.o. in Požitavská hilly land

Karol KOVÁČ, Eva DEMJANOVÁ, Milan MACÁK, Adam KUCHAROVIC

*Katedra udržateľného poľnohospodárstva a herbológie SPU Nitra FAZP,*

*Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR*

[Karol.Kovac@uniag.sk](mailto:Karol.Kovac@uniag.sk)

### Abstrakt

Z komplexnej analýzy a syntézy pôdných, klimatických, produkčných a mimoprodukčných funkcií poľnohospodárstva a širších krajinnno-ekologických vzťahov v katastri VPP SPU Kolíňany (závod Kolíňany) vyplynuli tieto opatrenia:

- stabilizovať výmeru PP a reštrukturalizovať rastlinnú výrobu inováciou plodín (mak, tekvica, liečivé rastliny);
- pôdu využívať a obhospodarovat' udržateľným spôsobom;
- vzhľadom na pahorkatinový charakter územia závodu Kolíňany viac využívať protieróznú agrotechniku (pôdoochranné technológie, protierózne oševné postupy). K tomu účelu treba využiť program PRV SR pre získanie kompenzačných platieb v rámci opatrenia č. 5 „Agroenvironment a životné podmienky zvierat“ v I. fáze v katastri Žirany. Projekt treba predložiť do PPA ešte v roku 2005;
- posilniť ekologickú stabilitu krajiny a jej biodiverzitu. V tejto spojitosti iniciovať urýchlenie pozemkových úprav. Podmienky pre to vytvárajú projekty v rámci SOP PRV SR 2004 – 2006.

**Kľúčové slová:** rastlinná produkcia, Kolíňany, ekologická stabilita

### Abstract

According to the elaborate analysis and synthesis of soil, climate, production and ecological function of agriculture in wider land-ecological relations in VPP SPU Kolíňany area we propose the following measures:

- to stabilize of land area of agricultural subject and to restructure plant production by introduce of new crops ( poppy, pumpkin, medicinal plants);
- using soil and sustainable farming;
- more apply erosion control agrotechnics ( conservation tillage systems, erosion control crop rotations) in consideration of hilly area of establishment Kolíňany;
- to introduce Programme of PRV SR to award of compensative payment in within the measure number 5 „Agri-environment and animal welfare“, in the first stage in Žirany area. The project need to be applied into the PPA in year 2005;
- to strengthen ecological stability of landscape and its biodiversity. To initiate acceleration of land consolidation. The conditions are created by way of projects within the SOP PRV SR 2004 – 2006.

**Key words:** crop production, Kolíňany, ecological stability

## ÚVOD

Podunajská nížina svojimi pôdno-klimatickými podmienkami predstavuje v SR priaznivé ekologicko-produkčné prostredie pre pestovanie hospodársky významných plodín. Vstup SR do EÚ ukázal, že v Únii je náročnejšie trhové prostredie a silnejšia je konkurenčná schopnosť poľnohospodárstva. V EÚ je aj diverzifikovanejšie využívanie a obhospodarovanie poľnohospodárskej krajiny, efektívnejšie využívanie prírodných a energetických zdrojov a zvýšený dôraz sa kladie na ochranu a zlepšenie životného prostredia. Zhoršený stav poľnohospodárskej krajiny v SR, najmä v pahorkatinách nás motivuje navrhovať a implementovať postupy, ktoré sú súčasťou environmentálne šetrnejších spôsobov využívania a obhospodarovania poľnohospodárskej krajiny.

Ich základom je Európsky model multifunkčného poľnohospodárstva. Poľnohospodár je už nielen dorábateľom potravín, ale stále viac správcom krajiny. Celosvetová kríza životného prostredia je popri inom aj výzvou zabezpečiť dostatočnú produkciu potravín pri zachovaní produkčných a ekologických funkcií poľnohospodárskej krajiny v súlade s medzinárodne akceptovanou požiadavkou trvalo udržateľného rozvoja. K tomu zámeru slúži aj predkladaný príspevok, ktorý je súčasťou výskumu projektu Štátnej objednávky koordinovanej VÚRV Piešťany a projektu VEGA.

Ciele a parametre riešenia sú:

**Syntetický cieľ** – na základe analýzy produkčných vlastností regiónu a pestovaných plodín vypracovať návrh štruktúry rastlinnej výroby v pilotnom modelovom podniku Žitavskej pahorkatiny s ohľadom na očakávanú zmenu spoločnej poľnohospodárskej politiky EÚ a členstva Slovenska v EÚ.

**Parciálne ciele** – navrhnuť a realizovať program ochrany pôdy proti vodnej erózii. Za tým účelom využiť Plán rozvoja vidieka SR na roky 2004 – 2006 prostredníctvom podania projektu a získania platieb z fondov EÚ v rámci opatrenia „Agroenvironment a životné podmienky zvierat“

**Technicko-ekonomické a ekologické parametre riešenia** – uplatnením výsledkov výskumu formou realizácie návrhu novej štruktúry rastlinnej a zavedením AEP v závode Kolíňany – kataster Žirany) posilniť multifunkčnosť poľnohospodárstva a jeho socio-ekonomický rozvoj.

Reforma SPP EÚ v roku 2003, požiadavky na plnenie minimálnych štandardov na ochranu životného prostredia, ochrany rastlín, zvierat a zjednodušené priame platby na plochu, ktoré sú podmienené udržiavaním pôdy v dobrom poľnohospodárskom a environmentálnom stave, nás motivovali k cieľnému využitiu agroenvironmentálnych a regionálnych aspektov poľnohospodárskej produkcie.

## MATERIÁL A METÓDY

Predmetom nášho skúmania je vysokoškolský poľnohospodársky podnik Kolíňany SPU spol. s r.o. so sídlom v Kolíňanoch. Vo výskume sme použili štandardné metódy analýzy, syntézy, grafické metódy, výpočty indexov rastu, regresnú a korelačnú analýzu.

Podkladové údaje pre výskumnú etapu sme získali z výročných správ podniku (vnútro podniková evidencia), z podkladov z výrobných závodov, z riadených rozhovorov s výrobnými technikmi, z rozborov predaja a z iných sekundárnych zdrojov (VÚPOP Bratislava, VÚEPP Bratislava).

Podnik je teritoriálne rozdelený do dvoch územných celkov (závodov) a to Kolíňany a Oponice. Hospodári na výmere 2 266 ha PP z toho je 2 079 ha ornej pôdy (91,75 %), 34,74 ha je vinica (1,67 %), záhrady 3,62 ha (0,16 %) a ovocné sady predstavujú 36,59 ha (1,31 %).

Podnik plní náročné úlohy v podnikateľskej a najmä v účelovej činnosti. Hlavná účelová činnosť sa orientuje na zabezpečovanie prevádzky a služieb vo väzbe na vzdelávanie a vedecko-výskumnú činnosť zamestnancov a študentov SPU v Nitre. Ide najmä o manuálnu a odbornú prax študentov, bázu pre diplomové a doktorandské práce, overovanie výsledkov vedecko-výskumnej činnosti, vykonáva demonštračnú, propagačnú a poradenskú činnosť. Vedľa hlavnej činnosti VPP Kolíňany realizuje aj podnikateľské aktivity, ktoré sa orientujú na obhospodarovanie pôdy, na využívanie investičného majetku a vytváranie pracovných príležitostí.

Rastlinná výroba v oboch závodoch predstavuje pestovanie obilnín, olejní, cukrovej repy a špeciálnych resp. technických plodín (tekvica olejná, sója, mak, liečivé rastliny) a v Oponiciach aj vinohrady. Na farme Žirany v závode Kolíňany sa chovajú ovce a ošípané.

Odberatelja trhových komodít sú Poľnoslužby Rybany (pšenica krmná), SEMTOP Topoľčany (jarný jačmeň na osivo), sladovnícky jačmeň (Topvar a.s. Topoľčany), slnečnica a repka olejná (Palma Tumys, repa cukrová (Považský cukrovar a.s. Trenčianska Teplá).

Záujmové územie sa nachádza v Žitavskej pahorkatine (PER 223) v katastri obce Kolíňany, na juhozápadnom Slovensku v Nitrianskom kraji v miestach prechodu Tribečského pohoria do Žitavskej pahorkatiny. Po stránke geomorfologickej tvorí toto územie severný okraj Podunajskej nížiny. Väčšia časť chotára je mierne zvlnená. V katastri sa nachádza veľká vodná nádrž. Nadmorská výška sa pohybuje od 180 do 310 m n.m. Závod Kolíňany obhospodaruje 1 285 ha PP, z toho sú vybudované závlahy na výmere 145 ha.

Po geomorfologickej stránke tvorí toto územie severný okraj Podunajskej nížiny s nadmorskou výškou do 200 m. n. m. Priemerná nadmorská výška Nitrianskej a Žitavskej tabule sa pohybuje okolo 150 – 180 m. Úrodná pôda, priaznivé klimatické pomery a výhodná poloha dala tomuto územiu charakter poľnohospodárskeho strediska.

Stanovište patrí do výrobného typu kukuričného so subtypom jačmenným. Poľnohospodárska sústava VPP Kolíňany pozostáva zo 40 pôdnych celkov, ktorých veľkosť a usporiadanie sa vstupom privátneho sektora do výrobného územia značne narušila. V súčasnom období je obhospodarováných 38 pôdnych celkov. Štruktúra pôdneho fondu k 31. 12. 2004 predstavovala 1 177, 64 ha poľnohospodárskej pôdy, z toho orná pôda 1 132,88 ha. Ostatné plochy sú ovocné záhrady 2,11ha a trvalá trávna plocha 94,71 ha.

Územie záujmovej oblasti Kolíňan patrí k strednej časti povodia rieky Nitry, v okrese Nitra. Stredovou osou záujmového územia v smere východ – západ je potok Bocegaj spolu s Kolíňanskou vodnou nádržou. Z tejto výmery sa v súčasnom období využíva 126 ha s doplnkovou závlahou.

Charakteristiky klimatických pomerov sme vyhodnotili prostredníctvom Atlasu krajiny SR (2002) a vyhodnotením údajov miestnej meteorologickej stanice (Agrometeorologická stanica SPU – Dolná Malanta). Zemepisnou polohou sú Kolíňany situované do oblasti s premenlivým charakterom počasia.

Kolíňany patria do agroklmatickej oblasti teplej (priemerne 50 a viac letných dní za rok s denným maximom teploty vzduchu  $\geq 25^{\circ}\text{C}$ ), čo umožňuje pestovať kultúry pomerne náročné na teplo, agroklmatickej podoblasti mierne suchej a do agroklmatického okrsku miernej zimy (január  $> -3^{\circ}\text{C}$ , Iz = 0 až 60).

Priemerné zrážky za obdobie 1961 až 1990 predstavujú 539 mm, za IV – IX. mesiac 316 mm. V rokoch 2002, 2003 a 2004 v priemere bol zaznamenaný úhrn zrážok 612,5 mm, 368,2 mm a 514,5 mm. Priemerné ročné teploty v rokoch 2002, 2003 a 2004 dosiahli  $10,9^{\circ}\text{C}$ ,  $10,6^{\circ}\text{C}$  a  $9,9^{\circ}\text{C}$ .

Vodohospodárske pomery a ochrana vôd – pod obcou Kolíňany je na toku Šalga vybudovaná malá vodná nádrž s akumulárnym objemom  $105\,500\text{ m}^3$  pri zátopovej ploche 11,1 ha. Celková plocha zberného povodia je  $16,1\text{ km}^2$ . Hrádza nádrže je zemná, homogénna o celkovej dĺžke 156 m a maximálnej výške 3 m. Slúži na akumuláciu vody pre zavlažovanie a zároveň sa využíva na experimentálny chov rýb.

V katastri Kolíňany sa nachádza vnútorné a vonkajšie pásmo ochrany vôd 2. stupňa. Využívanie pôdneho fondu, melioračné zásahy, protierózne opatrenia, štruktúra plodín a aplikácia hnojív a chemických prípravkov na ochranu rastlín by preto mali byť v súlade s obmedzeniami pre požadovaný ochranný režim.

Hlavné pôdne jednotky sú hnedozeme pseudoglejové (HMg – 62 %), luvizeme (LMg až PGI – 13,03 %), kambizeme modálne plytké (KM – 10,6 %), fluvizeme glejové (FMG – 7,57 %). Z produkčného hľadiska má orná pôda v priemere 67 bodovú hodnotu. Vodnou eróziou je ohrozené viac ako 73 % plôch orných pôd. Obsah humusu je nízky až stredný.

Na základe dostupných podkladov sme determinovali kategórie kľúčových pôdnych predstavitel'ov a hlavné klimatické a pôdne jednotky, sústavu bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek. V závode Kolíňany boli determinované pozemky s potenciálnou vodnou eróziou.

Urobili sme parametrizáciu pôdnoekologických faktorov (základné agrochemické ukazovatele – pH, obsah K, P, Mg, Ca) a navrhli príslušné opatrenia na hnojenie a vápnenie. Boli analyzované a zhodnotené poveternostné podmienky, celková rastlinná produkcia (v sušine, v obilných jednotkách) za časové obdobie 1990 až 2004 (15 rokov). Medzi produkciou sušiny a aktuálnou evapotranspiráciou sme zistili priamu závislosť. Bola zhodnotená intenzita hnojenia, dávky živín z priemyslových a organických hnojív a ich pomer, spotreba pesticídov a bol vypočítaný bioenergetický potenciál pôd.

Okrem toho sa zhodnotil reálny produkčný potenciál hospodársky významných poľných plodín a zhotovené priamky trendu za skúmaný časový horizont. Tabuľkovo boli spracované pestovateľské plochy hlavných trhových plodín, celková produkcia, percentuálny podiel na ornej pôde, úrody a kvalita produkcie. Hodnotili sme aj realizáciu produktov, najmä z kvalitatívnych aspektov.

Tabuľkovo boli spracované realizačné ceny hlavných trhových komodít, bol kvantifikovaný podiel potravinárskej pšenice a sladovníckeho jačmeňa z celkovej produkcie v hmotnostných množstvách a v tržbách. Tabuľkovo bola spracovaná a zhodnotená štruktúra rastlinnej výroby za obdobie 1990 – 2004.

Na základe analýzy bol predstavený prvý pracovný návrh reštrukturalizácie rastlinnej výroby v závode Kolíňany. Do štruktúry osevu už v roku 2004 boli zaradené novo-pestované plodiny ako sója fazuľová, mak a tekvica olejná bezšupková. Na menších plochách sa začali pestovať aj liečivé a aromatické plodiny. Pre tekvicu olejnú sa v roku 2004 kompletizovala technologická linka na pestovanie a pozberové spracovanie (Kombajn MOTY KE 200). VPP Kolíňany už v roku 2004 pestoval tekvicu olejnú na ploche 100 ha, čo je najvyššia koncentrovaná výmera na Slovensku. Úroda v tomto roku bola sľubná, predstavovala tržby 30 až 50 tisíc Sk.ha<sup>-1</sup>.

## **VÝSLEDKY A DISKUSIA**

### ***Produkčné poľnohospodárske postupy zamerané na ochranu a zlepšenie životného prostredia***

Agroenvironmentálny program – kľúčovým degradačným procesom v krajine je vodná erózia. Preto aj hlavné opatrenia AEP sú zamerané na posilnenie ekologickej stability krajiny a ochranu ornej pôdy proti erózii. V našej práci prezentujeme návrh na ochranu pôdy proti erózii na vybratých pozemkoch orných pôd v katastri Žirany. Ochranu možno realizovať využitím Opatrenia PRV SR č. 5: „Agroenvironment a životné podmienky zvierat“. Do programu, ktorý spadá do priority PRV SR patrí aj ochrana a zlepšenie vidieckeho prostredia. Poľnohospodársky subjekt vstupuje do programu dobrovoľne na 5 rokov s podpisom zmluvy, v ktorej mu podmienky ukladajú realizovať predpísané poľnohospodárske výrobné postupy zamerané na ochranu a zlepšenie životného prostredia. Cieľom opatrenia je podpora poľnohospodárstva primeranej intenzity, ktoré je priateľské k životnému prostrediu.

#### ***Podmienky získania platieb***

- Účasť na základnej schéme – spoločné podmienky podpory – obhospodarovanie ornej pôdy podľa stanovených podmienok pre podporu;
- Predmet podpory sa dotýka parcelných blokov tých kultúr, ktoré sa na území podniku nachádzajú. Obhospodarovanie celej úžitkovej plochy podniku a udržiavanie pôdy v kultúrnom stave;
- Predpísaná zaťaženosť pôdy VDJ (max. 1,6 VDJ a min. 0,3 VDJ);
- Zrieknutie sa používania kalov z čistiarní odpadových vôd a dnových sedimentov na celej výmere podniku;
- Limit ročnej dávky organických hnojív (135 kg N/ha a rok) a stanovené limity PK hnojív;
- Vedenie povinných záznamov pre hnojenie a ochranu rastlín.

#### ***Osobitné podmienky pre ornú pôdu***

- Osevný postup – obmedzenie podielu intenzívnych plodín. Žiadna z intenzívnych plodín nesmie presiahnuť 50 % obhospodarovanej plochy ornej pôdy;
- Dodržiavanie zásad používania pesticídov – celoplošne vylúčiť používanie pesticídov. Výnimky povoľuje ÚKSUP Bratislava.

#### ***Podmienky pre stabilizačný osevný postup***

- V osevnom postupe pestovať minimálne 6 plodín z toho 4 hlavné plodiny, z toho podiel ozimín minimálne 30 % a viacročných krmovín minimálne 10 %, pestovať minimálne 10 % medziplodín;
- Zabezpečiť pri oseve minimálne 70 %-nú pokryvnosť pôdy v jeseni a v zime (obdobie od 15. 10 do 1.3).

#### ***Podmienky pre prijateľnú veľkosť parcely (pôdneho bloku)***

- Dodržiavať z ekologickeho hľadiska prijateľnú veľkosť honu: na pôdach so svahovitou 3 – 10 % a pri väčších parcelách (nad 30 ha) rozdeliť svah alebo parcelu na menšie bloky, pričom

rozdelenie realizovať minimálne 10 m širokými pásmami obsiatymi d'atelinotrávami, trávami na semeno a pod.;

- Stabilizujúce pásy realizovať po vrstevnici;
- Minimálny počet pásov pre parcelu výmery 30 ha je 5 pásov;
- Zatravnené plochy pásov kosiť minimálne 2 krát ročne;
- Herbicídy na ploche pásov možno použiť len počas prvých dvoch rokov a to formou bodovej aplikácie so súhlasom kontrolného ústavu;
- Kompenzačné platby sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 *Platby za ochranu pôdy proti erózii na ornej pôde*

Ochrana proti erózii na ornej pôde	Platba
Základná schéma	1 700 Sk.ha.rok <sup>-1</sup>
Stabilizačný oševný postup	4 570 Sk.ha.rok <sup>-1</sup>
Prijateľná veľkosť parcely	1 278 Sk.ha.rok <sup>-1</sup>
Biologická ochrana pôdy proti vodnej erózii – zatravnenie pôdy	4 133 Sk.ha.rok <sup>-1</sup>

### **Ďalšie možnosti ochrany pôdy proti erózii na ornej pôde**

Biologická ochrana proti vodnej erózii – predstavuje zatravnenie ornej pôdy okolo vodných tokov a mokradí (podľa príslušnej schémy pre zatravnovanie).

Realizácia biologickej ochrany proti veternej erózii predstavuje udržiavanie a zakladanie ochranných línii a pásov nelesnej drevinovej vegetácie (podľa príslušnej schémy pre nelesnú drevinovú vegetáciu) v zásade je možná, avšak vzhľadom na jestvujúce vlastnícke vzťahy k pôde, zákon o pozemkových úpravách a absenciu MÚSES v katastroch obcí, jej realizácia v praxi je problematická.

Doplnenie a obnova líniových prvkov zelene – po terénnom prieskume a z hodnotenia širších krajinnno-ekologických vzťahov sa ukázali ďalšie možnosti posilnenia ekologickej stability a biodiverzity poľnohospodárskej krajiny. Je to doplnenie a obnova existujúcich líniových prvkov zelene väčšinou pozdĺž poľných ciest a hraníc hospodárskeho celku závodu Kolíňany. Kľúčovým problémom je nízky podiel NSKV v poľnohospodárskej pahorkatinovej krajine, ktorý sme expertným odhadom stanovili na približne 1 až 1,5 % z plochy PP. Požadovaný podiel je minimálne 3 – 5 %. V spojitosti s realizáciou AEP treba urobiť v katastroch Žirany, Kolíňany a Baracko komplexnú pozemkovú úpravu. Jej akútnu potrebu si vyžaduje vstup privátneho poľnohospodárskeho subjektu do využívania a obhospodarovania poľnohospodárskej krajiny a priestorová a funkčná optimalizácia krajiny v riešenom modelovom území.

### **Návrh opatrení**

- Stabilizovať plochy novo zavedených plodín a skompletizovať k nim mechanizačné linky na pestovanie, zber, sušenie a pozberovú úpravu a osvojiť si technologické postupy.
- Kontinuálne využívať biologický a technický pokrok dostupného výskumu katedrií SPU v Nitre.
- Osvojiť si minimálne štandardy EÚ na ochranu životného prostredia, ochranu rastlín a zvierat.
- Osvojiť si „Zásady správnej výrobnnej praxe“. Za týmto účelom preškoliť prevádzkových technikov ako aj vybraných výrobných pracovníkov.
- Postupne sa pripravovať technicky, technologicky a ekologicky na implementáciu nových noriem spoločenstva a na environmentálny audit fariem.
- Realizovať navrhnutý agroenvironmentálny program.

Z výskumného riešenia vyplynulo, že rôznorodosť prírodných, produkčno-ekologických a technických podmienok umožňuje VPP SPU Kolíňany s r.o. demonštrovať v závode Oponice intenzívnu rastlinnú a živočíšnu výrobu (mliečna produkcia) na vysoko produkčných pôdach s možnosťou využitia doplnkovej závlahy, ktorá však musí rešpektovať základné štandardy EÚ na ochranu ŽP a krajiny. V závode Kolíňany, ktorý má charakter pahorkatinovej krajiny so silným potenciálom vodnej erózie, naopak, extenzívnejšiu produkciu. Na farme Žirany zabezpečiť zatravnenie ornej pôdy, realizáciu pastevného systému oviec a na zvyšku ornej pôdy využiť stabilizačný oševný postup. Závod Kolíňany má súčasne podmienky aj na realizáciu multifunkčného poľnohospodárstva v pahorkatinovej

krajine s diverzifikovanejšou produkciou v závode Koliňany (poľné trhové plodiny + netradičné plodiny), kde treba chrániť pôdu pred eróziou a vodu pred znečistením dusičnanmi, pochádzajúcich z poľnohospodárskych zdrojov (implementácia Nitrátovej smernice). Z výskumu vyplýva tiež potreba širšej aplikačnej a realizačnej činnosti SPU na VPP Koliňany z hľadiska lepšieho využitia vedeckého potenciálu SPU a ekologizácie poľnohospodárskych postupov, najmä v smere uchovania a ochrany biodiverzity, ochrany rastlín a zdravia zvierat. Súčasne sa ukázalo, že je nutná aj optimálna priestorová a funkčná štruktúra krajinného priestoru, ktorá by mala byť v súlade nielen s prírodným, ale aj so sociálno-ekonomickým potenciálom daného regiónu.

## ZÁVER

Pre definovanie podmienok adaptácie štruktúry rastlinnej výroby najmä v regiónoch absentujú konkrétnejšie údaje. Štruktúra výroby by mala zodpovedať prírodným a produkčným podmienkam. V produkčných oblastiach by mali prevládať trhové plodiny a smerom k znevýhodneným a horským oblastiam by mala klesať výmera ornej pôdy a mali by sa zvyšovať plochy lúk a pasienkov. Podnikový dosah vstupu do EÚ bude závisieť nielen na východiskových podmienkach, ale v značnej miere aj od regionálne diferencovaných pôdno-klimatických podmienok. Výsledky simulácie dosahov vstupu SR do EÚ ukázali, že podnik v produkčnej oblasti bude zvyšovať produkciu rastlinnej a živočíšnej výroby významnejšie ako podniky v ostatných oblastiach. (Božik, 2003).

Poloprírodné a prírodné biotopy na pôde sú integrálnou súčasťou poľnohospodárskej krajiny. Z hľadiska benefícií pre poľnohospodársku produkciu sú významné najmä hranice polí, a voľne žijúca flóra a fauna. Súčasné vedecké poznatky ukazujú, že ekologicky významné segmenty (ekostabilizačné prírodné prvky) sa stávajú organickou súčasťou integrovanej rastlinnej produkcie, nakoľko vytvárajú podmienky pre lepšiu biologickú rovnováhu krajiny, čo v konečnom dôsledku prináša významné ekologické a ekonomické benefície (Marshall, 1993).

V nových metodických postupoch a koncepciách využívania a obhospodarovania poľnohospodárskej krajiny (multifunkčné poľnohospodárstvo) sa už jednoznačne nepreferujú len hľadiská produkcie a jej efektívnosti, ale aj širšie súvislosti ekologizácie poľnohospodárskych postupov a udržateľného využívania prírodných zdrojov poľnohospodárskej krajiny.

V ostatnom období najmä od vstupu do EÚ sa začali prioritizovať dovtedy nedocenené javy a súvislosti, dotýkajúce sa pôdy, pohody zvierat a agroenvironmentu. Požiadavky na rozvíjanie agroenvironmentálnych programov a na ich finančné kompenzácie sú premietnuté aj v novej reforme štrukturálnej politiky EÚ pre obdobie rokov 2000 – 2006 v Agende 2000. Tá deklaruje snahu finančne podporiť tie činnosti poľnohospodárov, ktoré sa orientujú na environmentálne priaznivú produkciu, na ochranu prírodných zdrojov a na starostlivosť o poľnohospodárstvo v marginálnych podmienkach.

*Podakovanie: Výskum bol hradený z prostriedkov MP SR a MŠ SR z projektu VEGA 1/1344/04*

## LITERATÚRA

- Božik, M., 2003: Výsledky simulácie dosahov vstupov SR do EÚ na slovenské poľnohospodárstvo. Bratislava: VÚEPP, 2003. [www.vuepp.sk](http://www.vuepp.sk).
- Kováč, K. a kol., 2003: Všeobecná rastlinná výroba. Nitra: SPU, 2003. 335 s. ISBN 80-8069-136-3.
- Kováč, K., Kucharovic, A., Macák, M., Demjanová, E., 2002: Reálny produkčný potenciál sústavy rastlinnej výroby na VPP SPU s.r.o. Koliňany a hľadiská jeho udržateľnosti. PROJEKT účelovej činnosti. Nitra: SPU, 2002. 65 s.
- Kolektív autorov, 2002: Atlas krajiny SR. Bratislava: MŽP, Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, 2002. 344 s. ISBN 80-88833-27-2.
- Marshall, E.J.P., 1993: Exploiting semi-natural habitats as part of good agricultural practice. In: Agriculture, Scientific basis for codes of good agricultural practice. Report, EUR 14957 EN. Commission of the European Communities. ISSN 1018-5593, 1993, s. 95-100.

# PRODUKČNÉ A KVALITATÍVNE PARAMETRE PŠENICE LETNEJ F. OZIMNEJ ZÍSKANÉ PRI RÔZNEJ INTENZITE PESTOVANIA NA TRNAVSKEJ PAHORKATINE

## Production and quantitative parameters of winter wheat obtained by different intensity crop growing on Trnavska hilly land

Karol KOVÁČ<sup>1</sup>, Mária BABULICOVÁ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra udržateľného poľnohospodárstva a herbológie SPU Nitra FAZP, Tr. A. Hlinku 2,  
949 76 Nitra, SR, [Karol.Kovac@uniag.sk](mailto:Karol.Kovac@uniag.sk)

<sup>2</sup> Výskumný ústav rastlinnej výroby, Bratislavská 122, 921 68, Piešťany, SR

### Abstrakt

V stacionárnom poľnom pokuse v kukuričnej výrobnnej oblasti na černozei hnedozemnej sa pestovala pšenica letná f. ozimná po lucerne satej, hrachu a jačmeni jarnom. V oševnom postupe sa 2 krát hnojilo maštalným hnojom. Úrodu zrna pšenice ovplyvnili poveternostné podmienky, hnojenie, predplodina, vrátane ich interakcií. V rokoch 1999 a 2001 bola vyššia priemerná úroda (6,72 a 6,67 t.ha<sup>-1</sup>) v porovnaní s rokom 2000 (6,24 t. ha<sup>-1</sup>). Najvyššiu úrodu podmienilo organické + minerálne hnojenie (7,24 t.ha<sup>-1</sup>), štatisticky sa mu vyrovnala simulácia organického poľnohospodárstva (7,01 t.ha<sup>-1</sup>), ostatné úrovne hnojenia poskytli významne nižšie úrody. Najnižšie úrody boli pri variantoch PK hnojenia s pozberovými zvyškami a bez nich, ktoré boli významne nižšie v porovnaní s NPK hnojením bez ohľadu na pozberové zvyšky. Účinok hnojenia modifikovali poveternostné podmienky ročníkov, len úrody s kompletným hnojením NPK + maštalný hnoj a NPK bez pozberových zvyškov nereagovali na ročník. Naopak účinok hnojenia sa vôbec neprejavil len v podmienkach roku 2001. Hrach a lucerna boli lepšími predplodinami v porovnaní s jarným jačmeňom (6,77 a 6,66 t oproti 6,22 t.ha<sup>-1</sup>). Aj predplodiny pôsobili na účinok hnojenia a naopak. Účinok predplodín sa neprejavil pri variante simulácie organického hospodárenia, hnojenia NPK s pozberovými zvyškami a hnojenia NPK + maštalný hnoj. Po jarnom jačmeni kolísali úrody pšenice v závislosti na hnojení o niečo viac ako po bôbovitých predplodinách. Účinok predplodín ovplyvňovali aj poveternostné podmienky. Vplyv rokov sa neprejavil len na priemerných úrodách zrna pšenice ozimnej po jarnom jačmeni. Naopak vplyv predplodiny dosiahol preukaznú úroveň len v priemere roku 1999. Ročník a predplodina ovplyvnili aj HTZ. Ostatné sledované kvalitatívne znaky ovplyvnilo aj hnojenie.

**Kľúčové slová:** pšenica zimná, pôdne kvalitatívne parametre, Trnavská pahorkatina

### Abstract

The winter wheat after three forecrops: pea, alfalfa and spring barley in stationary field trial of corny production area on Luvi-Haplic Chernozem was grown. In crop rotation the fertilization with dosage of 40 t.ha<sup>-1</sup> manure was applied. The yield of winter wheat grain under climatic conditions, fertilizers, fore-crop including their interactions was influenced. In the years 1999 and 2000 the average yield of grain (6.72 and 6.67 t.ha<sup>-1</sup>) was higher than in year 2000 (6.24 t.ha<sup>-1</sup>). Using organic fertilizer and mineral fertilizer the highest yield of grain (7.24 t.ha<sup>-1</sup>), was obtained the yield of grain by organic fertilizer (the simulation of organic farming) was compared with this yield (7.01 t.ha<sup>-1</sup>). By other levels of fertilization lower yields of grain were reached. By fertilization of post-harvest residues (but without post-harvest residues) + mineral fertilisation of P, K were obtained the smallest yields of winter wheat with compare mineral fertilization in dosage N, P, The climatic conditions of years of the influence of fertilization have been modified. The yields of grain by mineral fertilization of N, P, K with manure alternatively by mineral fertilization of N, P, K without post-harvest residues more weakly were responded. The yields of winter wheat grain (6.77 and 6.66 t.ha<sup>-1</sup>) after pea and after alfalfa were achieved higher than after spring barley (6.22 t.ha<sup>-1</sup>). Between forecrops and fertilizations

were reactions. The influences of forecrops by fertilization with manure (simulation of organic farming), by mineral fertilization of N, P, K with post-harvest residues and by mineral fertilization of N, P, K with manure weren't expressed. The variance of yields of winter wheat grain in dependence on fertilization after spring barley was higher than after pea and after alfalfa. The influence of fore-crops of the climatic conditions was influenced. The influence of years wasn't express to average yield of winter wheat grain after spring barley. Contrariwise, the influence of fore-crop the significant level in year 1999 was obtained. Weight of thousand grains of years and fore-crops was influenced. Other qualitative characters of years, fore-crops and fertilizers were influenced, too.

**Key words:** winter wheat, qualitative parameters, Trnavská hilly land

## ÚVOD

Na Slovensku sa pestuje pšenica takmer vo všetkých pôdno-klimatických podmienkach, a takmer na všetkých typoch pôd. Pšenica ozimná potrebuje pre dosiahnutie úrody zrna nasledovné rozdelenie celkových zrážok: 21 % v jeseni, 20 % od otvorenia jarnej vegetácie do štádia steblovania, 31 % od steblovania do klasenia, t.j. v štádiu najintenzívnejšieho narastania biomasy a 28 % do ukončenia zrelosti. Pokiaľ ide o priebeh teploty v prvých dvoch fenofázach je zdôrazňovaná potreba chladnejšej jesene, ktorá urýchľuje vývoj, čím sa vytvárajú priaznivejšie predpoklady pre hromadenie sušiny v nasledujúcich etapách vegetácie (Zaťko, Balšán, 1986). Pšenica je náročná na hnojenie, najmä na dusík, ktorý determinuje nielen výšku úrody, ale i kvalitu potravinárskej pšenice. Nedostatočná dusíkatá výživa výrazne znižuje kvantitu aj kvalitu produkcie pšenice. Na druhej strane prehnojenie dusíkom spôsobuje poľahnutie porastu, zníženie odolnosti voči hubovým patogénom a zaťažuje životné prostredie, najmä povrchové a podzemné vody (Juhás, 2002). Dôsledným využívaním efektívnych pestovateľských technológií, najmä optimalizáciou minerálnej výživy rastlín môžeme cieľavedome ovplyvňovať produkčný proces a tvorbu úrody. Osobitne to platí pre výživu dusíkom (Michalík, 2002). Veda a výskum v rastlinnej produkcii má za úlohu získavať poznatky pre efektívnu a racionálnu intenzifikáciu. Tento smer Špaldon (1985) nazval agrobiologickou racionalizáciou. Využitelnosť aplikovaného dusíka v rozpätí 38 – 43 je závislá od úrovne dusíkatej výživy. So zvyšovaním dávok živín v hnojive, klesá podiel aplikovaného hnojiva na tvorbe úrody (Michalík, 2002). Vidovič (2001) uvádza, že na odbere N pšenice sa na úrodnej hnedozemi podieľa pôda 70 % - mi a podľa Sowers et al. (1994), cit. Vidovič (2001) 80 % pri nedelenej, resp. 68 % pri delenej dávke pod ozimnú pšenicu. Z ekonomického hľadiska sa najlepšie ukazuje produkčné a kvalitatívne prihnojovanie dusíkom vo fázach DC 21, DC 31, DC 43. Cieľom príspevku bolo zhodnotenie vplyvu rôznych predplodín (lucerna siatej, hrachu siateho a jačmeňa jarného) a rôznej intenzity hnojenia dusíkom (hnojenie H1 – H6) na úrodu a technologickú kvalitu úrody zrna pšenice ozimnej pestovanej v Trnavskej pahorkatine.

## MATERIÁL A METÓDA

Stacionárny poľný pokus bol založený v Borovciach, v kukuričnej výrobnnej oblasti na černozei hnedozemnej. Odroda pšenice letnej f. ozimná Viginta sa pestovala v dvoch 6 honových osevných postupoch po troch predplodinách (lucerna siata, hrach, jačmeň siaty jarný). V rotácii osevného postupu sa na variante H1 a H6 2 x hnojilo maštalným hnojom.

V pokuse bolo použitých šesť variantov hnojenia:

H1 – O, kontrola, po jačmeni jarnom hnojenie maštalným hnojom dávkou 40 ton.ha<sup>-1</sup>, bez chemickej ochrany (simulácia ekologického systému)

H2 – minerálne hnojenie, bez N. Dávky P, K stanovené bilančnou metódou.

H3 – minerálne N, P, K hnojenie, dávka N = stanovená normatívom, hnojenie, P, K ako pri variante H2;

H4 – minerálne hnojenie, bez N + hnojenie pozberovými zvyškami + prídavok 10 kg dusíka na tonu slamy obilnín, pri zapravení skrojkov a hrachoviny bez prídavku N;

H5 – minerálne N, P, K hnojenie + hnojenie pozberovými zvyškami + prídavok 10 kg dusíka na tonu slamy obilnín, pri zapravení hrachoviny bez prídavku N;

H6 – minerálne N, P, K, hnojenie MH po jačmeni jarnom

Pri variantoch H2 až H6 sa použila chemická ochrana.

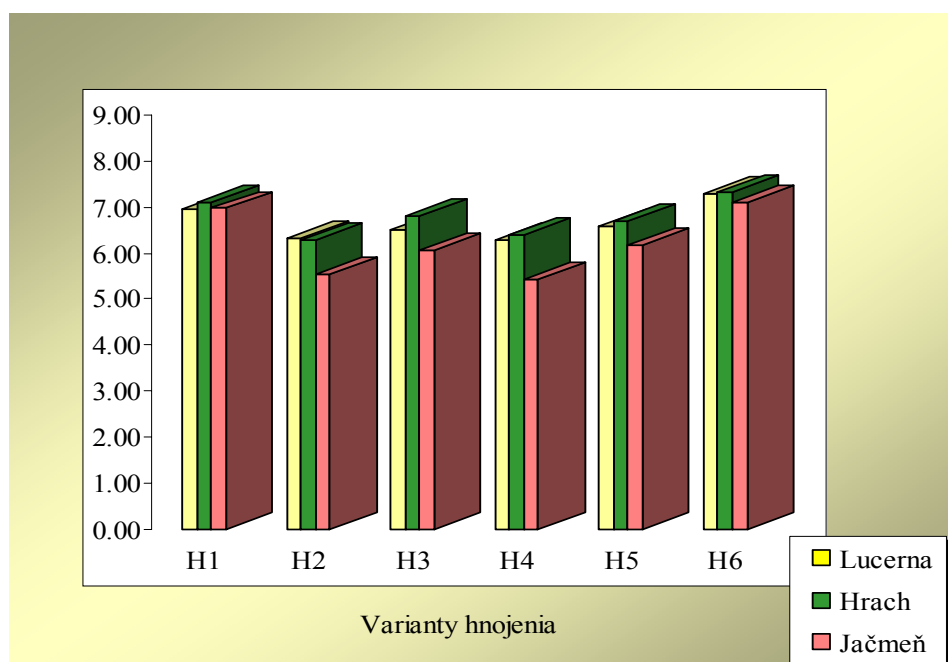
Pri hnojení priemyselnými hnojivami sa dusík aplikoval vo forme liadku (liadok amónny s dolomitom s obsahom dusíka 27 %) v dávke 80 kg č.ž..ha<sup>-1</sup>, ktorá bola rozdelená na tri krát (30 – 30 – 20 kg.ha<sup>-1</sup>). Fosfor vo forme superfosfátu v dávke 28 kg č.ž..ha<sup>-1</sup> a K vo forme draselnej soli v dávke 105 kg č.ž..ha<sup>-1</sup> sa aplikovali pri predsejbovej príprave pôdy.

Zber sa robil maloparcelkovým kombajnom. Sledovali sme úrodu zrna a a vybrané parametre technologickej kvality zrna pšenice ozimnej. Výsledky boli vyhodnotené analýzou variancie.

## VÝSLEDKY

Úrodu zrna pšenice ovplyvnilo počasie, hnojenie a predplodina. Najväčší vplyv malo počasie, ktoré súčasne ovplyvnilo účinok hnojenia a predplodín. Hnojenie ovplyvnilo aj účinok predplodín. Po všetkých troch predplodinách pšenice ozimnej (lucerna siata, hrach siaty, jačmeň jarný) boli dosiahnuté najvyššie úrody zrna (graf 1) na variante hnojenia B6 (7,28; 7,32 a 7,11 t.ha<sup>-1</sup>). Podľa predplodín (lucerna, hrach, jačmeň jarný) bola získaná priemerná úroda zrna 6,65 – 6,77 a 6,21 t.ha<sup>-1</sup>.

Graf 1 Úrody pšenice ozimnej (t.ha<sup>-1</sup>) v rokoch 1999 – 2001



Najvýraznejšie ovplyvnili úrodu zrna poveternostné podmienky ročníka. Najnižšie úrody v roku 2000 (tab. 1) boli spôsobené nedostatkom zrážok v období od sejby do vzchádzania (4,9 mm) a v období od začiatku steblovania do začiatku klasenia (0,2 mm). Za nepriaznivých poveternostných podmienok najlepšie úrody pšenice ozimnej boli po hrachu siatom (6,49 t.ha<sup>-1</sup>). Po lucerne siatej pokles predstavoval 6,17 % a po jačmeni jarnom 5,24 %.

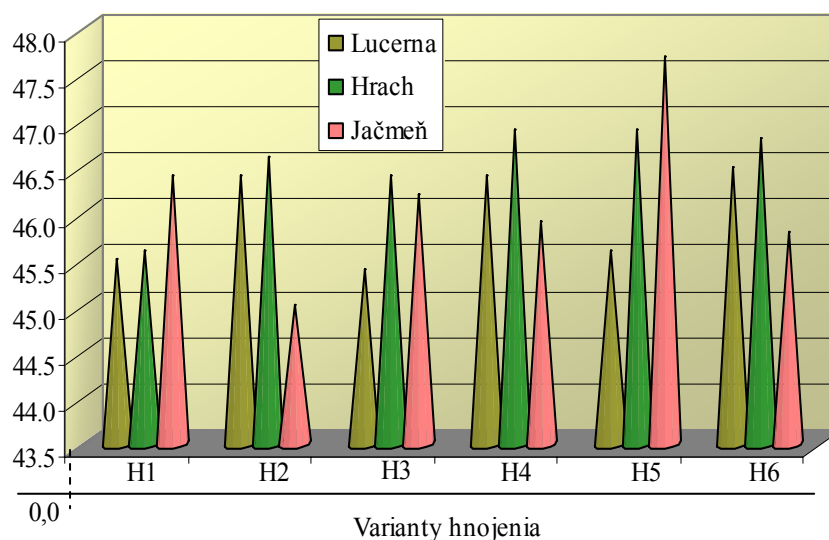
Hmotnosť 1 000 zŕn (ďalej ako HTZ) najviac ovplyvnilo počasie, menej predplodina (preukazne). Hnojenie HTZ neovplyvnilo. Zaorávka slamy zvýšila HTZ avšak nepreukazne. Predplodina ovplyvnila HTZ pšenice ozimnej štatisticky preukazne. Najvyššia HTZ (graf 2) bola získaná na variante hnojenia s minerálnym NPK hnojením v kombinácii so zapravením pozberových zvyškov (H5 hnojenie), avšak rozdiely neboli štatisticky preukazné. Rozdiel medzi najvyššou HTZ (variant hnojenia H5) a najnižšou HTZ (variant hnojenia H3) predstavoval 2,4 %. Najvyššia HTZ bola zaznamenaná po predplodine hrachu siatom (46,5 g).

Z hodnotenia objemovej hmotnosti (graf. 3) vyplynulo, že na variante hnojenia H5 bola dosiahnutá najvyššia hodnota po lucerne (834 g.l<sup>-1</sup>) a po hrachu (833 g.l<sup>-1</sup>). Po jačmeni jarnom bola najvyššia objemová hmotnosť na variantoch hnojenia H5 a H6 (830 g.l<sup>-1</sup>). Ročník, hnojenie a predplodina ovplyvnili objemovú hmotnosť zrna pšenice letnej štatisticky preukazne.

Tab. 1 *Nástup jednotlivých fenofáz pšenice letnej f. ozimná v závislosti od poveternostných podmienok*

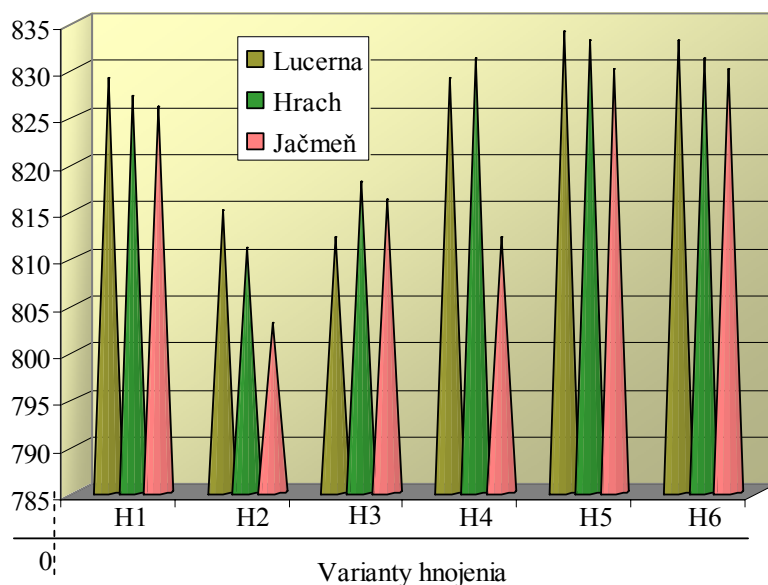
Roky	Sejba – začiatok vzhádzania			Vzhádzanie – začiatok odnožovania		
	dátum	°C	mm	dátum	°C	mm
1998/1999	24. 10.	6,28	73,3	11. 11.	0,76	91,7
1999/2000	1. 10.	13,08	4,9	12. 10.	7,23	52,8
2000/2001	5. 10.	13,28	5,8	14. 10.	9,47	32,3
Roky	Odnožovanie – začiatok steblovania			Steblovanie – začiatok klasenia		
	dátum	°C	mm	dátum	°C	mm
1998/1999	30. 3.	11,72	39,4	18. 4.	13,78	36,3
1999/2000	15. 11.	1,56	200,6	20. 4.	17,03	0,2
2000/2001	8. 11.	3,76	207,9	5. 4.	10,83	50,9
Roky	Klasenie – Zber			Zber	Ø teplota	Σ zrážok
	dátum	°C	Mm	dátum	°C	mm
1998/1999	25. 5.	19,71	189,3	19. 7.	10,45	430,0
1999/2000	12. 5.	18,38	82	4. 7.	11,46	340,5
2000/2001	19. 5.	16,66	66,8	14. 7.	10,80	363,7

Graf 2 *HTZ (g) pšenice ozimnej v rokoch 1999 – 2001*

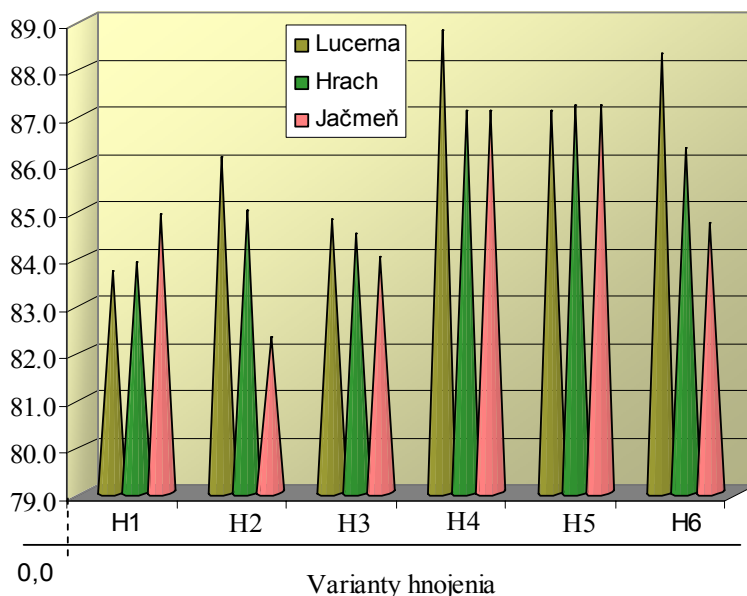


Hnojenie minerálnymi NPK hnojivami v kombinácii so zapravením rastlinných zvyškov predplodiny malo kladný vplyv na zvýšenie podielu vyšších frakcií zrna pšenice ozimnej (2,8 + 2,5 mm). Na variante H5 po hrachu a po jačmeni jarnom bol dosiahnutý podiel vyšších frakcií zrna 87,2 % ako po lucerne 88,2 % (hnojenie H4). Použitie bôbovitých predplodín (graf 4) nezabránilo poklesu vyšších frakcií zrna aplikáciou len organického hnojenia (variant H1). Ročník, hnojenia a predplodina ovplyvnili podiel vyšších frakcií zrna pšenice ozimnej štatisticky preukazne.

Graf 3 Objemová hmotnosť pšenice ozimnej ( $\text{g.l}^{-1}$ ) v rokoch 1999 – 2001



Graf 4 Podiely vyšších frakcií zrna ( $2,8 + 2,5 \text{ mm}$ ) pšenice ozimnej (%) v rokoch 1999 – 2001



## ZÁVERY

Úrodu zrna pšenice ovplyvnili poveternostné podmienky, hnojenie, predplodina, vrátane ich interakcií. Najväčší vplyv malo počasie, ktoré súčasne ovplyvnilo účinok hnojenia a predplodín. Hnojenie ovplyvnilo účinok predplodín (štatisticky významné interakcie). Najvyššia úroda bola získaná pri minerálnom hnojení N, P, K v kombinácii s organickým hnojením ( $7,24 \text{ t.ha}^{-1}$ ), štatisticky sa mu vyrovnala simulácia organického poľnohospodárstva ( $7,01 \text{ t.ha}^{-1}$ ). Najnižšie úrody boli pri variantoch PK hnojenia s pozberovými zvyškami a bez nich, ktoré boli významne nižšie v porovnaní s NPK hnojením bez ohľadu na pozberové zvyšky. Medzi hodnotenými bôbovitými predplodinami (lucerna, hrach) nebol zistený rozdielny vplyv na úrodu zrna pšenice. Hrach a lucerna boli lepšími predplodinami v porovnaní s jarným jačmeňom ( $6,77$  a  $6,66 \text{ t.ha}^{-1}$  oproti  $6,22 \text{ t.ha}^{-1}$ ). Rozdiel v úrodnosti medzi bôbovitými predplodinami a jarným jačmeňom bol 8 %. Predplodinová hodnota lucerny sa vyrovnala predplodinovej hodnote jarného jačmeňa hnojeného maštalným hnojom. HTZ

bola ovplyvnená poveternostnými podmienkami ročníka a predplodinou. Zaorávka slamy zvýšila HTZ, avšak nepreukazne. Objemová hmotnosť a podiely vyšších frakcií zrna (2,8 + 2,5 mm) boli štatisticky preukazne ovplyvnené ročníkom, predplodinou i hnojením.

*Podakovanie: Výskum bol hradený z prostriedkov MP SR, náklady spojené s účasťou a publikovaním príspevku na konferencii z prostriedkov MŠ SR z projektu VEGA 1/1344/04.*

## LITERATÚRA

- Jamriška, P., 2002: Výskum agro-environmentálnych systémov so zreteľom na biodiverzitu a trvalo udržateľný rozvoj. Syntetická záverečná správa úlohy rozvoja a techniky 27 – 10, VÚRV Piešťany, december 2002, 120 s.
- Juhás, V., 2002: Tvorba a kvalita úrody ozimnej pšenice v závislosti od hnojenia dusíkom. In.: Agrochémia, roč. 42, č. 2, 2002, s. 4-8.
- Michalík, I., 2002: Dusíkatá výživa a produkčný proces ozimnej pšenice. In.: Agrochémia, roč. 42, č. 1, 2002, s. 24-27.
- Špaldon, E., 1985: Niektoré prvky agrobiologickej racionalizácie rastlinnej výroby – model ozimná pšenica. In: Agrobiologické aspekty racionalizácie rastlinnej výroby. Zborník referátov z konferencie. Nitra: VŠP, 1985, s.9-29.
- Vidovič, J., 2001: Vplyv jarého deleného hnojenia dusíkom na kvantitu a kvalitu úrody zrna pšenice letnej f. ozimnej (*Triticum aestivum*). Vedecké práce VÚRV Piešťany, 30, 2001, s.5-10.
- Zat'ko, J., Balšán, J., 1986: Vplyv poveternostných podmienok na výšku úrody zrna troch odrôd ozimnej pšenice na dvoch lokalitách. In.: Poľnohospodárstvo, roč. 32, č. 7, 1986, s. 585-592.

# PEDOEKOLOGICKÉ PODMIENKY A FYTOPARAMETRE DRUHOV *DRYOPTERIS DILATATA* (HOFFM.) A. GRAY A *VACCINIUM MYRTILLUS* (L.) V OBLASTI SPIŠA

## Pedo-ecological conditions and phyto-parametres of *Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A. Gray and *Vaccinium myrtillus* (L.) species in Spiš region

Ján KUKLA, Margita KUKLOVÁ

Ústav ekológie lesa SAV, Štúrova 2, 960 53 Zvolen, SR

[kukla@sav.savzv.sk](mailto:kukla@sav.savzv.sk)

### Abstrakt

Skúmané boli nepoškodené a paralelné imisiami a podkôrnym hmyzom poškodené smrekové geobiocenózy v oblasti Spiša [lokalita Muráň – 1 100 m n.m., podzol humusovo-železitý (rankrový), oligotrofný rad geobiocénov, skupina lesných typov (slt) *Fageta abietino-piceosa*; lokalita Hliníky – 950 m n.m., kambizem podzolová, hemioligotrofný medzirad geobiocénov (slt) *Abieti-Fageta inferiora*]. Podzoly mali pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> hodnoty v povrchovom humuse 4,5 – 3,6 a v minerálnych vrstvách 3,2 – 3,8. Aktívna reakcia kambizemí dosahovala v povrchovom humuse 4,1 – 3,6, v A horizontoch 3,5 – 3,6 (reverzibilný posun do oligotrofného radu geobiocénov) a v B horizontoch 4,0 – 4,6. Vyššia priemerná dĺžka, hmotnosť a obsah energie vo výhonkoch druhu *Dryopteris dilatata* boli na lokalite Hliníky a v poškodených smrekových porastoch. Významne odlišné boli priemerné dĺžky výhonkov populácií druhu rastúcich v rôznej nadmorskej výške (extrémna kyslosť pôd s obsahom skeletu ≥ 80 % na lokalite Muráň) a na paralelných plochách lokality Hliníky (vplyv svetla). Priemerné dĺžky konárikov druhu *Vaccinium myrtillus* boli významne väčšie v poškodených porastoch (vplyv svetla), kde boli zároveň nevýznamne vyššie hodnoty hmotnosti a energie výhonkov. Obsah popola bol v oboch skúmaných druhoch vyšší v nepoškodených smrekových porastoch.

**Kľúčové slová:** geobiocenóza, smrek, *Dryopteris dilatata*, *Vaccinium myrtillus*, imisie, ekológia pôdy

### Abstract

The parallel spruce stands non-damaged and damaged by air pollution and bark beetles have been studied in Spiš region [locality Muráň – 1 100 m a.s.l., Skeli-Haplic Podzol, oligotrophic order of geobiocoens, the group of types of geobiocoens (gtg) *Fageta abietino-piceosa*; locality Hliníky – 950 m a.s.l., Podzolic Cambisol, hemioligotrophic interorder of geobiocoens, gtg *Abieti-Fageta inferiora*]. The pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> values of Podzols in surface humus were 4.5 – 3.6 and in mineral layers 3.2 – 3.8. The active pH values of Cambisols in surface humus was 4.1 – 3.6, in A-horizons 3.5 – 3.6 (reversible shift to oligotrophic order of geobiocoens), and in B-horizons 4.0 – 4.6. The higher mean length, shoot weight and energy content of *Dryopteris dilatata* species was in locality Hliníky and in damaged spruce forests. Significantly different were mean lengths of species populations growing in different altitude (extreme acidity of soils with skeleton content ≥ 80 % in locality Muráň) and at parallel plots in locality Hliníky (light influence). The mean twig lengths of *Vaccinium myrtillus* species were significantly higher in damaged stands (light influence), where the weight and energy values of shoots were insignificantly higher at the same time. The ash content was higher in non-damaged spruce stands, in both studied species.

**Key words:** geobiocenosis, spruce, *Dryopteris dilatata*, *Vaccinium myrtillus*, immission, soil ecology

## ÚVOD

V súčasnom období je značná pozornosť venovaná problematike chradnutia smrekových porastov. Ich stabilita závisí najmä od charakteru abiotických podmienok, vekovej, hrúbkovej a výškovej štruktúry, proveniencie smreka, a tiež od druhu a intenzity imisných vplyvov. V dôsledku poškodzovania ihličia imisiami kyslého typu dochádza postupne k poklesu vitality, zakmenenia a zápoja smrekových porastov, až k ich fragmentácii, čo sa následne prejavuje v sukcesných zmenách prebiehajúcich v bylinnej vrstve. V prvej fáze vývoja dochádza k zvýšenej tvorbe kyslého organického opadu, ktorý sa v dôsledku spomalenia mikrobiálnej aktivity hromadí na pôdnom povrchu za vzniku nepriaznivých humusových foriem. Neskôr sa v dôsledku zvýšeného prísunu svetla a tepla cez rednúce koruny smrekov a následnej akcelerácii mikrobiálnych procesov kvalita povrchového humusu zlepšuje.

Hodnoty vitality a produkcie lesných porastov a bylinných taxónov nachádzajúcich sa v ich podraste primárne závisia od charakteru trvalých ekologických podmienok stanovišťa. Preto sme sa v tejto práci zamerali na porovnanie pedoekologických charakteristík nepoškodených a kalamitou poškodených smrekových geobiocenóz a posúdenie ich vzťahu k hodnotám vybraných fytoparovetrov dvoch dominantných bylinných druhov.

## MATERIÁL A METÓDY

Výskum bol realizovaný v roku 2003 na paralelných, kalamitou podkôrneho hmyzu narušených a nenarušených plochách nachádzajúcich sa na výškovom transekte v oblasti LHC Lesy mesta Spišská Nová Ves (plochy A - B na vyššie položenej lokalite Muráň, plochy C - D na lokalite Hliníky). Pôdy boli zatriedené v zmysle Kolektívu (2000), geobiocenózy v zmysle Zlatníka (1976 a,b) a názvy rastlinných taxónov sú uvedené podľa Dostála (1989).

Vzorky pôd sa preosiali cez sito s veľkosťou otvoru 2 x 2 mm a ich granulometrická analýza sa vykonala na laserovom zrnitostnom analyzátore (Fritsch analysette 22). Hodnoty aktívnej a výmennej reakcie pôd sa stanovili v suspenzii jemnozeme (pomer jemnozeme k vode, resp. 1 M KCl 1: 2,5, v prípade povrchového humusu 1: 10) pomocou digitálneho pH-metra, typ 08 211/1, Radelkis, obsah pôdneho uhlíka oxidimetricky, podľa Ťurina (Šály, Ciesarik, 1991) a obsah celkového dusíka analyzátorom NCS-FLASH 1112.

Rastlinný materiál bol získaný náhodným odberom na ploche 400 m<sup>2</sup> fytoecologického zápisu. Za jedinca bol považovaný každý výhonok (list) v polykormone druhu *Dryopteris dilatata* a jednotlivé konáriky vyrastajúce z plazivého kmienka druhu *Vaccinium myrtillus*. Zisťovaná bola dĺžka odobratých výhonkov a po ich vysušení pri 80°C počas 48 hodín hmotnosť s presnosťou 0,002 g. Energetická hodnota výhonkov bola stanovená pomocou adiabatického kalorimetra IKA C 4000 (software C-402). Zhomogenizovaná vzorka s hmotnosťou 0,7 - 1 gram sa vysušila do konštantnej hmotnosti pri 105°C, zlisovala do brietky a spálila v čistom kyslíku pri tlaku 3,04 MPa. Obsah popolovín sa stanovil gravimetricky, dokonalým spálením vzorky v muflovej peci pri 500°C (Javorský et al., 1987).

Vplyv ekologických podmienok na priemernú dĺžku výhonkov skúmaných druhov vyhodnotený metódou ANOVA a Scheffeho testom na hladine významnosti  $p = 0,01$ . Homogenita rozptylov dĺžok výhonkov bola hodnotená Bartlettovým testom (Statgraphics, Chajdiak 1994).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### Charakter pôd

Pôdy geobiocenóz nachádzajúcich sa na vertikálnom transekte Muráň - Hliníky sa vytvorili zo zlepcov prechádzajúcich v oblasti Muráňa do fialovosivých bridlíc (tab. 1). V dôsledku relatívne nízkeho obsahu živín, extrémne vysokého obsahu skeletu a vysokého úhrnu zrážok sa z nich na uvedenej lokalite vytvorili podzoly humusovo-železité (rankrové), v profile ktorých dominuje eluviálny E/C horizont nadväzujúci cez asi 10 cm hrubý Bsh/C horizont priamo na sutinu pôdotvorného substrátu. Pre podzoly je charakteristický nedostatok živín a v dôsledku nedostatočnej vodnej kapacity podmienenej vysokou skeletnosťou aj nevyrovnaný vodný režim, teda vlastnosti obmedzujúce (limitujúce) výškový rast smrekového porastu, ktorého prirodzené zakmenenie dosahovalo na kontrolnej ploche len hodnotu 0,6.

Tab. 1 Základné charakteristiky abiotopu

Lesný hospodársky celok	Lesy mesta Spišská Nová Ves			
Lokalita	Muráň		Hliníky	
Nadmorská výška [m]	1 110	1 080	960	950
Expozícia svahu	SZ	SSZ	J	JZ
Sklon svahu [°]	30	30	10	10
Porast	173		411	394
	poškodený	kontrola	poškodený	kontrola
Výskumná plocha	A	B	C	D
Pôdotvorná hornina	zlepence	fialovosivé bridlice	zlepence	
Subtyp pôdy	podzol humusovo-železitý (rankrový)		kambizem podzolová	
Obsah skeletu [%]	80 – 90		20 – 40	
Hĺbka pôdy [cm]	70	110	90	75

V profiloch pôd vytvorených na mierne sklonenej, nižšie situovanej lokalite Hliníky výrazne dominujú horizonty hnednutia. Ich makromorfologické znaky sú charakteristické pre kambizeme podzolové. Sú to hlboké, stredne skeletnaté pôdy s dostatočnou vodnou kapacitou, ktoré výškový rast smrekových porastov neobmedzujú.

Zrnitostné zloženie podzolov a kambizemí sa značne odlišuje (tab. 2). Zatiaľ čo v podzoloch dosahuje frakcia hrubého piesku 60 – 70 %, v kambizemiach len 30 – 40 %.

Tab. 2 Granulometrické zloženie pôd

Lokalita	Výskumná plocha	Pôda	Vrstva	Frakcie jemnozeme [mm]					
				íl		prach		piesok	
				fyzikálny	hrubý		celkový	jemný	hrubý
			< 0,002	< 0,01	0,01 – 0,063	0,002 – 0,063	0,05 – 0,1	0,1 – 2,0	
			[cm]	[%]					
Muráň	A poškodená	podzol humusovo- železitý (rankrový)	2 – 6	2,04	13,76	15,53	27,25	0,06	70,68
			20 – 40	3,66	18,42	12,95	27,71	0,08	68,61
	B nepoškod.		2 – 6	2,56	13,95	23,83	35,22	1,77	60,42
			20 – 40	2,66	15,88	13,25	26,47	0,42	70,70
Hliníky	C poškodená	kambizem podzolová	2 – 6	5,27	27,59	38,76	61,08	2,82	31,71
			10 – 20	6,83	31,50	37,16	61,83	0,64	30,98
			25 – 35	9,15	44,67	26,81	62,33	0,00	30,98
			40 – 50	6,58	30,35	31,35	55,12	0,13	38,15
			60 – 80	6,65	28,85	34,93	57,13	0,98	35,70
	D nepoškod.		2 – 6	5,43	28,28	33,58	56,43	1,74	37,03
			10 – 20	6,93	33,47	32,56	59,10	0,78	33,50
			30 – 50	6,23	28,83	34,83	57,43	0,62	36,07
			60 – 70	7,50	31,96	25,75	50,21	0,35	42,14

Obsah jemnejších frakcií je naopak podstatne vyšší v kambizemiach, kde na hrubý íl pripadá 28 – 45 % (v podzoloch 14 – 18 %) a podiel prachu dosahuje 50 – 62 % (v podzoloch len 26 – 35 %). V profiloch obidvoch kambizemí došlo k značnému posunu frakcie fyzikálneho a hrubého ílu, čím tieto nadobudli aj znaky luvizemného charakteru a mohli by byť klasifikované tiež ako kambizeme luvizemno-podzolové. Tento proces sa čiastočne uplatnil aj v skeletnatých podzoloch.

Údaje o niektorých ekologických vlastnostiach skúmaných pôd sú uvedené v tabuľke 3. Na ich základe možno konštatovať, že reakcia podzolov je veľmi kyslá, v prípade poškodenej plochy v A horizonte až veľmi silne kyslá. V dôsledku pestovania smrekových monokultúr došlo aj

k značnému zakysleniu A horizontov kambizemí, a to až do rozpätia oligotrofného radu geobiocénov, zatiaľ čo horizonty hnednutia si stále zachovávajú hemioligotrofný charakter (sensu Kukla, 1993).

Vrchné vrstvy pôd sú silne až veľmi silne humózne, spodné sú mierne až stredne humózne. Kvalitu humusu, najmä povrchového a v A horizontoch pôd, je veľmi nepriaznivá.

Tab. 3 Ekologické charakteristiky pôd

Lokalita	Výskumná plocha	Horizont		Skelet	Reakcia pôdy		Cox	Humus	N <sub>t</sub>	C/N
		označenie	[cm]		pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	pH <sub>KCl</sub>				
Muráň	A poškodená	Ool	1 – 2	0	4,52	3,72	88,21	100	1,93	45,70
		Oof	1 – 2	0	4,19	3,75	91,12	100	2,30	39,62
		Ooh	7 – 8	0	3,75	2,53	78,57	100	1,96	39,88
		Aop	2 – 6	80 – 90	3,22	2,65	4,26	7,34	0,2150	19,81
		E/C <sub>1</sub>	20 – 40	80	3,59	2,99	0,68	1,17	0,0548	12,41
	B nepoškodená	Ool	1	0	4,11	3,57	83,06	100	1,65	50,34
		Oof	2	0	3,65	3,02	84,80	100	2,23	38,03
		Ooh	4	0	3,61	2,60	78,29	100	1,97	39,74
		Aop	2 – 6	80	3,52	2,90	7,06	12,17	0,1820	38,79
		E/C <sub>1</sub>	20 – 40	90	3,75	3,12	0,88	1,51	0,0819	10,74
Hliníky	C poškodená	Ool + Oof	1 – 3	0	3,74	3,25	94,88	100	1,91	49,67
		Ooh	2	0	3,79	3,29	55,58	100	1,64	33,89
		Aop	2 – 6	20 – 30	3,55	3,00	8,08	13,92	0,4630	17,45
		Bvs <sub>1</sub>	10 – 20	30 – 40	4,01	3,60	4,05	6,99	0,2630	15,40
		Bvs <sub>2</sub>	25 – 35	30 – 40	4,29	4,02	2,89	4,98	0,1830	15,79
		Bvs <sub>3</sub>	40 – 50	60 – 70	4,49	4,14	1,50	2,59	0,0994	15,09
		Bvs <sub>4</sub>	60 – 80	30 – 40	4,64	4,25	1,02	1,75	0,0947	10,77
	D nepoškodená	Ool + Oof	2	0	4,11	3,61	85,11	100	1,68	50,66
		Ooh	2	0	3,65	3,07	61,98	100	1,64	37,79
		Aop	2 – 6	30 – 40	3,62	3,29	5,31	9,16	0,3120	17,02
		Bvs <sub>1</sub>	10 – 20	30	4,09	3,62	3,43	5,92	0,2260	15,18
		Bvs <sub>2</sub>	30 – 50	30	4,50	4,09	2,07	3,57	0,1530	13,53
		B/C <sub>1</sub>	60 – 70	60 – 70	4,50	4,15	1,02	1,75	0,1110	9,19

### Charakter fytocenóz a geobiocenóz

Zloženie fytocenóz odpovedá trofickému charakteru pôd skúmaných geobiocenóz. Charakteristický je hojný až dominantný výskyt oligotrofných a hemioligotrofných druhov, ako sú *Avenella flexuosa*, *Vaccinium myrtillus*, *Luzula luzuloides*, *Dryopteris dilatata*, *Rubus idaeus*, *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella* a i., zatiaľ čo zastúpenie mezotrofných druhov je nepatrné, resp. úplne chýbajú. Diferenciálnym druhom odlišujúcim 6. lesný vegetačný stupeň (lvs) od 5. lvs je *Luzula sylvatica*.

V zmysle Zlatníka (1976 b) by sa pri geobiocenologickom zatriedení lesných ekosystémov mal zohľadniť tak charakter fytocenóz (prítomnosť indikátorov lesných vegetačných stupňov, zastúpenie ekologických skupín rastlín), ako aj vlastnosti pôdneho prostredia (vodná kapacita, profilový priebeh reakcie, reverzibilnosť zakyslenia). V oligotrofnom rade 6. lesného vegetačného stupňa uvažuje uvedený autor s hydricky obmedzenou skupinou lesných typov (slt) *Pineta piceosa superiora* a s hydricky trochu obmedzenou slt *Pineta piceosa lichenosa*. Pre tieto slt je ale charakteristická dominancia borovice lesnej, ktorá sa v oblasti Muráňa nevyskytuje. Vzhľadom na dominanciu smreka, prítomnosť jedle v hlavnej úrovni (5 % na ploche B) a buka v podrade sa ako relatívne vhodnejšia javí slt *Fageta abietino-piceosa* (tab. 4), aj keď treba povedať, že pôdy tejto slt sú normálne vyvinuté a rast lesného porastu nijako neobmedzujú.

Humusové horizonty kambizemí nachádzajúcich sa na lokalite Hliníky sú v súčasnosti rovnako zakyslené, ako v prípade podzolov na lokalite Muráň, čomu sa zvýšením zastúpenia najmä oligotrofného svetlomilného druhu *Avenella flexuosa* prispôbilo aj zloženie fytocenóz. Vzhľadom k tomu, že eluviálne podzolové horizonty sa zatiaľ nevytvorili a aktívna reakcia B horizontov kambizemí sa stále udržiava v rozpätí hemioligotrofného medziradu geobiocénov možno predpokladať, že proces zakyslenia pôd je reverzibilný. Po eliminácii antopických vplyvov by teda úspešné procesy pravdepodobne smerovali k obnove hemioligotrofnej prírodnej geobiocenózy zo slt *Abieti-Fageta inferiora*.

Tab. 4 Geobiocenologické zatriedenie skúmaných geobiocenóz

Lokalita		Muráň		Hliníky	
Porast		173		411	394
		poškodený	kontrola	poškodený	kontrola
Výskumná plocha		A	B	C	D
Lesný vegetačný stupeň		6. smrekovo-bukovo-jedľový		5. jedľovo-bukový	
Edaficko-hydrický	rad	2 – trochu obmedzený		3 – vedúci	
	podrad	2a – na elúviu		3b – svieži	
Edaficko-trofický	rad	A – oligotrofný		–	
	medzirad	–		A/B - hemioligotrofný	
Skupina typov geobiocénov		<i>Fageta abietino-piceosa</i>		<i>Abieti-Fageta inferiora</i>	

**Fytoparametre skúmaných druhov**

Hodnoty vybraných parametrov populácií druhu *Dryopteris dilatata* a *Vaccinium myrtillus*, rastúcich na plochách výškového transektu, sú uvedené v tabuľkách 5 a 6. Vyššia priemerná dĺžka, hmotnosť výhonkov a obsah energie druhu *Dryopteris dilatata* sa zistili na plochách lokality Hliníky a v kalamitne poškodených smrekových porastoch. Vyšší obsah popola bol naopak vo výhonkoch odobratých na nepoškodených plochách.

Štatistická analýza ukázala, že priemerné dĺžky jedincov tohto druhu rastúcich v rôznej nadmorskej výške sa významne odlišujú, avšak tento fakt pravdepodobne nesúvisel s odlišnými klimatickými podmienkami lokalít, ale so špecifickými pôdno-ekologickými podmienkami (extrémna kyslosť a skeletnosť pôd). Významne rozdielna bola aj dĺžka výhonkov odobratých na paralelných plochách C a D, čo zrejme súviselo s podstatne vyšším prísunom svetla na kalamitnej ploche.

Tab. 5 Hodnoty fytoparametrov druhu *Dryopteris dilatata*

Výskumná plocha	Dĺžka						Hmotnosť	Obsah		
	n	x	min	max	s <sub>x</sub>	s <sub>x</sub> %		energie		popola
							[cm]			
A poškodená	21	31,4 (C, D)	17	49	± 8,5	27,0	0,616	12,0	19 507	5,53
B nepoškodená	35	22,7 (C, D)	14	44	± 6,3	27,8	0,256	4,9	19 293	6,28
C poškodená	30	49,9 (D)	21	73	± 10,4	20,8	2,202	44,5	20 221	5,55
D nepoškodená	30	40,9	28	65	± 9,9	24,1	0,973	19,4	19 901	5,77

Pozn.: v zátvorkách sú uvedené plochy s významne rozdielnymi dĺžkami výhonkov druhu ( $p < 0,01$ , Scheffeho test).

Významne väčšie priemerné dĺžky konárikov druhu *Vaccinium myrtillus* boli zistené v poškodených porastoch, čo zrejme súvisí s priaznivejšími svetelnými podmienkami, na ktoré tento druh citlivo reaguje. Vyššia hmotnosť a hodnoty energie výhonkov sa tiež zistili v poškodených porastoch, avšak rozdiely neboli štatisticky významné. Obsah energie v 1 g sušiny vzoriek výrazne nekolísal a v prípade lokality Muráň bol o trochu vyšší na nepoškodenej ploche.

Vyšší obsah popola vo vzorkách odobratých z nepoškodených porastov súvisel pravdepodobne s nepriaznivými svetelnými podmienkami. Na poškodených plochách A a C zistené hodnoty popola sú podľa Larchera (1988) charakteristické pre pôdy zvlášť chudobné na prístupné živiny.

Tab. 6 Hodnoty fytoparametrov druhu *Vaccinium myrtillus*

Výskumná plocha	Dĺžka						Hmotnosť [g.jedinec <sup>-1</sup> ]	Obsah		
	n	x	min	max	s <sub>x</sub>	s <sub>x</sub> %		energie		popola
		[cm]						[kJ.jedinec <sup>-1</sup> ]	[J.g <sup>-1</sup> sušiny]	[%]
A poškodená	17	23,9 (B, D)	17	31	± 4,4	18,3	2,586	53,5	20 683	3,41
B nepoškodená	30	17,5	13	27	± 3,2	18,4	1,146	23,9	20 823	4,32
C poškodená	30	24,8 (B, D)	17	35	± 4,8	19,3	3,540	74,0	20 887	2,63
D nepoškodená	32	15,0	8	23	± 4,4	29,3	0,982	20,4	20 758	3,88

Pozn.: v zátvorkách sú uvedené plochy s významne rozdielnymi dĺžkami výhonkov druhu ( $p < 0,01$ , Scheffého test).

## ZÁVER

Trvalé ekologické podmienky geobiocenóz nachádzajúcich sa na paralelných výskumných plochách výškového transektu Muráň – Hliníky sa významne neodlišujú. Podstatné rozdiely existujú ale medzi geobiocenózami nachádzajúcimi sa v rôznej nadmorskej výške, pretože patria do odlišného lesného vegetačného stupňa, ako aj edaficko-hydrického a trofického radu. Táto skutočnosť sa odrazila v nižšej vitalite drevín a v prirodzene horšom zdravotnom stave dospelých lesných porastov Muráňa, a to dávno pred začiatkom pôsobenia antropogénnych imisií.

Na lokalite Muráň sa vplyv imisií kyslého typu prejavil v skoršom nástupe a rýchlejšom postupe odumierania smrekových porastov. Tento fakt v kombinácii s nižším prirodzeným zakmenením a zápojom smrekových porastov značne sťažuje štatistické spracovanie hodnôt fyto-metrických parametrov vybraných druhov bylinného podrastu. Zistené výsledky je potrebné porovnať s obsahom rizikových prvkov v pôdach a rastlinách a s hodnotami imisnej záťaže lokalít.

*Podakovanie: Autori práce ďakujú grantovej agentúre VEGA (projekt č. 2/4167/24) za čiastočnú finančnú podporu tejto práce.*

## LITERATÚRA

- Dostál, J., 1989: Nová květena ČSSR 2. Academia Praha, 1548 s.
- Chajdiak, J., Rublíková, E., Gudába, M., 1994: Štatistické metódy v praxi. STATIS, Bratislava, 307 s.
- Javorský, P., Fojtíková, D., Kalaš, V., Schwarz, M., 1987: Chemické rozborý v zemědělských laboratořích, I. díl. Vyd. Min. zemědělství a výživy ČSR, České Budějovice, 397 s.
- Kolektív, 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. VÚPOP Bratislava, Societas pedologica slovac, 76 s.
- Kukla, J., 1993: The direct determination of the geobiocen edaphic-trophic orders and interorders. Ekológia (Bratislava), Vol 12, No 4, s. 373-385.
- Larcher, W., 1988. Fyziologická ekologie rostlin. Academia Praha, 361 s.
- Šály, R., Ciesarik, M., 1991: Pedológia. Návodý na cvičenia. TU Zvolen, 123 s.
- Zlatník, A., 1976a: Lesnická fytoecologie. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 495 s.
- Zlatník, A., 1976b: Přehled skupin typů geobiocenů původně lesních a křovinových v ČSSR. Zprávy Geogr. úst. ČSAV, XIII., s. 55-63.

# MATEMATICKÝ MODEL A INDEXY SUCHA

## Mathematical model and drought indexes

**Juraj MAJERČÁK**

*Ústav hydrológie SAV, Račianska 75, 83102 Bratislava, SR*

[majercak@uh.savba.sk](mailto:majercak@uh.savba.sk)

### Abstrakt

Matematické modelovanie pohybu vody v pôde nám poskytuje nielen kvantitatívny obraz tohto javu, ale zároveň dáva možnosť získať informáciu, ktorá nie je ináč bežne dostupná. Medzi takéto informácie patrí predpoveď, výpočet resp. komplexná simulácia procesov, ktoré sú v prírode jedinečné a ktorých priame meranie je prakticky nemožné. Monitorovanie a analýza sucha dlho narážali na neexistenciu primeranej definície tohto fenoménu, čo bolo hlavne dôsledkom jeho komplexnej povahy a teda aj širokej škály jeho prejavov. Táto skutočnosť ovplyvnila kreovanie indexov sucha, ktoré boli postupne zavádzané od začiatku šesťdesiatych rokov – najprv formou zjednodušených priblížení, až po komplexnejšie problémovo orientované modely. Tieto modely podliehajú tiež vývoju v miere, ako začínajú byť prístupné nové zdroje údajov. Využívanie indexov sucha zároveň pomáha odstrániť určitý chaos, panujúci v oblasti interpretácie výsledkov monitoringu sucha, dôsledkov sucha a vo všeobecnosti aj definícií sucha.

**Kľúčové slová:** pohyb pôdnej vody, indexy sucha, matematický model

### Abstract

Mathematical modelling of the soil water transport means not only a quantitative contribution, but it makes possible to obtain information which otherwise cannot be acquired. Among such information data belong the prognoses and/or calculations, or simulations of processes, which are rare in nature, and the measurement of their characteristics is practically impossible. The monitoring and analysis of drought have long suffered from the lack of an adequate definition of the phenomenon due to its complex nature and widespread impacts. This has affected the development of drought indices, which have slowly evolved during the last sixty years from simplistic approaches based on some measure of rainfall deficiency, to more complex problem specific models. These models continue to evolve as new data sources become available. Use of drought indices helps take the confusion out of the complex issues of drought monitoring, drought impacts, and commonly the drought definitions.

**Key words:** soil water transport, drought indices, mathematical model

### ÚVOD

Klimatické javy, pozorované v posledných rokoch v rôznych častiach Európy ako aj v našom regióne, zákonite evokujú úvahy nielen o ich prvotných príčinách, ale aj o možných dôsledkoch a konkrétnych dopadoch na rôzne oblasti nášho života. Klimatické anomálie sa považujú za súčasť globálnej zmeny, zasahujúcej všetky terestriálne subsystemy, teda aj atmosféru a hydrosféru. Z odborného hľadiska sú pre autora predkladaného príspevku primárne dôležité dôsledky, aké má zmena klímy na vodný režim pôdneho profilu a na deje, ktoré sú touto modifikáciou vodného režimu pôdneho profilu determinované. V poslednom čase sa mnoho oprávnenej pozornosti venuje problematike sucha. Dopady toho javu na zdroje pitnej a úžitkovej vody, a hlavne na poľnohospodársku produkciu a stav ekosystémov sú natoľko závažné, že všade vo svete sa zintenzívňuje teoretický a experimentálny výskum jeho príčin, následkov a sprievodných aspektov.

Získať obraz o práve prebiehajúcich procesoch, ako aj o ich budúcom charaktere môžeme buď na základe časovo a finančne náročného pozorovania a merania priamo v teréne – t.j. monitoringu, alebo pomocou matematickej simulácie – využitím matematických modelov. Vzhľadom na značné finančné a materiálne náklady a predovšetkým potrebu veľkého množstva kvalifikovaného personálu nie je v súčasnosti monitoring vodného režimu pôd v slovenských podmienkach príliš rozšírený. Systematickejší monitoring bol v minulosti vykonávaný jedine na Žitnom ostrove (v súvislosti s výstavbou VD Gabčíkovo) a na Východoslovenskej nížine. V súčasnosti dobiehajú len niektoré čiastkové merania, predstavujúce svojim rozsahom už iba zlomok pôvodných aktivít.

Jedinou momentálne použiteľnou alternatívou monitoringu je matematické modelovanie vodného režimu pôd. Pomocou neho sa dá získať celkom realistický obraz sledovaných procesov. Kvalita výsledkov získaných matematickým modelovaním závisí na kvalite spracovania parametrov a charakteristik študovaného prostredia v sledovanej záujmovej oblasti. Nevyhnutnou podmienkou je tiež vyhodnotenie všetkých dostupných poznatkov o danej lokalite a presné spracovanie veličín, determinujúcich hornú a dolnú okrajovú podmienku v sledovanom období.

Sledovanie dlhodobého trendu vývoja jednotlivých meteorologických veličín, ovplyvňujúcich priamo vodný režim pôdneho profilu a s ním súvisiaceho rastlinného krytu, nám síce dáva parciálny pohľad na charakter a veľkosť práve prebiehajúcich a očakávaných zmien, celkove sa však žiada nájst' taký pohľad, ktorý syntetizuje ich pôsobenie a dovoľuje lepši náhľad na dôsledky ich vývoja v čase.

Pri dnešnom širokom používaní metód matematickej simulácie procesov sa ukazuje ako výhodné využiť niektoré z charakteristík, ktoré boli v minulosti používané klimatológmi pre približnú charakteristiku sledovanej lokality. Vzhľadom na prácnosť výpočtov s nimi spojených, boli väčšinou využívané len na sporadickú kvantifikáciu pomerov. Moderná výpočtová technika a matematické simulačné modely dovoľujú počítať spomenuté charakteristiky vo forme mnohoročných radov, a tak sledovať ich strednodobé a dlhodobé trendy. Vyhodnotením trendov môžeme robiť relevantné závery o možnom vývoji vodného režimu pôd v danej lokalite a teda aj o podmienkach pre vznik sucha.

#### ***Klimatologické indexy, umožňujúce komplexnejší opis klimatických faktorov v sledovanej lokalite***

Klimatologický index je vo všeobecnosti veličina, vypočítaná na základe empirického vzťahu. Služi k podrobnejšej charakteristike niektorých vlastností podnebia. Medzi najznámejšie a najpoužívannejšie klimatologické indexy patria pluviometrický koeficient, dažďový faktor, index suchosti, zrážková účinnosť, hydrotermický koeficient, index vlhkosti, Meyerov kvocient a Končekov index zavlaženia.

Pre lepšie zakotvenie nasledujúcich úvah do celkového kontextu uvedieme veľmi stručný prehľad niektorých významnejších klimatologických charakteristík, ako sú definované v odbornej meteorologickej literatúre napr. Meteorologický slovník (Kolektív, 2003).

Medzi najznámejšie klimatologické indexy patrí index suchosti (aridity), ktorý udáva stupeň suchosti podnebia v závislosti na rôznych klimatických prvkoch a faktoroch. Index suchosti E. De Martonna má tvar:

$$i = \frac{N}{T + 10} \quad (1)$$

kde  $N$  je priemerný ročný zrážkový úhrn v mm a  $T$  je priemerná ročná teplota vzduchu v °C. Neskoršie de Martonne upravil vzorec do tvaru:

$$i = \frac{N \cdot R}{T + 10} R' \quad (2)$$

kde  $R$  je počet dní so zrážkami v danej lokalite a  $R'$  je priemerný počet zrážkových dní v okolí. Budyko definoval index suchosti ako pomer:

$$i = \frac{\tilde{R}}{L} \quad (3)$$

kde  $\tilde{R}$  je bilancia žiarenia,  $L$  je množstvo tepla, potrebné na vyparenie ročného zrážkového úhrnu. Končekov index zavlaženia je uvádzaný v tvare

$$I_z = \frac{R}{2} + \Delta r - 10T - (30 + v^2) \quad (4)$$

kde  $R$  je zrážkový úhrn za obdobie od apríla do septembra,  $\Delta r$  je kladná odchýlka zrážok za tri zimné mesiace (december až február) od hodnoty 105 mm,  $T$  je priemerná teplota za obdobie od apríla do septembra vyjadrená v °C,  $v$  je priemerná rýchlosť vetra o 14.00 hodine počas toho istého obdobia [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ].

Palmerov index je v širokej miere používaný na vyhodnocovanie podmienok vzniku sucha na severoamerickom kontinente. Pomerne zložitá štruktúra výpočtu tohto indexu umožnila jeho širšie využitie v praxi až po príchode výkonnej výpočtovej techniky a matematických modelov pohybu vody v systéme atmosféra-rastlinný kryt-pôdny profil-podzemná voda.

### **Index Vysockého**

Pre komplexnú klimatologickú charakteristiku sa ako veľmi výhodné ukazuje použitie indexu Vysockého. Index Vysockého je definovaný vzťahom uvedeným v publikácii Chromova-Mamontovej (1974):

$$I_v = \frac{\sum P_{D\dot{U}}}{\sum E_{PT}} \quad (5)$$

kde

$$\begin{aligned} \sum P_{D\dot{U}} & \quad - \text{ročný úhrn zrážok v danej lokalite [mm]} \\ \sum E_{PT} & \quad - \text{ročná hodnota potenciálnej evapotranspirácie [mm].} \end{aligned}$$

Táto klimatologická charakteristika zahŕňa v sebe informáciu o ročnom úhrne zrážok, ako aj komplexný parameter, ktorý je predstavovaný ročným úhrnom potenciálnej evapotranspirácie. Na jej stanovenie ako kumulatívneho súčtu denných úhrnov je totiž potrebné ako vstupy použiť hodnoty priemernej dennej teploty vzduchu, parciálneho tlaku vodných pár, dĺžky trvania slnečného svitu, priemernej dennej rýchlosti vetra. Okrem toho vstupuje do výpočtov aj hodnota drsnosti vyparujúceho povrchu – ako jediný parameter, ktorý má spojitosť s porastom (táto skutočnosť sa dá eliminovať tým, že budeme uvažovať porast, ktorého prítomnosť sa dá predpokladať všade v relatívne konštantnom tvare – napr. trávu). Hodnota podielu ročného zrážkového úhrnu a ročného úhrnu potenciálnej evapotranspirácie nám dáva bezprostrednú informáciu o prebytku či deficite vody v sledovanej lokalite, odtiaľ je možné odvodiť aj stupeň zásobenosti vodou v pôdnom profile. Sledovaním tohto parametra v dlhšom intervale môžeme získať informáciu o trende vývoja mikroklimy pre danú lokalitu.

### **Určenie ročného úhrnu zrážok v danej lokalite**

Ročný úhrn zrážok získavame kumulatívnym súčtom denných úhrnov. Vzhľadom na skutočnosť, že denné hodnoty meteorologických veličín pre jednotlivé lokality sú v súčasnosti dodávané vo forme excellovských tabuľkových súborov, nepredstavuje získanie kumulatívnych súčtov závažnejší problém. V prípade využitia modelu je spravidla vyhodnocovanie kumulatívnych hodnôt vstupných a výstupných veličín rutinnou súčasťou výpočtov.

### **Stanovenie ročného úhrnu potenciálnej evapotranspirácie**

Ročný úhrn potenciálnej evapotranspirácie predstavuje kumulatívny súčet denných úhrnov tejto veličiny. Denné úhrny je možné stanoviť buď separátnym výpočtom podľa vzťahov, uvedených v nasledujúcej kapitole, resp. použitím matematického modelu, ktorý má implementovaný výpočet tejto veličiny.

Simuláciu pomocou modelu GLOBAL je možné uskutočniť aj v jednoduchých intervaloch, čo dovoľuje medzi iným použiť ho ako účinný prostriedok pre sledovanie aktuálneho obsahu vody v pôdnom profile s rastlinným krytom na danej lokalite.

V použitom modeli sa pre výpočet rozdelenia obsahu vody s úspechom využívajú vzťahy van Genuchtena (1980), ktoré umožňujú vyjadriť analytickým vzťahom hodnoty hydraulikkej vodivosti v závislosti na vlhkosti, resp. hydraulickom potenciáli. Značným prínosom pre presnosť simulácie je implementácia podprogramu pre výpočet hysterézy, čo poskytuje možnosť zohľadniť rozdielne priebehy funkčnej závislosti medzi vlhkosťou a potenciálom pri nasycovaní pôdy vodou a pri jej vysušaní.

Okrajová podmienka na hornej hranici nenasýtenej oblasti pôdy je určená štandardne meranými meteorologickými charakteristikami a vlastnosťami porastu. Toky vody cez hornú hranicu smerom do pôdy sú prezentované zrážkami, resp. závlahovými dávkami. Toky vody cez hornú hranicu zo zóny aerácie sú počítané nezávislou metódou a vyjadrené vo forme transpirácie (výpar prostredníctvom porastu) a evaporácie (výpar z povrchu pôdy). Ich súhrn nám dáva hodnotu aktuálnej evapotranspirácie. Model GLOBAL počíta denné úhrny potenciálnej evapotranspirácie metódou, uvedenou v predošlej kapitole.

Z hľadiska použitej numerickej metódy riešenia Richardsovej rovnice model GLOBAL patrí do skupiny tých, ktoré využívajú metódu konečných prvkov. Jej podstatou je aproximácia závislých premenných, ako je napr. vlhkosťný potenciál pôdy, objemová vlhkosť resp. hydraulická vodivosť, konečným radom básových funkcií s časovo závislými koeficientmi. Prednosťou použitej numerickej schémy je jej stabilita, určitou nevýhodou je citlivosť na extrémne okrajové podmienky. Model používa premenný časový krok s autoreguláciou jeho dĺžky.

### ***Vstupy do modelu***

Vstupné hodnoty do modelu možno zaradiť do niekoľkých skupín:

#### Hydrofyzikálne charakteristiky

Pokiaľ je pôdny profil zvrstvený, merajú sa odvodňovacie vetvy vlhkosťných retenčných kriviek, ktoré následne aproximujeme metódou van Genuchtena (1980). Hodnoty nasýtenej hydraulikkej vodivosti sa merajú na Kopeckého valčekoch laboratórnou metódou premenlivého spádu. Parametre vlhkosťných retenčných kriviek a hodnoty nasýtených hydraulických vodivostí jednotlivých vrstiev vstupujú do modelu v inicializačnej fáze simulácie.

#### Počiatočný vlhkosťný profil

Počiatočný vlhkosťný profil je zvyčajne získaný meraním – najčastejšie neutrónovou sondou každých 10 cm až do sledovanej hĺbky začiatku simulovaného obdobia.

#### Dolná hraničná podmienka

Počas celej simulácie je zadaná dolná hraničná podmienka, ktorá je spravidla určená hodnotou objemovej vlhkosti resp. vlhkosťného potenciálu na dolnej hranici simulovaného pôdneho profilu alebo tiež priamo hĺbkou hladiny podzemnej vody pod povrchom pôdy v časoch merania.

#### Meteorologické údaje

Ako vstupy do modelu GLOBAL sú použité denné zrážkové úhrny, priemerné denné teploty, rýchlosť vetra, tlak nasýtených vodných pár a denné hodnoty trvania slnečného svitu. Uvedené veličiny vo forme denných hodnôt spravidla získavame z SHMÚ Bratislava.

#### Údaje o poraste

Pre výpočet denných úhrnov aktuálnej transpirácie a aktuálnej evaporácie model vyžaduje pre porast hodnoty albeda, drsnosti povrchu a LAI, okrem toho sa na vstup dodávajú aj aktuálne hodnoty hĺbky koreňovej zóny uvažovaného porastu.

### ***Úprava modelu GLOBAL pre výpočet indexu Vysockého***

Modulová štruktúra a prehľadný zápis zdrojového kódu matematického modelu GLOBAL mu poskytujú veľkú flexibilitu pre rôzne účelové úpravy. Jednou z nich je aj zapracovanie algoritmu pre priebežný výpočet hodnoty indexu Vysockého podľa vzťahu (5). Jeho priebežná kumulatívna hodnota je zapisovaná do denných výstupov z modelu v binárnom i ASCII súboroch. Chod kumulatívnej hodnoty indexu Vysockého počas roku predstavuje tiež veľmi zaujímavú informáciu, dovoľujúcu priebežne sledovať stupeň zásobenia danej lokality vlhkosťou počas vegetačnej sezóny.

### Výpočty s použitím indexu Vysockého

Matematická simulácia pomocou upraveného modelu GLOBAL bola urobená pre tri lokality – Trnavu, Hurbanovo a Ivánku pri Dunaji. Vo všetkých prípadoch boli uvažované 40-ročné rady meteorologických údajov. Ako základ pre simulačné výpočty bol zvolený pôdny profil z pokusného pozemku VUKI Trnava, ktorého charakteristiky boli komplexne stanovené v rámci meraní v rokoch 1980 a 1981 Novákom (1992). Na vybranom profile bolo uskutočnené veľké množstvo simulačných behov modelu GLOBAL, na základe takto získaných skúseností a výsledkov sa dá predpokladať, že simulácia sa bude v dostatočnej miere blížiť reálnemu stavu.

### VÝSLEDKY SIMULÁCIE

Výsledky výpočtu hodnôt indexu Vysockého sú uvedené na obrázkoch 1 a 2. Pre meteorologické údaje zo stanice Hurbanovo (obr. 1) je lineárny trend vývoja hodnôt indexu Vysockého počas intervalu rokov 1963 – 2002 (40 rokov) daný vzťahom

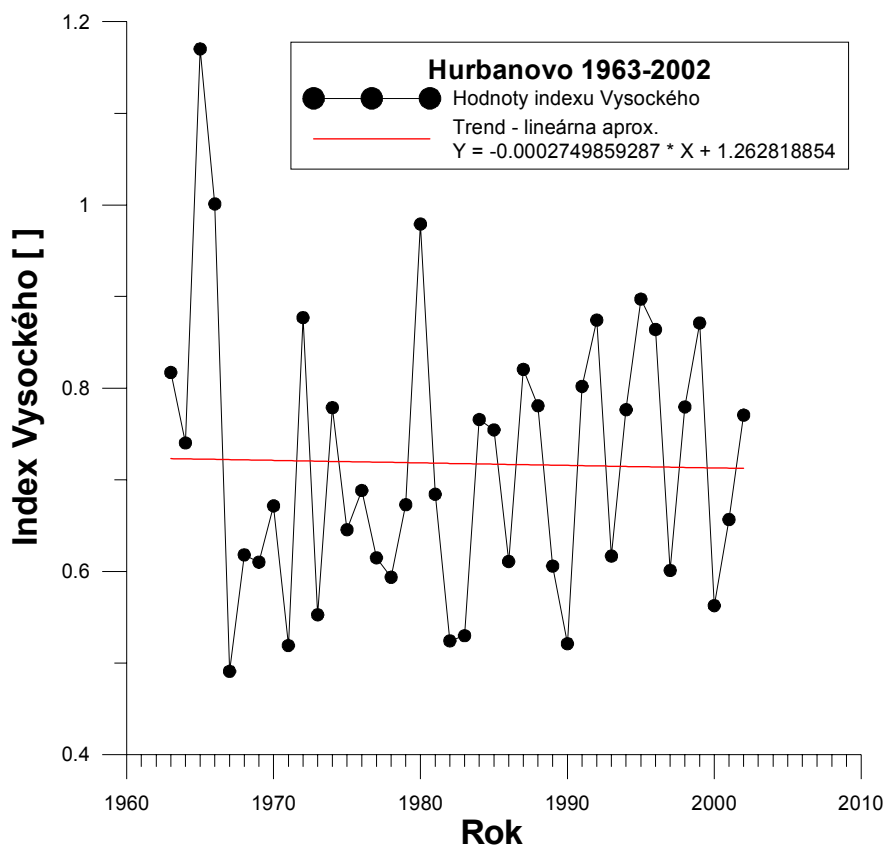
$$Y = -0.0002749859287 * X + 1.262818854 \quad (9)$$

analogicky pre meteorologické údaje zo stanice Jaslovské Bohunice je lineárny trend počas intervalu rokov 1963 – 2002 (40 rokov) daný vzťahom

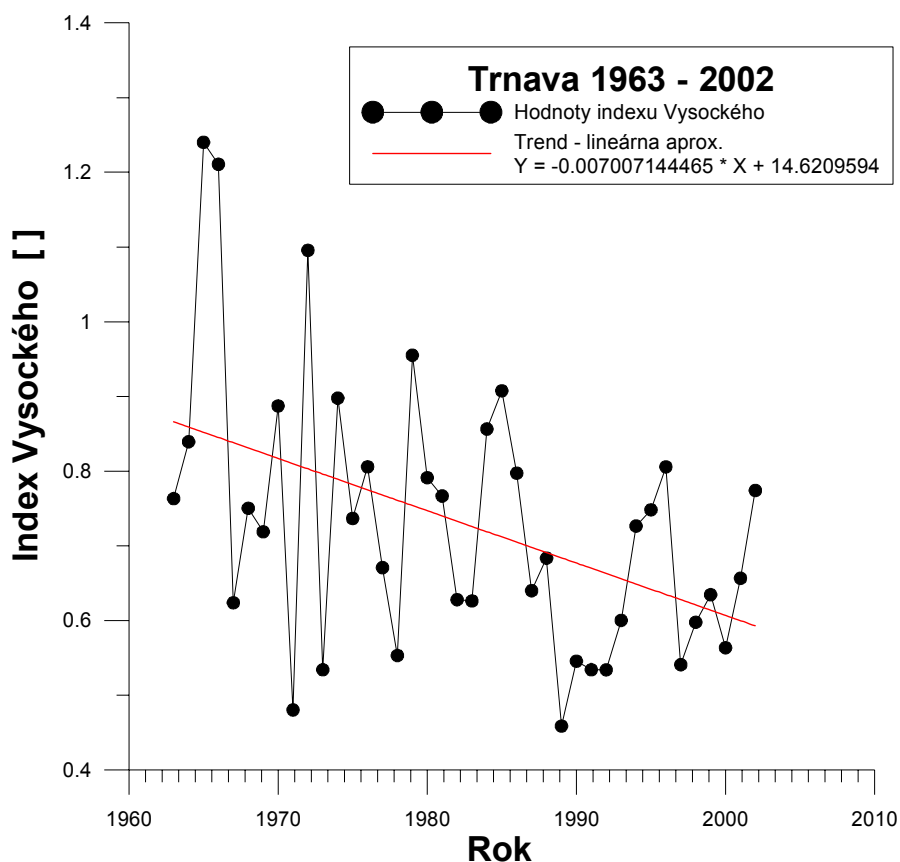
$$Y = -0.007007144465 * X + 14.6209594 \quad (10)$$

V oboch prípadoch hodnoty indexu Vysockého v čase klesajú, na lokalite Hurbanovo je pokles mierny, na lokalite Trnava (Jaslovské Bohunice) je výrazný.

Obr. 1 Hodnoty indexu Vysockého pre meteorologické údaje z lokality Hurbanovo. Modelovaný rad rokov je 1963 – 2002. Trend hodnôt je daný lineárnou rovnicou v tvare  $Y = -0.0002749859287 * X + 1.262818854$



Obr. 2 Hodnoty indexu Vysockého pre meteorologické údaje z lokality Trnava – Jaslovské Bohunice. Modelovaný rad rokov je 1963 – 2002. Trend hodnôt je daný lineárnou rovnicou v tvare  $Y = -0.007007144465 * X + 14.6209594$



## ZÁVERY

Index Vysockého je definovaný ako pomer ročných úhrnov zrážok a potenciálnej evapotranspirácie pre danú lokalitu. Vzhľadom na fakt, že hodnota denného úhrnu potenciálnej evapotranspirácie je vlastne funkciou niekoľkých meteorologických veličín, môžeme konštatovať, že index Vysockého nám poskytuje integrálnu charakteristiku o klimatických pomeroch na danej lokalite v danom čase (samozrejme ak v zmysle definície uvažujeme ročné úhrny). V svojej podstate nám hodnota indexu Vysockého poskytuje relevantnú informáciu o zásobenosti pôdneho profilu vodou (s ohľadom na plodinu, použitú v modeli pri simulačných behoch). Interpretácia hodnôt indexu Vysockého pre konkrétny rok, ako aj ich dlhodobějších trendov dovoľuje posudzovať danú lokalitu z hľadiska predpokladov pre vznik sucha.

Istou otázkou zostáva výber „referenčnej“ rastliny, ktorú použijeme pri modelových výpočtoch pre simuláciu hodnôt potenciálnej evapotranspirácie. Do úvahy prichádza napr. použitie trávnatého porastu, resp. niektorých poľnohospodárskych plodín (ako v našom prípade kukurice). Autor článku robí v súčasnosti porovnávanie časových chodov hodnôt indexu Vysockého pre niekoľko plodín, výsledky budú publikované v samostatnej štúdií.

Výber pôdneho profilu pre simuláciu časového chodu indexu Vysockého je potrebné robiť s ohľadom na potrebu pružnej odozvy na zmeny hornej okrajovej podmienky – len tak docielime minimálnu deformáciu priebehu procesov pohybu vody v pôde (je potrebné vystríhať sa pôdneho profilu s extrémne vodivými, resp. extrémne málo priepustnými vrstvami).

Autor považuje dosiahnuté výsledky za sľubné a hodné ďalšieho preverovania. Index Vysockého by sa pri správnej interpretácii mohol stať indikátorom zásobenosti vodou v záujmových lokalitách.

*Podakovanie: Článok bol vypracovaný na Ústave hydrológie SAV v Bratislave v rámci riešenia grantu VEGA 2/3073/23 „Krátkodobé a strednodobé prognózy vývoja vlhkostného režimu pôd“.*

## **LITERATÚRA**

- Genuchten, M.Th.Van, 1980: A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44, 1980, s. 892-898.
- Chromov, S.P., Mamontova L.I., 1974: *Meteorologičeskij slovar*. Gidrometeoizdat, Leningrad 1974, 567 s.
- Kolektív, 1993: *Meteorologický slovník výkladový terminologický*. Academia a MŽP ČR, Praha 1993, 594 s.
- Majerčák, J., Novák V., 1992: Simulation of the soil-water dynamics in the root zone during the vegetation period. I. Simulation model. *Vodohosp. Čas.*, 40, 1992, č. 3, s. 299-315.
- Majerčák, J., Novák, V., 1994: GLOBAL – a numerical model for water movement in the soil root zone. Research Report, IH-SAS, Bratislava 1994.
- Novák, V., 1981: Štruktúra evapotranspirácie. I. Metódy výpočtu výparu a transpirácie. *Vodohosp. Čas.* 29., 1981, č. 5, s. 476-492.
- Novák, V., Majerčák, J.: Simulation of the soil-water dynamics in the root zone during the vegetation period. II. The course of state variables of soil water below the maize canopy. *Vodohosp. Čas.* 40, 1992, No. 4, pp. 380-397.
- Novák, V., 1995: *Vyparovanie vody v prírode a metódy jeho určovania*. VEDA, Bratislava 1995, 260 s.
- Penman, H.L., 1948: Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. Roy. Soc. Ser. A*, 193, 1948, s. 120-145.

# VARIABILITA BÁZICKÝCH KATIÓNOV VO VYBRANÝCH PÔDNYCH TYPOCH SR

## Basic cations variability in selected soil type groups of Slovakia

Jarmila MAKOVNÍKOVÁ

*Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Regionálne pracovisko Banská Bystrica,  
Mládežnícka 36, 974 05 Banská Bystrica, SR  
[makovnikova.vupop@isternet.sk](mailto:makovnikova.vupop@isternet.sk)*

### Abstrakt

Príspevok je zameraný na stanovenie bázičných katiónov v homogenizovaných pôdnych vzorkách a vo vzorkách z povrchu a vnútra pôdnych agregátov. Pri stanovení variability na povrchu a vo vnútri pôdnych agregátov sme analyzovali 11 pôdnych vzoriek kambizemí (vyvinuté na flyšovom substráte) lokalizovaných v regióne Kysuce. Pôdne vzorky boli odobraté z hĺbky 0 – 10 cm a separované na povrch a vnútro pôdnych agregátov podľa Kayzera. Mobilné a ľahko mobilizovateľné frakcie Mg, Ca, K boli stanovené podľa Zeiena a Brümmera a to na povrchu ako aj vo vnútri pôdnych agregátov. Vyššie obsahy Ca a Mg boli stanovené vo vnútri pôdnych agregátov, vyššie obsahy K na povrchu agregátov. Spearmanove korelačné koeficienty preukázali vplyv pôdnej reakcie na mobilný obsah K na povrchu aj vo vnútri pôdnych agregátov. V pôdnych vzorkách odobraných z monitorovacích lokalít Čiastkového monitorovacieho systému – pôda (ČMS-P) vybraných skupín pôd z hĺbky 0 – 10 cm bol stanovený obsah výmenných bázičných katiónov (Fiala a kol., 1999). Vo všetkých skupinách pôd (okrem zasolených pôd) je najväčším podielom zastúpený  $\text{Ca}^{2+}$ , pomer  $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$  sa pohybuje od 1,7 : 1 v skupine rendziny orné pôdy po 10,7 : 1 v skupine kambizemí na karbonátových substrátoch využívaných ako trvalý trávny porast.

**Kľúčové slová:** pôdne agregáty, bázičné katióny Ca, Mg, K, ČMS-P

### Abstract

This paper is focused on evaluation of basic cations in homogeneously prepared samples and in surface and core of soil aggregates. For determination of soil variability 11 soil samples of Cambisols (located in Kysuce region used as arable land developed on Flysh belt) were collected from the depth 0 – 10 cm and segregated in surface and core of soil aggregates by Kayzer. Mobile and easily mobile fractions of basic cations Mg, Ca, K (analysed by Zeien and Brümmer) were determined in surface and core of soil aggregates. Higher content of nutrients (mobile and easily mobile Ca and Mg) in core of aggregates were found, opposite to K content, which was higher in surface. From the viewpoint of Spearman correlation analyses available content of K was in relation with soil reaction in surface as well as in core of soil aggregates. Basic cations in samples of selected soil groups of Partial Monitoring System – Soil were analysed. The soil samples were sampled from the depth 0 – 10 cm. Basic cations Mg, Ca, K have been determined (Fiala et al., 1999). The highest portion of Ca in sum of basic cations were found (with the exception of salt-affected soils). Relation between  $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$  move from 1.7 : 1 (Rendzic Leptosols used as arable land) to 10.7 : 1 (Eutric Cambisols on carbonate substrates used as grassland).

**Key words:** soil aggregate, basic cations Ca, Mg, K, Partial Monitoring System – Soil

### ÚVOD

Hodnotenie zdravia pôdy je komplexný proces, značne problematický vzhľadom na heterogenitu skúmaného média. V pôde prebieha množstvo vzájomne prepojených procesov, závislých na para-

metroch pôdy, ako aj na vzájomných vzťahoch medzi parametrami, ktoré v konečnom dôsledku indikujú zabezpečovanie funkcií pôdy v agroekosystéme. Jedna z funkcií pôdy, trofická funkcia, sa významnou mierou podieľa na stabilizácii úrody plodín. K priamym indikátorom trofickej funkcie patria prístupný obsah živín a obsah a kvalita organickej hmoty v pôde (Makovníková, Barančíková, 2003). Pri hodnotení prístupných živín má značný význam aj poznanie priestorovej heterogenity, keďže povrchové vrstvy agregátov sú v bezprostrednom styku s koreňmi rastlín a s pôdnym roztokom.

## MATERIÁL A METÓDY

Pri stanovení variability na povrchu a vo vnútri pôdných agregátov sme použili 11 pôdných vzoriek kambizemí (vyvinuté na flyšovom substráte) lokalizovaných v regióne Kysuce. Pôdne vzorky boli odobraté v prvej dekáde augusta z hĺbky 0 – 10 cm a separované na povrch a vnútro pôdných agregátov podľa Kayzera (Kayzer et al., 1994). Boli stanovené mobilné (1. frakcia – výluh 1M  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) a ľahko mobilizovateľné frakcie (2. frakcia – výluh 1M  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) Mg, Ca, K podľa Zeiena a Brümmera (Zeien, Brümmer, 1989), pôdna reakcia, obsah a kvalita humusu, obsah ílovej frakcie (Fiala a kol., 1999) a to na povrchu ako aj vo vnútri pôdných agregátov. V pôdných vzorkách odobraných v 3. odberovom cykle (rok 2002) z monitorovacích lokalít Čiastkového monitorovacieho systému – pôda (ČMS-P) vo vybraných skupinách pôd z hĺbky 0 – 10 cm bol stanovený obsah jednotlivých výmenných bázičných kationov a pôdna reakcia (Fiala a kol., 1999).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Metódou separácie povrchu a vnútra pôdných agregátov sme získali východiskový súbor parametrov (tab.1). Homogenizáciou pôdnej vzorky sa stráca chemická heterogenita štruktúry pôdy, ktorá je dôsledkom priestorového previazania rôznych procesov a existujúci gradient koncentrácie prvkov na povrchu agregátov a vo vnútri agregátov potenciálne mobilizuje transport týchto prvkov (Kayzer et al., 1994).

Tab. 1 *Štatistické charakteristiky základných parametrov na povrchu a vo vnútri pôdných agregátov*

Parameter	Povrch agregátov			Vnútro agregátov		
	x	Minimum	Maximum	x	Minimum	Maximum
pH/ $\text{CaCl}_2$	4,82	3,65	5,94	5,03	4,06	6,16
KVK v mmol/kg	151,12	119,70	212,10	164,70	119,40	209,80
Obsah ílovej frakcie v %	35,34	24,36	52,6	33,54	22,63	48,60
Cox v %	1,72	0,89	2,49	1,30	1,04	2,34
$Q^4$	5,75	4,18	6,77	4,43	3,79	6,03

KVK – kationová výmenná kapacita, x – aritmetický priemer

Obsah bázičných kationov v mobilnej a ľahko mobilizovateľnej forme v kambizemiach je uvedený v tab. 2.

Potenciál živín v pôde je dynamický systém, ktorý sa mení v čase aj v priestore a predovšetkým na orných pôdach úzko súvisí s agrotechnickými opatreniami zameranými na úrodu plodín ako aj s odberom živín plodinami. Rastliny využívajú pre svoj rast predovšetkým mobilné a ľahko mobilizovateľné frakcie živín, ktoré sú priamo prístupné, práve tieto dve frakcie živín patria k indikátorom trofickej funkcie pôdy (Torma, 1999, Makovníková, Barančíková, 2003).

Kambizeme v regióne Horné Kysuce sa vyznačujú stredným obsahom prístupného Mg, Ca a K a to na povrchu aj vo vnútri pôdných agregátov. Nižší podiel Ca a Mg stanovený na povrchu agregátov v porovnaní s vnútrom agregátov môže byť spôsobený prednostným odčerpaním živín rastlinami ako aj zakyslením povrchu agregátov (Makovníková, Kaniánska, 2000), kedy nárastom obsahu protónov vodíka dochádza k uvoľňovaniu živín zo sorpčného komplexu a následne k ich vyplavovaniu. Pri zakyslení povrchu agregátov dochádza k zníženiu obsahu bázičných kationov a potenciálnemu zvýšeniu obsahu „kyslých“ kationov, protónov H, Mn, Al prípadne Fe (Wilcke, Kaupenjohan, 1994).

V prípade K sme stanovili o niečo vyšší obsah mobilného draslíka práve na povrchu pôdných agregátov, čo môže byť v súlade s prácou Wilkeho a Kaupenjohana (1994) dôsledok prednostného zvetrávania ílových minerálov a uvoľňovania draslíka práve na povrchu agregátov. Najvyššie zastúpenie má vápnik, priemerný pomer mobilného vápnika a horčíka na povrchu a vo vnútri pôdných agregátov je rovnaký na povrchu aj vo vnútri pôdných agregátov (9 : 1), odlišná situácia je pri frakcii ľahko mobilizovateľného vápnika a horčíka, kedy pomer Ca : Mg na povrchu agregátov je výrazne nižší (7 : 8) oproti vnútru agregátov (10 : 4).

Tab. 2 Štatistické charakteristiky bázičných kationov na povrchu a vo vnútri pôdných agregátov

Prvok v mg.kg <sup>-1</sup>		x	Minimum	Maximum
Mobilný Mg	povrch agregátov (4)	191,36	128,25	258,25
	vnútro agregátov (5)	198,89	122,00	282,25
Ľahko mobilizovateľný Mg	povrch agregátov	25,88	20,25	31,87
	vnútro agregátov	26,56	21,00	44,25
Mobilný a ľahko mobilizovateľný Mg	povrch agregátov	217,24	148,75	289,37
	vnútro agregátov	225,63	143,00	311,50
Mobilný Ca	povrch agregátov	1 661,00	1 350,00	1 925,00
	vnútro agregátov	1 750,00	1 475,00	2 075,00
Ľahko mobilizovateľný Ca	povrch agregátov	197,73	187,50	225,00
	vnútro agregátov	245,46	187,50	300,00
Mobilný a ľahko mobilizovateľný Ca	povrch agregátov	1 859,10	1 537,50	2 112,50
	vnútro agregátov	1 995,45	1 700,00	2 337,50
Mobilný K	povrch agregátov	184,16	81,25	264,00
	vnútro agregátov	179,31	89,00	250,25
Ľahko mobilizovateľný K	povrch agregátov	41,89	28,50	52,88
	vnútro agregátov	45,61	34,87	56,25
Mobilný a ľahko mobilizovateľný K	povrch agregátov	226,01	118,375	315,35
	vnútro agregátov	224,93	129,12	297,87

x – aritmetický priemer

V tab. 3. sú uvedené korelačné vzťahy medzi bázičnými kationmi a vybranými parametrami pôdy.

Tab. 3 Spearmanove korelačné koeficienty pre prístupné živiny a hodnoty parametrov na povrchu a vo vnútri pôdných agregátov

Parameter	Povrch agregátov						Vnútro agregátov					
	Ca I.	Ca II.	Mg I.	Mg II.	K I.	K II.	Ca I.	Ca II.	Mg I.	Mg II.	K I.	K II.
Q <sub>6</sub> <sup>4</sup>	-0,10	0,12	0,29	0,21	0,46	<b>0,50</b>	-0,41	0,22	-0,10	<b>0,55</b>	0,21	-0,20
pH/CaCl <sub>2</sub>	0,13	0,10	-0,10	-0,35	<b>0,58</b>	0,10	-0,13	<b>0,57</b>	-0,40	-0,10	<b>0,65</b>	0,40
KVK (mmol.kg <sup>-1</sup> )	0,20	0,20	0,39	<b>0,57</b>	0,22	-0,10	0,34	-0,26	<b>0,61</b>	0,34	-0,42	-0,43
Ílová frakcia v %	-0,17	0,12	0,22	<b>0,63</b>	0,10	0,10	0,10	<b>-0,61</b>	0,15	-0,20	-0,18	-0,10

Spearmanove korelačné koeficienty medzi prístupnými frakciami živín a základnými parametrami pôdy na povrchu agregátov sú zväčša nepreukazné, čo môže byť dôsledkom nerovnováhy v agroekosystéme spôsobenej odčerpaním živín úrodami. Vplyv pôdnej reakcie na mobilný obsah K je zreteľný na povrchu aj vo vnútri pôdných agregátov. Na povrchu agregátov sme stanovili kladnú signifikantnú koreláciu aj medzi obsahom ľahko mobilizovateľného Mg a KVK ako aj obsahom ílovej frakcie < 0,01 mm, medzi parametrami organickej hmoty a prístupnými frakciami živín okrem vzťahu

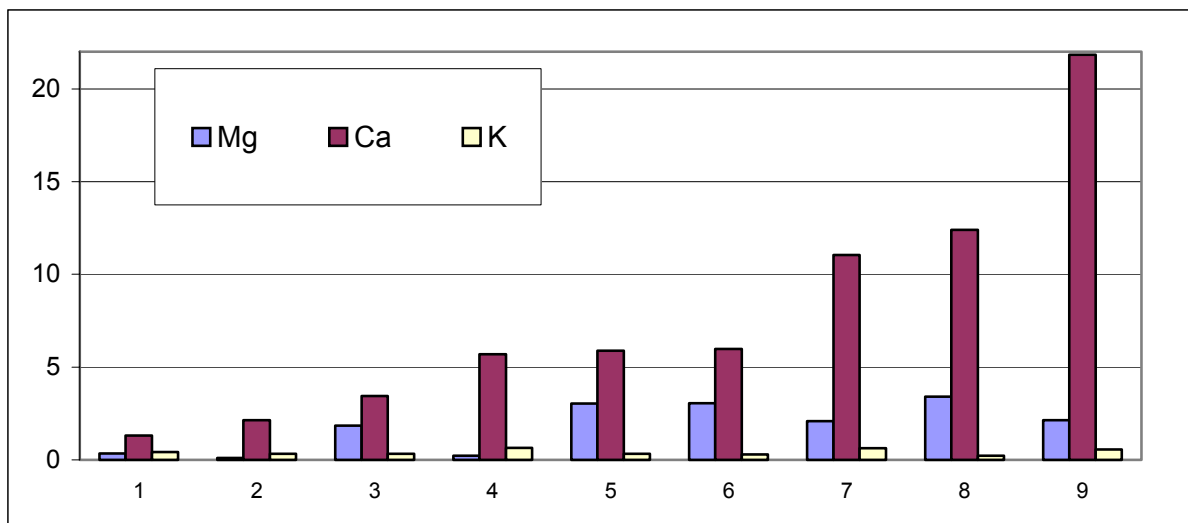
medzi ľahko mobilizovateľným draslíkom a kvalitatívnym parametrom organickej hmoty neboli zistené vzájomné súvislosti. Vo vnútri pôdnych agregátov sa prejavil vplyv pôdnej reakcie a ílovej frakcie na ľahko mobilizovateľný obsah Ca ako aj významný podiel mobilného Mg na KVK. Na povrchu agregátov.

Sorpčná schopnosť pôdy a zloženie výmenných katiónov odráža priebeh pedogenézy a charakterizuje vlastnosti pôdy. Charakteristika bázických katiónov v rámci pôdnych skupín ČMS – pôda v rámci 3. odberového cyklu je uvedená v tab. 4. a na obr.1.

Tab. 4 Popisná štatistika výmenných katiónov v hĺbke 0 – 10 cm v roku

Pôdny predstaviteľ	Mg v cmol.kg <sup>-1</sup>			K v cmol.kg <sup>-1</sup>			Ca v cmol.kg <sup>-1</sup>		
	Min	Max	X <sup>3</sup>	Min	Max	X <sup>3</sup>	Min	Max	X <sup>3</sup>
Kambizeme na vulkanitoch OP	1,220	2,440	1,839	0,070	0,650	0,340	2,090	5,460	3,450
Kambizeme na vulkanitoch TTP	1,150	6,760	3,418	0,100	0,510	0,227	2,028	24,870	12,397
Kambizeme na kys. substr. a pestrých bridliciach OP	0,700	4,000	2,100	0,300	1,500	0,636	0,610	15,800	11,040
Kambizeme na karb. substr. TTP	1,700	3,800	2,143	0,200	1,200	0,566	17,800	29,080	21,850
Kambizeme na karb. substr. OP	2,690	6,390	–	0,330	0,340	–	6,420	6,640	–
Rendziny OP	0,430	6,560	3,045	0,040	0,620	0,336	3,940	8,980	5,890
Podzoly, rankre a litozeme TTP	0,054	0,547	0,348	0,216	0,647	0,419	0,792	2,104	1,317
Andozeme TTP	0,280	0,330	–	0,194	0,255	–	6,660	12,110	–
Regozeme na karb. substrátoch OP	0,101	0,494	0,236	0,259	1,413	0,652	3,035	8,805	5,695
Regozeme na nekarb. substrátoch OP	0,079	0,145	0,112	0,226	0,503	0,329	1,394	2,574	2,139
Zasolené pôdy TTP	3,580	4,890	3,066	0,320	0,350	0,294	5,990	10,200	5,976

Obr.1 Zastúpenie bázických katiónov vo vybraných skupinách



Vysvetlivky: 1 – podzoly, rankre a litozeme TTP, 2 – regozeme na nekarbonátových substrátoch OP, 3 – kambizeme na vulkanitoch OP, 4 – regozeme na karbonátových substrátoch OP, 5 – rendziny OP, 6 – zasolené pôdy, 7 – kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach OP, 8 – kambizeme na vulkanitoch TTP, 9 – kambizeme na karbonátových substrátoch TTP

Kvalitatívne a kvantitatívne zloženie výmenných kationov v sorpčnom komplexe pôdy ovplyvňuje predovšetkým pufracnú funkciu pôdy, trofickú funkciu, štruktúru ako aj vodný a vzdušný režim pôdy (Hanes, 1999). Vo všetkých skupinách pôd okrem zasolených pôd je najväčším podielom zastúpený  $\text{Ca}^{2+}$  priemerne 42 % zo sumy sledovaných výmenných kationov. Pôdy s prevahou vápnika majú optimálnu chemickú dynamiku. Najnižšie priemerné zastúpenie vápnika sme stanovili v skupine podzoly, rankre a litozeme a to len 16,9 %, v týchto pôdach prevládajú kationy  $\text{H}^+$  a  $\text{Al}^{3+}$ . Najvyššie priemerné percentuálne zastúpenie vápnika sme namerali v skupine regozemí na karbonátových substrátoch, 63,8 %. Pomer  $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$  sa pohybuje od 1,7 : 1 v skupine rendziny orné pôdy po 10,7 : 1 v skupine kambizemí na karbonátových substrátoch využívaných ako trvalý trávny porast, v skupine andozemí je to až 29:1 a v priemere je vyšší ako uvádza pre poľnohospodárske pôdy Hanes (Hanes, 1999). Optimálny pomer kationov  $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$  od 4 : 1 až po 6 : 1, ktorý uvádza Čurlík (2003) ako najpriaznivejší pre poľnohospodársky využívané pôdy, sme stanovili v skupinách kambizemí pseudoglejových a kambizemí kyslých na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach.

V tabuľkách 5a a 5b sú uvedené korelačné vzťahy medzi základnými kationmi a pH.

Tab. 5a *Spearmanove korelačné koeficienty v sorpčnom komplexe (v skupinách pôd na vulkanitoch, na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach)*

Parametre	Korelačný koeficient (r)			
	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	pH v $\text{H}_2\text{O}$
$\text{K}^+$	1	-0,10	-0,10	<b>0,53</b>
$\text{Ca}^{2+}$	-0,10	1	<b>0,87</b>	-0,10
$\text{Mg}^{2+}$	-0,10	<b>0,87</b>	1	-0,14
pH v $\text{H}_2\text{O}$	<b>0,53</b>	-0,10	-0,14	1

Tab. 5b *Spearmanove korelačné koeficienty v sorpčnom komplexe (v skupinách pôd na karbonátových substrátoch)*

Parametre	Korelačný koeficient (r)			
	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	pH v $\text{H}_2\text{O}$
$\text{K}^+$	1	-0,10	<b>-0,45</b>	0,32
$\text{Ca}^{2+}$	0,10	1	0,30	<b>0,86</b>
$\text{Mg}^{2+}$	<b>-0,45</b>	0,30	1	-0,10
pH v $\text{H}_2\text{O}$	0,32	<b>0,86</b>	-0,10	1

V skupinách pôd na vulkanitoch, na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach sú štatisticky významné kladné korelačné vzťahy medzi obsahom výmenného horčíka a obsahom výmenného vápnika, medzi hodnotou pôdnej reakcie a obsahom výmenného draslíka, štatisticky preukazná je aj korelácie medzi hodnotou pôdnej reakcie a obsahom výmenného sodíka. V skupinách pôd na karbonátových substrátoch je štatisticky preukazná kladná korelácia medzi hodnotou pôdnej reakcie a hodnotou výmenného vápnika ako aj záporná korelácia medzi obsahom výmenného draslíka a výmenného horčíka.

## ZÁVER

Kambizeme v regióne Horné Kysuce sa vyznačujú stredným obsahom prístupného Mg, Ca a K a to na povrchu aj vo vnútri pôdnych agregátov. Nižší podiel Ca a Mg stanovený na povrchu agregátov v porovnaní s vnútrom agregátov môže byť spôsobený prednostným odčerpaním živín rastlinami ako aj zakyslením povrchu agregátov. Najvyššie zastúpenie má vápnik, priemerný pomer mobilného vápnika a horčíka na povrchu a vo vnútri pôdnych agregátov je rovnaký na povrchu aj vo vnútri pôdnych agregátov (9 : 1), odlišná situácia je pri frakcii ľahko mobilizovateľného vápnika a horčíka, kedy pomer Ca : Mg na povrchu agregátov je výrazne nižší (7 : 8) oproti vnútru agregátov (10 : 4).

Spearmanove korelačné koeficienty medzi prístupnými frakciami živín a základnými parametrami pôdy na povrchu agregátov sú zväčša nepreukazné, čo môže byť dôsledkom nerovnováhy

v agroekosystéme spôsobenej odčerpaním živín úrodami. Vplyv pôdnej reakcie na mobilný obsah K je zreteľný na povrchu aj vo vnútri pôdnych agregátov. Optimálnejšia hodnota pôdnej reakcie indikuje aj vyšší obsah prístupných živín pre rastliny a tým aj optimálnejšie podmienky pre dosahovanie kvalitnejšej produkcie plodín. Vo všetkých hodnotených skupinách pôd okrem zasolených pôd je najväčším podielom zastúpený  $\text{Ca}^{2+}$ , pomer  $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$  sa pohybuje od 1,7 : 1 v skupine rendziny orné pôdy po 10,7 : 1 v skupine kambizemí na karbonátových substrátoch využívaných ako trvalý trávny porast.

## LITERATÚRA

- Čurlík, J. a kol., 2003: Pôdna reakcia a jej úprava, Bratislava, Suma print, 2003, 250 s., ISBN 80-967696-1-8.
- Fiala, K a kol., 1999: Návrh metodík chemického rozboru pôd pre účely pôdneho monitoringu. Bratislava, 1999, 60 s. ISBN 80-85361-55-8.
- Hanes, J., 1999: Analýza sorpčných vlastností pôd, VÚPOP Bratislava, 1999, 138 s.
- Kayzer A.T., Wilcke W., Kaupenjohan M., Joslin J., 1994: Small scale heterogeneity of soil chemical properties. Zeitschf. Pflanz. Bod. 157, 1994, s. 453-458.
- Makovníková, J., Barančíková, G., 2004: Vybrané indikátory trofickej funkcie kambizemí vyvinutých na flyši. Agrochémia, č.3, 2004, str. 27-30.
- Makovníková, J., Kanianska, R., 2000: Indikátory acidifikácie pôd. In: Záverečná správa ČMS-P, VÚPOP Bratislava, 2000.
- Torma, S., 1999: Draslík – dôležitá živina v pôde a rastline. PEDO-DISERTATIONES, VÚPOP Bratislava, 1999, 72 s.
- Wilcke, W., Kaupenjohann, M., 1994: Small scale heterogeneity of soil chemical properties. II. Fractions of aluminium and heavy metals. Z. Pflanzernah. Bodenk. 157, 1994, s. 459-465.
- Zeien, H., Brümmer, G.W., 1989: Chemische extraktionen zur Bestimmung von Schwermetall-bindungsformen in Boden. Mitteil. DBG, 59, 1989, s. 505-510.

# MODELOVANIE OBJEMOVEJ HMOTNOSTI S VYUŽITÍM ÚDAJOV Z DATABÁZ KPP A ČMS-P POTENCIÁLNE ZHUTNENIE A ACIDIFIKÁCIA

## Modeling of soil bulk density with using database of soil survey “KPP” and partial monitoring system – soil “ČMS-P” Potential compaction and soil acidification

Jarmila MAKOVNÍKOVÁ, Boris PÁLKA, Miloš ŠIRÁŇ

*Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Regionálne pracovisko Banská Bystrica,  
Mládežnícka 36, 974 05 Banská Bystrica, SR  
[makovnikova.vupop@isternet.sk](mailto:makovnikova.vupop@isternet.sk)*

### Abstrakt

Príspevok prezentuje pokus o hodnotenie fyzikálnej degradácie a acidifikácie poľnohospodárskych pôd vo vybranom regióne (Banská Bystrica). Boli použité: digitálna pôdna databáza Komplexného prieskumu pôd (KPP), resp. Čiastkového monitorovacieho systému pôda (ČMS-P) tvoreného základnou monitorovacou sieťou, príp. kľúčovými monitorovacími lokalitami a poznatky z GIS. Chýbajúce hodnoty objemovej hmotnosti pôdy boli doplnené podľa modelu publikovaného v príspevku Linkeš, Makovníková, Kobza (1989). Digitálna databáza reprezentuje otvorený a dynamický systém, ktorý vyžaduje doplnenie a korekciu. Modelové hodnoty objemovej hmotnosti pôdy umožňujú doplnenie jednej významnej pôdnej charakteristiky. V GIS systéme boli vytvorené digitálne mapy rovnovážneho stavu fyzikálnej degradácie prostredníctvom pôdnej kompaktácie a acidifikácie pôdy pre vybraný región Banská Bystrica (plocha 50000 ha). Z hľadiska prirodzeného zhutnenia (sondy pod trávnyimi porastami), najviac náchylné na zhutnenie boli kambizeme pseudoglejové a z hľadiska potenciálneho zhutnenia (sondy na orných pôdach – vplyv agrotechnických opatrení) to boli pôdy so stagnáciou zrážkovej vody v pôdnom profile – pseudogleje modálne, kambizeme pseudoglejové a luvizeme pseudoglejové, prípadne s vysokou hladinou spodnej vody – fluvizeme glejové. K málo rezistentným pôdnym typom na základe pH-hodnoty ako priameho indikátora acidifikácie pôdy patria na orných pôdach kambizeme kyslé a luvizeme pseudoglejové, pod trávnyimi porastami kambizeme.

**Kľúčové slová:** GIS, modelovanie objemovej hmotnosti, zhutnenie pôd, acidifikácia pôd

### Abstract

This paper presents an approach for an evaluation of the physical degradation and soil acidification of agricultural soils in selected region (Banská Bystrica). Soil digital database (KPP), Partial monitoring system – Soil, creating by basic monitoring network and key monitoring sites including GIS application were used. Balance values of soil bulk density were calculated according to model, published in the paper Linkeš, Makovníková, Kobza (1989). Digital database represents an open and dynamic system, which needs some supplement and correction. Model values of soil bulk density may supplement an important physical soil characteristic. Digital maps of balance status of physical degradation by soil compaction and soil acidification for selected region Banská Bystrica (50 000 ha area) were created in GIS system. As for the natural compaction (used as grassland), Stagni-eutric Cambisols and as for the potential compaction (used as arable land), Dystric Planosols, gleyic Eutric Fluvisols, Stagni-eutric Cambisols and Stagnic Glossisols are the most susceptible to compaction. Dystric Cambisols and Stagnic Glossisols (used as arable land) and Cambisols (used as grassland) belong to small resistant soil types on the basis of pH value as direct indicator of soil acidification.

**Key words:** GIS, model of soil bulk density, soil compaction, soil acidification

## ÚVOD

Zraniteľnosť pôdy vyjadruje schopnosť pôdy vyrovnať sa so zaťažením. Je výsledkom fyzikálnych, a transportná funkcia, asanačná funkcia, prostredie pre chemických a biologických vlastností pôdy, miery zaťaženia a predstavuje komplexnú informáciu pre modelovanie potenciálneho nebezpečenstva degradácie pre agroekosystém. Zdravá pôda je schopná plniť všetky svoje funkcie v optimálnom rozsahu v rámci daného agroekosystému a to pri konkrétnom spôsobe ich využívania. Z hľadiska trvalo udržateľného rozvoja môžeme rozdeliť funkcie pôdy na produkčné a mimo-produkčné, a to ekologické funkcie a socio-ekonomické funkcie (Barančíková, Madaras, 2002). K ekologickým funkciám patria: filtračná, akumulačná, pufráčná, transformačná organizmy a génová rezerva. Na základe súčasného poznania pôdných procesov a faktorov, ktoré ovplyvňujú ekologické funkcie pôdy, priamy vplyv na produkčné funkcie ako aj na filtračnú a transportnú funkciu má objemová hmotnosť pôdy. Rovnovážna objemová hmotnosť pôdy je základná pedologická charakteristika fyzikálneho stavu pôdy. V databáze z Komplexného prieskumu pôd je však stanovená len pre 2 % z celkového počtu archivovaných údajov. Databáza však obsahuje údaje, pomocou ktorých je možné stanoviť rovnovážnu hodnotu objemovej hmotnosti a využiť ju pri modelovaní potenciálneho nebezpečenstva degradácie pôdy.

## MATERIÁL A METÓDY

Metodologický postup modelovania rovnovážnej objemovej hmotnosti vychádza z analýzy údajov existujúcich databáz VÚPOP, a to databázy Komplexného prieskumu pôd a Čiastkového monitorovacieho systému pôda. Databázy obsahujú numerické údaje o základných charakteristikách pôd, klíme, reliéfe pre celé územie Slovenska. Komplexný pôdoznalecký terénny prieskum (KPP) bol uskutočnený v rokoch 1961 – 1972 (Linkeš a kol., 1996) a mapoval poľnohospodársky využívané pôdy Slovenska. Evidované boli podľa jednotlivých poľnohospodárskych podnikov. Mapované sú v mierke 1: 5 000 a zmenšené do mierky 1 : 10 000. V súčasnosti z tohto prieskumu existuje v digitálnej forme len databáza výberových sond a ostatné dáta sú väčšinou v analógovej podobe, ktoré sa priebežne digitalizujú. Modelovanie objemovej hmotnosti je bližšie uvedené v práci Linkeš, Makovníková, Kobza (1989). Ide o výpočet rovnovážnej objemovej hmotnosti pôdy z údajov jej textúry a obsahu humusu. Záujmové územie, na ktorom sme aplikovali uvedený model pre výpočet rovnovážneho stavu objemovej hmotnosti, predstavuje plochu 50 000 ha a zahrňuje 49 katastrálnych území. Uvedený model, transformovaný cez geografický informačný systém (GIS) ArcView umožnil doplnenie databázy v záujmovom území o fyzikálnu charakteristiku pôd, a to rovnovážnu hodnotu objemovej hmotnosti, ktorá implementuje hodnotu textúry pôdy. Modelový systém je otvorený a umožňuje neustálym dopĺňaním údajov zvyšovať verifikáciu (spoľahlivosť) použitého modelu.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

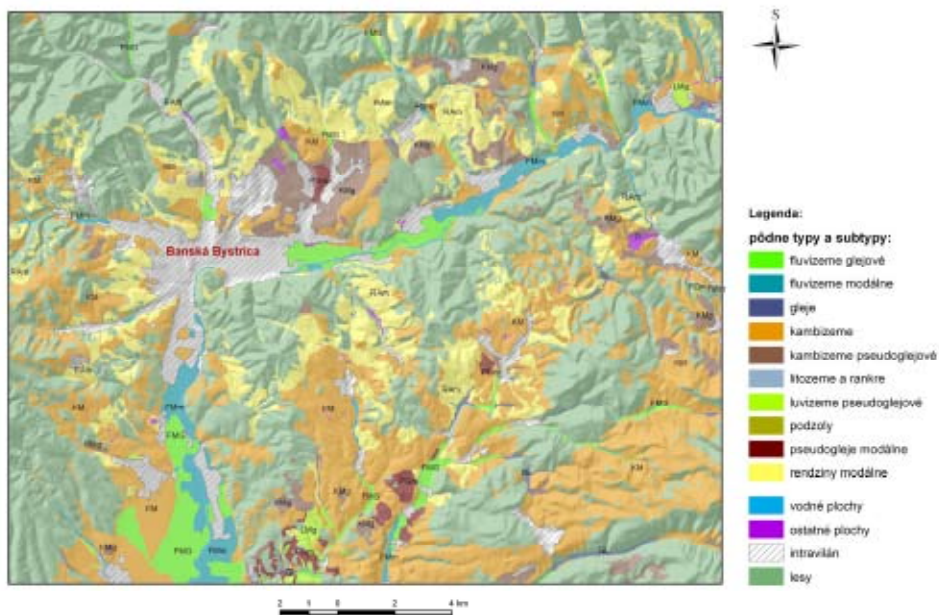
Prevládajúcim pôdnym typom na modelovom území sú kambizeme.

Tab. 1 *Pôdne pomery v záujmovom území*

Pôdny subtyp	Výmera (ha)
Fluvizeme glejové	1 485
Fluvizeme kultizemné	997
Gleje	176
Kambizeme	12 550
Kambizeme pseudoglejové	1 935
Litozeme a rankre	18
Luvizeme pseudoglejové	228
Podzoly	13
Pseudogleje kultizemné	376
Rendziny kultizemné	5 600

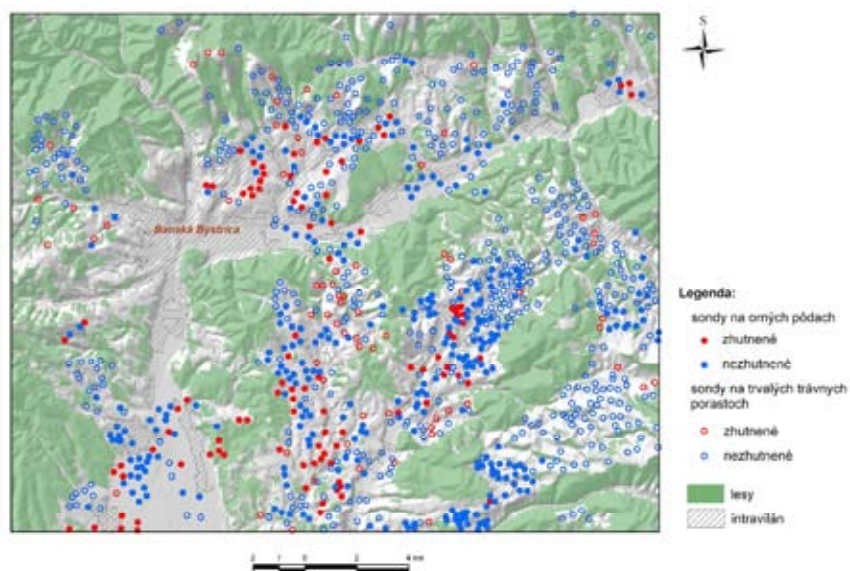
Údaje o obsahu humusu a ílu boli spracované do databázy a vyhodnocované v mapovom prostredí. Na základe údajov textúry a humusu bola domodelovaná objemová hmotnosť. Pomocou nej ako priameho indikátora zhutnenia a na základe súčasného poznania pôdnych procesov a faktorov, ktoré ovplyvňujú zhutnenie pôdy sme zistili potenciálny stav zhutnenia v modelovom území. Pod trávnyimi porastami sme stanovili stav prirodzeného zhutnenia pôdy (ako výsledok sedimentácie minerálnej časti pôdy a synchronných pôdotvorných procesov).

Obr. 1 *Modelové územie*



Získané údaje sme prostredníctvom GISu preniesli do mapy potenciálneho zhutnenia poľnohospodárskych pôd v modelovom území (obr. 2).

Obr. 2 *Potenciálne zhutnenie orných pôd a trvalých trávnych porastov*













Tab. 2 Potenciálne zhutnenie orných pôd a trvalých trávnych porastov

Pôdny typ/ subtyp	Potenciálne zhutnenie (% z celkového počtu sond)	
	Orné pôdy	Trávne porasty
Fluvizeme kultizemné	7,1	0
Fluvizeme glejové	37,5	6,3
Kambizeme kultizemné	24,3	11,5
Kambizeme pseudoglejové	32,4	20,0
Kambizeme kyslé	13,0	9,1
Luvizeme pseudoglejové	27,8	–
Pseudogleje kultizemné	41,7	–
Rendziny kultizemné	22,2	14,2

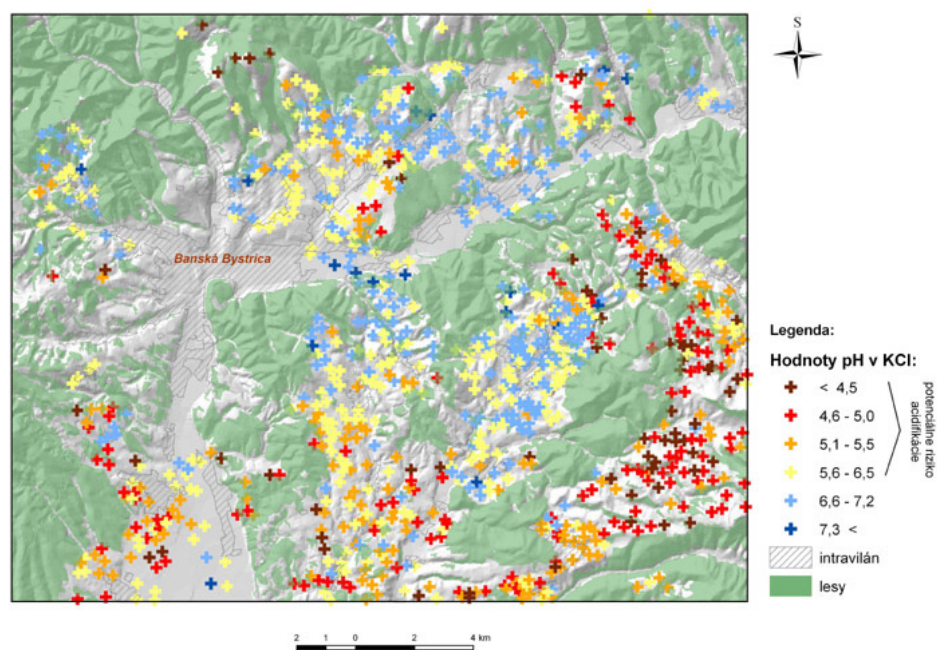
Najväčšie riziko prirodzeného zhutnenia (sondy pod trávnyimi porastami) bolo zistené pri kambizemiach pseudoglejových (20 %). Najviac náchylné na zhutnenie na orných pôdach (potenciálne zhutnenie – vplyv agrotechnických opatrení) boli pôdy so stagnáciou zrážkovej vody v pôdnom profile – pseudogleje modálne, kambizeme pseudoglejové a luvizeme pseudoglejové, prípadne s vysokou hladinou spodnej vody – fluvizeme glejové (27,8 – 41,7 %). Je tu vysoká pravdepodobnosť, že sú tieto pôdy obrábané pri vyššej pôdnej vlhkosti a dochádza k znásobovaniu utlačacieho efektu poľnohospodárskymi mechanizmami.

Tento stav na základe údajov KPP možno považovať za východiskový, pretože tlaky na pôdu až do súčasnosti narastali. Za ostatných 30 – 40 rokov došlo k podstatnému nárastu hmotnosti poľnohospodárskych mechanizmov a dopravných prostriedkov, a to o 50 – 150 % (Zrubec, 1998). Percento zhutnených sond v rámci Monitoringu pôd SR na daných pôdnych typoch (bez špecifikácie subtypov) sa pohybovalo v rozmedzí 33 – 45 % (Širáň, 2004).

Obr. 3 Potenciálne dôsledky kompaktie pre rastlinu

	Rastlina rastúca na pôde	
Objemová hmotnosť v g.cm <sup>-3</sup>	1,2 	1,6 
Objem 1 kg pôdy	833 cm <sup>-3</sup> 	555 cm <sup>-3</sup> 
Obsah Cd 0,4 mg.kg <sup>-1</sup>	0,48 mg v 1000 cm <sup>-3</sup> 	0,72 mg v 1000 cm <sup>-3</sup> 
Hraničná hodnota prístupného K v mg.kg <sup>-1</sup>	50 mg 	110 mg 
Spotreba vápenatých hmôt na úpravu pH	3 t na ha 	7,7 t na ha 

Obr. 4 Potenciálna acidifikácia orných pôd a trvalých trávnych porastov



Údaje v databáze obsahujú aj informáciu o hodnote výmennej pôdnej reakcie pre jednotlivé lokality. Prenesením údajov do GISu a ich interpretáciou na základe súčasných poznatkov sme vytvorili mapu potenciálnej acidifikácie poľnohospodárskych pôd v záujmovom území (obr. 4).

Degradačný proces acidifikácie pôd je determinovaný priamymi a nepriamymi indikátormi. Priamym indikátorom stavu acidifikácie pôdy je hodnota pôdnej reakcie – faktor intenzity (analytické stanovenie pôdnej reakcie priamo indikuje stav a vývoj procesu acidifikácie).

Acidifikačné trendy pôd Slovenska v závislosti od antropogénnej acidifikačnej záťaže eliminovanej čiastočne aplikáciou vápenatých hnojív (na základe údajov SAŽP, VÚPOP, Kanianska, 2000, Makovníková, 2004) ukazujú nárast hlavných kyslých atmosférických polutantov  $\text{SO}_2$  a  $\text{NO}_x$  po roku 1955 spojený s nárastom výmery kyslých pôd. Po roku 1965 dochádza k zvýšeniu spotreby vápenatých hnojív zameraných na úpravu pôdnej reakcie kyslých a slabo kyslých pôd. Mapa potenciálnej acidifikácie v záujmovom území, ktorá vychádza z databázy KPP (roky 1961 – 1972), predstavuje rovnovážny stav prirodzenej acidifikácie sledovaných pôd, stanovený pred obdobím nárastu antropogénnej acidifikačnej záťaže ako aj následných agrotechnických opatrení zameraných na úpravu tohto stavu.

Tab. 3 Potenciálna acidifikácia orných pôd a trvalých trávnych porastov

Pôdny subtyp	Potenciálna acidifikácia orných pôd (% z celkového počtu sond)		Potenciálna acidifikácia trvalých trávnych porastov (% z celkového počtu sond)	
	slabo kyslé $5,6 < \text{pH} < 6,5$	kyslé $\text{pH} < 5,5$	slabo kyslé $5,6 < \text{pH} < 6,5$	kyslé $\text{pH} < 5,5$
Fluvizeme kultizemné	20	–	33	1
Fluvizeme glejové	53	33	44	31
Kambizeme	41	38	33	55
Kambizeme pseudoglejové	38	27	28	59
Kambizeme kyslé	18	68	4	88
Luvizeme pseudoglejové	16	72	–	–
Pseudogleje kultizemné	41	33	–	–
Rendziny kultizemné	23	7	24	4

Najvyšším rizikom acidifikácie zasahujúcich nad 50 % sledovaných lokalít sa vyznačujú kambizeme kyslé a luvizeme pseudoglejové v prípade orných pôd, v prípade trvalých trávnych porastov sú to kambizeme, ktoré patria k najrozšírenejšiemu pôdnemu typu na tomto území. Sú to najčastejšie poľnohospodársky využívané pôdy s hodnotou pôdnej reakcie v kyslej oblasti. Dominantnými pufrujúcimi substanciami v tejto skupine pôd sú primárne kremičitany, výmenné kationy ílových minerálov a hliník. Z pohľadu stability pôdného ekosystému môžeme kambizeme, predovšetkým kambizeme kyslé, zaradiť k labilným pôdnym systémom. Najvyššie percento slabo kyslých pôd na orných pôdach je v skupine fluvizemí glejových. Potenciálne riziko acidifikácie je spojené s mobilizáciou hliníka a toxických prvkov, vyznačujúcich sa negatívnou koreláciou s hodnotou pH (kadmium, olovo, mangán).

## **ZÁVER**

Predkladané mapové vyjadrenia pomocou doplnených databáz predstavujú základnú aproximáciu rovnovážnych údajov, ktorá môže byť východiskom pri mapovaní potenciálnej degradácie pôd v záujmovom území.

## **LITERATÚRA**

- Barančíková, G., Madaras, M., 2002: Kvalita pôdy a prístup k hodnoteniu mimoprodukčných funkcií pôdy. In: Pôda – jedna zo základných zložiek životného prostredia. Zborník referátov. 2002, s.109-115.
- Linkeš, V., Pestún, V., Džatko, M., 1996: Príručka pre používanie máp pôdno-ekologických jednotiek. 3. upr. vyd., Bratislava, 103 s.
- Linkeš, V., Makovníková, J., Kobza, J., 1989: Výpočet rovnovážnej objemovej hmotnosti pôdy z údajov jej textúry a obsahu humusu. In: Rostlinná výroba, VII., r. 35, ČAZ, Praha, s. 773-780.
- Makovníková, J., Kanianska, R., 2000: Indikátory acidifikácie pôd. In: Záverečná správa ČMS-P, VÚPOP Bratislava, 2000.
- Zrubec, F., 1998: Metodika zúrodnenia zhutnených pôd. VÚPOP Bratislava, 40 s.
- Širáň, M., 2004: Zhutnenie pôdy a jeho vývoj. Slov. pedologické dni 22. – 24. 6. 2004, Mojmirovce (zborník referátov), VÚPOP Bratislava, s. 317-322.

# PÔDNE POMERY LESNÝCH SPOLOČENSTIEV V OBLASTI MASÍVU BYKOVO

## Soil conditions of forest communities in the area of Bykovo massif

František MÁLIŠ, Bartolomej RUDAŠ, Jaroslav KONTRIŠ

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra fytológie, T. G. Masaryka 24,  
960 53 Zvolen, SR

[feromalis@yahoo.com](mailto:feromalis@yahoo.com), [feromalis@vsld.tuzvo.sk](mailto:feromalis@vsld.tuzvo.sk)

### Abstrakt

Práca je súčasťou geobotanického výskumu lesných spoločenstiev v oblasti masívu Bykova (Veporské vrchy). Podáva prehľad o pôdnych pomeroch asociácií *Festuco drymejae* – *Fagetum* Magic 1978 subasociácia *typicum* Magic 1978, *Mercuriali* – *Fraxinetum* (Klika, 1942) Husová in Moravec et al. 1982, *Caltho laetae* – *Alnetum glutinosae* Šomšák (1961) 1979 a v spoločenstve *Larix decidua* – *Picea abies* (*culti*). Pre klasifikáciu pôd bol použitý Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska (2000). Asociácia *Festuco drymejae* – *Fagetum* subasociácia *typicum* kambizem modálna, kyslá varieta, asociácia *Mercuriali* – *Fraxinetum* ranker kambizemný, kyslá varieta, asociácia *Caltho laetae* – *Alnetum glutinosae* glej organozemný, kyslá varieta, spoločenstvo *Larix decidua* – *Picea abies* (*culti*) podzol kambizemný. Vzhľadom na dosiahnuté výsledky, ako aj materskú horninu, sa na predmetnom území zrejme jedná prevažne o kyslé variety pôdnych typov.

**Kľúčové slová:** lesné spoločenstvo, pôdne pomery, masív Bykovo

### Abstract

The work is the part of the plant community research of forest stands in the area of Bykovo Mts. (Vepor Mts.). It provides the synopsis of soil conditions in association *Festuco drymejae* – *Fagetum* Magic 1978 subassociation *typicum* Magic 1978, *Mercuriali* – *Fraxinetum* (Klika, 1942) Husová in Moravec et al. 1982, *Caltho laetae* – *Alnetum glutinosae* Šomšák (1961) 1979 and in community *Larix decidua* – *Picea abies* (*culti*). For soil classification was used the Morphogenetic Soil Classification System of Slovakia (2000). Association *Festuco drymejae* – *Fagetum* subasociácia *typicum* Dystric Cambisol, association *Mercuriali* – *Fraxinetum* Cambi-Dystric Leptosols, asociácia *Caltho laetae* – *Alnetum glutinosae* Histi-Umbric Gleysols, spoločenstvo *Larix decidua* – *Picea abies* (*culti*) Cambic Podzols. Respecting achieved results, and considering the parent material, there are assumed mostly dystric varieties of soil types in the area.

**Key words:** plant community, soil conditions, massif Bykovo

### ÚVOD

Oblasť masívu Bykova je z fytocenologického a pôdno-ekologického hľadiska málo preskúmaným územím. Preto v rámci výskumu fytocenóz tohto územia sa zamerala pozornosť aj na poznanie pôdnych vlastností lesných spoločenstiev.

Práca sa zaoberá rastlinnými spoločenstvami masívu Bykovo a pôdnymi typmi týchto spoločenstiev. Cieľom práce bolo určenie pôdnych typov v asociáciách *Festuco drymejae* – *Fagetum* Magic, 1978 subasociácia *typicum* Magic 1978, *Mercuriali* – *Fraxinetum* (Klika, 1942) Husová in Moravec et al. 1982, *Caltho laetae* – *Alnetum glutinosae* Šomšák (1961) 1979 a v spoločenstve *Larix decidua* – *Picea abies* (*culti*).

## MATERIÁL A METÓDY

### *Geomorfologická a geologická charakteristika*

Územie leží v oblasti stredoslovenských vulkanitov. Z hľadiska geomorfologického členenia patrí územie k Veporským vrchom, najmä k podcelku Sihlianska planina (Mazúr, Lukniš, 1980). Podľa regionálneho geologického členenia Vass et al. (1988) územie regiónu patrí k veporskému pásu, a to najmä ku kráľovohol'skej zóne. Územie budujú mohutné granitoidné intrúzie. Ich základom sú tonality – granodiority typu S.

### *Klimatická charakteristika*

Svahy s nadmorskou výškou 350 – 550 m patria do klimatického okrsku B<sub>5</sub>. Približne vo výške 550 m sa strieda s okrskom B<sub>8</sub>. Vo výške 700 – 750 m nad morom nastupuje chladná oblasť s klimatickým okrskom C<sub>1</sub>, ktorý zaberá najvyššie polohy. Ostré a uzavreté údolia v zonálnom pásme rozšírenia okrskov B<sub>5</sub> a B<sub>8</sub> zaberá okrsk B<sub>7</sub> s chladnejšou údolnou klímou najmä v zime. Priemerná ročná teplota vzduchu sa pohybuje od 4,5 – 7,5°C, ročný priemerný úhrn zrážok 680 – 1 110 mm.

### *Fytocenologický výskum*

Pre fytocenologický zápis sme zvolili sedemčlennú Braun-Blanquetovu (1964) stupnicu, analytické údaje boli vyhodnotené klasickou tabelárnou syntézou. Názvy syntaxónov sú uvádzané podľa práce Mucina & Maglocký (1985).

### *Pedologický výskum*

Miesto výkopu sond bolo zvolené v zásade vždy na ploche fytocenologického zápisu. Výber konkrétneho zápisu pre výkop sondy bol volený tak, aby vybraný zápis čo najviac reprezentoval danú asociáciu. Z každej asociácie bol vybraný len jeden reprezentatívny zápis. Na odobratom materiáli bola vykonaná analýza zrnitostného zloženia pipetovacou metódou, meranie pH hodnôt v roztoku KCl a H<sub>2</sub>O, zisťovali sme obsah uhlíka C<sub>ox</sub> a obsah humusu podľa Tjurina. Stanovená bola H hodnota, sorpčný komplex – obsah výmenných bázických kationov (hodnota S) a miera nasýtenia (V hodnota). Pre stanovenie zrnitosti bol použitý textúrny trojuholník (VÚPOP, 2000).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vykopané boli štyri pedologické sondy, boli označené aj slovnými pomenovaniami podľa lokality:

Sonda JAZERO bola vykovaná v asociácii *Caltho laetae* – *Alnetum glutinosae* (zápis č. 26), bol určený pôdny typ glej organozemný, kyslá varieta so sekvenciou horizontov Oh-Gro-Gr.

Sonda SMOLNÁ bola vykovaná v asociácii *Mercuriali* – *Fraxinetum* (zápis č. 38), určený bol pôdny typ ranker kambizemný, kyslá varieta so sekvenciou horizontov Au-Bvu-C-R.

Sonda BYKOVO bola vykovaná v asociácii *Larix decidua* – *Picea abies (culti)* (zápis č. 30) a bol určený pôdny typ podzol kambizemný so sekvenciou horizontov Aup-Bsh-B/C-C.

Sonda DÚBRAVKA bola vykovaná v asociácii *Festuco drymejae* – *Fagetum* (zápis č. 2) a určený pôdny typ kambizem modálna, kyslá varieta so sekvenciou horizontov Au-Bv-B/C-C.

### *Glej organozemný (GLt), kyslá varieta*

Tab. 1 Morfológia a stratigrafia gleju organozemného (GLt), kyslá varieta (Jazero)

Hor.	Hrúbka	Farba	Vlhkosť	Štruktúra	Konzist.	Prech.	Zrnit.	Prekor.	Redox	Pozn.
Oh	0 – 45 cm	tmavo hnedá	vlhká	hrubo-hrudkovitá	kyprá neplastická	ostrý	hlinitá	husté	–	
Gro	45 – 60 cm	hrdzavo hnedá	vlhká	stredne polyedrická	uľahnutá neplastická	ostrý	piesčito hlinitá	riedke	ox	medzi Gro a Gr vrstvičky piesku
Gr	60 – 130 cm	sivá	vlhká	stredne polyedrická	uľahnutá neplastická	–	piesčito hlinitá	ojedinelé	red	

Tab. 2 Fyzikálne a chemické vlastnosti – glej organozemný, kyslá varieta

Frakcia/ Hĺbka odberu	Hrubý piesok 0,1 – 2,0 mm	Jemný piesok 0,05 – 0,1 mm	Prach 0,01 – 0,05 mm	Hrubý íl 0,01 – 0,002 mm	Fyzikálny íl <0,002 mm	C <sub>ox</sub>	Humus	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl
	%	%	%	%	%	%	%		
15 – 30 cm	41,15	2,18	40,07	16,58	2,25	12,74	21,97	4,19	3,20
45 – 55 cm	53,69	4,00	28,07	14,19	2,86	1,59	2,75	4,88	3,43
80 – 100 cm	52,20	3,98	31,63	12,17	2,30	0,22	0,39	4,85	2,92

Tab. 3 Stanovenie H hodnoty, obsah výmenných bázičických kationov – hodnota S, V – stupeň nasýtenia

Hĺbka odberu	(H <sup>+</sup> )		S		V	T
	V(ml)	(mmol/kg)	V(ml)	(mmol/kg)	(%)	(mmol/kg)
15 – 30 cm	18	180	17,5	172	48,86	352
45 – 55 cm	4,5	45	24,4	34	43,04	79
80 – 100 cm	2,5	25	23,7	48	65,75	73

Z hľadiska zrnitostného zloženia je pôda homogénna, mierny rozdiel je len v Ot horizonte, kde je vyšší podiel prachu a nižší podiel piesku ako v nižších horizontoch. Klasifikujeme ju ako strednú, hlinitú. Vzhľadom na rašelinný charakter vrchného horizontu je v ňom výrazne vyšší podiel uhlíka a humusu ako v nižších horizontoch. Hodnota pH mierne stúpa. Horizonty Ot a Gro sú takmer sorpčne nasýtené, spodný horizont Gr je sorpčne nasýtený.

#### Ranker kambizemný (RNk), kyslá varieta

Tab. 4 Morfológia a stratigrafia rankra kambizemného (RNk), kyslá varieta (Smolná)

Hor.	Hrúbka	Farba	Vlhkosť	Štruktúra	Konzist.	Prech.	Zrnitosť	Prekor.	Redox	Pozn.
Oo	0 – 7 cm	–	–	–	–	–	–	–	–	
Au	7 – 18 cm	čierno tmavo hnedá	mierne vlhká	slabo – hrudkovitá	kyprá	zreteľný	piesčito hlinitá	husté	–	
Bvu	18 – 130 cm	svetlo hnedá až mierne sivastá	mierne vlhká	slabo hrudkovitá	kyprá	postupný	hlinitá	stredne husté	–	S hĺbkou rastie obsah skeletu

Tab. 5 Fyzikálne a chemické vlastnosti – ranker kambizemný, kyslá varieta

Frakcia/ Hĺbka odberu	Hrubý piesok 0,1 – 2,0 mm	Jemný piesok 0,05 – 0,1 mm	Prach 0,01 – 0,05 mm	Hrubý íl 0,01 – 0,002 mm	Fyzikálny íl < 0,002 mm	C <sub>ox</sub>	Humus	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl
	%	%	%	%	%	%	%		
10 – 15 cm	6,25	17,27	51,87	24,45	4,95	3,95	6,82	5,65	4,63
55 – 65 cm	51,13	5,27	20,96	15,58	4,28	0,84	1,44	5,24	3,73
110 – 120 cm	45,01	4,2	32,1	18,67	3,73	0,54	0,94	5,43	3,99

Tab. 6 Stanovenie *H* hodnoty, obsah výmenných bázičických katiónov – hodnota *S*, *V* – stupeň nasýtenia

Hĺbka odberu	(H <sup>+</sup> )		S		V	T
	V(ml)	(mmol/kg)	V(ml)	(mmol/kg)	( % )	(mmol/kg)
10 – 15 cm	4,3	43	11,2	298	87,39	341
55 – 65 cm	2,3	23	23,1	60	72,29	83
110 – 120 cm	1,6	16	22,6	70	81,40	86

Z hľadiska zrnitostného zloženia je pôda heterogénna. V horizonte Au je výrazne vyšší podiel prachu, nižší podiel hrubého piesku a vyšší podiel jemného piesku. Do 40 cm je to pôda stredná, prachovito-hlinitá, v spodine (od 40 do 100 cm) stredná, piesčito-ílovito-hlinitá. Obsah humusu a uhlíka je niekoľko násobne vyšší vo vrchnom horizonte, hodnota pH mierne klesá. Pôda je značne sorpčne nasýtená, vrchný horizont je sorpčne najnasýtenejší.

Hnedý kambický horizont Bv dosahuje značnú hrúbku. Tento fakt, môže byť podmienený výberom miesta pre výkop sondy. Vzhľadom na sutinový charakter terénu bolo zvolené miesto s nižším podielom povrchového skeletu (skaly, balvany). Išlo o plošinku s výrazne nižším sklonom ako okolitý terén. Pri opise pôdnych horizontov bola zistená prítomnosť uhlíkov, zvyškov po pálení dreveného uhlia, v povrchovom horizonte Am, čo vysvetľuje pôvod tejto plošinky. Je teda pravdepodobné, že v okolí tejto sondy a teda aj v tomto rastlinnom spoločenstve, sa môžu prejavovať určité odchýlky v pôdnych typoch. Najmä kambický horizont Bvu môže mať menšiu hrúbku, prípadne môže chýbať.

#### Podzol kambizemný (PZk)

Tab. 7 Morfológia a stratigrafia podzolu kambizemného (PZk), (Bykovo)

Hor.	Hrúbka	Farba	Vlhkosť	Štruktúra	Konzist.	Prech.	Zrnitosť	Prekor.	Redox	Pozn.
Oo	0 – 4 cm	–	–	–	–	–	–	–	–	
Aup	4 – 10 cm	hnedá	mierne vlhká	stredne hrudkovitá	kyprá	zreteľný	hlinitá	husté	–	
Bsh	10 – 55 cm	hrdzavo hnedá	mierne vlhká	hrubo hrudkovitá	mierne uľahnutá	postupný zvlhnený	hlinitá	stredne husté	–	
B/C	55 – 110 cm	svetlo hnedá	mierne vlhká	hrudkovitá	mierne uľahnutá	–	hlinitá	riedke	–	

Tab. 8 Fyzikálne a chemické vlastnosti – podzol kambizemný

Frakcia/ Hĺbka odberu	Hrubý piesok 0,1 – 2,0 mm	Jemný piesok 0,05 – 0,1 mm	Prach 0,01 – 0,05 mm	Hrubý íl 0,01 – 0,002 mm	Fyzikálny íl < 0,002 mm	C <sub>ox</sub>	Humus	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl
	%	%	%	%	%	%	%		
5 – 8 cm	23,6	8,46	47,35	20,51	3,93	6,46	11,15	3,53	2,41
20 – 35 cm	31,34	2,11	50,41	16,12	3,91	1,49	2,58	4,18	3,57
90 – 110 cm	38,3	15,54	28,85	17,16	4,13	0,75	1,30	4,49	3,89

Tab. 9 Stanovenie *H* hodnoty, obsah výmenných bázičických katiónov – hodnota *S*, *V* – stupeň nasýtenia

Hĺbka odberu	(H <sup>+</sup> )		S		V	T
	V(ml)	(mmol/kg)	V(ml)	(mmol/kg)	( % )	(mmol/kg)
5 – 8 cm	10,3	103	25,1	20	16,26	123
20 – 35 cm	5,2	52	25,7	8	13,33	60
90 – 110 cm	2,6	26	25,3	16	38,10	42

V najspodnejšom horizonte je výrazne nižší podiel prachu a vyšší podiel jemného piesku ako v horizontoch nad ním, pôdu ale hodnotíme ako homogénnu a strednú, hlinitú. V horizonte Aup je značne vyšší obsah humusu a uhlíka a je podstatne kyslejší. V tomto horizonte je evidentná prítomnosť obielených pieskových zŕn. Pôda je sorpčne nenasýtená, najmä jej vrchné horizonty.

Významným znakom je prítomnosť horizontov Aup a Bsh ktoré určujú smerovanie k procesu podzolizácie. Alternatívou je priradiť pôdu ku kambizemi podzolovej (typické sekvencie horizontov Aup-Bvs-B/C-C), to ale vylučuje prítomnosť horizontu Bsh. Je možné, že proces podzolizácie pôd v oblasti vrcholu Bykova bude pokračovať a časom sa v pôdnom profile vytvorí i eluviálny horizont Ep.

### **Kambizem modálna (KMm), kyslá varieta**

Tab. 10 Morfológia a stratigrafia kambizeme modálnej (KMm), kyslá varieta (Dúbravka)

Hor.	Hrúbka	Farba	Vlhkosť	Štruktúra	Konzist.	Prech.	Zrinitosť	Prekor.	Redox	Pozn.
Oo	0 – 5 cm	–	–	–	–	–	–	–	–	
Au	5 – 13 cm	hnedo sivá	čerstvo vlhká	jemne hrudkovitá	mierne uľahnutá neplastická	ostrý	hlinitá	silné	–	
Bv	13 – 40 cm	žlto hnedá	čerstvo vlhká	hrubo hrudkovitá	mierne uľahnutá neplastická	postupný	hlinitá	silné	–	S rastúcou hĺbkou pribúda skelet
B/C	40 – 110 cm	sivo hnedá	mierne vlhká	hrudkovitá	kyprá	–	hlinitá	stredne silné	–	

Tab. 11 Fyzikálne a chemické vlastnosti – kambizem modálna, kyslá varieta

Frakcia/ Hĺbka odberu	Hrubý piesok 0,1 – 2,0 mm	Jemný piesok 0,05 – 0,1 mm	Prach 0,01 – 0,05 mm	Hrubý íl 0,01 – 0,002 mm	Fyzikálny íl < 0,002 mm	C <sub>ox</sub>	Humus	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl
	%	%	%	%	%	%	%		
6 – 12 cm	52,28	4,82	24,36	17,79	3,82	1,82	3,15	4,42	2,81
60 – 80 cm	60,48	3,52	22,7	13,28	2,81	0,29	0,5	4,93	3,44

Tab. 12 Stanovenie H hodnoty, obsah výmenných bázičských kationov – hodnota S, V – stupeň nasýtenia

Hĺbka odberu	(H <sup>+</sup> )		S		V	T
	V(ml)	(mmol/kg)	V(ml)	(mmol/kg)	(%)	(mmol/kg)
6 – 12 cm	5,1	51	20,5	112	68,71	163
60 – 80 cm	2,4	24	24,1	40	62,50	64

Zrinitosť je pôda homogénna, stredná, piesčito-hlinitá. Obsah humusu a uhlíka mierne klesá, hodnota pH je nízka v celom pôdnom profile a výrazne sa nemení. Pôda je sorpčne nasýtená a aj hodnota sorpčnej nasýtenosti je pomerne stála.

## **ZÁVER**

Na základe dosiahnutých výsledkov usudzujeme, že v záujmovom území je pre asociáciu *Caltho laetae* – *Alnetum glutinosae* Šomšák (1961) 1979 charakteristickým a častým pôdnym typom glej organozemný. Pre asociáciu *Mercuriali* – *Fraxinetum* (Klika, 1942) Husová in Moravec et al. 1982 je to ranker kambizemný, prípadne iné príbuzné typy. Vzhľadom na už vo výsledkoch spomínané nejasnosti ohľadom Bv horizontu môže byť častým pôdnym typom ranker modálny.

Pre spoločenstvo *Larix decidua* – *Picea abies* (culti) ako aj pre spoločenstvo *Picea abies* (culti), porasty ktorého sa vyskytujú v podobných polohách ako spoločenstvo predchádzajúce, to je pôdny typ podzol kambizemný. Vzhľadom na rôznu intenzitu procesu podzolizácie prichádza do úvahy kambizem podzolová, podzol modálny a pod. Keďže porasty týchto spoločenstiev sa na tomto území

vyskytujú často v príbuzných polohách, bolo by vhodné v budúcnosti posúdiť vplyv rozdielneho drevinového zloženia na proces podzolizácie. Ide totiž o v zhodnom období vysádzané monokultúrne porasty na pasienkoch.

V asociácii *Festuco drymejae* – *Fagetum* Magic 1978 subasociácia *typicum* Magic 1978 sú pravdepodobne najzastúpenejšie pôdne typy kambizeme, najmä kambizem modálna. Ekologické nároky druhu *Festuca drymeja*, ktorá je v tejto asociácii (resp. subasociácii) výrazne monodominantná, nasvedčujú tomu, že často sa bude jednať o prechodné pôdne typy smerom ku rankrom. Spoločenstvá tejto asociácie sa totiž často vyskytujú aj na silne skeletnatých pôdach.

Pri všetkých ďalších potencionálnych pôdnych typoch sa bude jednať vzhľadom na pôdotvorný substrát prevažne o kyslé variety, čomu nasvedčujú aj výsledky tejto práce. V troch prípadoch zo štyroch sond sa jedná o kyslú varietu pôdneho typu.

## LITERATÚRA

- Braun-Blanquet, J., 1964: Pflanzensozologie. Wien – New York. VEB G. Fischer Verlag, 865 p.
- Bezák, V., 1999: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského rudohoria – západná časť. Geologická služba slovenskej republiky. Vydavateľstvo Dionýza Štúra, Bratislava, 178 s.
- Mazúr, E., Lukniš, M., 1986: Geomorfologické členenie SSR a ČSSR. Časť Slovensko. Slovenská kartografia, Bratislava.
- Moravec, J., 2000: Přehled vegetace České republiky, Svazek 2, Academia, 319 s.
- Mucina, L., Maglocký, Š. (eds.), 1985: A list of vegetation units of Slovakia. Docum. Phytosoc. (Camerino) 9: pp. 175-220.
- Vass, d., Began, A., Gross, P., Kahan, Š., Kohler, E., Krystek, I., Lexa, J., Nemčok, J., 1988: Regionálne geologické členenie Západných Karpát a severných výbežkov Panónskej panvy na území ČSSR. Bratislava, GÚDŠ.
- Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska, Edičné stredisko VÚPOP, 76 s.

# PARAMETRIZÁCIA PRODUKČNÝCH SCHOPNOSTÍ PÔD VÝCHODOSLOVENSKEJ NÍŽINY

## Parametrization of soil production properties on the East-Slovakian Lowland

**Rastislav MATI**

*Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany, Ústav agroekológie Michalovce*

*Špitálska 1273, 071 01 Michalovce, SR*

[ovua@minet.sk](mailto:ovua@minet.sk)

### Abstrakt

Štruktúra a intenzita rastlinnej výroby na Východoslovenskej nížine je v rozhodujúcej miere popri prírodných podmienkach ovplyvňovaná antropogénnymi faktormi limitovanými úrovňou ekonomiky. Svedčí o tom tak vývoj využitia pôdneho fondu, ako aj úroveň naturálnej či ekonomickej výnosnosti. Štrukturálne zmeny budú potrebné aj v súvislosti s plošnými kvótami, ktoré sú pre Slovensko odlišné od doterajších koncepcií. Zníži sa najmä výmera obilnín a olejní, priestor je pre zvýšenie výmery strukovín. Úroveň naturálnej výnosnosti a ekonomickej rentability je značne diferencovaná nielen v závislosti od pôdnych podmienok, ale aj stupňa intenzity hospodárenia na pôde. S výnimkou najúrodnejších pôd zaradených v I. pôdno-agronomickej asociácii (PAA I.) úspešne hospodáriť v podmienkach Východoslovenskej nížiny nie je možné bez účinnej dotačnej podpory.

**Kľúčové slová:** Východoslovenská nížina, naturálna výnosnosť, ekonomická efektívnosť

### Abstract

Structure and intensity of plant production on the East-Slovakian Lowland is significantly influenced apart from natural conditions by anthropogenic factors, which are limited by economic conditions. The trend of soil fund utilization, as well as the level of natural and economic profitableness is indicating this fact. Structural changes will be necessary in connection with the square quotas as well as which are different from the existing conceptions. The acreage of cereals and oil plants will be decreasing. There is a space for the increase of acreage of legumes. The level of natural profitableness and economic productiveness is considerably differentiated not only in dependence from the soil conditions but also in dependence from the measure of the intensity soil farming. The soil farming is impossible without effective subsidies in the conditions of the East-Slovakian Lowland. The exception is the most fertile soils in the 1<sup>st</sup> soil-agronomic association (PAA I).

**Key words:** East-Slovakian Lowland, natural profitableness, economic productiveness

### ÚVOD

Východoslovenská nížina svojimi pôdno-klimatickými podmienkami predstavuje špecifické územie. V prevahe sú tu pôdy s glejovými pôdotvornými procesmi (fluvizeme glejové, čiernice glejové, pseudogleje, gleje), ktoré zaberajú až 65 % poľnohospodárskych pôd. Z produkčného hľadiska významnou vlastnosťou pôd je aj ich zrnitosťné zloženie. Na území Východoslovenskej nížiny je 54,1 % poľnohospodárskych pôd stredne ťažkých a 42,7 % ťažkých a veľmi ťažkých (Vilček, 1998). Glejový pôdotvorný proces a vysoké zastúpenie zrnitosťne ťažkých až veľmi ťažkých pôd je významným obmedzujúcim faktorom poľnohospodárskeho využívania Východoslovenskej nížiny.

Spôsob využívania a intenzita hospodárenia na pôde sú do značnej miery ovplyvnené úrodnosťou resp. produkčným potenciálom pôd, ktoré rozhodujúcim spôsobom determinujú ekonomickú

efektívnosť rastlinnej výroby. V podmienkach Slovenska produkčnou schopnosťou pôd a ich agregáciou z hľadiska využitia pre poľné plodiny sa zaoberalo viacero autorov. Džatko a kol. (1979) a Hraško (1983) poukázali na významný vplyv geografických, klimatických a antropogénnych faktorov na produkčnú schopnosť orných pôd, ktorý môže byť významnejší ako je ich prirodzený stupeň úrodnosti. Džatko, Dubovcová (1985), Hronec (2000), Klečka, Korbíni (1975), Vilček (1999) hodnotili kvalitatívnu vhodnosť a čiastočne aj stupeň vhodnosti pre pestovanie jednotlivých plodín. Vilček (2001) poukázal na možný potenciál naturálnej a ekonomickej efektívnosti pôd Východoslovenskej nížiny ako aj na kategorizáciu pôd z hľadiska rentability pestovania vybraných poľnohospodárskych plodín.

Cieľom predloženého príspevku je poukázať na možnosti a riziká využitia naturálneho a ekonomickeho potenciálu pôd Východoslovenskej nížiny v modelových výrobných-ekonomických podmienkach.

## MATERIÁL A METÓDY

Problematika pôdnej heterogenity, rozdielného bioenergetického potenciálu pôdy a potreby uplatnenia diferencovaných sústav hospodárenia na pôde je predmetom dlhodobého záujmu rôznych vedeckých disciplín a výskumných inštitúcií.

Pre naplnenie cieľa sa vychádza najmä z nasledujúcich zdrojov:

- údajovej databázy Výskumného ústavu pôdozvedectva a ochrany pôdy o hlavných pôdnych jednotkách,
- kvantifikácie „pôdno-agronomických asociácií (PAA)“ z pohľadu diferencovaného systému hospodárenia na pôde (podľa pôdnych typov) a vo vzťahu k vodnému režimu (podľa pôdnych druhov) na Východoslovenskej nížine,
- databáz Výskumného ústavu rastlinnej výroby Piešťany, Ústavu agroekológie Michalovce o produkčnej schopnosti vybraných pôdnych typov na Východoslovenskej nížine,
- súpisu Štatistického úradu SR o zberových plochách v rokoch 1999 – 2002,
- verifikovanej výmery poľnohospodársky využívanej pôdy pri prechode na zjednodušený systém priamych platieb (SAPS – Single Area Payment Scheme),
- vývoja vlastných nákladov podľa Výskumného ústavu ekonomiky poľnohospodárstva a potravinárstva SR s prihliadnutím na očakávané zmeny v najbližších rokoch,
- doterajšieho vývoja realizačných cien podľa Štatistického úradu SR a odvodených zo skutočných realizačných cien rastlinných komodít na Východoslovenskej nížine.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Východoslovenská nížina napriek rozdielnym názorom na systém hospodárenia na pôde, realizáciu vodohospodárskych a hydromelioračných opatrení a dosiahnuté výsledky bola a bude typickým poľnohospodárskym ekosystémom. Štruktúra a intenzita poľnohospodárstva vzhľadom na špecifické klimatické, pôdne, hydrologické, vodohospodárske a spoločensko-ekonomické pomery je tu viac ako v iných oblastiach ovplyvňovaná antropogénnymi faktormi limitovanými úrovňou ekonomiky. Svedčí o tom tak vývoj využitia poľnohospodárskeho pôdneho fondu, štruktúry i intenzity poľnohospodárskej výroby. Prehľad o využití poľnohospodárskeho pôdneho fondu na Východoslovenskej nížine v rokoch 1946 – 2004 vrátane výhľadu je zdokumentovaný v tabuľke 1.

Vývoj štruktúry poľnohospodárskeho pôdneho fondu do roku 1980 sa na Východoslovenskej nížine uberal cestou zvyšovania výmery ornej pôdy, viníc a ovocných sádov na úkor trvalých trávnych porastov. Uvedená skutočnosť bola dôsledkom realizovanej rozsiahlej hydromelioračnej výstavby.

Od roku 1980 smeruje vývoj k zníženiu podielu ornej pôdy a k zvýšeniu výmery trvalých trávnych porastov. Uvedené sa realizovalo aj napriek úsiliu štátu pred rokom 1989 zabezpečiť maximálne zornenie poľnohospodárskej pôdy.

Po roku 1989 v štruktúre využitia poľnohospodárskej pôdy možno pozorovať dve tendencie. Prvá súvisí s ďalším znižovaním výmery ornej pôdy a zvyšovaním výmery trvalých trávnych porastov. Súvisí to s postupným zosúladením ponuky a dopytu po poľnohospodárskych produktoch, ale tiež so štátnou podporou zatrávňovania ornej pôdy. Druhá tendencia spočíva v znižovaní využívania poľnohospodárskej pôdy vrátane viníc a sádov vplyvom prehlbujúcej sa insolventnosti agrosektora

a v roku 2004 aj očistením vykazovanej výmery po leteckom snímkovaní v rámci prípravy na podporu hospodárenia podľa pravidiel Spoločnej poľnohospodárskej politiky Európskej únie.

Zberové plochy vykazované Štatistickým úradom SR z roku 2002 na Východoslovenskej nížine predstavujú 93,9 % výmery ornej pôdy, 38,0 % viníc, 42,9 % ovocných sádov a 84,3 % trvalých trávnych porastov evidovaných v katastri nehnuteľností. Výmery verifikované na základe leteckého snímkovania sú pri ornej pôde (126 588 ha) na úrovni Štatistickým úradom SR v posledných rokoch vykazovaných zberových plôch. Pri trvalých trávnych porastoch verifikované výmery predstavujú 81,3 % zberových plôch vykazovaných ŠÚ SR a iba 67,3 % plôch evidovaných v katastri nehnuteľností.

Tab. 1 *Využitie poľnohospodárskeho pôdneho fondu na Východoslovenskej nížine [ha, %]*

Rok	Poľnohospodárska kultúra					
	orná pôda	vinice	záhrady	ovocné sady	trvalé trávne porasty	poľnohospodárska pôda
1946	138 798 65,8	956 0,5	1 471 0,7		69 744 33,0	210 969 100,0
1980	152 259 75,1	3 582 1,8	6 000 3,0	2 023 1,0	38 683 19,1	202 347 100,0
1989	143 532 71,2	3 097 1,5	8 652 4,3	1 408 0,7	44 974 22,3	201 663 100,0
1998	138 344 68,9	2 681 1,3	7 600 3,8	1 124 0,6	51 029 25,4	200 788 100,0
2002	134 408 67,3	2 590 1,3	7 562 3,8	1 346 0,6	53 707 32,5	199 613 100,0
2002*	126 239 69,9	983 0,5	7 562 4,2	578 0,3	45 289 25,1	180 651 100,0
2004	134 953 66,7	2 593 1,3	8 259 4,1	1 556 0,8	54 767 27,1	202 128 100,0
2004*	126 588 76,0	1 906 1,1		1 241 0,8	36 831 22,1	166 566 100,0
Výhľad	123 000 73,8	1 906 1,1		1 241 0,8	40 419 24,3	166 566 100,0

2004\* výmera verifikovanej pôdy (LPIS)

2002\* zberové plochy (Štatistický úrad SR)

Výhľadová výmera pri poľnohospodárskej pôde, viniciach a sadoch rešpektuje výmeru poľnohospodársky využívannej pôdy zdokumentovanú systémom LPIS (Land Parcel Identification System). Pri výhľadovej výmere ornej pôdy je rešpektovaná štruktúra typologicko-produkčných kategórií s tým, že do ornej pôdy bolo zaradených 22 030 ha (41,2 %) z výmery 53 510 ha striedavých polí (tabuľka 2).

Tab. 2 *Výhľadové využívanie poľnohospodárskej pôdy na Východoslovenskej nížine z hľadiska typologicko-produkčných kategórií*

Typologicko-produkčná kategória	Spôsob využitia [ha]			
	orná pôda	trvalé kultúry	trvalé trávne porasty	poľnohospodárska pôda
Potenciálne orne pôdy	100 966	8 830		109 796
Striedavé polia	22 030		31 480	53 510
Trvalé trávne porasty		2 576	33 240	35 816
Spolu	122 996	11 406	64 720	199 122

V snahe rešpektovať pestrosť agroekologických podmienok, ale aj stupeň poznania vplyvu produkčných faktorov v špecifických podmienkach Východoslovenskej nížiny bola poľnohospodárska pôda rozdelená do štyroch pôdno-agronomických asociácií (Rehák a kol., 1997, Lorenčík a kol., 1985). V tabuľke 3 je kvantifikovaná ich výmera pre verifikovanú plochu poľnohospodársky využívaných pôd a predpokladanú výmeru ornej pôdy.

Tab. 3 Výmera pôdno-agronomických asociácií na Východoslovenskej nížine [ha]

Poľnohospodárska kultúra	Pôdno-agronomická asociácia				Spolu
	PAA I.	PAA II.	PAA III.	PAA IV.	
Poľnohospodárska pôda	53 607	29 446	38 952	44 561	166 566
v tom: orná pôda	48 100	18 050	24 500	32 350	123 000
TTP	5 259	11 192	14 160	9 808	40 419
vinice + sady	248	204	292	2 403	3 147

PAA I. tvoria typologicky fluvizeme typické, zrnitostne ľahšie fluvizeme glejové, čiernice, černozeme a hnedozeme. Do PAA II. boli zaradené najmä odvodnené fluvizeme glejové. PAA III. predstavujú zrnitostne najťažšie fluvizeme glejové, čiernice glejové, pseudogleje a gleje. Pôdy okrajových oblastí Východoslovenskej nížiny, ktoré reprezentujú luvizeme, kambizeme, pseudogleje a niektoré ďalšie bonitou a pestovateľskými princípmi gravitujúce k tejto skupine pôd boli zaradené do PAA IV.

Zmeny v trhových podmienkach a vo výrobnnej základni, ku ktorým u nás došlo za ostatných 15 rokov a vplyv trhových ekonomických podmienok po vstupe SR do Európskej únie vyžadujú uskutočniť zásadné štrukturálne a intenzifikačné opatrenia. Pre štrukturálne zmeny sú podkladom plošné a produkčné kvóty rastlinnej výroby pre Slovensko. Zastúpenie navrhovaných výmer plodín podliehajúcich kvótam za Východoslovenskú nížinu (94 400 ha) je o niečo vyššie (o 0,52 %) ako je podiel ornej pôdy Východoslovenskej nížiny na ornej pôde SR (tabuľka 4). Je to výlučne z dôvodu navrhovaného zastúpenia olejní 12,78 % z garantovanej výmery pre SR.

Tab. 4 Porovnanie zberových plôch na Východoslovenskej nížine s navrhovanými v zmysle plošných kvót [ha]

Plodina	Hustosiate obilniny	Kukurica	Obilniny spolu	Strukoviny spolu	Olejniny spolu	Plošné kvóty	Plodiny na o.p. spolu
Zberové plochy 1999 – 2002	59 404	10 717	70 121	2 173	26 437	98 641	125 223
Navrhovaná výmera	57 000	10 000	67 000	4 400	23 000	94 400	123 000
Rozdiel	- 2 404	- 717	-3 121	+ 2 227	- 3 347	- 4 242	- 2 223

Dosiahnutie programovanej intenzity rastlinnej výroby (intenzívne obrábanie) je podmienené adekvátnymi vkladmi do základnej agrotechniky, biologického materiálu, výživy a ochrany rastlín, optimálneho zberu a pozberovej úpravy (tabuľka 5). Je viac ako pravdepodobné, že dlhodobu krajne nepriaznivú finančnú situáciu väčšiny agropodnikateľských subjektov na Východoslovenskej nížine sa v krátkodobom časovom horizonte zásadne nezmení. Preto bol vypracovaný aj druhý variant (tzv. environmentálna schéma), ktorá sa od predchádzajúceho variantu líši len nižšími hektárovými úrodami a s veľkou pravdepodobnosťou bude zodpovedať reálnemu stavu na Východoslovenskej nížine v najbližších rokoch.

V snahe čo najviac namodelovať možné situácie bola ekonomika poľnohospodárskej výroby spracovaná pre každú pôdno-agronomickú asociáciu v nasledovných variantoch:

1. s intenzívnym obrábaním pôdy a programovanými realizačnými cenami rastlinných komodít,
2. s intenzívnym obrábaním pôdy a realizačnými cenami rastlinných komodít, odvodenými zo skutočných po žatve v roku 2004 na Východoslovenskej nížine,
3. s minimálnymi intenzifikačnými vkladmi do rastlinnej výroby (tzv. environmentálna schéma) a s programovanými realizačnými cenami rastlinných výrobkov,
4. s minimálnymi intenzifikačnými vkladmi do rastlinnej výroby (tzv. environmentálna schéma) a realizačnými cenami rastlinných komodít, odvodenými zo skutočných po žatve v roku 2004 na Východoslovenskej nížine.

Tab. 5 Porovnanie úrodového potenciálu pôdno-agronomických asociácií na Východoslovenskej nížine [t.ha<sup>-1</sup>]

Plodina	Intenzívne hospodárenie					Environmentálna schéma				
	PAA I.	PAA II.	PAA III.	PAA IV.	Spolu	PAA I.	PAA II.	PAA III.	PAA IV.	Spolu
Pšenica ozimná	5,55	5,15	4,80	3,70	4,81	3,60	3,35	3,10	2,40	3,12
Jačmeň jarný	5,20	4,60	4,50	3,50	4,51	3,60	3,30	3,10	2,40	3,13
Hustosiace obilniny	5,43	4,93	4,67	3,60	4,63	3,60	3,30	3,07	2,38	3,07
Kukurica na zrno	5,50	5,30	4,80	3,70	5,00	4,40	4,10	3,70	2,35	3,84
Obilniny spolu	5,45	4,99	4,68	3,61	4,69	3,75	3,44	3,16	2,38	3,18
Strukoviny spolu	2,41	2,36	2,15	1,70	2,21	1,77	1,60	1,50	1,20	1,57
Slnčnica	2,20	2,20	2,20	2,00	2,17	1,50	1,50	1,50	1,20	1,46
Repka ozimná	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
Sója	2,20	2,20	2,20	2,00	2,17	1,80	1,80	1,80	1,60	1,77

V tabuľke 6 sú uvedené kalkulácie ekonomickej efektívnosti výkonov rastlinnej výroby vo variantoch 1 a 4.

Tab. 6 Ekonomika rastlinnej výroby na Východoslovenskej nížine

Ukazovateľ	M. j.	Intenzívne obrábanie – programované realizačné ceny					Environmentálna schéma – realizačné ceny odvodené od roku 2004				
		PAA I.	PAA II.	PAA III.	PAA IV.	VSN spolu	PAA I.	PAA II.	PAA III.	PAA IV.	VSN spolu
Produkcia	mil. Sk	1 059	324	460	678	2 529	923	271	380	565	2 138
Náklady	mil. Sk	1 062	325	462	679	2 528	926	272	381	566	2 145
Predaj	mil. Sk	851	221	339	522	1 934	707	167	254	403	1 530
Tržby	mil. Sk	879	211	310	382	1 782	643	126	182	236	1 187
Hospodársky výsl.	mil. Sk	25	-11	-31	-141	-158	-67	-42	-72	-169	-350
Miera rentability	%	2,3	-3,4	-6,6	-20,8	-6,3	-7,2	-15,4	-19,0	-29,8	-16,3
Priame platby	mil. Sk	255	61	90	111	518	238	47	68	87	439
Hospodársky výsledok vrátane priamych platieb	mil. Sk	280	50	59	-30	360	171	5	-5	-81	90
Miera rentability	%	26,4	15,5	12,9	-4,4	14,2	18,5	1,8	-1,3	-14,4	4,2
Podpora LFA	mil. Sk	78	19	28	34	159	73	14	21	27	135
Hospodársky výsledok vrátane LFA	mil. Sk	358	69	87	4	519	244	19	16	-5,5	224
Miera rentability	%	33,7	21,3	18,9	0,6	20,5	26,4	7,1	4,1	-9,6	10,5

Z kalkulácií ekonomickej efektívnosti výkonov rastlinnej výroby vo variante intenzívne obrábanie s programovanými realizačnými cenami vidieť, že bez dotácií má kladnú mieru rentability 2,3 % iba PAA I. a za celú Východoslovenskú nížinu je záporná miera rentability -6,3 %. Pri započítaní priamych platieb na úrovni 35 % z Európskej únie a 30 % národný doplatok zostáva záporná miera rentability len v PAA IV. a za celú Východoslovenskú nížinu je kladná miera rentability 14,2 %. Vráťane podpory znevýhodnených oblastí pri priemernej sadzbe 1 418 Sk.ha<sup>-1</sup> miera rentability sa pohybuje od 0,6 % v PAA IV. až 33,7 % v PAA I. a za celú Východoslovenskú nížinu dosahuje 20,5 %.

Variant environmentálna schéma s realizačnými cenami odvodenými od realizačných cien za Východoslovenskú nížinu v roku 2004 modeluje situáciu, ktorá podľa súčasných poznatkov najviac vystihuje stav, ktorý sa na Východoslovenskej nížine bude v najbližších rokoch vyskytovať. Vyplýva to najmä z chronického nedostatku prostriedkov na intenzifikáciu i z cien, ktoré sú výrobcom za produkty poskytované. Bez dotácií v tomto prípade sa ani v jednej PAA nedosiahne kladný hospodársky výsledok a za celú Východoslovenskú nížinu je záporná miera rentability – 16,3 %. Priame platby na úrovni predchádzajúceho variantu zabezpečia kladnú mieru rentability iba v PAA I. a II. a za celú Východoslovenskú nížinu na úrovni 4,2 %. Aj po započítaní podpory LFA (znevýhodnené oblasti) zostáva rastlinná výroba v PAA IV. stratová a za celú Východoslovenskú nížinu dosahuje 10,5 %.

## ZÁVER

V príspevku je prezentovaný produkčný a ekonomický potenciál pôd Východoslovenskej nížiny pri rešpektovaní daností agroekologických podmienok, súčasného stavu využívania a modelových výrobných a ekonomických podmienok.

Kalkulácie ekonomickej efektívnosti rastlinnej výroby poukazujú na značnú diferencovanosť miery rentability v závislosti od pôdných podmienok a stupňa intenzity hospodárenia na pôde. Bez dotačnej podpory je kladnú mieru rentability možné dosiahnuť iba v I. pôdno-agronomickej asociácii, teda na najúrodnejších pôdach Východoslovenskej nížiny. Za Východoslovenskú nížinu ako celok je možné úspešne hospodáriť a realizovať rozvojové programy na pôde len pri účinnej dotačnej podpore.

## LITERATÚRA

- Džatko, M. a kol., 1979: Kategorizácia PEJ z hľadiska pestovateľských prostriedkov pre hlavné plodiny: Záverečná správa. Bratislava: VÚPVR, 1979, 43 s.
- Džatko, M., Dubovcová, M., 1975: Hodnotenie vhodnosti pôdno-ekologických podmienok pre pestovanie poľnohospodárskych plodín a kultúr: Záverečná správa. Bratislava: VÚPVR, 1985, 32 s.
- Hronec, O., 2000. Přírodní zdroje. Košice: Royal Unicorn, 2000, 235 s.
- Klečka, M., Korbíni, J., 1975: Ekonomická charakteristika přírodních oblastí ČSR a SSR: Záverečná zpráva. Praha: VÚEZV, 1975, 130 s.
- Mati, R., Žatkovič, J., 2005: Vyhodnotenie a aktualizácia koncepcie rozvoja poľnohospodárstva na Východoslovenskej nížine. Michalovce: VÚRV Piešťany, ÚAe Michalovce, 2005, 31 s. ISBN 80-88790-37-9.
- Vilček, J., 1998: Interpretácia bonitácie pôd na Východoslovenskej nížine. In: Trvalo udržateľný rozvoj poľnohospodárskej výroby na regionálnej úrovni – 1. diel. Michalovce: OVÚA, 1998, s. 207-212.
- Vilček, J. a kol., 1999: Pôdnoekologické parametre usporiadania a využívania poľnohospodárskej krajiny: Záverečná správa. Bratislava: VÚPOP, 1999, 113 s.
- Vilček, J., 2001: Produkčný potenciál Východoslovenskej nížiny z hľadiska produkčného, environmentálneho a ekonomického – 1. diel. Michalovce: OVÚA, 2001, s.110 – 114. ISBN 80-968630-6-1.

# ZMENY VÝŠKY POVRCHU PÔDY POD PORASTOM OZIMNEJ REPKY – INDIKÁTOR VODNEJ ERÓZIE PÔDY

## Altitude changes of soil surface under Swedish turnip crop – a water soil erosion indicator

Martina MIKUŠOVÁ, Jaroslav ANTAL

*Katedra biometeorológie a hydrológie, SPU Nitra, Hospodárska 7, 949 76 Nitra, SR*

[Jaroslav.Antal@uniag.sk](mailto:Jaroslav.Antal@uniag.sk)

### Abstrakt

Príspevok je prezentáciou aplikácie metódy merania intenzity vodnej erózie, založenej na princípe merania výškových zmien povrchu pôdy pomocou tzv. „erodomerných valcov“. Zmeny povrchu pôdy sa zisťujú na základe rozdielov úrovne pôdy vo vnútri a v okolí valcov, osadených v rôznych častiach svahu. V roku 2004 sme pomocou uvedenej metódy realizovali merania zmeny výšky povrchu pôdy v poraste ozimnej repky, doplnené o meranie výšky porastu a úhrnu zrážok za sledované obdobie, na poľnohospodárskej pôde Vysokoškolského poľnohospodárskeho podniku, Kolíňany (SPU v Nitre). Z analýzy výsledkov vyplýva, že na záujmovej ploche došlo v období od 15. 3. 2004 do 30. 6. 2004 k výskytu plošných foriem erózie. So stúpajúcou výškou zrážkového úhrnu na väčšine odmerných miest prevládal odnos pôdneho materiálu do nižších častí svahu a ani výška porastu tento fakt neovplyvňovala. Intenzita procesu vodnej erózie bola v obdobiach s nižším úhrnom zrážok nižšia. Erodovaný materiál bol akumulovaný po celej dĺžke svahu, t.j. jeho transport prebiehal na krátke vzdialenosti. Na všetkých odmerných miestach výška zmeny povrchu pôdy v tom ktorom časovom období bola priamoúmerná výške porastu. Výsledky meraní potvrdili, že zapojenie porastu je, spolu so zrážkami, jedným z najdôležitejších činiteľov, ktoré spoločne ovplyvňujú intenzitu erózie.

**Kľúčové slová:** zmena výšky povrchu pôdy, zrážky, porast, intenzita erózie

### Abstract

The article is presentation of application of water erosion intensity measurement method. This method is created on the principle of altitude changes measuring of soil surface by erodometer rollers. The soil surface changes are investigated on the basic of soil level differences inside and in the surrounding of cylinders that are stocked on the different slope parts. In 2004 we have realized the altitude changes of soil surface measurements in overgrowth of Swedish turnip. It was completed by overgrowth altitude and precipitation amount measuring on agricultural farm in Kolinany (the farm of Slovak agricultural University). From the results of analyses it follows on that on the interest area was observed occurrence of surface erosion forms during the period from 15. 3. 2004 to 30. 6. 2004. With rise of precipitation amount on the most of measurement places soil material loss and his transport to the lower slope parts was dominated. Overgrows altitude didn't affect this fact either. The intensity of soil erosion was in the periods with lower precipitation amount also lower. Eroded material was accumulated on the whole slope length; i.e. his transport was running on the short distances. On the all-measuring places, in the individual time periods, the change of soil surface altitude was continual proportional to overgrowth altitude. The results of measurements confirmed, that overgrowth connection, in conjunction with precipitation, is one of the most important factors that influences erosion intensity.

**Key words:** altitude change of soil surface, precipitation, vegetation erosion intensity

## ÚVOD

Cieľom akéhokoľvek výskumu je získať čo najpresnejšie poznatky o charaktere, vývoji a rozšírení konkrétneho javu, s následnou aplikáciou týchto informácií v praxi. Na tomto princípe sa zakladá aj výskum a monitoring vodnej erózie, ktorý je nevyhnutný pre realizáciu vhodnej protieróznej ochrany. Hoci problematike vodnej erózie sa venujú viacerí odborníci už niekoľko desaťročí, zavádzanie protieróznych opatrení v praxi neustále stagnuje a je skôr výnimkou ako pravidlom. Navyše zhoršené ekonomické podmienky ešte zúžili výber využiteľných protieróznych opatrení a zmena tohto stavu je v časovom horizonte nasledujúceho desaťročia málo pravdepodobná. Jedným z hlavných dôvodov uvedeného stavu môže byť vysoká odborná náročnosť a zdĺhavosť posúdenia intenzity erózie, predovšetkým v prevádzkových poľnohospodárskych podmienkach. Dovtedy kým sa dosiahne lepší stav, je hlavnou úlohou získať komplexné poznatky o charaktere, miere a rozšírení erózie, ktoré budú dostatočnou poznatkovou bázou pre rýchle a účinné zavádzanie protieróznej ochrany do praxe.

K štúdiu mechanizmu vodnej erózie možno pristupovať z dvoch strán. Jednou možnosťou je vychádzať zo všeobecných fyzikálnych zákonitostí hydromechaniky odvodených a overených v laboratórnych podmienkach. Tento spôsob vedie k snahe odvodiť exaktné rovnice berúc do úvahy celý rad parametrov. Ich využitie v praxi je však limitované dostupnosťou vstupných údajov, keďže ide o veličiny, ktoré nie sú bežne merané. Tieto rovnice preto slúžia zatiaľ skôr ako teoretický základ.

Druhá možnosť je vychádzať z obmedzeného množstva ľahko dostupných údajov, napríklad charakteristík dažďa meraných v teréne, základných vlastností pôdy a reliéfu a odvodiť na ich základe zjednodušené empirické vzťahy. Takýto prístup poskytuje zjednodušené praktické riešenie. Vzhľadom na doterajší stav poznania erózných procesov empirický prístup prevažuje. Empirické vzorce nesú v sebe riziko obmedzenej platnosti pre určité podmienky a značnú štatistickú chybu, najmä ak sú použité v podmienkach odlišných od tých, v ktorých boli odvodené. Neumožňujú úplné postihnutie erózného procesu, ale poskytujú jeho jednoduché vyjadrenie, vhodné pre praktické využitie.

Jednou z metód zisťovania intenzity vodnej erózie, z obmedzeného množstva ľahko dostupných údajov, sú nivelačné metódy. Tieto metódy stanovujú intenzitu erózie podľa výškových zmien povrchu pôdy. Rozdeľujeme ich na ambulantné a stacionárne.

Ambulantný spôsob nivelácie povrchu pôdy (mikroreliéfu) sa používa tam, kde je možné pomocou etalónu (t.j. miest nepostihnutých eróziou) určiť pôvodnú výšku povrchu pôdy. Výhodou tejto metódy je, že pomocou nej možno rýchlo zistiť eróziu.

Stacionárny spôsob nivelácie zisťuje výškové zmeny mikroreliéfu opakovanou mikroniveláciou, pričom sa za výškový základ berie sieť stálych, pevne fixovaných bodov – repérov. Výhoda metódy je v tom, že nie je potrebný etalón. Stacionárna nivelácia sa používa najmä na neobrábaných pôdach a na obrábaných tam, kde nie je známy etalón. Za repéry sa používajú buď trvalé značky na kameňoch, elektrických stĺpoch, budovách a pod. Na obrábaných pôdach ich je možné obnovovať niveláciou (Zachar, 1970). Výškové zmeny sa môžu merať nivelačnou latou, nivelačným prístrojom alebo oceľovou ihlou. V našich podmienkach použil mikronivelačnú metódu na stanovenie intenzity erózie na ornej pôde Šimonides (1994 a 1999).

V roku 2002 boli pravdepodobne prvýkrát na Slovensku použité na meranie výškových zmien povrchu pôdy tzv. erodomerné flaše, neskôr erodomerné valce (Antal, 2002). Metóda tzv. „erodomerných valcov“ bola u nás použitá v roku 2003. Táto dostupná a jednoduchá metóda používaná na meranie výškových zmien povrchu pôdy, je založená na princípe osadenia jednoduchého otvoreného (používajú sa aj uzatvorené) valca do pôdy. Výhodou tejto metódy je jednoduchosť merania.

Cieľom príspevku je analýza údajov nameraných v roku 2004 pomocou tzv. „erodomerných valcov“ v konkrétnych prevádzkových podmienkach VPP, s.r.o., Koliňany (Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre). Konkrétnym cieľom je stanovenie vývoja intenzity vodnej erózie a to na základe vzájomného posúdenia zmien výšky povrchu pôdy, výšky porastu a úhrnu zrážok spadnutých medzi meraniami.

## MATERIÁL A METÓDY

Monitoring vodnej erózie pôdy, konkrétne meranie intenzity vodnej erózie pomocou erodomerných valcov sa uskutočnilo vo Vysokoškolskom poľnohospodárskom podniku Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre, so sídlom v Koliňanoch.

### **Charakteristika územia**

Záujmové územie sa nachádza na juhozápadnom Slovensku, v Nitrianskom kraji, v katastri obce Koliňany kde sa úrodná rovina Podunajskej nížiny začína mierne dvíhať do vrchov Tríbeča. Územie leží približne 10 km severovýchodne od krajského mesta Nitra.

Merania boli realizované na pôdnom celku č. 26, s miestnym názvom „Nad rybníkom“, ktorý sa nachádza v extraviláne obce Koliňany, na pravom brehu vodnej nádrže a zároveň na pravom brehu upraveného vodného toku Bocegaj. Pôdny celok je obhospodarovaný Vysokoškolským poľnohospodárskym podnikom – závod Koliňany a je rozdelený na dva hony. V roku 2004 bola na sledovanom pôdnom celku – na hone A pestovaná tekvica, na hone B ozimná repka. Záujmová plocha na ktorej sme odčítavali zmenu výšky povrchu pôdy zahŕňa celkom dve HPJ: hnedozem pseudoglejovú, ťažkú a hnedozem pseudoglejovú, stredne ťažkú.

### **Charakteristika erodomerných valcov**

Zariadenia umiestnené na poľnohospodárskej pôde za účelom merania zmien povrchu pôdy vplyvom pôsobenia vodnej erózie. Sú to buď uzatvorené erodomerné fľaše zatlačené do pôdneho povrchu, alebo konštrukčne jednoduché valce zostrojené z PET fliaš alebo z PVC rúr. Môžu byť kryté (pomocou odoberateľného dreveného vrchnáka) alebo otvorené. Zmeny povrchu pôdy zisťujeme na základe rozdielov úrovne pôdy vo vnútri a v okolí valcov (Hudson, 1993).

Na meranie zmeny výšky povrchu pôdy na záujmovej ploche sme použili tzv. „otvorené erodomerné valce“ (obr. 1). Erodomerné valce boli 20 cm vysoké plastové rúry s priemerom 25 cm. Pri inštalácii valcov do terénu, sme zatlačali do zeme približne polovicu ich dĺžky. Pri inštalácii týchto valcov do pôdy bolo dôležité vystihnúť vhodný vlhkostný stav pôdy, aby sme predišli nadmernému zatlačeniu pôdy v okolí valcov.

Obr. 1 Erodomerný valec – otvorený



### **Postup odčítania zmeny výšky povrchu pôdy**

Meranie zmien výšky povrchu pôdy sme uskutočnili v poraste ozimnej repky, celkom na 4 odmerných miestach, umiestnených 45 m, 30 m, 20 m a 10 m kolmo na os svahu, ktorou je okraj honu a vo vzájomnej vzdialenosti 150 m. Odmerné miesto (ďalej OM) 1 je umiestnené v konkávnej, spodnej časti pôdneho celku č. 26, v blízkosti údolnice. OM 2, 3, 4 boli umiestnené na svahu vo vzdialenosti 150, 300 a 450 m od OM 1. Odmerné miesto 4 sa nachádza v hornej, konvexnej časti svahu, v blízkosti rozvodnice. Takýmto rozmiestnením monitorovacích miest sme sa snažili dosiahnuť stav, aby sa jednotlivé monitorovacie miesta a monitorovacie zariadenia navzájom neovplyvňovali.

Metodika merania bola vždy rovnaká. Merali sme výšku vnútorných a vonkajších stien valca od povrchu pôdy a to na štyroch miestach (umiestnených do kríža: v pravo, v ľavo, hore a dolu vzhľadom

ku kolmici na svah). Merania v poraste boli uskutočnené v rôznych termínoch (tab. 1). Prvý tesne po výseve, posledný tesne pred zberom pestovanej plodiny.

Tab. 1 *Prehľad termínov meraní, výšky porastu Ozimnej repky a úhrnu zrážok medzi nimi resp. termínmi merania*

Termíny merania	Výška porastu	Úhrn zrážok v období medzi meraniami
15. 3. 2004	5 cm	0,0 mm
14. 4. 2004	10 cm	58,0 mm
14. 5. 2004	25 cm	24,0 mm
10. 6. 2004	100 cm	73,6 mm
30. 6. 2004	150 cm	47,7 mm

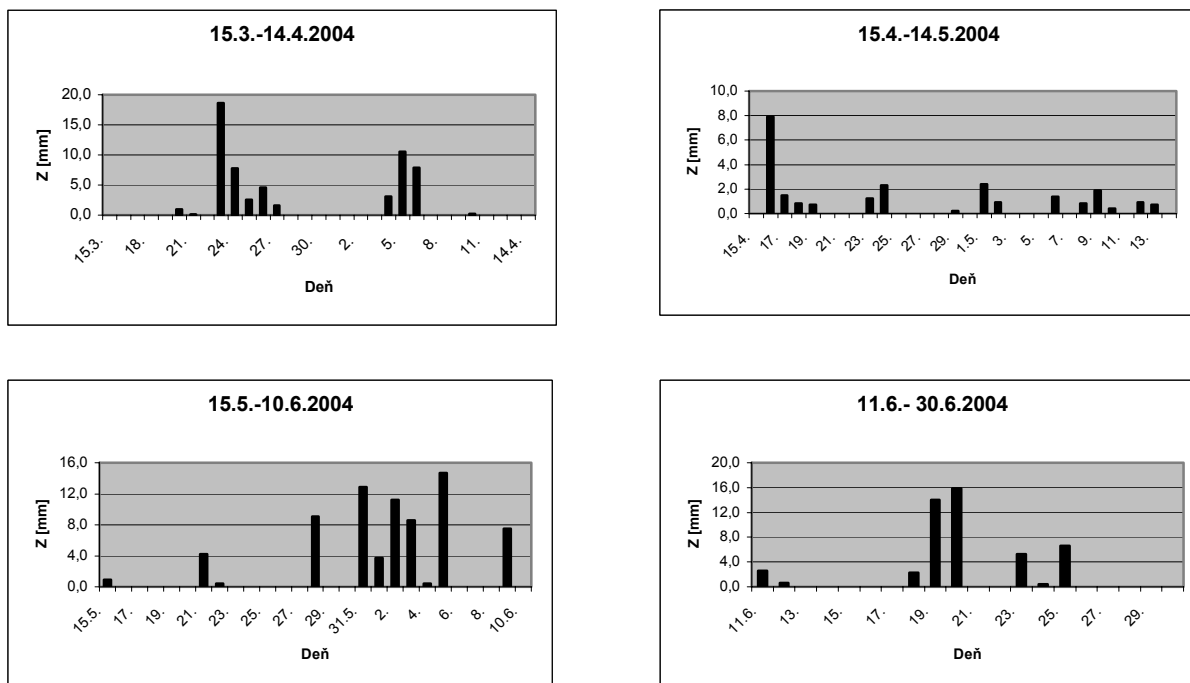
## VÝSLEDKY

Terénnym prieskumom záujmovej plochy sme nezistili na sledovanom hone vznik jarčekovej, brázdovej ani výmoľovej erózie. Existenciu plošnej formy vodnej erózie dokumentujú nánosy erodovanej pôdy v spodnej časti vyšetrovaného územia, ktorú potvrdíme na základe nižšie uvedených výsledkov.

Pokus „Meranie intenzity vodnej erózie pomocou erodomerných valcov“ bol v poraste ozimnej repky zahájený dňa 15. 3. 2004. Namerané hodnoty výšky valcov v rôznych meračských termínoch sú uvedené v tab. 2. V tabuľke je zo štyroch meračských miest valca vypočítaná priemerná hodnota rozdielov výšky povrchu pôdy nameraných na vnútornej a vonkajšej strane valca.

Vývoj zmeny výšky na OM 1 nám kopíruje úhrn zrážok spadnutých na záujmovú plochu.

Obr. 2 *Prehľad denných úhrnov zrážok v sledovaných obdobiach*



V obdobiach, keď bol úhrn zrážok väčší (15. 3. 2004 – 14. 4. 2004, 14. 5. 2004 – 10. 6. 2004), to znamená že sa vyskytli pravdepodobne zrážky výraznejšie ovplyvňujúce procesy plošnej vodnej erózie, z OM 1 bola povrchová vrstva pôdy odnesená do nižších častí svahu, pravdepodobne až k údolnici. Naopak v obdobiach, keď úhrn zrážok nebol vysoký, na OM 1, ktorý je v dolnej, konkávnej časti svahu došlo k usadzovaniu materiálu, ktorý sa sem dostal z vyššie položených častí honu.

Vývoj priebehu plošnej erózie na svahu je úzko spätý aj s terénnymi podmienkami toho ktorého odmerného miesta. OM 2 aj 3 sa nachádzajú v svahovej oblasti, kde by mal prevyšovať erózný splach pôdnych častíc. Avšak trend vývoja plošnej erózie na OM 2 je zrkadlový s trendom jej vývoja na OM 3. To pravdepodobne znamená, že keď došlo k odnosu pôdnych častíc z OM 3, zároveň došlo k ich sedimentácii na OM 2. Naopak, ak na OM 3 dochádzalo k sedimentácii, odnos povrchových častíc pôdy bol prítomný v druhej štvrtine výšky honu (do OM 2) smerom od údolnice.

Tab. 2 *Namerané hodnoty výšky valcov nad povrchom pôdy v poraste ozimnej repky*

OM	Termín	V pravo [cm]			V ľavo [cm]			Hore [cm]			Dole [cm]			Priemer	Zmena	Proces
		von	dnu	rozdiel	von	dnu	rozdiel	von	dnu	rozdiel	von	dnu	rozdiel	rozdielov	[cm]	
1.	15.3.04	8,0	8,9	- 0,9	8,2	9,6	- 1,4	9,0	9,0	0,0	9,2	10,3	- 1,1	- 0,85		
	14.4.04	8,1	9,2	- 1,1	8,6	9,2	- 0,6	9,2	9,1	0,1	9,8	10,5	- 0,7	- 0,58	- 0,28	odnos
	14.5.04	6,1	7,3	- 1,2	8,4	9,5	- 1,1	6,6	7,8	- 1,2	10,4	9,8	0,6	- 0,73	0,15	sedimentácia
	10.6.04	6,0	7,4	- 1,4	8,4	9,4	- 1,0	6,8	7,6	- 0,8	10,3	9,8	0,5	- 0,68	- 0,05	odnos
	30.6.04	6,3	8,0	- 1,7	8,6	9,6	- 1,0	7,0	7,1	- 0,1	8,9	9,6	- 0,7	- 0,88	0,20	sedimentácia

OM	Termín	V pravo [cm]			V ľavo [cm]			Hore [cm]			Dole [cm]			Priemer	Zmena	Proces
		von	dnu	rozdiel	von	dnu	rozdiel	von	dnu	rozdiel	von	dnu	rozdiel	rozdielov	[cm]	
2.	15.3.04	9,6	9,5	0,1	10,0	10,2	- 0,2	9,5	9,6	- 0,1	10,1	10,4	- 0,3	- 0,13		
	14.4.04	10,1	9,7	0,4	9,8	10,7	- 0,9	9,8	10,1	- 0,3	10,0	10,5	- 0,5	- 0,33	0,20	sedimentácia
	14.5.04	10,0	8,9	1,1	10,1	10,4	- 0,3	8,8	9,5	- 0,7	10,6	10,2	0,4	0,13	- 0,45	odnos
	10.6.04	10,6	8,9	1,7	10,2	10,3	- 0,1	8,7	9,0	- 0,3	10,9	10,4	0,5	0,45	- 0,33	odnos
	30.6.04	10,3	9,2	1,1	10,3	10,6	- 0,3	8,8	9,9	- 1,1	10,8	10,4	0,4	0,03	0,43	sedimentácia

OM	Termín	V pravo [cm]			V ľavo [cm]			Hore [cm]			Dole [cm]			Priemer	Zmena	Proces
		von	dnu	rozdiel	von	dnu	rozdiel	von	dnu	rozdiel	von	dnu	rozdiel	rozdielov	[cm]	
3.	15.3.04	9,7	9,1	0,6	9,8	9,5	0,3	9,5	9,9	- 0,4	9,8	9,7	0,1	0,15		
	14.4.04	10,1	9,1	1,0	9,6	9,7	- 0,1	10,2	10,0	0,2	9,9	9,4	0,5	0,40	- 0,25	odnos
	14.5.04	10,0	9,4	0,6	10,0	10,0	0,0	7,6	8,6	- 1,0	8,0	8,0	0,0	- 0,10	0,50	sedimentácia
	10.6.04	10,1	9,9	0,2	9,7	9,6	0,1	9,4	10,2	- 0,8	9,8	10,0	- 0,2	- 0,18	0,08	sedimentácia
	30.6.04	9,9	9,1	0,8	10,0	9,9	0,1	9,1	10,1	- 1,0	10,7	9,9	0,8	0,18	- 0,35	odnos

OM	Termín	V pravo [cm]			V ľavo [cm]			Hore [cm]			Dole [cm]			Priemer	Zmena	Proces
		von	dnu	rozdiel	von	dnu	rozdiel	von	dnu	rozdiel	von	dnu	rozdiel	rozdielov	[cm]	
4.	15.3.04	9,7	8,4	1,3	9,1	9,5	-0,4	10,1	8,5	1,6	10,0	9,3	0,7	0,80		
	14.4.04	7,8	7,5	0,3	6,1	6,9	-0,8	6,6	6,6	0,0	8,1	8,2	-0,1	-0,15	0,95	sedimentácia
	14.5.04	10,0	10,2	-0,2	10,2	11,0	-0,8	10,1	10,7	-0,6	9,9	10,0	-0,1	-0,43	0,28	sedimentácia
	10.6.04	10,3	10,8	-0,5	10,8	11,2	-0,4	11,0	10,9	0,1	10,1	10,1	0,0	-0,20	-0,23	odnos
	30.6.04	10,2	10,8	-0,6	10,7	11,3	-0,6	10,5	11,1	-0,6	10,1	10,3	-0,2	-0,50	0,30	sedimentácia

Do 14. 4. 2004, kedy bol porast ozimnej repky nižší a keď úhrn zrážok bol 58,0 mm, erózia spôsobovala odnos pôdy z OM 3. V máji a júni, kedy bol porast repky vyšší (od 25 – 100 cm) a tvoril hustý porast, dochádzalo na OM 3 k procesu sedimentácie. Dňa 30. 6. 2004, kedy bolo urobené posledné meranie, bol na OM 3 nameraný odnos pôdy, čo vzhľadom k úhrnu zrážok (47,7 mm) a vzhľadom k tomu, že OM 3 je situované v najstrmšej časti svahu, sme očakávali.

Z hodnôt uvedených v tab. 2 vyplýva, že na OM 4 situovanom v blízkosti rozvodnice, prevažoval proces sedimentácie po každom meračskom období, okrem 10. 6. 2004, kedy úhrn zrážok bol oproti predchádzajúcemu meraciemu obdobiu omnoho výdatnejší (73,6 mm), hoci výška porastu bola už

okolo 100 cm. Najvýraznejšia zmena výšky povrchu pôdy na OM 4 však nastala v období od 15. 3. 2004 do 14. 4. 2004, keď sa výška terénu v priemere zvýšila o 0,95 cm. V tomto období bol úhrn zrážok 58,0 mm a výška porastu pomerne nízka, 10 cm.

Celkový pohyb pôdnej hmoty na jednotlivých OM na svahu je nasledovný. Za celé sledované obdobie prevyšuje na OM 1 akumulácia pôdných častíc (0,3 mm), OM 2 odnos pôdy (1,6 mm), na OM 3 odnos pôdy (0,3 mm) a na OM 4 sedimentácia pôdy (13 mm). Na základe tohto monitoringu je vidieť, že na eróziu má vplyv to, ako ďaleko sa nachádza odmerné miesto od rozvodnice, na akom tvare svahu a tiež v akom poraste (druh, výška – zapojenie). Repka vytvára pomerne hustý porast z 15 až 20 rastlinami na m<sup>2</sup>. Podľa výsledkov merania prebiehala v poraste ozimnej repky klasická forma plošnej erózie.

## ZÁVER

Z nameraných hodnôt zmeny výšky povrchu pôdy z roku 2004 na pôdnom celku „Nad rybníkom“ sa nám potvrdila prítomnosť procesu plošnej erózie v poraste ozimnej repky. Na rôznych miestach svahu a v rôznych meračských obdobiach sme zistili, že pôda v nich bola ovplyvnená striedavo procesom akumulácie pôdných častíc (zvýšeniu povrchu terénu) alebo procesom odnosu (zníženiu povrchu terénu).

Zistili sme, že so stúpajúcou výškou zrážkového úhrnu na väčšine odmerných miest prevládal odnos pôdneho materiálu do nižších častí svahu a ani výška porastu tento fakt neovplyvňovala. Dokonca za týchto okolností došlo aj k odnosu pôdných častíc z odmerného miesta 1 (ktoré bolo situované v spodnej konkávnej časti svahu) smerom k údolnici, hoci na tomto mieste sme predpokladali, že nastane vždy akumulácia transportovanej pôdy. Keď zrážkový úhrn nedosahoval za sledované obdobia hodnotu prevyšujúcu 50,0 mm, na väčšine odmerných miest došlo k akumulácii pôdneho materiálu. Z toho usudzujeme, že intenzita procesu vodnej erózie bola v týchto obdobiach nižšia, erodovaný materiál bol usadzovaný po celej dĺžke svahu, čiže jeho transport prebiehal na krátke vzdialenosti.

Za celé sledované obdobie od 15. 3. 2004 do 30. 6. 2004 došlo na OM 1 k akumulácii pôdy (0,3 mm), na OM 2 k odnosu (1,6 mm), na OM 3 k odnosu (0,3 mm), na OM 4 k sedimentácii pôdneho materiálu (13 mm). Na všetkých odmerných miestach výška zmeny povrchu pôdy v tom ktorom časovom období je priamoúmerná výške porastu. Na začiatku monitorovania, keď výška porastu bola malá, dochádzalo k najväčším zmenám výšky povrchu pôdy. Z výsledkov sa nám preto potvrdilo, že zapojenie porastu je spolu so zrážkami jeden z najdôležitejších činiteľov, ktoré spoločne ovplyvňujú intenzitu erózie.

### *Analýza výhod a nevýhod použitej metódy*

Hlavnou výhodou merania metódou tzv. „otvorených erodomerných valcov“ je to, že vzhľadom k rýchlemu zisteniu (odmeraniu) nánosu alebo odnosu z povrchu pôdy môžeme rýchlo zistiť intenzitu erózie. Taktiež výhodou je, že oproti meraniu napr. uzatvorenými erodomernými fľašami môžeme merať po každom daždi a nie len na začiatku a konci monitorovacieho obdobia. Nevýhodou merania pomocou otvorených erodomerných valcov je nižšia presnosť a objektívnosť merania oproti meraniu pomocou erodomerných fľaš. Valce sú otvorené, čiže nemôže byť zabezpečené to, že pri veľkých lejakoch nebude pôda vyplavená von z valca, a tým už meranie nie je až také presné, 1 mm odnos resp. nános znamená 13 – 17 t. ha<sup>-1</sup> odnos alebo nános, (Antal, 2002).

Ďalej k výhodám valcov patrí ľahká dostupnosť materiálu, nenáročná výroba, nízke náklady, ľahká a rýchla montáž a demontáž. Medzi nevýhody patrí skutočnosť, že tieto zariadenia sú často poškodzované alebo aj zničené agrotechnickými zásahmi, hlavne prejazdom mechanizačných prostriedkov.

Na základe vyššie uvedených výsledkov môžeme konštatovať, že otvorené i uzatvorené erodomerné valce sa osvedčili ako vhodné prostriedky na meranie intenzity vodnej erózie a odporúčame ich používať ako základné monitorovacie zariadenia plošnej erózie.

## LITERATÚRA

- Antal, J., 2004: Čiastkový monitorovací systém – geologické faktory: ročná správa. Nitra: SPU, 2004.
- Antal, J., Maceková, M., Štreit, T., 2004: Monitoring vodnej erózie: teória a prax., In: Forest constructions and ameliorations in relation to the natural environment: Collection of papers of international scientific conference, Zvolen 2004 [CD-ROM]. Zvolen: TU, 2004, s. 5.
- Hudson, N. W., 1993: Field measurement of soil erosion and runoff. In: Food and agriculture organization of the United Nation [online]. 1993. Dostupné na internete:  
<<http://www.fao.org/docrep/T0848E/T0848E00.htm>
- Zachar, D., 1970: Erózia pôdy, Bratislava: SAV. 1970.

# DYNAMIKA LESNÝCH FYTOCENÓZ V ZMENENÝCH EKOLOGICKÝCH PODMIENKACH

## Dynamics of the forest phytocoenoses in changed ecological conditions

Juraj NIČ

*Katedra fytoológie, Lesnícka fakulta, Technická univerzita, Masarykova 24, 960 53 Zvolen, SR*  
[nic@vsld.tuzvo.sk](mailto:nic@vsld.tuzvo.sk)

### Abstrakt

Primárna produkcia nadzemnej biomasy bylinnej vrstvy sa sledovala na transekte piatich fytocenologických plôch, obnovených po 24 rokoch v r. 2004. Plochy sú situované na severných svahoch Babej hory (severné Slovensko) v nadmorských výškach 862 – 1330 m, zahrňujúcich 5. – 8. vegetačný stupeň. Zmeny v sledovaných rastlinných spoločenstvách sa posudzovali metódou Ellenberga (1992) a indexmi podobnosti podľa Sorensena. Taktiež sa merali fyzikálne a chemické vlastnosti pôdy. Výsledky môžu byť zhrnuté nasledovne: (i) ekologická analýza odhalila výrazné zmeny v primárnej produkcii nadzemnej biomasy vo vzťahu k svetelnému režimu, pôdnej reakcii a obsahu dusíka v pôde, (ii) zmeny v druhovom zložení sa dokázali indexmi podobnosti (podľa Sorensena), (iii) chemické analýzy poukázali na znížený obsah uhlíka a humusu v pôdnych horizontoch, výrazne znížený obsah fosforu a draslíka v najvrchnejšom horizonte, ako aj nepriaznivú kvalitu humusu

**Kľúčové slová:** ekologická analýza, primárna produkcia, pôdna analýza

### Abstract

The primary surface biomass production of herbal layer was studied on a transect of five phytocenological plots, restored after 24 years in 2004. The plots are located on the northern slopes of the Babia hora Mt. (Northern Slovakia), at the altitudes of 862 – 1330 m, involving 5<sup>th</sup> to 8<sup>th</sup> vegetation degree. Changes in the studied plant communities were assessed by the method of Ellenberg (1992) and indices of similarity according to Sorensen. The physical and chemical properties of soil were measured as well. The results can be summarized as follows: (i) the ecological analysis revealed significant changes of the primary surface biomass production in relation to the light regime, soil reaction and the nitrogen content in soil, (ii) the changes in species composition were demonstrated by the similarity indices (according to Sorensen), (iii) the chemical analyses revealed the decreased content of carbon and humus in soil horizons, markedly decreased content of phosphorus and potassium in the top horizon, as well as the unfavourable humus quality.

**Key words:** ecological analysis, primary production, soil analysis

### ÚVOD

Výsledkom vývoja ekosystémov je ich vnútorný a vonkajší prejav. V súčasnosti s prudkým rozvojom civilizácie dochádza však k narušeniu ich integrity, vývoja a zákonitostí. Nastávajú hlavne zmeny v dynamickej štruktúre, čo vyvoláva ekologické poruchy, ktoré majú za následok zánik mnohých spoločenstiev, pričom dochádza k ochudobňovaniu biosféry.

Otázkam lesných ekosystémov sa venovali napr. Falkengren-Grerup (1989), Tyler (1987), Ellenberg Jr. (1985), Thimonier et al. (1992) a iní. Podľa výsledkov týchto autorov na vegetáciu v súčasnej dobe vplývajú navzájom zdanlivo protirečivé fenomény, a to acidifikácia a eutrofizácia. Pri kyslej depozícii priemyselných zdrojov vstupujú do pôd silné kyseliny a acidifikácia prebieha veľmi

rýchlo. Významnú úlohu tu zohráva tlmivá schopnosť lesných pôd. Ulrich (1983) rozlišuje päť tlmivých pásiem pôd podľa špecifických reakcií kyselín s bázami. Jej hlavným, (aj keď nie jediným) kritériom je aktuálna acidita, pH (H<sub>2</sub>O). Táto v priebehu roka kolíše, mení sa aj chemický stav pôd v závislosti na biologickej aktivite koreňov rastlín a pôdných organizmov, ktorý koreluje s chodom počasia. Podľa Ellenberga Jr. (1985) má však acidifikácia sama o sebe menší vplyv na druhové zloženie ekosystémov strednej Európy, ako sa doposiaľ predpokladalo.

Vstupy dusíka atmosférickou depozíciou nie sú zanedbateľné: v priebehu dvoch až desiatich rokov sa na každý štvorcový meter povrchu pôdy dostáva s priemyselnými imisiami množstvo dusíka odpovedajúce plnému poľnohospodárskemu hnojeniu, čo spôsobuje, že vyslovene oligotrofné na na stres tolerantné druhy prestávajú byť schopné konkurencie.

Cieľom práce bolo zhodnotenie vplyvu zmenených ekologických podmienok na druhovú garnitúru podrastového synuziálneho komplexu prirodzených porastov v časovom intervale 24 rokov. Uvedený cieľ je možné zhrnúť do nasledovných bodov:

- a) posúdenie kvalitatívnych a kvantitatívnych zmien v druhovej garnitúre bylinnej synúzie lesných fytocenóz
- b) zhodnotenie zmien podrastového synuziálneho komplexu ekologickou analýzou (Ellenberg 1992) vo vzťahu k najdôležitejším životným faktorom
- c) zistenie primárnej produkcie nadzemných častí synúzie podrastu a posúdenie jej zmien v rámci časového intervalu
- d) posúdenie zmien niektorých pôdných vlastností.

## MATERIÁL A METÓDY

Sledovaný transekt, ktorý bol založený v roku 1980 (Nič, 1982) na severných svahoch Babej hory sa tiahne od bázy svahu (862 m) až po pásmo kosodreviny (1 330 m), tvorí päť trvale fixovaných plôch, ktoré sú v teréne označené ako 1A, 2A, 3A, 4A a 5A. V júni 2004 boli plochy obnovené a v júli toho istého roku sa na nich uskutočnili prvé merania.

Fytocenologické zápisy sa robili podľa metodiky bežne zaužívanej v typologickom prieskume Lesoprojektu, názvy rastlinných druhov sú podľa Dostála (1989), zatriedenie spoločenstiev do lesných typov (lt) sa vykonalo podľa Hančinského (1972). Na základe získaných údajov boli spoločenstvá sledovaných plôch zaradené do nasledovných skupín lesných typov (slt) a lt.

1A – *Fageto-Abietum* nižší stupeň (FA nst) – 5203 živná čučoriedková buková jedlina nst, 2B – *Fageto-Abietum* vyšší stupeň (FA vst) – 6204 živná papradinová buková jedlina vst, 3A – *Acereto-Piceetum* (AcP) – 7401 živná javorová smrečina, 4A – *Sorbeto-Piceetum* (SP) – 7106 živná jarabinová smrečina 5A – *Mughetum acidifilum* (M acid) – 8101 kosodrevina.

Odber nadzemej biomasy bylinnej vrstvy sa uskutočnil metódou priameho odberu (Benko, 1970), ekologická analýza spoločenstiev sa robila z fytocenologických zápisov vyhotovených v rokoch 1980 a 2004 k 6-tim základným životným faktorom (svetlo, teplota, kontinentalita, vlhkosť, pôdna reakcia a obsah dusíka) metódou podľa Ellenberga (1992). Pre každý faktor bolo vypočítané priemerné ekologické číslo ( $\bar{x}$ ), ktoré slúžilo ako hlavný porovnávaci znak.

Na odobraných pôdných vzorkách boli vykonané nasledovné analýzy: stanovenie draslíka (podľa Schachtschabela), fosforu (podľa Egnera), aktívnej a výmennej reakcie pôdy (podľa Tjurina), prístupného dusíka (Kjeldahlovou metódou). Celkové množstvo uhlíka (C<sub>ox</sub>) sa stanovisko podľa Tjurina, pomer C/N výpočtom in Hraško (1962).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Sledované lesné spoločenstvá na založených plochách majú charakter prirodzených lesov. V dolnej časti transektu prevládajú listnaté dreviny (hlavne buk), so zastúpením 60 až 70 %. V strednej časti sú zastúpené ihličnaté dreviny, hlavne smrek (70 – 95 %) s prímiesou jarabiny a hornú časť transektu tvorí porast kosodreviny.

V rámci sledovaného časového intervalu došlo hlavne v spodnej časti transektu k výraznému poklesu zakmenenia z 08 na 05 (plocha 1A), resp. z 09 na 06 (plocha 2A). Súvisí to s chradnutím a odumieraním jedle, ktorá bola v rámci náhodilej ťažby z porastov odstránená. Následkom toho došlo k zvýšeniu zastúpenia buka a uvoľneniu relatívne dokonalého zápoja. Vo vyššej časti transektu bol tiež zaznamenaný pokles hodnôt zakmenenia a zápoja vplyvom odumierania jarabiny.

Fytocenózy nachádzajúce sa v dolnej časti transektu – lt 5203 – (1A) majú nízkobylinný vzhľad, tvorený hlavne druhom *Oxalis acetosella*, ďalej druhmi mezofytnými acidofilnými a bučinovými, pričom na ploche 2A k nim pristupujú subalpínske druhy. Nad týmito plochami sa nachádza zóna s prevahou subalpínskych acidofilných druhov a acidofilných machorastov, ktorá vystupuje až do 8. vegetačného stupňa. Z výsledkov ekologickej analýzy vyplýva, že najnáročnejšie na svetlo sú spoločenstvá lesného typu 8101 (plocha 5A), pri ktorej priemerný ekoindex dosahuje hodnoty 5,4, (tab. 1).

Spoločenstvá v spodnej časti transektu (lesný typ 5203 a 6204) sú na svetlo najmenej náročné, o čom svedčia aj hodnoty ekoindexov pohybujúcich sa v rozpätí 2,88, resp. 2,4.

Vzhľadom ku kontinentalite majú lesné spoločenstvá charakter oceánický až suboceánický, zatiaľ čo fytocenózy hôľneho pásma vyslovene oceánický.

Fytocenózy indikujú na plochách transektu pôdy čerstvo vlhké až vlhké ( $x = 5,9 \text{ } 6,3$ ), výnimku tvorí len lesný typ 8101, ktorý indikuje hodnotou priemerného ekologického čísla 6,7 pôdu vlhkú. Z dlhodobého hľadiska nenastali ani vo vzťahu k tomuto faktoru výrazné zmeny.

Tab. 1 Výsledky ekologickej analýzy základných fytocenóz vyjadrené priemerným ekologickým číslom ( $x$ ) vo vzťahu k jednotlivým faktorom

Slt lt	Plocha	Rok	Faktor $x$						I, %
			Svetlo	Teplota	Kontinentalita	Vlhkosť	Reakcia	Dusík	
FA nst 5203	1A	1980	2,21	4,06	3,35	5,79	3,39	6,27	66
		2004	2,88	4,22	3,24	6,08	3,72	5,98	
FA vst 6204	2A	1980	2,15	3,55	3,17	5,91	4,13	6,43	73
		2004	2,40	3,98	3,19	5,86	3,78	6,26	
AcP 7401	3A	1980	4,17	3,18	3,27	5,93	3,92	5,43	69
		2004	4,22	3,29	3,10	6,18	3,88	5,18	
SP 7106	4A	1980	4,15	3,11	3,28	6,32	3,30	5,49	79
		2004	4,25	3,39	3,05	6,26	3,16	5,44	
M acid 8101	5A	1980	5,25	3,85	3,94	6,48	2,82	3,85	68
		2004	5,43	3,85	3,98	6,65	2,70	3,51	

Najnižšia (rastlinami indikovaná) reakcia pôdy je v lesnom type 8101 (plocha 5A,  $x = 2,7$ ), kde dosahuje hodnoty charakteristické pre kyslé pôdy. Smerom k nižšie položeným plochám transektu hodnota priemerného ekoindexu reakcie stúpa a v lesných typoch 5203 a 6204 dosahuje hodnotu 3,72 resp. 3,78. Tento jav len potvrdzuje fakt, že plochy na hornej hranici lesa a v subalpínskom pásme sú reprezentované druhmi, ktoré znášajú vyššiu pôdnu aciditu.

Čo sa týka obsahu dusíka v pôde, v spodnej časti transektu sa nachádzajú fytocenózy indikujúce pôdy stredne bohaté až bohaté (lt 5203, 6204), stredne bohaté (lt 6204, 7401). Hornú časť transektu tvoria fytocenózy, ktoré indikujú pôdy chudobné na dusík (lt 8101).

Pri analýze pôdy sa vychádzalo predovšetkým z údajov získaných z povrchového horizontu (A). Hodnoty reakcie pôdy sú na jednotlivých plochách rôzne. V rámci transektu sa reakcia pôdy znižuje v poradí od plochy 5A (pH KCl = 3,99) cez 1A, 3A až po plochu 4A, kde pH KCl dosahuje hodnotu 2,73. Tento priebeh hodnôt pôdnej reakcie je ťažko zdôvodniteľný, a je pravdepodobne spôsobený rozdielnou dynamikou rozkladu organickej hmoty, rôznou intenzitou uvoľňovania bázičných kationov z anorganických zložiek pôdy, a tiež intenzitou ich uvoľňovania z humusu.

Cykly živín a tvorba humusu sú podmienené vlastnosťami prostredia, najmä klimatickými podmienkami a vlastnosťami odumierajúcej fytomasy. Od neho závisí forma nadložného humusu. Na plochách 1A, 2A a 3A sa nachádza mullový moder, na ploche 4A kyslý mul a na ploche 5A je mor, ktorý tvorí mozaiku s moderom. Najvyšší obsah pôdneho humusu je na ploche 4A (18,3 %), najnižší na ploche 5A (4,9 %). Na ostatných plochách dosahuje hodnotu približne 10 %.

Humusové formy sa počas 24-ročného intervalu zachovali, poklesol však percentuálny obsah humusu v pôde. Najvýraznejší pokles nastal na ploche 5A, najmenší pokles bol zaznamenaný na ploche 3A. Kvalita humusu, ktorá sa určuje pomerom C/N je na všetkých plochách nepriaznivá.

Vzhľadom na to, že obsah uhlíka v pôde sa stanovuje na základe obsahu humusu, majú aj jeho hodnoty analogický priebeh ako hodnoty humusu.

Na všetkých plochách pozorovaného transektu je zásoba prístupného fosforu nedostatočná a na žiadnej ploche nedosahuje hodnotu  $0,25 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{ g}$ . Podľa Egnerovej stupnice sa pri stredne ťažkých pôdach za nedostatočnú považuje už zásoba menšia ako  $2,2 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{ g}$ , táto stupnica je však podľa Šályho (1991) pre lesné porasty nadsadená. Celkove možno konštatovať, že v rámci časového intervalu došlo na všetkých plochách k výraznému poklesu obsahu fosforu v pôde. Príčina tohto poklesu môže byť spôsobená vzájomnými vzťahmi medzi obsahom prístupného fosforu a reakciou pôdy. V silne kyslých pôdach je minerálny fosfor viazaný ako Al, Fe-fosfát, ktorý sa ťažko rozpúšťa. V mierne kyslých pôdach vznikajú Ca, Al, Fe-fosfáty v premenlivom pomere. Čím je vyššie pH, tým vyšší je podiel Ca-fosfátov, ktoré sú rozpustné a vytvárajú dobrú zásobu.

Podobne ako pri fosfore možno aj pri draslíku v rámci 24-ročného intervalu pozorovať zníženie jeho obsahu v pôde, čo sa prejavilo na plochách 1A, 5A. Je možné z toho dôvodu predpokladať zvýšenú intenzitu vymývania draslíka v dôsledku agresivity prostredia, ktoré sa vplyvom zvetrávania nedokáže úplne kompenzovať. Pri pozorovaní ekosystému je potrebné poznať produkciu biomasy, ako dôležitého ukazovateľa jeho výkonnosti, ktorý je dôležitý hlavne pri sledovaní cyklu živín. Pokles produkcie poukazuje na porušenie rovnováhy ekosystému.

Na plochách nachádzajúcich sa v 5. – 6. vegetačnom stupni bola zistená produkcia biomasy od 37 do  $84 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Tieto spoločenstvá sú charakteristické vysokým zastúpením druhov s malou biomasou, čo je typické pre prechodný rad A/B. Na plochách nachádzajúcich sa v 7. vegetačnom stupni (3A, 4A) bola produkcia biomasy vyššia, od 576 do  $693 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Na tejto produkcii sa najviac podieľajú vysokou tvorbou biomasy druhu *Luzula sylvatica* a *Adenostyles alliariae*. Z dlhodobého hľadiska je produkcia biomasy vyrovnaná. Najvyššia produkcia je na ploche 5A ( $1025 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  – tab. 2), čo je spôsobené hlavne tým, že je tu dostatok slnečného žiarenia a nedochádza tu k výživovej konkurencii drevín. V rámci 24-ročného intervalu došlo k výraznému zníženiu produkcie, ktorá v roku 1980 bola  $2865,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Je možné však predpokladať, že tento výrazný rozdiel spôsobilo aj malé množstvo zrážok počas vegetačného obdobia v roku 2003.

Tab. 2 Produkcia nadzemnej biomasy v  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$

sIt It	Plocha	Rok	
		1980	2004
FA nst 5203	1A	83,6	84,0
FA vst 6204	2A	37,0	59,0
AcP 7401	3A	372,0	693,0
SP 7106	4A	402,0	576,0
M acid 8101	5A	2 865	1 025

## ZÁVER

Získané výsledky potvrdili skutočnosť, že skúmané biocenózy sú pod acidifikačným vplyvom atmosferických depozícií. Prejavuje sa to značným zakysľovaním pôd a zhoršovaním zdravotného stavu porastov.

Na základe získaných výsledkov hodnota priemerného pH pôd sa znížila o 0,69, čo sa výraznejšie prejavilo hlavne u pôd oligotrofných a oligo-mezotrofných geobiocenóz. Zaujímavou sa javí skutočnosť, že rastliny na základe ekologickej analýzy indikujú vyššie hodnoty pH (pH 4,5 – 5,5), ako sú hodnoty pH získané chemickou analýzou pôdy (pH  $\text{H}_2\text{O}$  = 4, pH KCl = 3). Z porovnania indexov podobnosti podľa Sorensena ( $I_s$ ) na jednotlivých plochách za 24-ročné obdobie vyplýva, že

najvýraznejšie zmeny v rastlinných spoločenstvách nastali v lesných typoch 5203 a 8101, kde hodnota indexu 0,66 – 0,68 je veľmi významná. Zhodne s výsledkami Thimonier et al. (1992), Moravca (1993) a i. došlo k ústupu sciofytov a hemisciofytov, niektorých machorastov a acidotolerantných druhov. V geobiocenózach oligotrofného radu A a mezo-oligotrofného radu A/B ustupujú subalpínske druhy (náročnejšie na obsah prístupných živín, resp. dusíka), acidotolerantné, machorasty a niektoré papradiny. Možnosť nástupu nových druhov, ktorým zmenené ekologické podmienky vyhovujú, súvisí do určitej miery od vzdialenosti zdroja ich diaspór a od rýchlosti rozširujúceho činiteľa. Pretože areál výskytu týchto druhov sa nemusí nachádzať v blízkosti skúmaného územia, táto podmienka môže byť splnená až po dlhšom časovom odstupe. Z toho dôvodu bude potrebné aj v ďalších rokoch sledovať zmeny fytocenóz, ako aj ostatné charakteristiky prostredia, aby sa zvýšila reprezentatívnosť výsledkov, a aby bolo možné vyhodnotiť štatisticky jednotlivé závislosti.

Na celom transekte došlo v priebehu 24 rokov k miernemu zvýšeniu priemerného ekoindexu svetla v priemere o 0,3. Tento stav je spôsobený sústavným znižovaním zápoja porastov, jednak antropogénnou činnosťou, ak aj prirodzenou autoredukciou porastov.

Z hľadiska zmien niektorých pôdných vlastností došlo na sledovanom transekte k vzrastu kvality pôdneho humusu, ktorý vzhľadom na orientáciu transektu (sever) ani po presvetlení porastov nemožno pripísať akcelerácii dekompozičných procesov, je tu predpoklad imisného ovplyvnenia (Ružomberok). Hodnoty aktuálnej a výmennej reakcie poklesli. Acidifikácia nadobudla trvalý charakter. Zásoby prístupného draslíka a fosforu väčšinou poklesli, pri draslíku sú slabé, až veľmi slabé, u fosforu často len stopové. Na plochách boli zistené kvalitatívne a kvantitatívne zmeny v drevinovej zložke porastov: zvýšené zastúpenie buka, ústup jedle, zhoršenie zdravotného stavu jarabiny.

*Podakovanie: Práca bola vypracovaná z prostriedkov Grantovej agentúry, granty č. 1016 a 1032.*

## LITERATÚRA

- Benko, J., 1970: Otázky vzťahov lesnej vegetácie k tvorbe povrchových vrstiev pôdy so zvláštnym zreteľom k tvorbe organickej hmoty. KDP, VŠZ LF Brno, 1970, 160 s.
- Dostál, J., 1989: Nová kvetena ČSSR 1,2. Academia, Praha, 1989, 1548 s.
- Ellenberg, H., 1974: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Scriptageobotanica, Gottingen, 1974, 97 s.
- Ellenberg Jr., H., 1985: Veränderungen der Flora Mitteleuropa unter dem Einfluss von Düngung und Immissionen. Schweiz. Z. Forstw., 1985, 163, s. 19-39.
- Ellenberg, H., 1992: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropas. In: Scripta Geobotanica 18. 2. Verbesserte und erweiterte Auflage, D 3400 Göttingen Auflage, 258 s.
- Falkengren-Grerup, U., 1989: Soil acidification and its impact on ground vegetation. Ambio, 18, 1989, č. 3, pp. 179-183.
- Hančinský, L., 1972: Lesné typy Slovenska. Bratislava, Príroda, 1972, 307 s.
- Hraško, J. et al, 1962.: Rozbory pôd. SVPL Bratislava, 1962, 342 s.
- Moravec, J., 1993: Využití geobotanických dat při studiu poškození lesních ekosystému. Studium lesních ekosystému a jejich poškození v ČR, Kostelec n. Č. L., 5. – 7. 4. 1993.
- Nič, J., 1982: Fytocenologický výskum a rastové pomery prirodzených smrečín vo vybraných lesných typoch. (Kandidátska dizertačná práca), VŠLD Zvolen, 1982, 101 s.
- Randuška, D., 1991: Záverečná správa výskumnej úlohy č. A-VIII-6-8, VŠLD Zvolen 1971, 236 s.
- Šály, R.: Pedológia. Učebné texty, VŠLD, Zvolen, 1991. 378 s.
- Thimonier, A, Dupouey, J. L, Timbal, J., 1992: Floristic changes the Lorraine plain under the influence of atmospheric deposition. INRA-CRF, Laboratoire de Phytoécologie, 1992.
- Tyler, G., 1987: Probable effects of soil acidification and nitrogen deposition on the floristic composition of oak (*Quercus robur* L.) forest. Flora, 179, 1987, pp. 165-170.
- Ulrich, B., 1983: Stabilität von Waldökosystemen unter dem Einfluss des Sauren Regens. Allgemeine Forstzeitschrift, 1983, 26/27, s. 670-677.

# ZATRAVNĚOVÁNÍ A ZALESŇOVÁNÍ ZEMĚDĚLSKÉ PŮDY

## Reforestation and turning into grasslands of agricultural land

Pavel NOVÁK

*Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, Žabovřeská 250,  
156 27 Praha 5 – Zbraslav, ČR  
[pnovak@vumop.cz](mailto:pnovak@vumop.cz)*

### Abstrakt

Výběr půd (stanovišť) vhodných pro zatravnění a zalesnění je proveden na základě soustavy Bonitovaných půdně-ekologických jednotek (BPEJ), jejichž pětimístný kód obsahuje všechny požadované informace o stanovišti. Jsou zpracována kritéria výběru: klimatické podmínky, charakter půd se substrátovou příslušností, hloubka půdy a obsah skeletu, zrnitostní složení půd, vzdušný a vodní režim půd, zamokření nebo vysychavost půd, svažítost a expozice. Uváženy jsou i produkční schopnosti půd a specifické podmínky. Pro zalesnění i pro zatravnění jsou definovány vždy dvě varianty (soubory) BPEJ: užší a rozšířená. Ve vazbě na grafickou část bonitačního systému jsou vyčísleny plochy k zatravnění i zalesnění pro okresy a pro celou ČR.

**Klíčová slova:** BPEJ, zatravnění, zalesnění, kriteria výběru

### Abstract

Selection of the area that is suitable for forestation and grassland restoration is carried out on the basis of Czech System of Evaluated Soil-ecological Units (BPEJ). The code of the BPEJ contains all required information about each locality. The following criteria for this choice are considered: climatic conditions, soil and its parent material character, soil depth and skeleton content, soil texture, air and water regime, water-logging or soil drying, terrain slope and slope exposition. The land productivity factor and some specific conditions are also included. Two variants (sets) of BPEJ both are defined for reforestation. The area for reforestation and grassland restoration are calculated and expressed for individual district and for all territory of the Czech Republic.

**Key words:** BPEJ, grassland restoration, reforestation, selection criteria

### ÚVOD

Jednou ze součástí zemědělské a lesnické politiky ochrany životního prostředí jsou i nezbytné změny ve využití půdního fondu. V současné době je z celkové výměry 4280 tisíc hektarů zemědělské půdy využíváno 72 % (3082 tisíc ha) jako půda orná a podíl travních porostů je (oficiálně) 22,8 % – 960 tisíc ha. (Zbytek jsou chmelnice, vinice, sady). Ve skutečnosti je podíl travních porostů vyšší v důsledku částečného zatravnění části orných půd bez změn v evidenci půdy. Navíc je v ČR kolem 350 tisíc hektarů neevidovaných, opuštěných ploch. To jsou většinou půdy v okrajových, marginálních oblastech, ale část z těchto zatravněných nebo nevyužívaných ploch jsou i enklávy třeba i zemědělsky vysoce produkčních půd, které z nejrůznějších důvodů (nejasné vlastnické a užívací vztahy, vzdálenost od centra, rozpad zemědělských závodů) nejsou rovněž využívány. Je jasné, že řešením této situace je zalesnění těchto ploch. V současné době je ročně v ČR zalesňováno kolem 800 ha zemědělské půdy. To je málo a situaci je vhodné změnit. Vyplývá to z výsledku jednání o „Kapitole zemědělství“ jako součásti přistoupení ČR k EU. Je to konečně trend, který se – v důsledku zemědělské nadvýroby – uplatňuje v celé Evropě a ČR nemůže být tedy výjimkou.

Při výběru půd (nebo lépe řečeno stanovišť) pro zatravnění a zalesnění musíme uvážit, že půda byla historicky vždy uvažována jako zdroj zemědělské nebo lesní produkce, jako plocha k zástavbě nebo jako zdroj nerostných surovin (hlíny, písky, štěrky). V současné době se ve vyspělých zemích stále více posuzuje i z hlediska úlohy, kterou má v přírodě, v ekosystému a to zvláště k potřebám člověka.

Půda má, kromě jasné funkce produkční a prostorové ještě funkci:

- transportní, tzn., že s prosakující vodou dochází k transportu rozpuštěných nebo pevných látek ve vertikálním nebo s povrchem půdy paralelním směrem;
- retenční – v systému pórů zadržuje ohromné množství vody;
- pufrací – půda může eliminovat vliv chemicky působících činitelů;
- transformační – půda je schopna rozložit a přeměnit řadu látek včetně odpadů.

Při definování půd (stanovišť) doporučovaných ke změně kultury (zatravnění a zalesnění) musí být tyto mimoprodukční funkce uvažovány, protože cílem změny kultury by měl být nejen „vynucený“ přechod na kulturu jinou, ale cílem musí být i:

- obnova a údržba krajiny, zejména pokud jde o její rekreační využití a estetickou hodnotu;
- zadržování vody v krajině, zlepšování vodního režimu území;
- ochrana proti erozi vodní i větrné, ochrana proti sesuvům půdy a dalším degradačním činitelům;
- využití a asanace antropogenně narušených půd ;
- možná údržba ploch bez jasného hospodářského využití;
- specifické důvody, kterými může být ochrana vodních zdrojů, přírodně chráněných území a lokalit a podobně.

### ***Kriteria pro výběr stanovišť a půd pro zatravnění a zalesnění***

- klimatické podmínky
- charakter půd – jejich systematické zařazení se substrátovou příslušností, hloubka půdy a obsah skeletu, zrnitostní složení půd, jejich vodní režim (možné zamokření, vyplývající i z destrukce odvodňovacích systémů);
- ohroženost vodní a větrnou erozí;
- snaha zvýšit retenční schopnost krajiny;
- v konkrétním případě zařazení určitého areálu do některé z oblastí se zvláštní ochranou (NP, CHKO, PHO vod a podobně);
- v konkrétních případech důvody ekonomické, areálové, homogenizační (uzavřené produkční bloky);
- specifické důvody: nemožnost využít dané lokality jinak, privátní důvody apod.;
- nejzávažnější privátní a ekonomický důvod: dotace na zatravnění v LFA

Půdní a klimatické podmínky stanovišť a půd doporučovaných pro zatravnění i zalesnění je možno definovat poměrně přesně. Z půdních a stanovištních podmínek jsou to především:

### ***Hloubka půdy a vysoká skeletovitost***

Hloubkou půdy se rozumí mocnost půdního profilu až k rozpadu horniny nebo k vrstvě, jež obsahuje více jak 50 % skeletu – šterku, kamení, balvanů.

V ČR je kolem 295 000 ha mělkých zemědělských půd (údaj KPP).

Silně skeletovitých půd, tj. se středním obsahem skeletu (25 – 50 %) v humusovém horizontu a s vysokým (nad 50 %) obsahem v nižších částech profilu je v ČR kolem 105 000 ha (KPP).

### ***Svažitost lokality, expozice svahu***

Vysoká svažitost výrazně ztěžuje zemědělské využívání půdy, podmiňuje vodní erozi a podmiňuje i odnos živin. Za vysokou svažitost, při které je nutné zatravnění (příp. zalesnění), se považuje svažitost nad 12°, ale i svahy 7 – 12° mohou být, v kombinaci s jinými nepříznivými faktory, vhodné pro zatravnění, ale i pro zalesnění.

Expozice svahu je sice z hlediska vhodnosti lokality faktorem podružným, ale měla by být uvažována. Zvláště v drsnějších klimatických podmínkách by měly být prioritně řešeny především chladnější severní svahy. Na druhé straně nelze dost dobře doporučit k zatravnění jižně nebo jihozápadně a jihovýchodně orientované velké svahy (i kolem 15°) v teplých klimatických regionech jihovýchodní Moravy, hlavně v okresech Hodonín, Uherské Hradiště, příp. Vyškov a Břeclav, i když tyto svahy podléhají vysoké erozi a v mnoha případech jsou celé půdní profily smyty až na půdotvorný substrát, neboť jsou využívány stále jako orná půda. Právě vzhledem k suchosti klimatu je zde výhodnější zalesnění než zatravnění a při vhodné skladbě dřevin může být zalesnění poměrně úspěšné.

## ***Zrnitostní složení půd***

Ovlivňuje zásadním způsobem charakter půd: vodní a vzdušný režim půd – infiltraci, propustnost, retenční schopnost, možné periodické převlhčování nebo naopak vysychavost, transportní a transformační funkce půdy i její zemědělský nebo lesnický produkční potenciál. Obě krajní hranice zrnitostí, tj. půdy velmi lehké a velmi těžké, jsou ze zemědělského hlediska nepříznivé. Zalesňovány by tedy měly být především půdy velmi lehké, tj. půdy na píscích, půdy velmi těžké je výhodnější zatravnovat.

## ***Vodní a vzdušný režim půdy, její trvalé nebo periodické zamokření nebo naopak vysychavost***

Vysychavost půd je dána jejich lehkým zrnitostním složením a klimatem. Je tedy dána zrnitostním složením půd.

Příčiny zamokření půd jsou dosti komplikované a mohou se i navzájem kombinovat. I zamokření samotné může být výrazné či méně výrazné, trvalého nebo periodického charakteru a může se kombinovat s dalšími faktory, ovlivňujícími vhodnost půd pro zatravnění (štěrkovitost, klima, svažitost). Periodicky převlhčované půdy mohou být (a jsou) ještě vhodné často i pro ornou půdu. Trvalé zamokření však zemědělské využití limituje.

Na velké části zamokřených zemědělských půd byla v minulosti provedena úprava vodního režimu (v ČR je 1280 tisíc ha drenážívaných půd). Z části je tato úprava nefunkční nebo částečně funkční. Silně zamokřené lokality jsou zpravidla zemědělsky nevyužívány a opuštěny. Zarůstají méně kvalitním náletem nebo se stávají mokřady. I pro zalesňování by měla být provedena úprava vodního režimu (odvodnění) a proto se jim zalesňovací praxe vyhýbá. Slaběji nebo periodicky zamokřované půdy jsou naproti tomu zcela ideálním prostředím pro travní porosty vzhledem k jejich vyšším potřebám vody.

## ***Produkční schopnost půd***

Produkční schopnost půd závisí na půdních vlastnostech a charakteristikách, které i jinak ovlivňují vhodnost pro zalesnění, nebo zatravnění.

I velmi produkční půdy by však měly být zatravněvány či zalesňovány, vyžaduje-li to lokální situace (lokality vzdálené od center, homogenizace honů, pozemkové úpravy, ochrana před větrem a vodní erozí, tvorba krajiny).

## ***Drsnější klimatické podmínky***

Jsou v horských a podhorských oblastech. Zde se také logicky vyskytují další faktory, které podmiňují návrhy na zatravnění: (hloubka půdy, skeletovitost, svažitost, zamokření...). Proto ve vyčíslení rozlohy, která je doporučována k zatravnění či k zalesnění, jsou největší plochy soustředěny do drsnějších klimatických oblastí (7, 8, 9 klimatický region bonitace).

## ***Specifické a lokální podmínky***

Zalesňovány by měly být lokality intoxikované nebo kontaminované (registr), většina rekultivovaných skládek, výsypek, hald, vytěžených hliníků, pískoven, lomů, lokality, které nelze jinak využít. Dotační tituly také poskytují pro tuto změnu kultury příspěvky bez rozdílu zda jde o zalesnění v produkční či málo produkční oblasti. Faktory a podmínky pro zalesnění jsou dány lokálně a nelze je definovat.

U výběru stanovišť vhodných k zatravnění je situace složitější. Dotace jsou poskytovány na zatravnění pouze ve vymezených LFA oblastech. To ovšem vede k tomu, že jsou tam zatravněvány i půdy (stanoviště), které by měly být (vzhledem k alespoň minimální pestrosti krajiny) ponechány jako orná půda. Na druhé straně nejsou k zatravnění dotována stanoviště mimo oblast LFA, která by vzhledem k přírodním podmínkám (především svažitosti s vysokým rizikem eroze, zamokření či k těžkým studeným půdám) bylo nutné a vhodné zatravnit. Nutné to vede ke škodám na půdním fondu (eroze). Tento rozpor je třeba vyřešit.

## **ZÁVĚR**

Ve VÚMOP byl proveden výběr půd (stanovišť) vhodných pro zalesnění a zatravnění. Výběr byl proveden na základě bonitačního systému, tj. soustavy bonitovaných půdně-ekologických jednotek (BPEJ). V jejich číselném pětimístném kódu je obsažena většina údajů, ze kterých je nutno při výběru

vycházet (klima, půda a její charakteristiky – typ, subtyp, matečný substrát, zrnitost, skeletovitost, hloubka profilů, vodní a vzdušný režim, svažitost a expozice svahů), nebo se dají tyto charakteristiky odvodit. Celý bonitační systém je plně digitalizován v grafické i numerické části, je průběžně aktualizován, umožňuje využití GIS. Podrobnost mapové (grafické) části s nejmenší zobrazovanou plochou 0,5 ha (u lokalit, aktualizovaných v poslední době 0,2 ha) umožňuje velmi detailní řešení. Celý systém je dotažen až na jednotlivé pozemkové parcely zemědělské půdy – každý pozemek je označen jedním (nebo více) kódy BPEJ. Tyto materiály jsou dostupné na příslušných institucích (katastrální úřady, pozemkové úřady).

Návrhy půd (stanovišť) vhodných pro zatravnění a zalesnění byly ve VÚMOP provedeny ve dvou variantách:

- Užší (I. varianta) s výběrem BPEJ, které je nutné až nezbytné výhledově zalesnit či zatravnit
- Rozšířená (II. varianta) s výběrem BPEJ, u kterých je vhodné provést zalesnění nebo zatravnění.

Celý bonitační systém obsahuje v současné době 2 199 BPEJ. Jednotlivé BPEJ a jejich půdně-stanovištní obsah je přesně charakterizován v Metodice vymezování a mapování BPEJ (Mašát a kol. 2002). BPEJ doporučené k zalesnění jsou ve výstupu úkolu NAZV QC1293.

Mapově byla nutnost (vhodnost) zalesnění a zatravnění vymezena po okresech. Byl také proveden přehled nutnosti (I. varianta) či vhodnosti zalesnění (II. varianta) podle klimatických regionů. II. rozšířená varianta v sobě automaticky obsahuje plochy užší varianty. Sumáře jasně dokazují, že převaha stanovišť, určených pro zalesnění, je v drsnějších klimatických regionech:

Tab. 1 *Sumarizace ploch doporučených k zalesnění (v ha)*

Klimatický region bonitace	I. varianta (užší)	II. varianta (rozšířená)
0	572,6	2 238,4
1	1 220,3	1 228,2
2	1 485,2	1 485,2
3	1 105,3	6 768,8
4	1 176,7	1 309,2
5	4 660,9	19 302,8
6	487,9	5 298,6
7	9 492,5	48 109,9
8	10 264,8	46 176,0
9	8 191,7	26 840,2
<b>Celkem</b>	<b>38 657,9</b>	<b>158 757,3</b>

#### Komentář:

- Předložená tabulka obsahuje pouze návrhy nutných či doporučených ploch pro zalesnění, vyplývající z půdních a stanovištních podmínek.
- O skutečném zalesnění nějakého pozemku rozhoduje vždy vlastník (uživatel) s omezeními, které jsou dány vyššími zájmy (NP, CHKO, PHO a podobně).
- O možném zalesnění rozhoduje vždy konkrétní lokální situace. Zalesnění může být účelně provedeno na půdách (BPEJ), které nebyly vybrány (vzdálené enklávy, území zaplavovaná), i když to jsou půdy zemědělsky kvalitní.
- Je třeba uvážit otázky pozemkových úprav, tvorby krajiny, funkce půdy v ekosystému.
- Rozhodující jsou nakonec otázky finanční. Vlastník musí vědět, že se mu změna vyplatí nebo že bude kompenzován či dotován.

## **LITERATURA**

- Mašát a kol., 2002: Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně-ekologických jednotek. VÚMOP Praha, 110 s.
- Janeček M., Novák P., 2003: Pedologické podklady pro zalesňování zemědělské půdy. Sborník semináře ČLS, Slapy, s. 19-24.
- Novák P. a kol., 2003: Vymezení zemědělsky méně příznivých a ohrožených oblastí České republiky s návrhy na využití půdy včetně ekonomických dopadů. Výstup V03 projektu NAZV QC1293, VÚMOP Praha, 72 s.

# VPLYV VODNÉHO REŽIMU PÔDY A HNOJENIA NA POHYB DUSIČNANOV

## Effect of water regime and fertilization on nitrate movement

Katarína NOVÁKOVÁ

*Hydromeliorácie, š. p., Vrakunská 29, 825 63 Bratislava, SR*

*novakova@hmosp.sk*

### Abstrakt

Na poľnom stacionárnom pokuse sa riešil vplyv závlahy a hnojenia na pohyb dusičnanov v koreňovej zóne a riziko ich vyplavovania. Racionálne riadenie vodného a živinového režimu pôdy je dôležité nielen z ekonomických dôvodov (úspora závlahovej vody a hnojív), ale najmä z hľadiska ochrany životného prostredia. Pôda na stacionárnom pokuse je prevažne ílovitohlinitá s dobrou retenčnou schopnosťou, a tieto vlastnosti obmedzujú prienik pôdneho roztoku do hlbších vrstiev, prípadne až do podzemnej vody. Z distribúcie dusičnanov v pôdnom profile a z priesakových lyzimetrických vôd vyplýva, že v suchom roku 2003 nedochádzalo k vyplavovaniu dusičnanov. V roku 2004 po výdatnejších zrážkach nastal mierny vertikálny posun dusičnanov do hlbších vrstiev pôdy na variante hnojenom zvýšenou dávkou dusíka a na variante s aplikáciou hnojovice. Pohyb vody a dusičnanov môže byť ovplyvnený existenciou makropórov v pôde, následkom ktorých dochádza k preferovanému prúdeniu a k rýchlemu vyplavovaniu dusičnanov do podkoreňovej zóny pôdneho profilu alebo až do podzemnej vody.

**Kľúčové slová:** závlaha, hnojenie, pohyb dusičnanov

### Abstract

Effect of irrigation and fertilization on nitrates movement in the soil root zone and their leaching risk has been investigated in the field trial. Rational control of soil water regime and nutrient regime is important not only for economical reasons (saving of irrigation water and fertilizers ) but especially from the environment protection point of view. There is clay-loamy soil with good soil water retention properties in the field trial, so the solute penetration to deeper layers or to groundwater is limited. According to nitrates distribution in the soil profile, nitrates leaching was not been observed in the dry year 2003. In the year 2004 after bigger precipitations, moderate vertical motion of nitrates to deeper layers occurred in the treatment more fertilized by nitrogen and with liquid manure. The water and nitrates movement can be influenced by soil macro-pores owing to those ones a preferential flow arises and quick nitrates leaching to under-layer of the soil profile or up to groundwater.

**Key words:** irrigation, fertilization, nitrate movement

### ÚVOD

Optimálne zvýšenie úrod poľnohospodárskych plodín si vyžaduje dostatok vody a živín v pôde. V najproduktívnejších oblastiach Slovenska je obvyčajne zrážkový úhrn vo vegetačnom období nedostačujúci, prípadne zrážky sú nerovnomerne rozdelené, preto je nevyhnutné zrážkový deficit doplniť závlahou. Potrebné je tiež hnojenie, najmä dusíkatými hnojivami, aby sa optimalizoval živinový režim a zabezpečila sa dostatočná výživa pre rastliny.

Pri bilancii dusíka v pôde treba počítať aj s jeho stratami. Straty dusíka z pôdy sú spôsobené hlavne týmito procesmi:

- nitrifikácia,
- denitrifikácia a volatilizácia amoniaku,

- vyplavovanie,
- erózia.

Straty dusíka cez kvapalnú fázu sú podmienené dobrou rozpustnosťou dusíkatých hnojív, pomerne dobrou oxidáciou  $\text{NH}_4^+$  iónu na dusičnany a dobrou pohyblivosťou  $\text{NO}_3^-$  aniónu, ktorý sa v podstate pohybuje v súlade s pohybom pôdnej vody. Z tohto dôvodu je nevyhnutné poznať predovšetkým hydrofyzikálne vlastnosti pôdy, ktoré najviac ovplyvňujú pohyb vody a s ňou aj pohyb rozpustených látok v pôdnom profile, prípadne aj riziko ich prieniku do podzemnej vody (Nováková, 2003 a, b; Nováková, Piš, Rehák, 2003). Toto riziko sa môže vyskytnúť pri nadbytku vody v pôde po intenzívnych atmosférických zrážkach alebo v závlahových podmienkach pri nadmernej závlaha. Pôdny roztok sa vtedy posúva pod koreňovú zónu rastlín, čím sa znižuje účinnosť hnojenia a rastie zároveň potenciálne ohrozenie životného prostredia.

Ak sú podmienky pre pohyb pôdneho roztoku vertikálnym smerom a podorníčie je dobre priepustné (tvorí ho piesok alebo štrk), prípadne v pôdnom profile vystupuje vysoko podzemná voda, vznikajú predpoklady pre intenzívne vyplavovanie. Ak sú podmienky pre horizontálny pohyb pôdneho roztoku, napr. na sklonených pozemkoch po výdatných zrážkach, dochádza k povrchovému splavovaniu dusičnanov do vodných tokov (Fecenko, Ložek, 2000).

Dusičnany sa najintenzívnejšie vyplavujú koncom zimného obdobia a v jarnom období, keď je pôda bez vegetačného krytu. Vertikálny posun a vyplavovanie dusíka z pôdneho prostredia umožňujú rozpustné a spolu s pôdnou vodou mobilné dusičnany. Dusičnanový ión vzhľadom na svoje fyzikálno-chemické vlastnosti nie je schopný špecificky sa sorbovať v pôde na rozdiel od iných kontaminantov, napr. ťažkých kovov (Piš, Nováková, 2002) a tak sa chrániť pred vyplavovaním. Preto z rozpustných foriem dusíka majú najväčšie predpoklady pre vyplavovanie z pôdy práve dusičnany. Početné analýzy lyzimetrických a drenážnych vôd u nás i v zahraničí to jednoznačne dokazujú (Vidaček et al., 2002; Nissen, Wander, 2003; ZHU et al., 2003; Daudén et al., 2004; Schnebelen et al., 2004; Decau et al., 2004).

Vyplavovanie dusičnanov sa rozhodujúco viaže aj na vlastnosti pôdno-ekologického stanovišťa. Z vlastností pôd je dôležitá predovšetkým ich priepustnosť, sorpčná schopnosť, vodno-vzdušný režim, zrnitostné zloženie, obsah humusu, celková biologická aktivita a iné faktory, napr. aj preferované prúdenie cez makropóry v pôdnom profile (Beven, Germann, 1982; Nováková, 2002).

## MATERIÁL A METÓDY

Riešenie prebiehalo na lokalite Most pri Bratislave na poľnom stacionárnom pokuse s rôznymi variantmi hnojenia a závlahového režimu. Hoci táto lokalita nemá vysokú hladinu podzemnej vody, ktorá je základným rizikovým parametrom z hľadiska prieniku dusičnanov do podzemnej vody, nachádza sa tu štrkové podložie, ktoré je veľmi dobrým hydraulickým spojením s podzemnou vodou. Stacionárny pokus vyhovuje najmä pre rôznorodosť variantov hnojenia a pre možnosť sledovať vyplavovanie dusičnanov v závlahových podmienkach v porovnaní s kontrolným variantom vodného režimu pôdy bez závlahy. Podrobný popis pôdných a klimatických charakteristík je uvedený v práci Nováková (1999).

V roku 2003 bola na pokusnej ploche kukurica na zrno a v roku 2004 jarný jačmeň.

Vlhkosť pôdy sa merala v pravidelných intervaloch s cieľom zachytiť pohyb vody mimo koreňovú zónu. Vo vegetačnom období sa na výskumnej ploche sledovala vlhkosť pôdy na 3 variantoch:

- a) variant 1, nehnojená kontrola,
- b) variant 5, hnojenie NPK (optimálne dávky),
- c) variant 7, hnojenie  $\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$  (zvýšené dávky),

na zavlažovanej a nezavlažovanej ploche, t.j. spolu na 6 parcelách do hĺbky 1,0 m v 0,1 m intervaloch.

Na stanovenie vlhkosti pôdy bola použitá neutrónová metóda s použitím prístroja DIDCOT (Veľká Británia). Meranie sa uskutočňovalo 1x týždenne v kovových výpažniciach a zaznamenávané výsledky vlhkosti pôdy v objemových % slúžili ako indikácia potreby zavlažovania a aj ako indikácia prípadného pohybu vody pod koreňovú oblasť pôdy.

Obsah dusičnanov sa stanovil v pôdných vzorkách odobratých z rôznych vrstiev pôdneho profilu, ale aj v priesakových vodách. Pôdne vzorky boli odoberané z 5 variantov:

- a) variant 1, nehnojená kontrola,
- b) variant 5, hnojenie NPK,
- c) variant 7, hnojenie  $N_1P_1K_1$
- d) variant 8, pozberové zvyšky,
- e) variant 9, pozberové zvyšky a hnojovica,

na zavlažovanej a nezavlažovanej ploche, t.j. spolu na 10 parcelách z hĺbok 0 – 0,3 m, 0,3 – 0,6 m a 0,6 – 1 m.

Obsah  $NO_3^-$  sa stanovoval vo vlhkej pôde, po extrakcii 1 %  $K_2SO_4$  na prístroji Skalar San Plus System. Pôdne vzorky sa odoberali pred založením porastu, počas vegetačného obdobia a po zbere.

Na zachytávanie priesakových vôd boli použité podtlakové keramické nádoby (suction cups) osadené v pôdnom profile v hĺbkach 0,6 m a 0,9 m na 5 variantoch (tých istých ako v prípade odberu pôdnych vzoriek) na zavlažovanej a nezavlažovanej ploche a ploché lyzimetre v hĺbke 0,6 m.

Obsah dusičnanov v priesakových lyzimetrových vodách sa stanovoval rovnakou metódou ako v pôde.

## VÝSLEDKY

Hydrofyzikálne vlastnosti pôdy majú dôležitú úlohu pri pohybe vody a rozpustených látok v pôde. Základnou fyzikálnou charakteristikou pôdy je zrnitosť zloženie. Zrnitosť pôdy bola vyhodnotená s použitím klasifikačnej stupnice podľa Nováka, t. j. podľa obsahu I. zrnitostnej kategórie (častice < 0,01 mm). Na základe tejto klasifikácie bol určený pôdny druh. Pôda na stacionárnom pokuse je prevažne ílovitohlinitá, v hlbších horizontoch miestami prechádza do piesočnatohlinitej (nezavlažovaný variant 1). Ílovitohlinitá pôda sa vyznačuje pomerne dobrou retenciou vody v pôde, čo znamená, že pôda je schopná udržať v pôdnom profile pomerne veľké množstvo vody spolu s rozpustenými látkami. Veľká retenčná schopnosť pôdy zabraňuje prieniku pôdneho roztoku do hlbších vrstiev, prípadne až do podzemnej vody. Nižšiu retenciu má piesočnatohlinitá pôda, tá je ale v hlbších horizontoch, kde pri štandardných podmienkach neprebiehajú také veľké zmeny vlhkosti pôdy ako vo vrchných vrstvách. Z hľadiska zrnitosti pôdy nie je pokusná lokalita rizikovou pre vyplavovanie dusičnanov. Hydrolimity poukazujú na dobrú retenčnú schopnosť pôdy na tejto lokalite, a teda aj na vysokú využiteľnosť pôdnej vody rastlinami. Výsledky sú v súlade so zrnitostným zložením pôdy.

Prenos vody a rozpustených látok, v tomto prípade dusičnanov, môže byť pri určitých špecifických podmienkach ovplyvnený existenciou makropórov v pôde, následkom ktorých dochádza k preferovanému prúdeniu. Pôda nie je homogénne pórovité prostredie, takže pohyb pôdneho roztoku sa neuskutočňuje len pôdnou maticou, ale prednostne preferovanými cestami. Preferované prúdenie spôsobuje, že voda spolu s rozpustenými látkami veľmi rýchlo – prednostne – infiltruje do pôdneho profilu. V pomerne krátkom čase sa môžu napr. dusičnany dostať týmito preferovanými cestami do podkoreňovej oblasti alebo až do podzemných vôd a spôsobiť kontamináciu. Je však dôležité zdôrazniť, že prúdenie vody cez makropóry prebieha iba vtedy, keď intenzita zrážky alebo závlahy prevyšuje intenzitu infiltrácie do pôdnej matrice, a ak sú makropóry otvorené na povrchu pôdy. Preferované prúdenie vody a roztokov v pôde má viacero príčin, napr. existenciu makropórov alebo rôzne nehomogenity v pôde. Z výsledkov riešenia vyplynulo, že hydrofyzikálne charakteristiky stredne ťažkej hlinitej až ílovitohlinitej pôdy v Moste pri Bratislave ukazujú na potenciálne preferované prúdenie vody s rozpustenými látkami a ich možný rýchly prienik do podzemných vôd. Svedčí o tom existencia výsušných puklín pri určitých vlhkosťných podmienkach, ale najmä rozdiel v nasýtenej hydraulickej vodivosti meranej rôznymi metódami, ktorý potvrdzuje prítomnosť preferovaných ciest, predovšetkým vo vrchných vrstvách pôdneho profilu. Preferované prúdenie nastáva iba v prípade v prípade extrémnych hydrologických situácií, napr. po prítalovom daždi, ktorý nasleduje po dlhotrvajúcom suchu.

Vlhkosť pôdy meraná počas vegetačného obdobia v oboch pokusných rokoch potvrdzuje nedostatok zrážok, najmä v roku 2003, a potrebu zavlažovania. Z výsledkov vlhkosti pôdy je zrejмый rozdiel v zásobe pôdnej vody medzi zavlažovanými a nezavlažovanými variantmi, a tiež skutočnosť, že nedochádzalo k prieniku vody pod koreňovú oblasť pôdy.

Tab. 1a *Distribúcia dusičnanov v pôdnom profile – zavlažované varianty*

Variant	Hĺbka [cm]	N-NO <sub>3</sub> [mg/kg]					
		28. 4. 2003	29. 5. 2003	3. 11. 2003	23. 3. 2004	26. 5. 2004	18. 8. 2004
1	0 – 30	23,90	31,40	3,39	8,21	5,19	4,36
	30 – 60	8,50	12,60	< 1,00	6,29	5,78	3,44
	60 – 90	8,54	13,00	< 1,00	2,02	9,07	1,46
5	0 – 30	22,80	34,80	7,85	10,60	3,58	5,81
	30 – 60	12,90	17,00	2,77	11,60	4,79	2,97
	60 – 90	19,70	12,80	6,74	7,21	5,36	< 1
7	0 – 30	29,40	41,50	6,94	24,80	5,96	11,50
	30 – 60	10,90	23,60	3,75	15,40	6,46	4,02
	60 – 90	17,40	17,40	7,18	14,00	8,95	7,01
8	0 – 30	15,50	25,80	3,04	4,53	5,97	6,65
	30 – 60	5,95	14,60	< 1,00	2,48	3,00	1,30
	60 – 90	6,98	13,30	< 1,00	< 1	2,30	< 1
9	0 – 30	14,90	21,00	4,47	15,70	13,20	10,40
	30 – 60	5,93	9,93	1,29	8,18	5,90	4,83
	60 – 90	7,59	7,72	< 1,00	5,50	4,60	1,31

Tab. 1b *Distribúcia dusičnanov v pôdnom profile – nezavlažované varianty*

Variant	Hĺbka [cm]	N-NO <sub>3</sub> [mg/kg]					
		28. 4. 2003	29. 5. 2003	3. 11. 2003	23. 3. 2004	26. 5. 2004	18. 8. 2004
1	0 – 30	17,40	25,70	5,41	4,81	2,59	3,63
	30 – 60	10,20	10,20	1,44	2,40	1,92	2,48
	60 – 90	8,88	9,99	1,17	2,29	3,17	1,75
5	0 – 30	21,10	26,60	13,70	13,80	2,94	6,21
	30 – 60	9,54	14,30	2,32	9,76	4,65	2,03
	60 – 90	9,33	12,10	4,15	6,67	10,50	2,94
7	0 – 30	26,60	32,70	16,80	26,10	5,48	11,30
	30 – 60	16,60	13,60	6,04	24,3	8,36	10,10
	60 – 90	16,70	17,10	12,90	17,80	19,50	11,30
8	0 – 30	18,60	29,80	6,53	6,27	3,37	9,26
	30 – 60	9,22	17,80	1,34	4,78	2,07	3,56
	60 – 90	10,50	9,26	0,78	2,83	2,84	1,11
9	0 – 30	18,40	33,30	7,88	20,30	16,30	16,10
	30 – 60	11,10	12,30	2,59	14,80	10,90	9,12
	60 – 90	12,10	13,50	4,95	7,81	6,72	8,83

Z analýzy pôdných vzoriek odobratých z troch hĺbok bolo možné určiť distribúciu dusičnanov v pôdnom profile. V suchom roku 2003 sa obsah dusičnanov v pôde na všetkých variantoch znižoval s hĺbkou v pôdnom profile, nedochádzalo teda k vyplavovaniu dusičnanov. V roku 2004 bolo výnimkou rozdelenie dusičnanov v pôdnom profile, stanovené pri druhom odbere vzoriek 26. 5. 2004. Na variantoch 1, 5 a 7 sa obsah dusičnanov s hĺbkou mierne zvyšoval, nastal teda mierny vertikálny posun N-NO<sub>3</sub> do hlbších vrstiev. Tretí odber vzoriek po zbere úrody ukázal rapídne zníženie obsahu dusičnanov, najmä v roku 2003 a najmä v hlbších vrstvách pôdneho profilu.

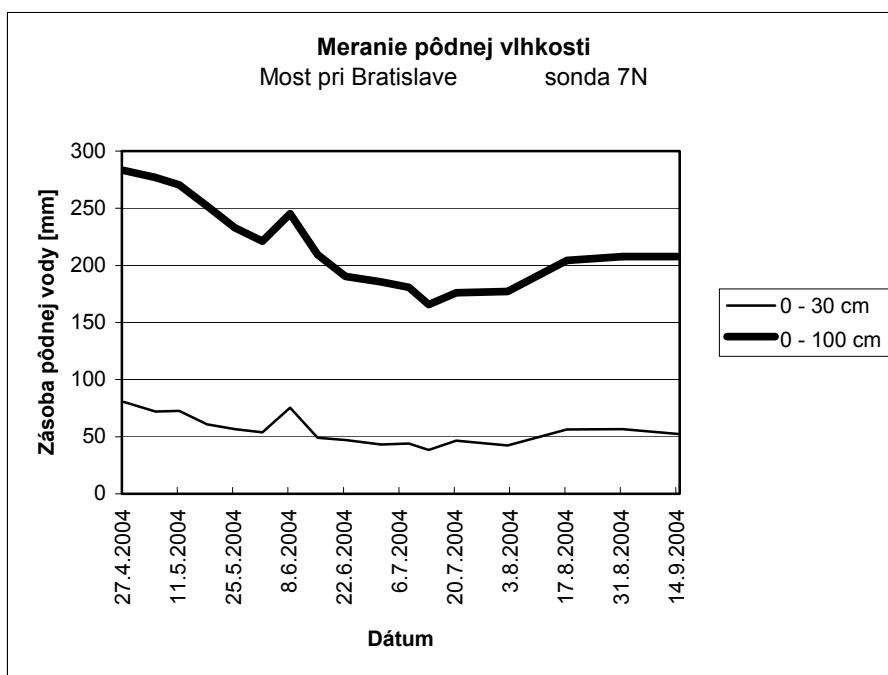
Nízky obsah N-NO<sub>3</sub> v pôde pred zimným obdobím je dobrým predpokladom, že mimovegetačné zrážky nespôsobia vertikálny posun dusičnanov do podkoreňovej oblasti, prípadne až do podzemnej vody, alebo horizontálny presun do povrchových vôd.

Tab. 2 *Analýza lyzimetrických vôd, jarný jačmeň, rok 2004*

Dátum	Variant	EC * [mS/m]	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	Objem [ml]
9. 3. 2004	1 Z	málo vzorky	54,9	0,13	8
	7 Z	124	77,2	0	140
1. 4. 2004	1 Z	40	10,5	0,1	50
	7 Z	95	68,5	0,12	156
15. 4. 2004	1 Z	120	84,4	0	42
	7 Z	105	75,7	0	78
16. 6. 2004	1 Z	39	3,4	0	46
	7 Z	121	87,6	0	234

\* EC je elektrická vodivosť

Priesakové vody boli počas dvojročného sledovaného obdobia zachytené len v roku 2004 po vysokých zrážkach v marci a apríli a neskôr v júni na zavlažovaných variantoch, a to iba plochými lyzimetrami, ktoré sú umiestnené pomerne plytko, v hĺbke 0,6 m. Do podtlakových keramických nádobiek, umiestnených v hĺbke 0,6 a 0,9 m, sa priesaková voda nedostala. Preto je dosť nepravdepodobné, aby sa dusičnany na tejto lokalite vyplavili až do podzemnej vody v hĺbke 6 – 7 m, samozrejme za predpokladu racionálneho využívania závlahy a hnojenia. V roku 2003 bola neprítomnosť priesakovej vody spolu so živinami na nezavlažovaných variantoch pochopiteľná pre extrémne sucho, na zavlažovaných variantoch to svedčí o racionálnom zavlažovaní primeranými dávkami a intenzitami.



## ZÁVERY

Z hľadiska zrnitosti pôdy nie je pokusná lokalita rizikovou pre vyplavovanie dusičnanov. Hydrolimity poukazujú na dobrú retenčnú schopnosť pôdy na tejto lokalite, a teda aj na vysokú využiteľnosť pôdnej vody rastlinami. Výsledky sú v súlade so zrnitostným zložením pôdy.

Vyplavovanie dusičnanov možno očakávať v prípade spolupôsobenia viacerých nepriaznivých faktorov: intenzívne hnojenie dusíkatými hnojivami, nepriaznivé hydrofyzikálne charakteristiky pôdy, hladina podzemnej vody alebo štrkové rozhranie plytko pod terénom, vlhké obdobie nasledujúce po

závlaha, prevládajúci priesakový vodný režim pôdy, existencia preferovaných ciest, extrémne hydrologické situácie, napr. privalové dažde po dlhotrvajúcom suchu.

Ochrana hydrosféry pred kontamináciou dusičnanmi spočíva predovšetkým v racionálnom zavlažovaní a hnojení a pravidelnej aplikácii agrotechnických opatrení .

*Podakovanie: Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu vedy a techniky prostredníctvom finančnej podpory č. APVT - 27 - 023702.*

## LITERATÚRA

- Beven, K., Germann, P., 1982: Macropores and water flow in soils. *Water Resour. Res.*, 18, 5, 1311-1325.
- Daudén, A., Quílez, D., Vera, M.V., 2004: Pig slurry application and irrigation effects on nitrate leaching in mediterranean soil lysimeters. *J. Environ. Qual.*, 33, p. 2290-2295.
- Decau, M.L., Simon, J.C., Jacquet, A., 2004: Nitrate leaching under grassland as affected by mineral nitrogen fertilization and cattle urine. *J. Environ. Qual.*, 33, p. 637-644.
- Fecenko, J., Ložek, O., 2000: Výživa a hnojenie poľných plodín. SPU Nitra, ISBN 80-7137-777-5, 452 s.
- Nissen, T.M., Wander, M.M., 2003: Management and soil-quality effects on fertilizer-use efficiency and leaching. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 67, p. 1524-1532.
- Nováková, K., 1999: Účinok závlahy a hnojenia na vybrané pôdne vlastnosti. Záverečná správa za etapu projektu štátnej objednávky, VÚZH Bratislava, 26s., 12 tab., 49 príl.
- Nováková, K., 2002: Preferované prúdenie vody a rozpustených látok v pôde. CD-ROM z konferencie „Pôda a rastlina“. Katedra pedológie, Prírodovedecká fakulta UK Bratislava, 7. februára 2002. *Phytopedon (Bratislava), Journal of Soil Science, Supplement 2002/1, ISSN 1336-1120*, s. 155-159.
- Nováková, K., 2003a: Vplyv prírodného prostredia na zraniteľnosť podzemnej vody. *Acta Hydrologica Slovaca, ISSN 1335-6291*, 4, 2, s. 367-374.
- Nováková, K., 2003b: Riziko vyplavovania rozpustených látok do podzemnej vody. In: *Hydrologie pŕdy v malém povodí. Konferencia s medzinárodnou účasťou. Praha, Česká republika, 15. 10. 2003. Zborník príspevkov, s.203-208, príloha CD ROM, ISBN 80-02-01586-X*, 12 s.
- Nováková, K., Píš, V., Rehák, Š., 2003: Pôdne parametre ovplyvňujúce zraniteľnosť podzemnej vody. In: *Druhé pôdoznalecké dni v SR. Stará Lesná, 16. – 18. 6. 2003. Zborník referátov na CD ROM, s. 295-301.*
- Píš, V., Nováková, K., 2002: Vplyv vlastností pôdy na mobilitu ťažkých kovov. CD-ROM z konferencie "Pôda a rastlina". Katedra pedológie, Prírodovedecká fakulta UK Bratislava, 7. februára 2002. *Phytopedon (Bratislava), Journal of Soil Science, Supplement 2002/1, ISSN 1336-1120*, p. 180-186.
- Schnebelen, N. et al., 2004: The STICS model to predict nitrate leaching following agricultural practices. *Agronomie*, 24, p. 423-435.
- Vidaček, Ž., Sraka, M., Bensa, A., 2002: Impact of hydroamelioration on soil moisture regime and nitrate leaching. 17<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, 14 – 21 August 2002, Thailand, Symposium no. 54, Paper no. 556, p. 1-7.
- Zhu, Y., Fox, R.H., Toth, J.D., 2003: Tillage effects on nitrate leaching measured by pan and wick lysimeters. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 67, p. 1517-1523.

# ANTROPIZACE PŮDY V POVODÍ TRKMANKY

## Soil anthropization in Trkmanka stream basin

Jiří OBRŠLÍK, Radim CZELIS

*Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, oddělení pozemkových úprav Brno,*

*Lidická 25/27, 657 20 Brno, ČR*

[obrslik@vumopbrno.cz](mailto:obrslik@vumopbrno.cz)

### Abstrakt

Příspěvek hodnotí poznatky o dynamice změn půdního pokryvu v povodí Trkmanky působením antropogenních vlivů. Změny jsou na zkoumány základě prvního průzkumu půdního pokryvu (KPP – 1963) a jejich porovnáním ze současným stavem na základě průzkumu v letech 2002 – 2003. Jsou zdokumentovány změny v zrnitosti, pH, ale především v půdách postižených vodní erozí. Jsou hodnoceny půdní typy: černozemě, hnědozemě, fluvizemě, koluvizemě aj. Konstatují se abnormální degradační projevy vodní eroze, které se projevují v změněném klasifikačním zařazení.

**Klíčová slova:** antropizace půdy, průzkum půd, změny půdních vlastností, klasifikace půd

### Abstract

The paper assesses knowledge about dynamic changes of soil cover in Trmanka stream basin by anthropogenic influences affecting. Changes are recognized on the base of first soil survey (KPP – 1963) and its comparison with parent status on the base of soil survey in years 2002 – 2003. There are registered changes in texture, pH, but first of all in soil affected by water erosion. Soil types as: Chernozems, Luvisols, Fluvisols, Colluvisol, etc. are evaluated. There are observed enormous degradation phenomena of water erosion reflected in change of classification soil types.

**Key words:** soil anthropization, soil survey, changes of soil properties, soil classification

### ÚVOD

Od neolitu začal člověk svým vlivem (dále označovaným jako antropogenní) ovlivňovat geomorfologii planety Země, což přímo souviselo s počátky zemědělství jako tehdy nové aktivity lidské společnosti.

Lidská společnost se ve druhé polovině dvacátého století stává rozhodujícím geomorfologickým činitelem na zemském povrchu. Antropogenní půdy jsou půdy, u kterých je půdotvorný proces rozhodujícím způsobem ovlivněn činností člověka. Prostřednictvím antropogenních aktivit působí člověk na endogenní procesy takovou intenzitou, že se stává geologicko-geomorfologickým činitelem. Člověk svými aktivitami urychluje přírodní exogenní procesy (např. orbou a spalováním fosilních paliv urychluje zvětrávání, technickými zásahy přispívá k urychlení svahových pochodů). Vliv člověka na půdní pokryv země se neustále zvyšuje a to především od epochy industrializace. V dosavadním vývoji lidstva zaznamenáváme nejvyšší stupeň dynamiky antropogenních vlivů od druhé poloviny minulého století.

Cílem předkládaného příspěvku je zhodnotit poznatky o dynamice změn půdního pokryvu zkoumané oblasti působením antropogenních vlivů, které nastaly v historicky krátkém čase a to pouhých čtyřiceti let (mezi léty 1962 a 2003). Tyto změny je možné exaktně zkoumat a vyhodnotit na základě všech dostupných informací, které máme k dispozici na základě prvního průzkumu půdního pokryvu získaného při Komplexním průzkumu půd (provedeném v roce 1962) a jejich porovnáním se současným stavem na základě výsledků nového průzkumu z let 2002 – 2003.

## MATERIÁL A METODY

Ke splnění zadaného cíle byly použity výsledky z polních půdních záznamů, z tzv. základních a výběrových sond, realizovaných v rámci Komplexního průzkumu (dále jen KPP), který byl proveden ve zkoumané oblasti v roce 1962 a které byly porovnány se současným stavem na základě popisu a analýz 122 kopaných sond v letech 2002 a 2003. Srovnávají se tak tytéž ukazatele na totéž místě a to poprvé v roce 1962 a podruhé v roce 2003. Laboratorní výsledky v minulosti i současnosti byly analyzovány stejnými metodami a to podle metodiky KPP. Podle metodiky KPP byla převážná většina sond tzv. základních, u kterých byl stanoven v rámci analýzy zrnitostního složení bohužel jen obsah částic menších než 0,01 mm a výměnné pH. U tzv. výběrových sond byl stanoven úplný rozbor zrnitostního složení včetně stanovení sušiny, dále obsah  $\text{CaCO}_3$ , výměnné pH, obsah přístupného  $\text{K}_2\text{O}$  a  $\text{P}_2\text{O}_5$ , oxidovatelný uhlík (humus), výměnný vodík a sorpční kapacita podle Mehlicha a stupeň sorpčního nasycení. Přesný popis analytických metod užitý shodně u obou sledovaných období je uveden ve třetím díle souborné metodiky pro Průzkum zemědělských půd ČSSR (Sirový, 1967). V rámci zkoumané oblasti bylo celkem vykopáno 38 tzv. výběrových sond hlubokých 2 m.

## VÝSLEDKY

V rámci zkoumaného území tří katastrů na celkové výměře o rozloze 2 225 ha zemědělské půdy bylo celkem na místech původního odběru (v roce 1962 v rámci KPP) znovu vykopáno celkem 122 kopaných sond. Na základě porovnání půdních profilů a výsledků rozborů ze 122 kopaných sond byl proveden rozbor celkem 261 půdních vzorků. Tyto vzorky byly na základě nově provedeného terénního průzkumu roztříděny podle Taxonomického klasifikačního systému půd ČR (Praha, 2001) do 12 souborů (skupin) podle půdních typů: fluvizem modální, fluvizem glejová, hnědozem modální, ranker, regozem, koluvizem, černozem modální, černozem erodovaná, pararendzina arenická, pararendzina modální, a pararendzina pelická a antropozem.

### *Komplexní průzkum půd rok 1962*

Na základě provedeného KPP byly v roce 1962 zjištěny a popsány následující půdní typy:

1. Černozem typická (ČMt) – na půdotvorném substrátu 24 (spraš);
2. Černozem smytá (ČMsm) – na půdotvorném substrátu 24 (spraš);
3. Černozem silně smytá (ČMssm) – na půdotvorném substrátu 24 (spraš);
4. Hnědozem typická (HMT) – na půdotvorném substrátu 24 nebo 24/21. Matečným substrátem byla vápnitá spraš na karpatském flyši v hloubce 70 – 88 cm;
5. Hnědozem silně smytá (HMssm) – na půdotvorném substrátu 24/21. Matečným substrátem byla opět vápnitá spraš na karpatském flyši v hloubce od 46 do 38 cm;
6. Nivní půda glejová karbonátová (NPGk) – na půdotvorném substrátu 29. Slabý glejový proces je patrný již od 44 do 64 cm, výrazný glejový proces pak od 72 – 98 cm.

### *Výšková pásmitost půd ve zkoumané oblasti*

Na základě vyhodnocení půdních map v rámci KPP bylo možné provést analýzu výškové zonality půd zkoumaného území v roce 1962 a tento výchozí stav porovnat se stavem současným (rok 2003). Hodnocení je provedeno od nejnižší po nejvyšší nadmořskou výšku. V roce 1962 se v údolnicích v nadmořské výšce od 185 do 300 m n. m. vyskytovaly převážně nivní půdy glejové a nivní půdy. V současnosti se rozsah fluvizemí glejových výrazně snížil (zůstaly převážně v mikrodepresích). Byly nahrazeny fluvizeměmi modálními nacházející se v úzkém pruhu kolem vodotečí. Vyšší části údolnic (za KPP zde byly nivní půdy glejové) a jim přilehlé konkávní polohy, kde v minulosti převažovaly především akumulované formy černozemí a hnědozemí, jsou v současnosti pokryty koluvizeměmi.

Dále navazuje pásmo černozemí a to ve výšce od 200 do 260 m. n. m. (ojediněle až do 290 cm). Toto pásmo je možné dále rozdělit na náhorní široce konvexní plošiny, které v minulosti v plném rozsahu (dnes již omezeně) náleží černozemím modálním. Konvexní a přímé části svahu, byly již za KPP erozně poškozeny a byly zde mapovány černozemě smyté (ČMsm) a černozemě silně smyté (ČMssm). V současné době se modální typy černozemí vyskytují pouze na širokých konvexních náhorních rovinách, jejichž sklonitost není větší jak 2°. Pouze v konkávních polohách svahů kde převažuje akumulace nad smyvem, může být svažitost vyšší (2 až 4°).

V době realizace KPP (1962) se v nadmořské výšce od 260 m n.m., až po spodní hranice lesa, ve výšce od 270 do 385 m n.m. vyskytovaly hnědozemě a to převážně na jižních a západních svazích Ždánického lesa o průměrné svažitosti převážně nad 7°. Některé lokality mají svažitost i nad 12°. V roce 1962 byla převážná většina těchto hnědozemí hodnocena jako smyté a silně smyté. Následkem silné eroze byly téměř veškeré hnědozemě erodovány a v současnosti je půdní pokryv tvořen pararendzinami všech zrnitostních frakcí. V tomto pásmu byly mnohé silně sklonité lokality o sklonitosti vyšší jak 8° (erozí silně devastovaných) stabilizovány ve formě velkoplošných teras. Tyto terasy společně s konfiguračními terasami dnes pokrývají antropozemě. Z bonitační sumarizace z roku 1978 vyplývá, že již v letech 1962 až 1978 došlo k vymizení téměř celého hnědozemního pásma, které bylo nahrazeno pararendzinami nebo na terasách antropozeměmi. Hnědozemě zůstaly zachovány pouze ostrůvkovitě na náhorních rovinách většinou o sklonitosti do 3°.

### ***Současný průzkum provedený v letech 2002 – 2003***

Na základě nově provedeného terénního průzkumu (2002 – 2003), který zahrnoval odběr vzorků v místech původních odběrů při KPP provedeném v roce 1962 a následně nové mapování současných půdních typů (v roce 2003) byly identifikovány a popsány následující půdní typy:

1. Černozem modální CEm (podle KPP černozem typická – ČMt) – jedná se o půdu velmi hlubokou, s hloubkou ornice od 18 do 32 cm, půdotvorný substrát spraš se nachází v hloubce od 35 do 80 cm.
2. Černozem erodovaná CEe (podle KPP černozem smytá a silně smytá ČMsm a ČMssm) – jedná se o půdu velmi hlubokou, s hloubkou ornice od 15 do 30 cm, spraš je v hloubce od 18 do 46 cm.
3. Regozem RG vznikla převážně z černozemí silně smytých (za KPP ČMssm) – jedná se o půdu hlubokou, s hloubkou ornice od 18 do 23 cm, humusový horizont je totožný s ornici. Vznikají především následkem orby pozemků po spádnici při svažitosti nad 7°.
4. Koluvisem KO (za KPP nejčastěji černozem akumulovaná ČMak) – jedná se o půdu, s hloubkou ornice od 19 do 33 cm, mocnost koluviální akumulace od 42 do 120 cm a více, ornice i podornici je většinou hlinité zrnitosti, obsah humusu v ornici od 1,05 do 3,15 v průměru 1,92 %, obsah humusu ve spodině v hloubce od 40 do 90 cm od 0,41 do 1,86 %, což v průměru činí 1,52 %, pH v KCL ve všech třech horizontech činní 7,3.
5. Hnědozem modální HNm (podle KPP hnědozem typická (HMT) na půdotvorném substrátu 24 nebo 24/21 – jedná se o půdy, s hloubkou ornice 22 – 25 cm. Iluviální horizont od 30 – 70 cm. Tento půdní typ následkem eroze zůstává zachován pouze ostrůvkovitě.
6. Ranker modální RN (za KPP byly sondy označeny jako černozem smytá a silně smytá ČMsm a ČMssm) – jedná se o půdní typ, kde dvě sondy mají ornici s hloubkou 22 až 25 cm, nebo i bez ornice, půdotvorný substrát v hloubce od 25 cm až po povrch, kterým je karpatský flyš s 30 % skeletu pískovce. Vyskytuje se převážně v polohách silně svažitých, následkem orby po spádnici.
7. Antropozem AN (za KPP nejčastěji hnědozemě silně smyté HMssm) – všechny sondy dnes zařazené do antropozemí, náležely k hnědozemím silně smytým (HMssm) na půdotvorném substrátu 24 nebo 24/21. Antropozemě byly vytvořeny převážně tam, kde se v minulosti nacházely výrazně erozí degradované půdy a to převážně v původním hnědozemním pásmu. Půdotvorný substrát je karpatský flyš a to různých zrnitostních frakcí.
8. Pararendzina arenická PRa (za KPP se jednalo převážně o hnědozemě v různém stádiu smytosti, které se vyskytovaly na půdotvorném substrátu 24/21). Půda je středně hluboká až hluboká, s hloubkou ornice 33 cm, rovnající se humusovému horizontu. Matečným substrátem je karpatský flyš arenické zrnitosti, vznikající rozpadem pískovce tzv. ždánické jednotky.
9. Fluvizem modální – FLm (za KPP nivní půda glejová karbonátová (NP<sub>GK</sub>) – se tvoří na vápenitých nivních uloženinách. Hloubka ornice od 18 do 32 cm, s humusovým horizontem od 30 do 46 cm.
10. Fluvizem glejová FL<sub>G</sub> (za KPP nivní půda glejová (NP<sub>G</sub>) – se vytváří na vápenitých nivních uloženinách s hloubkou ornice od 24 do 30 cm s humusovým horizontem od 30 do 46 cm.
11. Pararendzina modální PRm – vzniká na půdotvorném substrátu karpatský flyš střední zrnitosti. Jedná se o půdy obvykle hluboké s průměrnou hloubkou ornice od 16 až 22 cm.
12. Pararendzina pelická – PRp (za KPP hnědozem smytá HMsm) – vyskytuje se na pelických souvrstvích karpatského flyše (půdotvorný substrát 21). Půdy jsou hluboké s hloubkou ornice 15 až 30 cm.

## ***Zhodnocení vývojových tendencí vyplývajících z porovnání výběrových sond mezi léty 1962 a 2003***

Statistické vyhodnocení analyzovaných ukazatelů ve zkoumané oblasti bylo provedeno analýzou intervalu spolehlivosti.

Zrnitost u prvního horizontu vykazuje u zrnitostní frakce fyzikální jíl téměř stejné hodnoty (v roce 1962) výchozí rok pozorování 20,38 % (v roce 2003), označované jako současnost hodnota 20,57 %. U druhé zrnitostní frakce (jílnaté částice do 0,01 mm) zaznamenáváme v současnosti pokles a to z průměrné hodnoty 42,44 % na 39,15 %. Shodná tendence je patrná i u třetí zrnitostní frakce hrubý prach (0,01 – 0,05 mm), kde dochází opět k poklesu hodnoty a to z původní hodnoty 38,01 na 35,53 % a současně dochází k nárůstu intervalu spolehlivosti. Opačnou vývojovou tendenci zaznamenáváme u čtvrté frakce jemný písek (od 0,5 do 0,25 mm), kde výchozí hodnota 19,54 % roste na současnou hodnotu 25,19 %. V současnosti je dále patrný nárůst intervalu spolehlivosti. Druhý a třetí horizont vykazuje téměř identické vývojové změny jako horizont první.

Procentický obsah uhlíku vykazuje pokles jak u prvního tak i druhého horizontu při současném intervalu spolehlivosti: u prvního horizontu pokles z 1,13 na 1,08 % a u druhého horizontu pokles z 0,73 % na 0,68 %. Opačný vývojový trend lze charakterizovat u třetího horizontu, který jako jediný v roce 2003 vykazuje nárůst % obsahu C a to z výchozí hodnoty 0,39 % na 0,46 %. Závěr: procentický obsah C klesl za posledních 40 let a to jak v prvním tak i druhém horizontu, ze kterých je vyplavován do třetího horizontu, kde se v důsledku akumulace jeho hodnota zvyšuje.

Všechny tři horizonty vykazují v roce 2003 v porovnání s výchozími hodnotami v roce 1962 pokles hodnoty pH v KCl. U prvního horizontu pokles z výchozí hodnoty 7,40 na 7,17 u druhého horizontu z 7,43 na 7,26 a u třetího horizontu klesá pH z 7,48 na 7,34. Současně zaznamenáváme u všech horizontů nárůst rozpětí intervalu spolehlivosti.

Ukazatel sorpční kapacity T v %. Všechny tři horizonty shodně vykazují nárůst hodnot zjištěných v roce 2003. Nejmenší nárůst je u prvního horizontu a to z 17,46 na 18,97 %, následuje druhý horizont z 14,59 na 17,97 %. Nejvyšší nárůst vykazuje horizont třetí s nárůstem z počátečních 12,97 % na 16,75 %. U všech tří horizontů dochází ale současně ke zúžení rozpětí intervalu spolehlivosti.

## **DISKUSE**

V současné době v rámci přímých antropogenních vlivů převažuje destrukční vliv na pedosféru. V rámci výrazně členité krajiny představuje vodní eroze dominantní degradační proces. Hlubší znalosti o koluvizemi jako novém půdním typu budou nezbytné s růstem jeho plošného rozšíření v rámci naší pedosféry. Proces koluvizace se projevuje především na nezpevněných kvarterních a tercierních jemnozrných sedimentech jako antropogenní následek intenzivně, ale chybně obhospodařované zemědělské krajiny. Další úkol, který stojí před českou pedologií bude lokalizace těchto půd v terénu a jejich mapování.

Postkolektivizační antropické vlivy technicko-technologického charakteru zásadním způsobem změnilы původní strukturu využívání země. Vytvořením rozsáhlých bloků polí rozoráním mezi a eliminací dalších lineárních krajinných prvků, došlo k likvidaci původních terasových a vrstevnicových polí a terénních stupňů. Rychlost eroze je akcelerována především růstem vzdálenosti ničím nepřerušené dráhy soustředěného odtoku v důsledku shlazení agrárního ekosystému. V rámci honu se dnes vyskytují velmi heterogenní pedologické poměry, které je snaha homogenizovat užitím technicko-technologických prostředků.

Dominantním negativním činitelem vlivu zemědělství na georeliéf je orba, která urychluje zvětrávání a obnažuje zemský povrch, čímž akceleruje především svahové pochody.

V rámci zemědělské půdy se zvýšila výměra orné půdy rozoráním mnohdy nevhodných lokalit (velmi svažité a skeletovité). Nárůstem procentického zastoupení okopanin a zvláště pak kukuřice seté téměř výhradně po spádnici dochází urychlenou erozí někdy až k degradaci původního půdního typu, kdy černozemě degradují až na regozemě, pararendziny, rankry. Antropogenní pochody probíhají většinou rychleji než přírodní geomorfologické pochody a s větší intenzitou.

V roce 1962 byla již zemědělská výroba zkollektivizována. Rozsah eroze zjištěný v tomto roce byl převážně důsledkem historicky pozvolně probíhající eroze v rámci malovýrobních způsobů hospodaření. Jak vyplývá z analýzy leteckých snímků z roku 1938, byla zkoumaná oblast intenzivně obhospodařovaná orbou i ve značných svažitostech tzv. řemenovým způsobem, bohužel téměř ve všech případech orientovaných po spádnici. Vegetační pokryv řemenové půdní držby znemožňuje

provést na základě těchto snímků věrohodnou kvantifikaci různých intenzit eroze na půdní pokryv. Na základě analýzy těch pozemků, které byly bez vegetačního pokryvu lze jednoznačně dospět k závěru, že i v rámci soukromé řemenové půdní držby, orientované převážně po spádnici, existovaly již v roce 1938 v rámci jednoho většinou velmi úzkého pozemku plochy v různém stupni jednak oderodování, ale i akumulací humusových horizontů, vždy v přímé závislosti na měnícím se sklonu různých částí téhož pozemku. Z leteckých snímků z roku 1938 je patrné, že v nižších částech katastrů v Kyjovské pahorkatině neexistovala rozptýlená zeleň v krajině a to ani kolem vodotečí. Stromořadí je patrné pouze kolem silnic. Naopak na převážně jižních a západních svazích Ždánického lesa byl četný výskyt soliterních ovocných dřevin, které jsou situovány převážně do středu úzkých pozemků. Tyto dřeviny nepochybně sehrávaly významnou antierozní funkci.

Historicky dlouhodobě působícím faktorem uplatňujícím se již v předkolektivizačním období je orba po spádnici a dále svažitost oraných svahů. Následkem kolektivizace došlo mnohdy k prodloužení délky pole obdělávaného po spádnici a to především eliminací liniových prvků, které zpomalovaly erozní účinky vody především ve drahách soustředěného odtoku. K tomu přistupují většinou unifikovaná agrotechnická opatření, která způsobují zintenzivnění antropogenního zvětrávání. V mnoha případech tak nic nebrání eroznímu působení vody v drahách soustředěného odtoku na cestě mnohdy od rozvodnice až do vodoteče.

Tvorba koluvizemí je typickým důsledkem uplatňování postkolektivizačních technologií. Paradoxním důsledkem integrace půdních heterogenit do jednoho bloku vede k intenzifikaci eroze a následným kvantitativním a kvalitativním změnám půdního pokryvu zemědělské půdy.

### ***Rozlišení fluvizemí a koluvizemí***

Fluvizemě vznikají jako plaveninová alochtonní akumulace v dolních částech povodí řek. Plaveniny jsou nejprve transportovány vodou jakožto nosným médiem korytem vodoteče a k akumulaci dochází až po ztrátě kinetické energie povodňových vod. Koluvizem vzniká jako podsvahové deluvium ze svahovin, následkem gravitačních pochodů vodou rozvolněných svahovin, které jsou akcelerovány kinetickou energií erozních vod.

Na základě studia této problematiky „in situ“ je možno definovat koluvizem takto: „koluvizem je dynamicky vznikající alochtonní podsvahová deluviální akumulace, vznikající následkem gravitačních svahových pohybů svahovin, které jsou antropogenně rozvolněny orbou a současně akcelerovány rostoucí kinetickou energií povrchových erozních vod způsobené prodloužením délky drah soustředěného odtoku vody a následkem eliminace liniových retenčních prvků z krajiny“.

### ***Kvantifikace změn výskytu hlavních půdních typů***

V roce 1962 při KPP bylo 64 % z celkové výměry zařazeno do černoze. Nebyla bohužel provedena kvantifikace kolik procent bylo bez erozního poškození, čili černoze typických neboli modálních a kolik bylo černoze smytých neboli erodovaných. V roce 2003 klesla celková výměra černoze z původních 64 % na pouhých 39 %. Z toho černoze modální v současnosti zůstávají pouze na 10,2 %, zatímco černoze erodovaných je 28,8 %.

Fluvizemě a hnědozemě zůstávají na sotva 0,01 %. Nový půdní typ klasifikačního systému půd koluvizemě se dnes vyskytují na 16,5 % výměry. Koluvizemě se dnes vyskytují v nivních polohách kde se v minulosti vyskytovaly NP<sub>G</sub> a dále v konkávních depresích, ve kterých se v minulosti vyskytovaly černoze akumulované. Největší nárůst zaznamenáváme u pararendzin, kterých je 34,3 %. Tyto se dnes vyskytují na plochách, kde v minulosti byly hnědozemě a to nejen erodované, ale i modální, a dále erodované černoze. Téměř 200 ha, které jsou zcela uměle vytvořeny, řadíme dnes do antropozemí. Jedná se o velkoplošné terasy, nebo o konfigurační terasy, částečně i hluboce rigolované vinice. Vždy se jedná o plochy s hloubkou antropogenní transformace minimálně do hloubky 60 cm.

Plocha erodovaných půd se zvýšila z původní hodnoty 52,5 % v roce 1971 až na 72,4 % v současné době. Skutečnost v roce 1971 je zjištěna z leteckých snímků, současnost je zjištěna terénním průzkumem.

### ***Diskuse k problematice výškové zonality půd v rámci zkoumaného území***

Analyzované území má rozlohu cca 2 225 ha a z hlediska nadmořské výšky je vymezeno rozpětím od 185 m n.m. v údolnici Trkmanky do 385 m n.m. po dolní hranici lesa. Severní části k.ú.

Ždánic a Archlebova vyplňují jižní expozice Ždánického lesa, které ještě v roce 1962 bylo pokryto hnědozeměmi, již tehdy silně smytými (s výškou sprašového pokryvu ležícího na karpatském flyši od 38 cm do 46 cm a v kategorii smyté byla mocnost sprašového pokryvu v rozpětí od 70 do 88 cm). Vzhledem ke sklonitosti Ždánického lesa byla tato část zájmového území nejvýrazněji postižena zrychlenou antropogenní erozí, která vedla téměř k eliminaci hnědozemního pásma, které se geograficky shodovalo se Ždánickým lesem. Severní hranice tohoto pásma byla tvořena dolní hranice lesa, s rozpětím od 270 do 385 m n.m. Již v roce 1978 zde hnědozemě byly nahrazeny pararendzinami.

Jižní hranici tvoří již pásmo černozemí, které bylo typické pro Kyjovskou pahorkatinu. Černozemní půdní typ, který ještě v roce 1962 byl na zkoumaném území dominantní se 64 %, se postupně snižuje. V roce 1978 to bylo 51,4 %, v roce 1989 42,2 % a v roce 2003 již pouze 39 %. Horní hranice černozemního pásma leží v rozpětí od 250 do 290 m n.m. a dolní hranice leží ve výšce cca 200 m n.m.

Údolnice (od 185 do 300 m n.m.) byly v roce 1962 pokryty převážně nivními půdami glejovými, případně nivními půdami typickými. V současnosti se rozsah těchto půd výrazně zúžil do těsné blízkosti vodotečí a to především těch, které nebyly melioračně zahloubeny.

V současné době se následkem zrychlené antropogenní eroze nachází nad současnými fluvizeměmi různě široký pás koluvizemí, který dnes překrývá vyšší části původních niv a dále se vyskytují v konkávních depresích, kde koluvizemě překrývají původní akumulované formy černozemí. Koluvizemě se vyskytují v širokém výškovém rozpětí od 200 až do 270 m n.m. Výškové rozpětí koluvizemí je nejčastěji 10 m (jen výjimečně 20 m).

Nad současným pásmem koluvizemí se nejčastěji nacházejí produkty antropogenní zrychlené eroze, kterými jsou na erodovaných sprašových pokryvech nejčastěji regozemě (regozemě na spraši), na úzkých konvexních hřebtech rankry (na výchozech karpatského flyše). Tyto půdní typy jsou svým výskytem příznačné pro nejstrmější části svahu. Před čtyřiceti lety se v těchto lokalitách vyskytovaly nejčastěji ČMssm (černozemě silně smyté) případně ČMsm (černozemě smyté). Směrem k rozvodnici na sklonech v rozsahu od 2 do cca 6° se nacházejí v současnosti erodované černozemě (CEe). Za KPP se zde vyskytovaly ČMsm, čili stejný půdní typ i subtyp. Konvexní části náhorních rovin od rozvodnice po sklon do cca 2 stupňů jsou místem výskytu černozemí typických neboli modálních.

Problematiku historické a současné výškové zonality lze charakterizovat schematicky takto:

Rok 1962		Rok 1978		Rok 1989		Rok 2003	
Žd. les	Kyj. pah.	Žd. l.	Kyj. p.	Žd. l.	Kyj. p.	Žd. l.	Kyj. p.
HMt	ČMt	HMsm	ČMt	HMssm	ČMsm	PRm	CEe
HMsm	ČMsm	PRm	ČMssm	PRm	ČMssm	PRm	CEe
HMssm	ČMssm	PRm	ČMssm	PRm	ČMssm	PRa	RG
NPG	ČMak	NP <sub>G</sub>	NP <sub>G</sub>	NP	NP	KO	KO
	NP <sub>G</sub>					(FL)	FL

Vysvětlení užívaných zkratk: Žd. l. = Ždánický les, Kyj. p. = Kyjovská pahorkatina

V závislosti na změnách, ke kterým došlo v důsledku antropogenní zrychlené eroze se původní možno říci téměř schématický půdní pokryv (hnědozemní pás ležící na svazích Ždánického lesa a černozemní pás v Kyjovské pahorkatině) změnil a to jak počtem půdních typů, tak i plošným zastoupením. Letecké černobílé snímky z roku 1938 dokazují, že ještě za existence soukromého hospodaření byla většina zemědělské půdy, která měla charakter úzké a velmi protáhlé řemenové držby (včetně orné půdy) orientována bohužel po spádnicí. Právě tato skutečnost, se nejzávažněji negativně projevila na erozi půdy ve směru od rozvodnice do vodoteče v údolnici. Letecké snímky z roku 1971 a ze současnosti, umožňují analyzovat nárůst eroze v důsledku eliminace protierozních prvků.

## ZÁVĚR

Na základě porovnání původních map a půdních rozborů z roku 1962 se současným stavem zjištěným v roce 2003 vyplývají následující závěry.

Ve zkoumaném území zůstávají černozemě modální zachovány pouze na náhorních rovinách a to za předpokladu, že mocnost sprašového překryvu je větší jak 50 cm, při svažitosti od 0 do 2° (v konkávních polohách až do 2,5°). V roce 1962: ČM t, v roce 2003: CEm, tedy bez změny.

Při sklonitosti od 3 do 7° za předpokladu, že mocnost spraše v roce 1962 dosahovala cca 1 m zůstávají i dnes v souladu s historickým stavem zachovány černozemě smyté. R 1962: ČMsm nebo ČMssm, r. 2003: CEe, čili opět bez změny. V konvexních lokalitách při svažitosti nad 7° a v konkávních polohách nad 9° došlo v důsledku dlouhodobé silné eroze ke transformaci ČMsm a ČMssm na regozemě – RG (v počtu 6 sond). Pro regozemě této oblasti je typické, že orniční horizont je každoročně tvořen téměř výhradně půdotvorným substrátem tj. spraší.

V etapě KPP četné NP<sub>G</sub> zůstávají zachovány v kategorii FL<sub>G</sub> pouze za předpokladu, že hloubka podzemní vody se pohybuje v rozpětí 70 až 90 cm. Tato podmínka je dnes splněna za předpokladu, že jde o špatně odtokovou lokální sníženinu s dostatkem cizí vody. V roce 1962 NP<sub>G</sub>, v roce 2003 FL<sub>G</sub> – setrvalý stav. Následkem zahloubení toků, ale především v důsledku akumulace sedimentů o síle větší jak 80 až 100 cm ustoupily hydromorfní znaky do hloubky přesahující 120 cm, čímž došlo ke transformaci na koluvizemě. Dnešním koluvizemím předcházely nejčastěji ČMak, dále ČMt a ČM sm, spolu s NPg a NP<sub>G</sub>. Představitelem nejvýraznějšího stupně degradace černozemí jsou dvě sondy řazené v současnosti do rankeru. Tyto vznikly následkem orby při svažitosti nad 8 stupňů.

Sondy na sprašových pokryvech v roce 1962 o mocnosti do 50 cm zařazené jako HMT, HMsm nebo HMssm. Při svažitosti nad 4° dnes následkem totální eroze spraše řadíme k pararendzinám.

Výšková pásmitost: v údolnicích od 185 do 270 m n.m. původně NP<sub>G</sub> nebo NPg, dnes fluvizemě, na něž navazují koluvizemě. Dále následuje pásmo černozemní od 200 m n.m. do převážně 260 (ojediněle až do 290 m). Od této výšky po hranici lesa max. do 385 m n.m. následovalo pásmo hnědozemí dnes pararendzin, nebo antopozemí terasovaných (AN).

### ***Vývojová prognóza zkoumaného území***

Dojde k další plošné redukci výskytu černozemě modální a ke snížení mocnosti jejího humusového horizontu při snížení % humusu. Na mocných sprašových překryvech (nad 1 m) do svažitosti 5 – 7° zůstanou zachovány černozemě erodované. Při svažitosti nad 7° na spraších se zvětší výskyt regozemí. Po totální erozi spraší se dále zvýší plošný rozsah pararendzin a omezeně i rankerů (výstupy pískovců v konvexních hřbetech). Zrychlená eroze v tomto teritoriu povede k dalšímu vývoji od černozemí erodovaných k regozemím na spraši, pararendzinám a antropozemím jejichž společným znakem bude výrazně nižší kvantita ale i kvalita humusu.

## **LITERATURA**

- Bedrna, Z., 2002: Environmentálne pôdoznanectvo, Veda, Bratislava, 364 s.
- Culek, M. et al., 1996: Biogeografické členění České republiky. Enigma, Praha, 1996, 347 s.
- Czudek, T., Demek, J., Stehlík O.: Formy zvětrávání a odnosu pískovců v Hostýnských vrších a Chříbech. Časop. pro mineralogii a geol. 6.
- Hraško, J., Linkeš, V., Němeček, J., Novák, P., Šály, R., Šurina, B., 1991: Morfogenetický klasifikační systém pod ČSFR, Bratislava, 1991, 106 s.
- Janeček, M. et al., 1992: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe č. 5/1992, VÚMOP Praha, 1992, 110 s.
- Juva, K., Cáblik, J., 1963: Protierozní ochrana. SZN Praha, 1963.
- Demek, J., Marvan, P., Panoš, V., Raušer, J., 1964: Formy zvětrávání a odnosu žuly a jejich závislost na podnebí, Rozpravy ČSAV.
- Demek, J., Pašek, J., Rybář, J.: Principy působení erozně denudačních svahových pohybů, Studia geografica 51.
- Demek, J. et al., 1965: Geomorfologie Českých zemí. ČSAV Praha, 1965, 335 s.
- Demek, J. et al., 2000: Modelování erozních procesů, experimentální studie Trkmanka. Geoinfo, 2000, č. 1, s. 19-20.
- Demek, J. et al., 1987: Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČSR Academia Praha, 1987, 584 s.
- Demek, J., Novák V., 1992: Vlastivěda moravská. Muzejní a vlastivědná společnost v Brně 1992, 242 s.
- Dumbrovský, M. et al., 1998: Protierozní a protipovodňová ochrana v krajině. Brno 1998, 32 s.
- Dumbrovský, M. et al., 1995: Doporučený systém protierozní ochrany v procesu komplexních pozemkových úprav. Metodika č. 19 /1995, VÚMOP Praha, 1995, 79 s.

- Kirkby, M.J., Morgan, R.P.C. (Ed), 1980: Soil Erosion, Wiley & sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto.
- Kolejka, J. et. al., 2000: Eroze půdy hrozí. Geoinfo, 2000, roč. 1. s. 12 – 16.
- Lehotský, M., 1999: Erozno-akumulačné katény a degradácia pod. In: Antropizácia pôd IV., Zbor. ref. Bratislava, 1999, s. 72-78.
- Lehotský, M., 2001: Growth of Colluvial Bodies and Rise of Bottoms of Linear Depressed Landforms as Example of Soil Anthropization. In Sobocká J. (ed): Soil Anthropization IV. Int. workshop, June 20 – 22, 2001, Bratislava, pp. 43-50.
- Nestroy, O., 1999: On the Definition of Antropogenic and Urbanic Soils. In Antropizácia pôd IV. Zbor. ref. VÚPOP, Bratislava, 1999, s. 7-11.
- Nestroy, O., 2000: New Aspects on the Formation of Antrosols and transferred Soils in the Austrian Soils Systematology. In Antropizácia pôd V. Zbor. ref. VÚPOP, KPPriFUK, Bratislava, s. 5-7.
- Nestroy, O., 2001: Position, Arrangement and Definition of Colluvien and Anthrosols in the Austrian Soils Classification 2000. In Sobocká J. (ed): Soil Anthropization IV. Int. workshop, June 20 – 22, 2001, Bratislava, pp. 43-50.
- Němeček, J. a kol 1967: Průzkum zemědělských půd ČSR (Souborná metodika) – MZV, díl 1,2,3.
- Němeček, J. a kol., 2001: Taxonomický klasifikační systém půd ČR, ČZU Praha, 78 s.
- Pasák, V. et al., 1974: Ochrana zemědělské půdy proti erozi. Metodika UVTIS Praha 1974, 40 s.
- Stehlík, O., 1975: Potenciální eroze půdy proudící vodou na území ČSR Stud. Geogr, 1975, č. 42, 147 s.
- Kolektiv, 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pod Slovenska. VÚPOP, SPS, Bratislava, 2000, 76 s.
- Toman, F., 1996: Protierozní ochrana půdy. Návody do cvičení. MZLU Brno, 1996, 76 s.
- Tomášek, M., 1995: Atlas půd České republiky. ČGÚ Praha, 1995, 36 s.
- Zachar, D., 1970: Erózia pôdy SAV Bratislava, 1970.
- Zachar, D., 1960: Erózia pôdy, SAV Bratislava, 308 s.

# ZMENY VYBRANÝCH FYZIKÁLNO-CHEMICKÝCH VLASTNOSTÍ PŮD A OBSAHU ŤAŽKÝCH KOVŮ A ARZÉNU V EMISNE ZAŤAŽENEJ OBLASTI NÁLEPKOVO V OBDOBÍ 1995 – 2003

## Changes of selected physical-chemical soil properties, heavy metals and arsenic content in emission-loaded region Nalepkovo in period 1995 – 2003

Juraj PACHOTA, Miroslav KROMKA

*Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra pedológie,*

*Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, SR*

[pachota@fns.uniba.sk](mailto:pachota@fns.uniba.sk), [kromka@fns.uniba.sk](mailto:kromka@fns.uniba.sk)

### Abstrakt

Kataster obce Nálepkovo je v posledných desaťročiach postihnutý hromadným hynutím sekundárnych smrečín. Jednou z potenciálnych príčin tohto negatívneho javu je narastajúca acidifikácia pôd a s ňou sa zvyšujúca mobilita ťažkých kovov a arzénu v pôdach sledovanej lokality. Výsledky analýz z roku 2003 boli porovnávané s výsledkami z roku 1995. Napriek pretrvávajúcim negatívnym vplyvom môžeme konštatovať, že v skúmanom území došlo k nepatrnému zlepšeniu stavu.

**Kľúčové slová:** ťažké kovy, emisná záťaž, pôda

### Abstract

Region of the Nálepkovo village has been affected by a massive decline of secondary forest stands during last decades. One of the potential reasons of negative forest condition is the increasing soil acidification resulting in the mobility of heavy metals and arsenic in soils of this region. Results of chemical analyses from 1995 were compared to the results provided in 2003. Despite the ongoing negative influences we observed a slight improvement in soils of the examined area.

**Key words:** heavy metals, arsenic, emission-load, soil

### ÚVOD

Pod hromadným hynutím lesov rozumieme také odumieranie, ktoré rozsahom prevyšuje bežný výpad drevín zo stabilných ekosystémov, najčastejšie vplyvom mechanického, či klimatického poškodenia. Proces rozpadu lesných ekosystémov, teda hynutie celých lesov má dve fázy:

- počiatočnú, ktorá je pomerne dlhá a prebieha v skrytej, nenápadnej forme
- prudkú, náhlu, kedy stromy rýchle odumierajú

Typickým príkladom hromadného hynutia drevín, končiaceho rozpadom lesných ekosystémov sú sekundárne smrečiny doliny Hnilca, najmä jeho strednej časti, reprezentované lesmi obce Nálepkovo, Švedlár, Mníšek nad Hnilcom a Smolník (Šomšák, 1997).

Hromadné hynutie smrekú obyčajného (*Picea abies*) v spišskej časti Slovenského rudohoria, konkrétne v doline Hnilca, nadobudlo katastrofické rozmery. Postihlo všetky vekové skupiny. Postihuje mladých jedincov, no najviac sa prejavuje v rubných a vekovo im blízkych porastoch. Jednou z potenciálnych príčin je acidifikácia pôd vplyvom prirodzene kyslého charakteru opadu smrekového ihličia a tiež okysľovanie vplyvom antropogénnej činnosti. Bez ohľadu na zdroj

acidifikácie, extrémne nízke hodnoty pôdnej reakcie môžu mať následovné negatívne vplyvy na lesný ekosystém (Šomšák a kol., 1995):

- deficit makroživín, ako sú  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ;
- toxické pôsobenie hliníka;
- inhibícia procesov mineralizácie pôdnej organickej hmoty;
- mobilizácia ťažkých kovov.

V dôsledku acidifikácie pôd dochádza v skúmanom území k zvyšovaniu mobility a toxického pôsobenia ťažkých kovov v intoxikovaných pôdach. Okrem prirodzenej geochemickej anomálie je toto územie znečistené emisiami z Krompách a Rudnianskej (baníctvo a spracovanie rúd). Emisie Hg a As, úlety z kovohút v Nižnej a Vyšnej Slanej, ale i predpokladaného diaľkového prenosu emisií katowicko-ostrovského typu, v kombinácii s. katastrofickým suchom v roku 1947, sa odrazilo na znížení vitality smreku (Šomšák, 1997).

## MATERIÁL A METÓDY

Vzorky pre pedologické analýzy boli odoberané z lokalít v katastrálnom území obce Nálepkovo opísaných v práci Juráni (1997). Pochádzajú z horizontov O, Ao, Bv resp. Bv/C (3 vzorky z každej lokality). Ide o lokality Záhradka, Čierna hora, Peklisko a Biely potok, ktoré sú sledované od roku 1995. Lokalita Stará Voda – Krížne cesty vzhľadom na excentricitu pôvodnej lokality bola vylúčená z ďalšieho výskumu.

Odobraté vzorky boli spracované štandardnými metódami (vysušenie na vzduchu, preosiatie cez 2 mm sito). V jemnozemi boli stanovené pôdne charakteristiky. Vzhľadom na to, že v roku 1995 boli vzorky odoberané z celého profilu (s intervalom 10 cm) a nie z genetických horizontov, porovnávané boli údaje z príslušných hĺbok.

Metódy chemických stanovení:

- stanovenie zrnitostného zloženia pôdy pipetovacou metódou podľa Nováka (Fiala a kol., 1999); stanovenie aktívnej pôdnej reakcie  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  (Hraško a kol., 1962); stanovenie výmennej pôdnej reakcie (Hraško a kol., 1962); stanovenie uhlíka oxidimetricky (mokrou cestou) – metóda Walkley-Blackova (Hraško a kol., 1962); stanovenie sorpčného komplexu Godlinovou metódou (Hraško a kol., 1962)
- stanovenia obsahov ťažkých kovov (Hg, Pb, Cd, Co, Cu, Ni a Zn) a arzenu (As) vo vzorkách zo sledovaných lokalít boli vykonané Geologickým ústavom Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave na atómovom spektrofotometri po ich vyluhovaní vo výluhu v koncentrovanej  $\text{HNO}_3$  a  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (pomer 1:1) v autoklávoch 6 hod. pri 160 °C.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### *Základné fyzikálno-chemické charakteristiky pôd*

#### Zrnitosť

Z hodnotenia zrnitostného rozboru podľa trojuholníkového textúrneho diagramu (Kolektív, 2000) vyplýva, že sa jedná o hlinité (stredne ťažké) pôdy v zrnitostných triedach piesčito-hlinité, hlinité a prachovito-hlinité, s obsahom piesku (2 – 0,05 mm) 36 – 70 %, prachu (0,05 – 0,002 mm) 22 – 52 % a ílu (< 0,002 mm) 1 – 20 % (tab. 1). Vo všeobecnosti majú hlinité pôdy podľa Rehák, Janský (2000) pri dobrom štruktúrnom stave optimálne fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti, majú vyhovujúcu prevzdušnosť i vodnú kapacitu a dostatočnú sorpčnú schopnosť.

#### Výmenná a aktívna pôdna reakcia

Na základe stanovení  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  a  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  sa jedná o pôdy silne kyslé. Pri porovnaní súčasných hodnôt aktívnej pôdnej reakcie s hodnotami z roku 1995 došlo k zvýšeniu kyslosti vo všetkých O-horizontoch sledovaných lokalít. Kyslosť stúpla aj v horizontoch Ao s výnimkou lokalít Záhradka a Biely potok. Naopak v horizontoch Bv a Bv/C, došlo k poklesu pH na všetkých lokalitách. Čiastočnú analógiu môžeme sledovať aj pri hodnotení výmennej pôdnej reakcie. V porovnaní s rokom 1995 došlo k okysleniu vo všetkých O-horizontoch s výnimkou lokality Záhradka. V Ao-horizonte došlo k zvýšeniu kyslosti na lokalitách Peklisko a Biely potok. V uvedených horizontoch sa kyslosť znížila na lokalitách Záhradka, Záhradka a Čierna hora. V horizontoch Bv resp. Bv/C kyslosť stúpla len na

lokalitách Čierna hora a Biely potok, na zvyšných sledovaných plochách došlo k zníženiu kyslosti (tab. 2).

Metódou bryomonitoringu bolo v sledovanom území zistené vysoké imisné zaťaženie oblasti kyslými imisiami (hlavne oxidmi síry), čo môže vysvetľovať pretrvávajúcu acidifikáciu pôd. Vzhľadom na smer prevládajúcich vetrov je možné predpokladať, že tento spád prichádza z priemyselných závodov v okolí (Rudňany, Krompachy, Nižná Slaná) ale aj ostravsko-katowickej aglomerácie (Maňkovská, 2003).

Tab. 1 Výsledky zrnitostného rozboru

Lokalita	Horizont	Zrnitostná frakcia [%]			Zrnitosť	
		2 – 0,05 mm	0,05 – 0,002 mm	< 0,002 mm		
Záhajnica	Ao	37	49	13	ssh/sh	prachovito-hlinitá/hlinitá
	Bv	46	37	16	sh	hlinitá
	Bv/C	43	37	20	sh	hlinitá
Závadka	O	55	40	5	sp	piesčito-hlinitá
	Ao	37	52	10	ssh	prachovito-hlinitá
	Bv	37	50	12	ssh	prachovito-hlinitá
Čierna hora	O	53	36	11	sp	piesčito-hlinitá
	Ao	46	41	13	sh	hlinitá
	Bv	50	41	9	sp	piesčito-hlinitá
Peklisko	O	61	35	5	sp	piesčito-hlinitá
	Ao	70	22	9	sp	piesčito-hlinitá
	Bv	64	30	6	sp	piesčito-hlinitá
Biely potok	O	65	34	1	sp	piesčito-hlinitá
	Ao	53	40	7	sp	piesčito-hlinitá
	Bv/C	36	52	12	sp	piesčito-hlinitá

#### Obsah oxidovateľného uhlíka (% Cox), resp. humusu

Podľa percentuálneho obsahu oxidovateľného uhlíka (% Cox) v pôde sa pôdy sledovaných lokalít pohybujú v rozmedzí veľmi nízkeho obsahu Cox (0,3 %) až po veľmi vysoký obsah % Cox (8,6 %) (tab. 2). Pre všetky O-horizonty je charakteristický veľmi vysoký obsah Cox, čo zodpovedá organickému obsahu týchto horizontov. V roku 1995, vzhľadom na použité metódy, nebol stanovený obsah Cox v týchto horizontoch. V horizontoch Ao je obsah Cox, s výnimkou lokality Peklisko, v porovnaní s rokom 1995 veľmi vysoký. V roku 1995 nebolo možné stanoviť % Cox v Ao-horizonte na lokalite Biely potok a v roku 2003 na lokalite Záhajnica. Na lokalite Záhajnica mali horizonty Bv resp. Bv/C horizonty v roku 1995 stredný a v roku 2003 nízky obsah Cox. Na lokalite Závadka v roku 1995 nízky a v roku 2003 veľmi nízky obsah Cox. Lokalita Čierna hora a Peklisko. Na lokalite Biely potok došlo k zvýšeniu % Cox z nízkeho v roku 1995, na stredný v roku 2003.

Podľa obsahu humusu môžeme tieto pôdy zaradiť od veľmi nízko humózných až po veľmi vysoko humózne pôdy. Veľmi vysoko humózne pôdy sú na všetkých lokalitách v horizontoch O a Ao. V Bv resp. Bv/C-horizontoch je obsah humusu v rozmedzí veľmi nízko až vysoko humózných. Množstvo humusu odráža koncentráciu organických látok v pôde, z čoho vyplýva veľmi vysoká humóznosť v horizontoch O a Ao.

Vysoké hodnoty obsahov oxidovateľného uhlíka (Cox) a percenta humusu v horizontoch O a Ao vyplýva z prekorenienia týchto horizontov a zvýšeného množstva pôdnych mikroorganizmov, predpokladá sa v nich teda najvyššia koncentrácia organickej hmoty (Čurlík, Šurina, 1998).

#### Sorpčný komplex

Postupujúca acidifikácia pôd sledovaných lokalít je sprevádzaná dramatickou zmenou zloženia sorpčného komplexu pôd v neprospech zastúpenia bázičných katiónov (Dlapa a kol., 1997). Podľa

hodnotenia stupňa nasýtenia sorpčného komplexu V (%) (Hraško a kol., 1962) boli roku 1995 pôdy sledovaných lokalít extrémne nenasýtené (< 30 %). Nasýtenosť O-horizontov v roku 1995 nebolo možné stanoviť Godlinovou metódou (s výnimkou lokality Záhajnica – O-horizont bol v roku 1995 extrémne nenasýtený) a vzhľadom na túto skutočnosť nie je možné porovnávať ich stupne nasýtenia s rokom 2003. Stupeň nasýtenia sorpčného komplexu v roku 2003 sa pohybuje v rozmedzí 1 – 54 %, teda od extrémne nenasýtených po slabo nasýtené pôdy. Najvyššiu nasýtenosť – 54 % vykazuje O-horizont lokality Závadka, ktorý je podľa hodnotenia slabo nasýtený. V horizontoch Ao a Bv resp. Bv/C sú pôdy podľa hodnotenia nasýtenosti sorpčného komplexu rovnako ako v roku 1995 extrémne nenasýtené (tab. 2).

### ***Obsah ťažkých kovov a arzénu v sledovaných lokalitách***

Limitné hodnoty pre obsahy ťažkých kovov a arzénu boli upravené podľa Rozhodnutia MP SR č.531/1994-540.

#### Stanovenie obsahu ortute - Hg

Hodnoty obsahu ortuti – Hg v pôdach sledovaných lokalít sa pohybujú v rozmedzí 7,87 – 0,147 mg/kg, zatiaľ čo v roku 1995 bolo toto rozmedzie 18,6 – 0,12 mg/kg (tab. 3). Limitná hodnota C pre obsah ortuti v pôde v súčasnosti nie je prekročená (v roku 1995 bola prekročená na lokalitách Závadka – O-horizont a Biely potok – Ao-horizont. Limitná hodnota B je prekročená rovnako ako v roku 1995 na lokalitách Záhajnica (Ao), Závadka (O, Ao), Čierna hora (O, Ao), Peklisko (O, Ao) a Biely potok (O, Ao). Limitná hodnota A bola prekročená na lokalite Biely potok (Bv/C).

Rovnako ako v roku 1995 sú aj teraz najvyššie obsahy Hg sústredené v O a Ao-horizontoch, ktoré sú charakteristické vysokou koncentráciou organickej hmoty (Šomšák a kol., 1995)

#### Stanovenie obsahu arzénu – As

Obsah arzénu – As v pôdach sledovaných lokalít je v súčasnosti v intervale 10,2 – 58,4 mg/kg, kým v roku 1995 bolo rozmedzie 13,1 – 62,4 mg/kg (tab. 3). Limitná hodnota C je prekročená na lokalitách Peklisko (Ao) a Tichý potok (Ao). V roku 1995 bola limitná hodnota C prekročená na lokalite Peklisko (O, Ao). Limitná hodnota B pre obsah arzénu v pôde je prekročená na lokalite Čierna hora (Ao) a roku 1995 na lokalitách Závadka (O, Ao), Čierna hora (O, Ao), Peklisko (Bv) a Biely potok (Ao). Limitná hodnota A bola prekročená na lokalitách Záhajnica (Ao, Bv) a Peklisko (O). Okrem lokality Biely potok, kde v Ao-horizonte došlo k výraznému nárastu obsahu As, sa na ostatných lokalitách obsah arzénu mierne znížil, alebo sa pohybuje v podobných množstvách ako v roku 1995.

Podľa Šomšák a kol. (1995) klesajúce pH pôd znižuje fytotoxicitu arzénu a prijateľnosť rastlinami. Vzhľadom na to nemusí As v pôdach sledovaných lokalít patriť k najrizikovejším faktorom. Podobne ako u ortuti aj u arzénu môžeme sledovať pokles obsahu arzénu v pôde smerom do hĺbky. Najvyššie obsahy sa akumulujú v horizontoch s vysokou koncentráciou organickej hmoty.

#### Stanovenie obsahu olova – Pb

Obsahy olova – Pb v pôdach sledovaných lokalít sa v roku 1995 pohybovali v rozmedzí 5,4 – 58,7 mg/kg. V súčasnosti sú obsahy Pb v rozmedzí 15,3 – 79,6 mg/kg (tab. 3). Už z toho je zrejmé, že došlo k výrazným zmenám. Limitná hodnota A bola prekročená na lokalitách Čierna hora (Ao) a Peklisko (O). K nárastu obsahu Pb v došlo takmer na všetkých lokalitách a vo všetkých horizontoch, často až o dvojnásobok obsahu Pb z roku 1995. Jedinou výnimkou, kedy došlo k zníženiu obsahu Pb v pôde v porovnaní s rokom 1995, je Ao-horizont lokality Biely potok. Napriek nárastu sa obsahy Pb pohybujú pod limitnou hodnotou A.

Rovnako ako v roku 1995 obsahy Pb v pôde smerom do hĺbky klesajú. Podobne ako u ortuti aj vertikálna distribúcia Pb je pravdepodobne závislá od množstva organickej hmoty. Najvyššie obsahy Pb sú v O a Ao-horizontoch, ktoré sú charakteristické vysokými obsahmi organickej hmoty (Šomšák a kol., 1995).

#### Stanovenie obsahu kadmia – Cd

V roku 1995 boli obsahy kadmia – Cd v pôdach sledovaných lokalít v intervale 0,05 – 0,69 mg/kg. V súčasnosti nie je možné určiť presné rozmedzie pre obsah Cd (tab. 3). Výsledky stanovení v roku 2003 ukázali, že k zvýšeniu obsahu Cd došlo vo všetkých O-horizontoch pôd sledovaných lokalít. V Ao a Bv resp. Bv/C-horizontoch v porovnaní s rokom 1995 pravdepodobne nedošlo k výrazným zmenám v obsahu Cd v pôde. Limitná hodnota A je v súčasnosti prekročená len na lokalite Záhajnica (Ao).

Podľa Šomšák a kol. (1995) aj u kadmia možno pozorovať, že jeho obsah v pôde smerom do hĺbky klesá. Jeho obsahy sú závislé na množstve organickej hmoty, najvyššie obsahy sú teda v O a Ao-horizontoch, kde je koncentrácia organickej hmoty pomerne vysoká.

#### Stanovenie obsahu kobaltu – Co

Obsah kobaltu – Co v pôdach sledovaných lokalít je v súčasnosti v rozmedzí 2,03 – 15,9 mg/kg. V roku 1995 bol tento interval 5,8 – 29,4 mg/kg (tab. 3). V porovnaní s rokom 1995 došlo na všetkých lokalitách a v takmer všetkých horizontoch k výraznému poklesu obsahu Co v pôde. Výnimku tvoria horizonty Ao na lokalite Záhajnica a na lokalite Biely potok, kde došlo k nepatrnému nárastu obsahu Co v pôde v porovnaní s rokom 1995. Limitná hodnota A nebola prekročená na žiadnej lokalite ani v roku 1995 ani 2003.

Obsah kobaltu smerom do hĺbky narastá. Je to dané viazanosťou Co na produkty bázičného vulkanizmu, ktoré sú v tejto oblasti hojne zastúpené. Najvyššie obsahy Co sú teda sústredené v horninových komplexoch a v pôde v horizonte Bv resp. Bv/C (Šomšák a kol., 1995).

#### Stanovenie obsahu medi – Cu

Obsah medi – Cu v pôdach sledovaných lokalít bol v roku v intervale 18,4 – 97,5 mg/kg. V súčasnosti je rozmedzie 14,0 – 65,7 mg/kg (tab. 3). Došlo teda k zmenám obsahu Cu v pôde. Na lokalitách došlo väčšinou k zníženiu obsahu Cu v pôde. K zvýšeniu obsahu došlo na lokalitách Záhajnica (Bv a Bv/C), Závadka (Ao) a Čierna hora (Ao). Najvyšší obsah Cu vykazuje rovnako ako v roku 1995 O-horizont lokality Závadka. Limitná hodnota A bola prekročená na lokalitách Záhajnica (Ao), Závadka (O, Ao, Bv), Čierna hora (O, Ao), Peklisko (O) a Biely potok (O, Ao).

Med' patrí medzi významné mikroživiny a nejaví žiaden výrazný trend v distribúcii. Vyššie obsahy sú geochemicky podmienené, viazané na prirodzené geochemické anomálie sprevádzajúce hydrotermálne zrudnenie a nemožno vylúčiť ani vplyv emisií (Šomšák a kol., 1995).

#### Stanovenie obsahu niklu – Ni

Obsahy niklu – Ni v pôdach sledovaných lokalít sa v súčasnosti pohybujú v intervale 4,52 – 29,0 mg/kg. V roku 1995 bol tento interval 9,3 – 55,1 mg/kg (tab. 3). Takmer na všetkých lokalitách a vo všetkých horizontoch došlo k výraznému zníženiu obsahu Ni v pôde. Výnimkou je Ao-horizont lokality Záhajnica a Ao-horizont lokality Biely potok, na ktorých došlo v porovnaní s rokom 1995 k miernemu zvýšeniu Ni v pôde týchto horizontov. A-limit bol prekročený na lokalite Závadka (Ao, Bv).

Rovnako ako kobalt aj nikel je viazaný na produkty bázičného vulkanizmu. Zvýšené obsahy v horninových komplexoch sa odrážajú vo vertikálnych trendoch so vzrastom celkových obsahov Ni smerom do hĺbky. Najvyššie obsahy Ni aj tentoraz vykazovala lokalita Závadka, kde je pôda vyvinutá na svahovinách bridlic a zlepcov. Naopak nižšie obsahy vykazujú lokality Peklisko a Surovec, čo zrejme súvisí s prítomnosťou kyslých efuzív v substráte pôd uvedených lokalít (Šomšák a kol., 1995).

#### Stanovenie obsahu zinku – Zn

Obsahy zinku – Zn v pôdach sledovaných lokalít bol v roku 1995 v rozmedzí 50,0 – 157,0 mg/kg. V súčasnosti je toto rozmedzie 62,5 – 122,2 mg/kg (tab. 3). K zvýšeniu obsahu Zn došlo na lokalite Záhajnica vo všetkých horizontoch, na lokalite Čierna hora vo všetkých horizontoch, na lokalite Surovec vo všetkých horizontoch a na lokalite Biely potok, kde ale došlo k poklesu obsahu Zn v O-horizonte. Obsah Zn sa znížil na lokalite Závadka vo všetkých horizontoch a na lokalite Peklisko s výnimkou Bv-horizontu, kde došlo k nárastu obsahu Zn v porovnaní s rokom 1995. K prekročeniu limitu a došlo na lokalitách Záhajnica (Ao, Bv), Závadka (Ao, Bv) a Biely potok (Ao, Bv/C).

Podobne ako med' aj zinok patrí k dôležitým mikroživinám a v distribúcii nejaví žiadne hĺbkové trendy (Šomšák a kol., 1995).

## ZÁVER

Cieľom práce bolo porovnať výsledky pedologických analýz vykonaných v roku 1995 s výsledkami analýz z roku 2003, teda po necelom desaťročí od prvých pedologických analýz v sledovanom území. Na základe získaných výsledkov možno urobiť nasledujúce závery:

Výsledky stanovení aktívnej a výmennej pôdnej reakcie v porovnaní s rokom 1995 poukazujú na pretrvávajúcu a rastúcu acidifikáciu pôd na sledovaných lokalitách, čo môže byť dôsledkom charakteru podložia a pretrvávajúcich kyslých dažďov v sledovanom území.

Percentuálny obsah oxidovateľného uhlíka v pôdach sledovaných lokalít sa pohybuje v podobnom rozmedzí ako v roku 1995. Vysoké, resp. veľmi vysoké obsahy Cox (%) sú typické pre O a Ao-horizonty, ktoré sú charakteristické vysokým obsahom organickej hmoty. To isté platí pre obsah humusu v pôdach sledovaných lokalít.

Pri hodnotení stupňa sorpčného nasýtenia pôd sledovaných lokalít nedošlo v porovnaní s rokom 1995 k výrazným zmenám. Podobne ako v roku 1995 aj v súčasnosti patria pôdy sledovaných lokalít medzi extrémne nenasýtené.

V roku 1995 nebolo stanovené zrnitostné zloženie skúmaných pôd. V súčasnosti z hodnotenia zrnitostného rozboru vyplýva, že sa jedná o hlinité (stredné ťažké) pôdy v zrnitostných triedach piesčito-hlinitéj, hlinitéj a prachovito-hlinitéj.

Ťažké kovy, ktoré majú emisný pôvod (Hg, As, Pb, Cd) majú najvyššie obsahy v O a Ao horizontoch, ktoré sú typické koncentráciou organickej hmoty. Smerom do hĺbky obsah týchto prvkov klesá. Kovy, ktorých výskyt je viazaný na podlozie (Co, Ni) dosahujú najvyššie obsahy v Bv resp. Bv/C-horizontoch. Smerom nahor ich obsah klesá. Cu a Zn nepreukazujú žiaden hĺbkový trend v distribúcii.

V porovnaní s rokom 1995 nedošlo k výraznému poklesu ortuti v pôdach sledovaných lokalít. Pozitívom je, že v súčasnosti na žiadnej lokalite neprekračuje obsah ortuti limitnú hodnotu C. Dochádza k jej akumulácii v O a Ao-horizontoch, ktoré sú charakteristické vysokým obsahom organickej hmoty. Obsah ortuti smerom do hĺbky klesá.

Na lokalite Biely potok došlo v porovnaní s rokom 1995 k výraznému nárastu obsahu arzénu v pôde. V prípade ostatných lokalít došlo skôr k poklesu obsahu arzénu v pôde. Podobne ako ortuť aj arzén sa akumuluje v horizontoch s vysokým obsahom organickej hmoty a smerom do hĺbky jeho obsah klesá.

Oproti roku 1995 došlo na sledovaných lokalitách k výraznému nárastu obsahu olova v pôde, pričom ostal zachovaný trend poklesu obsahu olova smerom do hĺbky.

Obsahy kadmia v pôdach sledovaných lokalít ostali v porovnaní s rokom 1995 na rovnakej úrovni. K miernemu nárastu obsahu došlo vo všetkých O-horizontoch.

V porovnaní s rokom 1995 došlo v pôdach sledovaných lokalít k výraznému poklesu obsahu kobaltu. Ostal ale zachovaný vertikálny charakter distribúcie, teda jeho obsah v pôde stúpa s narastajúcou hĺbkou.

Hodnoty obsahu medi v pôdach v súčasnosti značne kolísajú. V porovnaní s rokom 1995 môžeme skôr hovoriť o poklese obsahu medi v pôdach sledovaných lokalít.

Výsledky obsahu niklu v pôde poukazujú, že v porovnaní s rokom 1995 došlo v pôdach sledovaných lokalít k poklesu obsahu niklu. Vertikálny trend distribúcie ostal zachovaný a obsahy niklu sa zvyšovali s narastajúcou hĺbkou.

Na väčšine lokalít došlo v porovnaní s rokom 1995 k nárastu obsahu zinku v pôde.

*Podakovanie: Príspevok je súčasťou grantovej úlohy VEGA 1/2411/05.*

## LITERATÚRA

- Bielek P. a kol., 1991: Ohrozená pôda, VÚPÚ, Bratislava, 77 s.  
Čurlík J., Šurina B., 1998: Príručka terénneho prieskumu a mapovania pôd, VÚPÚ, Bratislava, 134 s.  
Dlapa P., Juráni B., Kubová J., 1997: Chemický stav lesných pôd obce Nálepko, In: Šomšák L. (ed.) a kol., 1997: Zborník zo seminára „Rozpad sekundárnych smrečín obce Nálepko“, Katedra pedológie PríF UK, Bratislava, s. 25-38.  
Fiala K. a kol., 1999: Závazné metódy rozboru pôd, čiastkový monitorovací systém – pôda, VÚPOP, Bratislava, 142 s.  
Hraško a kol., 1962: Rozbory pôd, SVPL, Bratislava, 335 s.

- Juráni B., 1997: Pôdne pomery obce Nálepko, In: Šomšák L. (ed.) a kol., 1997: Zborník zo seminára „Rozpad sekundárnych smrečín obce Nálepko“, Katedra pedológie PríF UK, Bratislava, s. 8-11.
- Kolektív, 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska, Bazálna taxonómia, VÚPOP, Bratislava, 76 s.
- Maňkovská B., 2003: Zhrnutie doterajších výsledkov sledovania stavu ovzdušia a imisnej záťaže na 4 trvalých monitoračných plochách v okolí Nálepko, Lesnícka ochranná služba, Banská Štiavnica, 12 s.
- Rehák Š., Jánsky L., 2000: Fyzika pôdy I, Základné fyzikálne vlastnosti pôdy, Vysokoškolské skriptá, PríF UK, Bratislava, 108 s.
- Rozhodnutie Ministerstva Pôdohospodárstva Slovenskej republiky o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde a o určení organizácií oprávnených zisťovať skutočné hodnoty týchto látok, číslo 531/1994-540.
- Šomšák L., Dlapa P., Juráni B., Kromka M., Majzlán O., 1995: Ekologické podklady obnovy lesa obce Nálepko, Katedra pedológie PríF UK, Bratislava, 62 s.
- Šomšák L., 1997: Niekoľko úvodných poznámok o hynutí lesných drevín (Predhovor k semináru), In: Šomšák L. (ed.) a kol., 1997: Zborník zo seminára „Rozpad sekundárnych smrečín obce Nálepko“, Katedra pedológie PríF UK, Bratislava, s. 3-4.

Tab. 2 Výsledky fyzikálno-chemických stanovení

Lokalita	Horizont	pH <sub>H2O</sub>		pH <sub>KCl</sub>		Cox [%]		%humusu		H [mmol/kg]		S [mmol/kg]		V [%]	
		1995	2003	1995	2003	1995	2003	1995	2003	1995	2003	1995	2003	1995	2003
Zahájnica	Ao	3,91	3,99	2,87	3,18	15,4	8,5	26,55	14,65	198	184	29	62	<30	25
	Bv	4,11	4,28	3,70	3,71	2,9	*	5,00	*	113	110	13	18	<30	14
	Bv/C	4,11	4,48	3,70	4,16	1,5	0,9	2,59	1,55	111	80	18	2	<30	2
Závadka	O	4,34	4,25	3,19	3,43	*	*	*	20,69	**	192	**	210	**	54
	Ao	4,11	3,91	3,01	3,10	3,1	3	5,34	5,17	142	156	0+	2	<30	1
	Bv	4,08	4,26	3,38	3,46	0,8	0,3	1,38	0,52	108	106	8	14	<30	15
Čierna hora	O	4,17	3,97	2,93	2,83	*	*	*	25,00	**	192	**	122	**	39
	Ao	3,89	3,92	2,96	3,00	6,2	5,2	11,72	8,96	142	156	6	2	<30	1
	Bv	4,13	4,26	3,71	3,60	2,9	*	5,00	*	108	106	5	2	<30	2
Peklisko	O	4,04	3,78	3,23	2,81	*	*	*	23,27	**	195	**	82	**	30
	Ao	3,96	3,70	3,21	3,12	7	2,5	12,07	4,31	155	178	10	**	<30	**
	Bv	4,16	4,35	3,74	4,01	2,5	*	4,31	*	112	122	0+	2	<30	2
Biely potok	O	4,52	3,96	3,66	3,07	*	*	*	37,93	**	188	**	142	**	43
	Ao	3,75	3,85	3,94	3,05	*	1,5	*	2,59	**	162	**	10	**	6
	Bv/C	4,11	4,23	3,90	3,65	0,6	1,5	1,03	2,59	68	86	0+	14	<30	14

Pozn.: \* nebolo možné stanoviť % Cox Walkley-Blackovou metódou a následným prepočtom ani %humusu

\*\* nebolo možné stanoviť Godlinovou metódou

Tab. 3 Výsledky stanovení obsahu těžkých kovů a arzenu

Lokalita	Horizont	Hg [mg/kg]		As [mg/kg]		Pb [mg/kg]		Cd [mg/kg]		Co [mg/kg]		Cu [mg/kg]		Ni [mg/kg]		Zn [mg/kg]	
		1995	2003	1995	2003	1995	2003	1995	2003	1995	2003	1995	2003	1995	2003	1995	2003
Zahájňica	Ao	4,73	4,25	37,2	25,7	37,2	62,4	0,16	0,81	10,0	7,1	23,4	29,4	14,7	12,2	56,5	103,9
	Bv	0,24	0,41	23,7	25,7	9,7	34,0	0,10	< 0,50	25,8	11,7	21,5	24,6	35,0	17,8	71,0	111,5
	Bv/C	0,14	0,15	28,3	20,2	6,4	19,0	0,12	< 0,50	29,4	13,5	20,2	26,3	39,5	22,7	66,8	122,2
Závadka	O	18,20	6,41	41,5	10,2	58,7	64,8	0,47	0,59	6,7	4,4	97,5	65,7	22,3	11,9	157,0	78,5
	Ao	2,66	4,65	30,7	18,1	19,2	39,3	0,09	< 0,50	22,9	11,6	28,4	37,1	55,1	25,5	93,4	86,0
	Bv	0,36	0,18	14,5	10,7	7,5	15,3	0,10	< 0,50	26,0	15,9	28,3	23,1	53,5	29,0	111,0	80,9
Čierna hora	O	4,74	5,02	32,2	16,4	51,5	79,6	0,19	0,5	9,1	3,1	53,3	36,0	11,8	6,6	64,0	66,9
	Ao	3,87	4,91	39,4	41,1	39,9	69,4	0,05	< 0,50	27,3	8,4	24,1	26,1	30,5	10,4	50,0	78,1
	Bv	0,69	1,38	13,1	11,5	6,3	28,5	0,08	< 0,50	27,8	12,0	26,5	25,4	37,8	15,4	57,9	85,1
Peklisko	O	2,98	2,95	51,9	22,4	38,6	72,9	0,25	0,55	10,8	3,1	28,3	27,8	19,5	6,0	100,0	62,5
	Ao	2,40	3,25	62,4	58,4	31,2	56,2	0,16	< 0,50	12,3	5,8	24,1	20,6	22,0	11,4	90,3	71,3
	Bv	0,29	0,65	39,1	29,4	13,2	24,2	0,17	< 0,50	26,4	7,0	69,7	19,3	28,5	11,7	78,3	82,6
Biely potok	O	5,62	7,87	9,5	20,5	50,1	74,2	0,69	0,77	6,3	2,8	43,8	30,6	9,5	7,3	113,0	76,0
	Ao	18,60	7,51	30,4	56,0	74,4	58,0	0,29	< 0,50	5,8	6,2	52,0	35,8	11,0	13,5	70,3	89,5
	Bv/C	0,12	0,70	15,1	12,5	5,4	20,1	0,07	< 0,50	26,5	11,5	30,1	26,2	42,6	17,7	78,8	97,0

# PRODUKCIA BUKA A SMREKA VO VZŤAHU K ŽIVINÁM

(kľúčový referát témy III. „Produkcia biomasy vi vzťahu ku pôde a regiónom)

## Production of beech and spruce in relation to nutrients

Viliam PICHLER, Juraj GREGOR, Eduard BUBLINEC, Erika GÖMÖRYOVÁ,  
Juraj BEBEJ

Katedra Prírodného prostredia, Lesnícka fakulta TU Zvolen, T. G. Masaryka 24,  
960 53 Zvolen, SR  
[pichler@vsld.tuzvo.sk](mailto:pichler@vsld.tuzvo.sk)

### Abstrakt

Buk a smrek sú kľúčové dreviny v lesnom hospodárstve Slovenska. Cieľom komplexného výskumu bolo preto porovnať tieto dreviny vo vzťahu k pôde, vo vzťahu k obsahu živín v nej a takto osvetliť ekonómiu výživy týchto dvoch najvýznamnejších drevín v lesných ekosystémoch Slovenska. Pre výskum sme vybrali dva bezprostredne susediace porasty v oblasti Malých Karpát, lokalita Biely Kríž, nad Račou (miestna časť Bratislavy). Hmotnosť dreva, v ktorom sa kumuloval 1 kg niektorej živiny, bola v smrečine väčšia než v bučine, čo znamenalo menšiu celkovú spotrebu živín. Očakávaná produkcia dendromasy v smrekovej monokultúre stúpne na 499 048 kg v sušine, čo je oproti bučine viac o 76 155 kg. Z interpretovaných výsledkov vidieť, že smrek dokáže lepšie využiť zásoby živín z pôdy ako buk. Preto je na chudobnejších stanovištiach oproti buku výkonnejší, a to aj vtedy, keď je mimo svojho prirodzeného areálu.

**Kľúčové slová:** buk, smrek, zásoba živín v pôde, prírastok, živinové koeficienty účinnosti

### Abstract

Beech and spruce are considered the backbone of the Slovak forestry. The aim of this study was therefore to cast light on their relation to site and in particular soil conditions which determine the availability of nutrients, but also on how effectively they utilise these available resources. The investigation was carried out two neighbouring stands in the Malé Karpaty Mts at Biely Kríž near Bratislava. According to the sampling and corresponding analyses, the weight of wood in which 1 kg of a nutrient accumulated was higher in the spruce stand compared to the beech stand after all the pertaining site conditions were accounted for. It in turn implied overall lower nutrients consumption. The expected dry dendromass production at the age of 74 years will increase to 499 048 kg in the spruce stand, i.e. 76 155 kg more than in the beech stand. These results imply that spruce is able to utilise the resources more effectively on poorer sites and that it allows for a higher production, even if it grows outside of its optimum.

**Key words:** beech, spruce, nutrient supply in soil, increase, nutrient efficiency coefficient

### ÚVOD

Buk a smrek sú kľúčové dreviny v lesnom hospodárstve Slovenska. Buk dosahuje najvyššie, takmer tretinové zastúpenie a smrek štvrtinové. Buk má veľký vodohospodársky a stabilizačný význam pre naše lesné ekosystémy. Jeho prioritu v lesoch Slovenska nám závidia mnohí zahraniční odborníci, lebo dáva našim lesoch prírode blízky ráz a stabilizačný ráz. Naproti tomu smrek je najekonomickejšia drevina, ktorá sa dá zužitkovať od pňa až po vrcholec vrátane tenčiny a ihličia (vitaminózne múčky). Cieľom nášho výskumu bolo preto porovnať tieto dreviny vo vzťahu k pôde, vo vzťahu k obsahu živín v nej a takto osvetliť „ekonómiu výživy“ týchto dvoch našich najvýznamnejších drevín.

## MATERIÁL A METÓDY

Pre výskum sme vybrali dva bezprostredne susediace porasty v oblasti Malých Karpát, lokalita Biely Kríž, nad Račou (miestna časť Bratislavy). Jeden z porastov je tvorený bukovou kmeňovinou priemerného veku 74 rokov, smreková monokultúra mala v čase výskumu 59 rokov. Oba porasty ležia na miernej vyrovnanej svahovej plošine so sklonom do 5° smerom k západu. Nadmorská výška je v rozpätí 445 – 450 m. Patria do skupiny lesných typov *Querceto - Fagetum tiliosum*, typ medničkového-bažankového dubového bučiny s lipou. V ponímaní zúrišsko-montpellierskej školy ide o spoločenstvo *Dentario - Fagetum*, resp. *Carici pilosae Oberdorfer* 1957 (nižšie položené bučiny do 450 m n.m.).

Obe pôdy sme zaradili medzi kambizem typickú v jej kyslej nenasýtenej variете. Napriek rovnakému reliéfu a bezprostrednej blízkosti porastov laboratórny a terénny výskum ukázal rozdielnosť v oboch pôdach. Pôda v smrekovej monokultúre v porovnaní s bukovým porastom je celkovo plytšia, oveľa viac skeletnatejšia a o niečo kyslejšia. Na pribrzdený rozklad opadu poukazujú aj niektoré vlastnosti vo vrstve 0 – 5 cm (pH, C/N, obsah humusu). Rozdiely vo farbe jednotlivých horizontov a v zrnitosti nie sú. V jemnozemi sme síce zistili viac prístupných živín v pôde pod smrečinou, ale po redukcii na skelet sa obraz zmenil v prospech bukového porastu.

Analýzy pôdných vlastností sme urobili podľa zaužívaných pôdoznaleckých metódik a postupov v laboratóriách Ústavu ekológie lesa SAV vo Zvolene a Katedry prírodného prostredia LF – TU.

Údaje o biomase drevín v m<sup>3</sup> a v tonách sušiny sme prevzali z práce Oszlányho (1980). Vzorky z dendromasy pre chemické analýzy na obsah živín sme odobrali podľa metodiky uvedenej v príspevku Bublinec a kol. z dnešnej konferencie. V dendromase sa stanovil dusík, fosfor, vápnik, horčík a síra, teda všetky prvky, ktoré označujeme ako nevyhnutné živiny. Zistený relatívny obsah živín v % sa prepočítal na celkovú zásobu drevnej biomasy, čím sme získali celkovú akumuláciu N, P, K, Ca, Mg a S v lesnom poraste v kg . ha<sup>-1</sup>.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Bukový porast napriek vyššiemu veku má nižšiu stromovú hmotu (604 m<sup>3</sup>) a kruhovú základňu (41,4 m<sup>3</sup>) než smreková monokultúra (709 m<sup>3</sup> a 52,5 m<sup>2</sup>). Iný obraz však vidieť po prepočte dendromasy na sušinu (Oszlányi 1980). V bukovom poraste citovaný autor zistil celkovú biomasu 423 t (prírastok 17,1 t), ale v smrekovom iba 330 t (prírastok 11,3 t) v sušine. Z týchto i ďalších charakteristík možno usudzovať o tom, že buk optimálne využíva prostredie a smrek ako stanovištné nevhodná drevina nedokáže vyprodukovať to, čo malokarpatský buk. Pri týchto úvahách sa však nebrala do úvahy pôda a jej vlastnosti, ako aj kolobeh živín v oboch porastoch. Množstvo živín pred redukciou na skelet (až na obsah humusu) bolo viac-menej rovnaké. Po ich redukcii hmotnosť živín v pôde bukového porastu bola pri N = 151 %, P = 194 %, K = 84 %, Ca = 158 %, Mg = 124 % a S = 140 % z hmotnosti živín v smrečine (= 100 %).

Je teda zrejmé, že bukový porast mal primárne lepšie predpoklady pre produkciu než smrečina, a to aj napriek tomu, že oba porasty sú v tesnej blízkosti. Ide nielen o obsah živín, ale aj o vodu v pôde, ktorej dostatočné zásoby majú pre smrek životnú dôležitosť.

Z tohto poznatku vyplýva teda ďalšia otázka, ako oba ekosystémy s touto primárnou danosťou hospodárili a hospodária. Najprv posúdme, aké množstvo, koľko biomasy vyprodukujú na 1 kg spotrebovaných živín (tab. 1). Vychádzame pritom zo súčasného priemerného ročného prírastku na 1 ha a z potreby živín naň (všetky údaje sú v kg . ha<sup>-1</sup>):

Tab. 1 Množstvo dendromasy prírastku v bučine a smrečine vyprodukované na 1 kg spotrebovaných živín

	Prírastok	N	P	K	Ca	Mg	S
<b>Bučina:</b>	17 126	112,5	10,2	50,0	67,6	13,8	6,6
<b>Prírastok z 1 kg bioprívku</b>		152	1679	342	353	1241	2 595
<b>Smrečina:</b>	11 285	28,7	2,9	10,0	35,2	3,6	2,9
<b>Prírastok z 1 kg bioprívku</b>		393	3891	1128	321	3135	3 891

Z prepočtov na jednotný základ vidieť, že v bučine sa napr. 1 kg dusíka vyprodukuje 152 kg dendromasy, ale v smrečine až 393 kg. Podobná situácia je aj pri ostatných živinách. Tieto koeficienty, ktoré by sme mohli nazvať aj živinové koeficienty účinnosti (efektívnosti) živín, sú určitou analógiou transpiračného koeficientu a predstavujú vlastne množstvo dreva vyprodukovaného 1 kg bioprívrku. Z nich vidieť, že smrek hospodári so živinami ekonomickejšie a produkuje efektívnejšie než buk. Potvrdzujú to nakoniec aj zásoby dendromasy a živín v 74-ročnom bukovom poraste a očakávaný stav v 74 ročnej smrekovej kmeňovine (59-ročná zásoba + 15-ročný prírastok) v kg . ha<sup>-1</sup> (tab. 2):

Tab. 2 *Množstvo dendromasy prírastku v bučine a smrečine vyprodukované na 1 kg spotrebovaných živín*

	Dendromasa	N	P	K	Ca	Mg	S
<b>Bučina:</b>	422 893	805	86	496	950	222	111
<b>Prírastok z 1 kg bioprívrku</b>		525	4 917	853	445	4 905	3 810
<b>Smrečina:</b>	499 048	837	72	308	1 156	127	121
<b>Prírastok z 1 kg bioprívrku</b>		596	6 931	1 620	432	3 930	4 124

Aj keď sa rozdiely oproti prírastku zmenšili, z vypočítaných podielov vidieť, že hmotnosť dreva, v ktorom sa kumuloval 1 kg niektorej živiny, je aj potenciálne, v 74 ročnej smrečine, väčšia než v bučine. Je teda menšia aj celková spotreba živín, hoci očakávaná produkcia dendromasy v smrekovej monokultúre stúpne na 499 048 kg v sušine, čo je oproti súčasnému stavu v bučine viac o 76 155 kg.

## ZÁVER

Z interpretovaných výsledkov vidieť, že smrek dokáže lepšie využiť zásoby živín z pôdy ako buk. Preto je na chudobnejších stanovištiach oproti buku výkonnejší, a to aj vtedy, keď je mimo svojho prirodzeného areálu. Súčasne je predpoklad, že na bohatších pôdach celý ich produkčný potenciál nevyužije na tvorbu biomasy. Tie vyžadujú zmiešané porasty so zložitejšou štruktúrou (Pichler, 2003). Bukové ekosystémy majú naproti tomu intenzívnejší kolobeh bioprívrkov, a teda aj väčší melioračný účinok na pôdu.

*Podakovanie: Realizácia tejto štúdie bola finančne podporená s grantových projektov MŠ SR a SAV VEGA č. 1/2383/05, č. 1/0635/03 a GL 1/2357/05.*

## LITERATÚRA

- Bublinec, E., 1994: Koncentrácia, akumulácia a kolobeh prvkov v bukovom a smrekovom ekosystéme. Acta dendrobiologica, Veda – Vyd. SAV, Bratislava, 132 s.
- Oszlányi, J., 1980: Produktivita stromovej zložky bukového a smrekového lesného ekosystému v Malých Karpatoch. VÚLH Zvolen, 116 s.
- Pichler, V., 2003: Ekologicko-produkčné a environmentálne aspekty vodného režimu pôdy po zmene denzity stromovej zložky bukového ekosystému, Dizertačná práca, Zvolen, 142 s.

# ZHODNOTENIE STRÁT DUSÍKA Z PÔDY V PLYNNEJ FORME

## Assessment of nitrogen loss from soil in gaseous form

Vladimír PÍŠ, Dagmar TRŠŤANSKÁ

*Hydromeliorácie š.p., Bratislava, Vrakunská 29, 825 63 Bratislava, SR*

[pis@hmssp.sk](mailto:pis@hmssp.sk)

### Abstrakt

Produkcia oxidu dusného bola sledovaná vo vegetačnom období v troch plodinách, a to v jačmeni jarnom, pšenici letnej formy ozimnej a kukurici, na stredne ťažkej pôde – černozemi karbonátovej v lokalite Most pri Bratislave. Výsledky ukázali, že v podmienkach s priaznivým vodno-vzdušným režimom pôdy je produkcia oxidu dusného relatívne nízka. Produkcia oxidu dusného v lokalite Most pri Bratislave, bola menšia ako  $3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  čo predstavuje veľmi nízku produkciu (Bareth et al., 1999). Priemerná produkcia oxidu dusného v hustosiatych obilninách bola  $0,958 \text{ ng} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  ( $0,302 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ) a v kukurici  $0,346 \text{ ng} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  ( $0,109 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ). Najvyššia produkcia oxidu dusného bola zaznamenaná v poraste jačmeňa jarného, v priemere  $1,73 \text{ ng} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  ( $0,545 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ). V závlahových podmienkach sa produkcia oxidu dusného mierne zvyšuje.

**Kľúčové slová:** hnojenie, závlaha, produkcia oxidu dusného, jačmeň jarný, pšenica, kukurica, plynová chromatografia

### Abstract

$\text{N}_2\text{O}$  production was studied in tree crops, spring barley, wheat and maize on carbonated chernozem in vegetation period in locality Most at Bratislava. Results showed that production of  $\text{N}_2\text{O}$  in locality Most at Bratislava was relatively low in conditions with good water-air soil regime. Production was lower than  $3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ , that means very low productions (Bareth et al., 1999). Average production of  $\text{N}_2\text{O}$  in dense cereal was  $0.958 \text{ ng} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  ( $0.302 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ ) and in maize  $0.346 \text{ ng} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  ( $0.109 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ ), respectively. The highest  $\text{N}_2\text{O}$  production was found in spring barley in average  $1.73 \text{ ng} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  ( $0.545 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ ).  $\text{N}_2\text{O}$  production increases in irrigated conditions.

**Key words:** fertilization, irrigation,  $\text{N}_2\text{O}$  production, spring barley, wheat, maize, gas chromatography

### ÚVOD

Moderné poľnohospodárstvo sa pri intenzifikácii rastlinnej produkcie nezaobíde bez využívania dusíkatých hnojív. Zavedenie moderných systémov pestovania plodín s intenzívnym využívaním minerálnych hnojív a najmä dusíka spôsobili úniky dusíka v rôznych formách z pôdy do takej miery, že prirodzené procesy nie sú schopné tento stav regulovať. Samozrejme, že je dôležité aj hľadisko ekonomické, keďže výroba dusíkatých hnojív je vysoko energeticky náročná.

Straty dusíka sú jedným z najzávažnejších problémov poľnohospodárstva.

Najviac dusíka sa z pôdy stráca únikom jeho plyných foriem do atmosféry. Uvádza sa, že 92 až 98 %. Dusík uniká do atmosféry vo forme svojich oxidov ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) alebo v elementárnej forme ( $\text{N}_2$ ) (Bielek, 1984).

K redukcii minerálneho dusíka v pôde dochádza dvomi základnými mechanizmami, a to biologickou denitrifikáciou a chemodenitrifikáciou. Biologická denitrifikácia prebieha vnútri živých organizmov výlučne enzymatickými mechanizmami a chemodenitrifikácia rôznymi typmi chemických reakcií, ktoré vychádzajú z prítomnosti kyseliny dusitej v pôde, pričom tento typ denitrifikácie tvorí

len 5 – 10 % z celkových plynných strát dusíka. Na obmedzovanie denitrifikácie má rozhodujúci vplyv každé zníženie obsahu dusičnanov v pôde. V tejto úlohe môže vystupovať zaorávka slamy, ktorou sa síce z hľadiska zdrojov energie vytvárajú dobré podmienky na denitrifikáciu, avšak jej imobilizačným účinkom na nitráty sa obmedzí dôležitý prísun dusíkatého zdroja pre denitrifikáciu (Patrick a Tusneem, 1972).

Na zvyšovanie denitrifikácie významne vplyvajú aj koreňové výlučky rastlín, ktoré využívajú denitrifikačné mikroorganizmy (Bailey, 1976; Volz et al., 1976).

Bareth a kolektív (1999) použili systém, pomocou ktorého sa zatriedujú pôdy, podľa emisie oxidu dusného, do piatich kategórií:

- veľmi vysoká emisia ( $> 12 \text{ kgN}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ) – odvodnené a dusíkom hnojené rašelinové pôdy;
- vysoká ( $9 - 12 \text{ kgN}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ) – dusíkom hnojené pôdy s vysokým obsahom organickej hmoty;
- stredná ( $6 - 9 \text{ kgN}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ) – dusíkom hnojené pôdy s hydromorfnými vlastnosťami alebo s malým vplyvom zmien hladiny podzemných vôd, nehnojené rašelinové pôdy;
- nízka ( $3 - 6 \text{ kgN}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ) – nehnojené pôdy so slabým vplyvom hladiny podzemnej vody;
- veľmi nízka ( $< 3 \text{ kgN}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ) – hnojené a nehnojené, veľmi dobre odvodnené a prevzdušnené pôdy

V rámci Slovenskej republiky je teda poľnohospodárstvo jediným sektorom, v ktorom je možné uplatňovať opatrenia na znížovanie množstva emisií oxidu dusného. Najdôležitejšie sú tie, ktoré vedú k zníženiu neúmernej spotreby dusíkatých hnojív, zlepšeniu spôsobu ich využívania, lepšie využitie plodín a prírodného potenciálu pôd na zvyšovanie poľnohospodárskej produkcie.

## MATERIÁL A METÓDY

Na dosiahnutie požadovaných cieľov boli založené poľné pokusy v lokalite Most pri Bratislave na černozemi karbonátovej v kukuričnej výrobnnej oblasti s nadmorskou výškou 133 m. Hladina podzemnej vody v lokalite kolíše v hĺbkach 6,0 – 8,0 m. teda neovplyvňuje vlhkosť rizosféry. Podrobnejšia charakteristika lokality uvádza Nováková (1999).

Pokusy boli založené v rôznych variantoch, v dvoch opakovaniach.

Boli založené štyri varianty hnojenia, a to: bez hnojenia, so strednou dávkou hnojenia (NPK), s vysokou dávkou hnojenia ( $\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$ ) a s hnojovicou. Stredná dávka bude určená podľa rozboru pôdy a požiadaviek pestovanej plodiny. Vysoká dávka je stredná dávka zvýšená 1,5 x.

V druhom pokuse boli použité tiež štyri varianty, a to: kontrola bez hnojenia, variant so zaoranými pozberovými zvyškami, variant so zaoranými pozberovými zvyškami s dusičnanom amónnym a variant so zaoranými pozberovými zvyškami s hnojovicou.

Plynné straty boli sledované na nezavlažovanej pôde a na pôde zavlažovanej. Závlahové dávky boli určené na základe vlhkosti pôdy. V roku 2003 bola v jačmeni jarnom použitá závlaha v troch dávkach (14.4. -10 mm; 7.5. -15 mm; 12.6. -20 mm), v kukurici v šiestich dávkach (23.5. -10 mm; 12.6. -25 mm; 25.6. -35 mm; 4.7. -30 mm; 6.8. -40 mm; 15.8. -35 mm) a v roku 2004 boli v jačmeni jarnom použité dve dávky (17.6. -15 mm; 19.6. -20 mm), v pšenici ozimnej jedna dávka (18.6. -20 mm) a v kukurici dve dávky (2.8. -45 mm; 17.8. -45 mm).

Experimenty boli založené v prvom roku v kukurici a jačmeni jarnom a v druhom roku v kukurici, jačmeni jarnom a pšenici ozimnej.

Emisie oxidu dusného boli sledované technikou statických komôr. PE komory rozmerov 0,265 m x 0,355 m x 0,11 m boli inštalované na jednotlivých variantoch v dvoch opakovaniach. Vzorky plynov boli odoberané pomocou tzv. myši cez hadičky, ktoré boli pod povrchom vedené do priestoru komôr. Prvé odbery boli robené pred založením porastu a ďalšie v čase intenzívneho rastu plodiny a v čase zberu. Vzorky sa odoberali tak, že v každom stanovenom období sa vzorky odobrali 4 krát; prvé štyri odbery v dvojdnových intervaloch tak, že sa nenarušila atmosféra v komore. Vždy pred začatím série odberov sa komory otvorili a vyvetrali. Koncentrácia emitovaného oxidu dusného z pôdy bola meraná metódou plynovej chromatografie s použitím EC detektora. Meranie sa robilo na plynovom chromatografe HP GC 5890/II.

Použitá bola kolóna HP PLOT Q 30 m, I.D. 0,53 mm, 40  $\mu\text{m}$ . Podmienky boli nasledovné:

- osný plyn  $\text{N}_2$ , 38 cm/s pri 150°C

- kolóna 35°C
- injektor Splitless, 200°C, nástrek 100 µl
- detektor ECD, 250°C, anódový prúd 6 ml/min, make up 60 ml/min.

Emisia N<sub>2</sub>O sa počítala podľa rovnice:

$$F_{N_2O} = \frac{\partial C}{\partial t} \left( \frac{VM_{mol}}{AV_{mol}} \right),$$

kde:  $\frac{\partial C}{\partial t}$  je rýchlosť zmeny koncentrácie N<sub>2</sub>O

V je objem statickej komory

M<sub>mol</sub> je molekulová hmotnosť N<sub>2</sub>O (44 g/mol)

A je povrch zakrytej pôdy

V<sub>mol</sub> je objem jedného mólu plynu pri 20°C (22,4 l/mol).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Z nameraných výsledkov vyplýva, že najvyššia produkcia oxidu dusného bola zaznamenaná v poraste jačmeňa jarného, a to 5,86 ng.s<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup> (1,846 kg N<sub>2</sub>O.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>) v roku 2004 v období od 5.5 do 10.5. na zavlažovanom variante, ktorý bol hnojený zvýšenou dávkou NPK a v roku 2003 v období od 14.4. do 7.5., a to vo variante so zaoranými pozberovými zvyškami s hnojovicou pod závlahou. V tomto variante bola zistená emisia 2,72 ng.s<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>, čo predstavuje produkciu 0,876 kg N<sub>2</sub>O.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>.

Z hodnotenia vplyvov jednotlivých variantov hnojenia na priemernú produkciu oxidu dusného vyplýva, že aplikácia dusíkatých hnojív ju zvyšuje. V poľnom pokuse s dôrazom na organické hnojenie sa najvýraznejšie rozdiely medzi variantmi prejavili v jačmeni jarnom v roku 2003, kedy sa produkcia oxidu dusného pri variante s aplikáciou anorganického dusíka oproti kontrole zvýšila o 29,5 % a pri aplikácii hnojovice o 42,7 %.

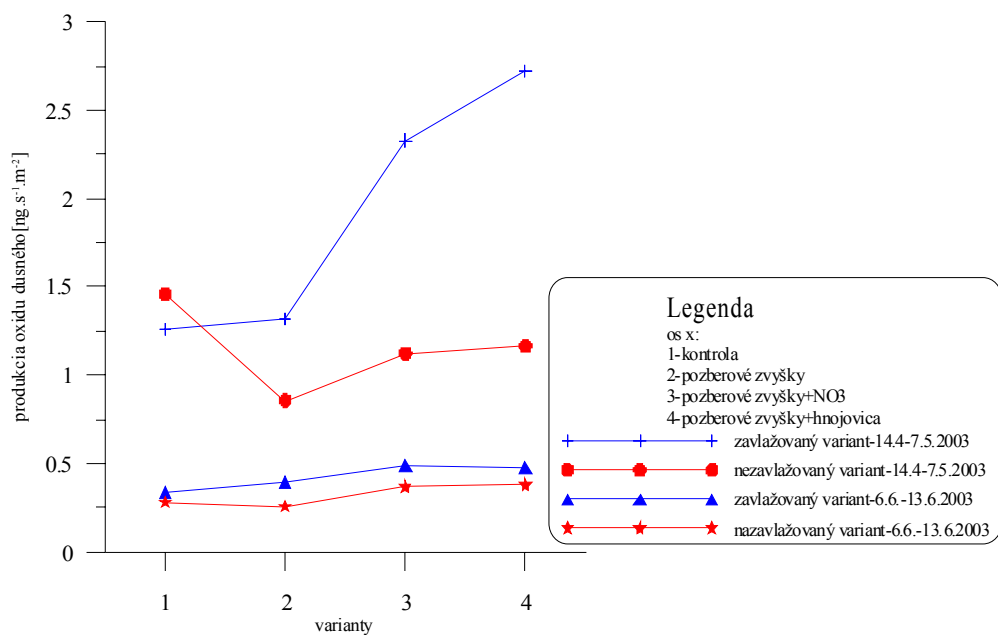
V poľnom pokuse s aplikáciou priemyselných hnojív sa tiež najvýraznejšie rozdiely medzi variantmi prejavili v jarnom jačmeni v roku 2004. Rozdiel medzi kontrolou a variantmi hnojenými hnojovicou bol síce vyšší v kukurici v roku 2003, ale rozdiely medzi kontrolou a variantmi hnojenými NPK základnou dávkou resp. N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> zvýšenou dávkou boli výrazne vyššie v jačmeni jarnom v roku 2004, a to až o 39,1 % resp. 48,7 %.

Na variante so zaoranými pozberovými zvyškami bez aplikácie dusíka bola nameraná nižšia produkcia oxidu dusného ako na kontrole. Je to vysvetliteľné imobilizáciou dusíka nachádzajúceho sa v pôde mikroorganizmami, ktoré ho spotrebúvajú na rozklad pozberových zvyškov. Malé rozdiely v produkcii oxidu dusného medzi variantmi hnojenia v pšenici ozimnej, by sa dali vysvetliť relatívne nízkym obsahom anorganického dusíka v pôde pod pšenicou ozimnou v čase odoberania vzoriek.

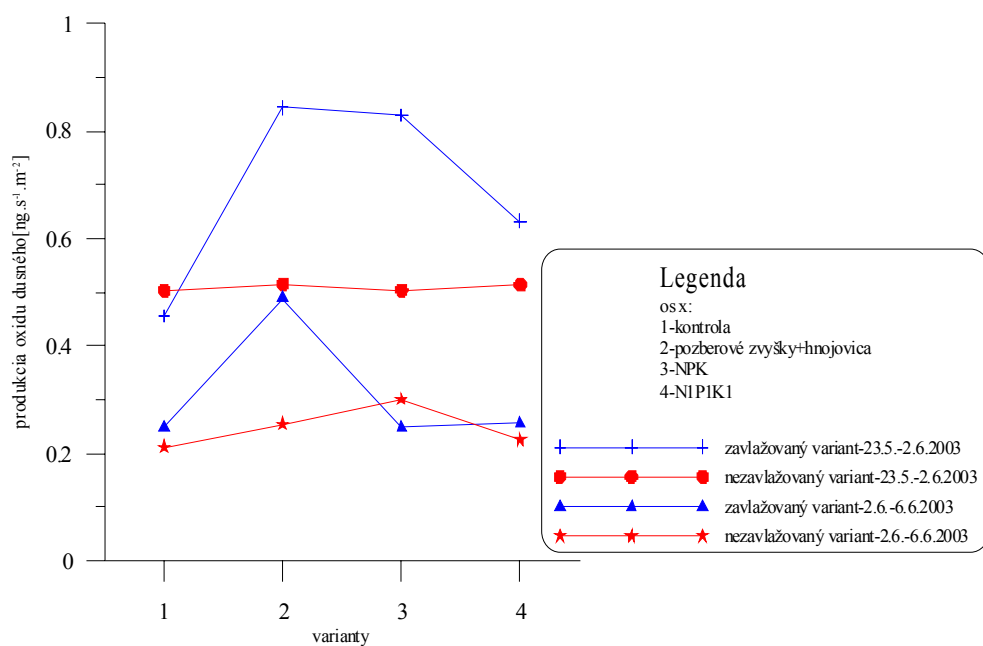
Z hodnotenia vplyvu obsahu anorganického dusíka, objemovej vlhkosti a objemovej hmotnosti na produkciu oxidu dusného vyplýva, že u hustosiatych obilnín bola v jačmeni jarnom vyššia produkcia oxidu dusného a zároveň bol podstatne vyšší aj obsah anorganického dusíka v pôde, ako v pšenici ozimnej. Objemová hmotnosť i objemová vlhkosť boli v priemere rovnaké. Z porovnania hustosiatych obilnín s kukuricou vyplýva, že v kukurici bola zaznamenaná nižšia produkcia oxidu dusného ako v jačmeni jarnom aj keď obsah anorganického dusíka v pôde bol vyšší ako v poraste jačmeňa jarného, avšak objemová hmotnosť pôdy pod kukuricou bola podstatne nižšia, ako v hustosiatych obilninách. Medzi emisiou oxidu dusného v kukurici a v pšenici ozimnej takmer neboli rozdiely ale vzhľadom k obsahu anorganického dusíka v pôde pod kukuricou (28,7 mg.kg<sup>-1</sup>) v porovnaní s pšenicou (3,39 mg.kg<sup>-1</sup>) by sa zdalo, že emisia v kukurici by mala byť vyššia. Tu sa zrejme prejavil vplyv nižšej objemovej hmotnosti pôdy pod kukuricou. Priemerná produkcia oxidu dusného v hustosiatych obilninách bola 1,07 ng.s<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup> (0,337 kg.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>) a v kukurici 0,323 ng.s<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup> (0,102 kg.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>);

Z hodnotenia vplyvu závlahy na produkciu oxidu dusného vyplýva, že závlaha zvyšuje jeho produkciu. Najväčšie rozdiely boli zaznamenané v roku 2003, kedy bola priemerná produkcia oxidu dusného na zavlažovanom variante vyššia o 50,5 % (zavlažovaný variant 0,835 ng.s<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>, nezavlažovaný variant 0,555 ng.s<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>). V roku 2004 neboli tieto rozdiely také výrazné. Závlaha sa významnejšie neuplatnila, vzhľadom k relatívne priaznivému rozloženiu zrážok.

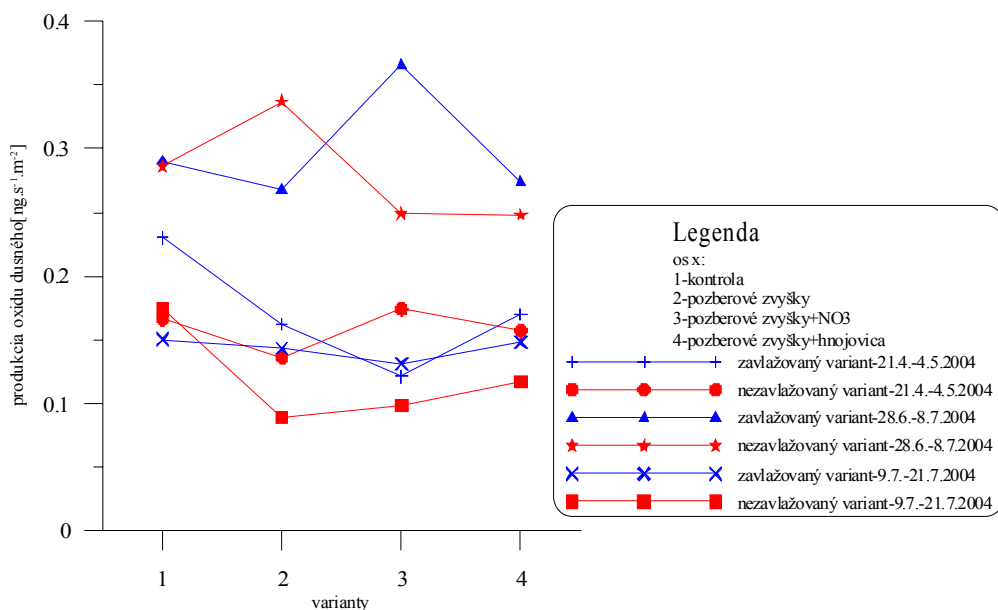
Obr. 1 *Produkcia oxidu dusného v poraste jačmeňa jarného, lokalita Most pri Bratislave (2003)*



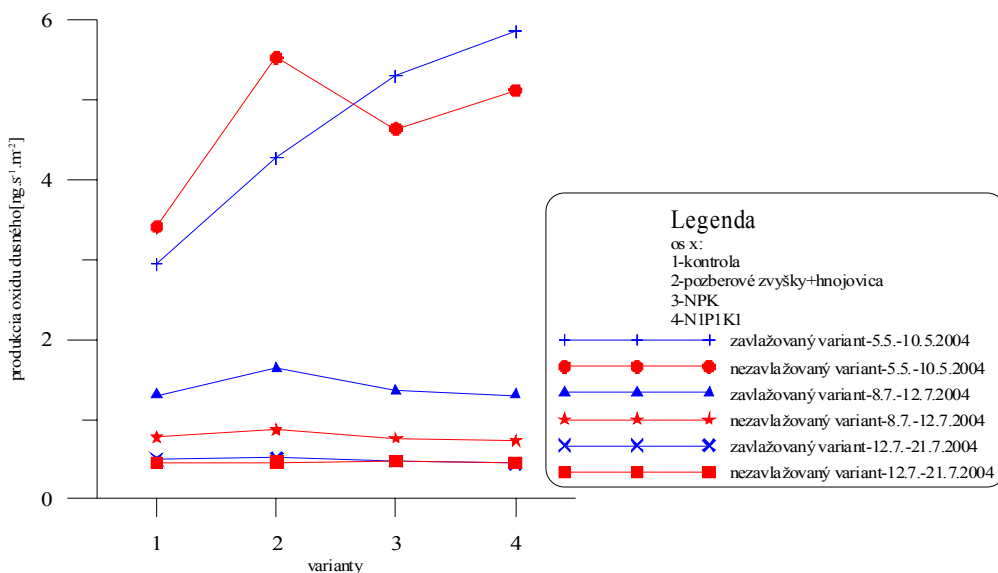
Obr. 2 *Produkcia oxidu dusného v poraste kukurice, lokalita Most pri Bratislave (2003)*



Obr. 3 *Produkcia oxidu dusného v poraste pšenice ozimnej, lokalita Most pri Bratislave (2004)*



Obr. 4 *Produkcia oxidu dusného v poraste jačmeňa jarného, lokalita Most pri Bratislave (2004)*



## ZÁVER

Emisie oxidu dusného z pôdy do atmosféry predstavujú veľmi dynamický proces, ktorý je ovplyvnený množstvom faktorov. Reguláciou týchto faktorov je možné do značnej miery ovplyvniť jeho emisie. Z výsledkov experimentov vyplynuli nasledujúce závery:

- z porovnania produkcie oxidu dusného v hustosiatych obilninách s kukuricou vyplýva, že v kukurici bola zaznamenaná nižšia produkcia oxidu dusného. Priemerná produkcia oxidu dusného v hustosiatych obilninách bola  $0,958 \text{ ng.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$  ( $0,302 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ ) a v kukurici  $0,346 \text{ ng.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$  ( $0,109 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ );
- najvyššia produkcia oxidu dusného bola zaznamenaná v poraste jačmeňa jarného v roku 2004, v priemere  $1,73 \text{ ng.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$  ( $0,545 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ ). Maximálna produkcia,  $5,86 \text{ ng.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$  ( $1,85 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ ), bola zaznamenaná v období intenzívneho rastu plodiny 5.5. – 10.5. 2004;
- vo všetkých sledovaných plodinách priemerná produkcia stúpa v období po sejbe. S postupujúcou vegetáciou produkcia oxidu dusného klesala;

- z výsledkov experimentov vyplýva, že vysoká vlhkosť pôdy a vysoký obsah anorganického dusíka významne ovplyvnil produkciu oxidu dusného;
- závlaha zvyšuje produkciu oxidu dusného. Najväčšie rozdiely boli zaznamenané v roku 2003, kedy bola priemerná produkcia oxidu dusného na zavlažovanom variante vyššia o 50,5 %. V roku 2004 bol rozdiel medzi zavlažovanými a nezavlažovanými variantmi len 5,5 %;
- aplikácia dusíkatých hnojív zvyšuje produkciu oxidu dusného a prejavilo sa to najmä v jarnom jačmeni v roku 2004, naopak najmenší rozdiel medzi variantmi hnojenými dusíkom a kontrolou bol zaznamenaný v pšenici ozimnej v roku 2004 a v kukurici v tom istom roku. V priemere aplikácia dusíka v organickej a anorganickej forme zvyšovala produkciu oxidu dusného o 40 %;
- zaorané pozberové zvyšky bez aplikácie dusíka znižujú produkciu oxidu dusného v porovnaní s kontrolou bez pozberových zvyškov.

Záverom možno konštatovať, že produkcia oxidu dusného v daných podmienkach i napriek vplyvu variantov, ktoré spôsobili jeho zvýšenú emisiu, bola menšia ako  $3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  čo predstavuje veľmi nízku produkciu (Bareth et al., 1999).

*Podakovanie: Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu vedy a techniky prostredníctvom finančnej podpory č. APVT – 27–023702.*

## LITERATÚRA

- Bailey, L.D., 1976: Canad. J. Soil Sci., 56, s. 79.
- Bareth, G., Heincke, M., Glatzel, S., 1999: Estimation of nitrous oxide emissions from agricultural soils. Geoinformatics and socioinformatics. The Proceedings of Geoinformatics 99, conference Ann Arbor, 1999, pp. 1-8.
- Bielek, P., 1984: Dusík v pôde a jeho premeny, Výskumný ústav pôdoznanectva a výživy rastlín, Bratislava, Príroda.
- Nováková, K., 1999: Účinok závlahy a hnojenia na vybrané pôdne vlastnosti. Záverečná správa za etapu projektu štátnej objednávky, VÚZH Bratislava: 1999.
- Patrick, W.H., Tusneem, M.E., 1972: Ecology, 53, s. 736.
- Volz, M.G. a kol., 1976: Agronomy J., 68, 621 p.

# VPLYV APLIKÁCIE BIOKALU PO VÝROBE BIOPLYNU NA ŠTRUKTÚRNOŠŤ A VODOODOLNOSŤ PÔDNYCH AGREGÁTOV

## The influence application decayed waste after production biogas on structural and water-resistant soil aggregates

Richard POSPIŠIL<sup>1</sup>, Juraj CHLPÍK<sup>2</sup>, Martina MITRUŠKOVÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra rastlinnej výroby FAPZ SPU Nitra, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR

[Richard.Pospisil@uniag.sk](mailto:Richard.Pospisil@uniag.sk), [Martina.Mitruskova@uniag.sk](mailto:Martina.Mitruskova@uniag.sk)

<sup>2</sup>Katedra geológie a pedológie FAPZ SPU Nitra, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR

[Juraj.Chlpik@uniag.sk](mailto:Juraj.Chlpik@uniag.sk)

### Abstrakt

Na výskumnej experimentálnej stanici Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre, Kolíňany boli študované mechanické a chemické vlastnosti pôd. Pôdny subtyp hnedozem kultizemná (HMa), so stratografiou pôdneho profilu Akp (kultizemný horizont) – Bt (iluválny luvický horizont) – B/C – Cc (karbonátový pôdotvorný materiál) má jasný vplyv antropogénnych aktivít. Podľa obsahu častíc < 0,01 mm, humusový horizont (Akp-kultizemný horizont) je piesočnato-hlinitý (25,60 %) so stredným obsahom humusu (2,149 %) a pomer humínových kyselín k fulvokyselinám je 0,67 v základnej vzorke. Množstvo štruktúrnych agregátov, ktorých veľkosť je najlepšia (0,5 – 3,0 mm) bolo 28,66 % a množstvo vodoodolných agregátov tej istej veľkosti bolo 62,04 % v tejto časti pôdneho profilu. Obsah uhlíka bol nižší až stredný (0,96 – 1,31 %) a pôdna reakcia v KCl bola silne kyslá až kyslá (4,59 – 5,39). Priemerné hodnoty obsahu bázičných vymeniteľných kationov mala poklesávajúcu tendenciu v sekvencii Ca > Mg > Na > K v pôdnom sorpčnom komplexe.

**Kľúčové slová:** hnedozem kultizemná, štruktúrne agregáty, vodoodolné agregáty, humus, zvyšky po rozklade, pH

### Abstract

The mechanical and chemical characteristics of soil were studied on the Research-experimental station of Slovak University of Agriculture in Nitra, location Kolíňany. Soil subtype was Haplic Luvisols (HMa), stratigraphy of soil profile was Akp (cultizemic horizon) – Bt (illuvial luvisol horizon) – B/C – Cc (calcareous parent material), clearly influenced by anthropogenic activity. According to the content of soil particles < 0.01 mm, humus horizon (Akp-cultizemic horizon) was sand-loamy (25.60 %), with middle content of humus (2.149 %) and ratio of humic-acid : fulvic-acid was 0.67 in basic probe. Amount of structural aggregates, which size is the best (0.5 – 3.0 mm) were 28.66 % and amount of water-resistant aggregates, the same of size, were 62.04 % in this part of soil profile, respectively. Organic carbon content (C<sub>ox</sub>) was lower or middle (range 0.96 to 1.31 %) and soil reaction in KCl was strong acid or acid (range 4.59 to 5.39 pH). The average values of content of basic exchangeable cations have been decrease tendency in sequence Ca > Mg > Na > K in soil colloidal complex.

**Key words:** Haplic Luvisols, structural aggregates, water-resistant aggregates, organic matter, decayed waste, pH

### ÚVOD

Zrnitostné zloženie hnedozemí závisí od zrnitosti pôdotvorných substrátov a od intenzity translokácie ílu v profile. Typické hnedozeme sú hlinité v celom profile. Optimálne majú hnedozeme

v orniciach v priemere 19 – 20 % obsahu ílu. Dostatočný vysoký obsah ílu a priemerný obsah prachu v orniciach priaznivo ovplyvňuje fyzikálne vlastnosti. Zrnitostné zloženie iluviálneho horizontu charakterizuje výrazne vyšší obsah ílu, ktorý podmieňuje prirodzené zhutnenie a zníženie jeho priepustnosti pre vodu.

Z hľadiska mikroagregátového zloženia majú sledované subtypy odlišné štruktúrne vlastnosti. Stredný obsah vodoodolných mikroagregátov ( $Ca = 22 - 23 \%$ ), nízky podiel neskoagulovaného ílu ( $Kd = 10,8 \%$ ), ako aj nízky obsah frakcie  $< 0,001$  mm sú z agronomického hľadiska v subtype HM priaznivé. Typické hnedozeme na sprašiach majú podľa hodnôt  $Ca$ ,  $Kd$  a obsahu frakcie  $< 0,001$  mm celkove priaznivú mikroštruktúru.

Z hľadiska technologických vlastností ornice hnedozemí patria k dobre spracovateľným pôdam. Najvhodnejšia vlhkosť pre obrábanie sa pohybuje okolo 22 – 34 %, lepenie zeminy na náradie začína pri 34 – 37 % a stekutenie pri 57 – 61 % vlhkosti. Technologické vlastnosti podornicových vrstiev v porovnaní s orniciami sú len mierne vyššie, vrátane čísla plasticity.

Racionálne riadenie rastlinnej výroby si vyžaduje stále hlbšie poznatky a konkrétnejšie údaje o pôdnej úrodnosti. Obnova a stabilizácia zvyšovania bioprodukcie v sústave hospodárenia je tým zložitejšia, čím je vyšší stupeň a rozsah narušenia prírodnej sústavy človekom (Bazilevič, Semeňuk, 1984). Spôsob využívania pôdy sa odráža v pomere charakteru využitia pôdy, v štruktúre plodín na ornej pôde ako i v spôsoboch, akými sa zabezpečuje zvyšovanie pôdnej úrodnosti (Hraško, Bedrna, 1988).

Vyhnitý kal ako druhotný produkt po výrobe bioplynu je nepáchnuca z hygienického hľadiska nezávodná, tmavá, amorfná neplastická heterogénna zmes suspenzných a koloidných látok. Je predovšetkým pohotovým zdrojom dusíka, ktorý je fyziologicky využiteľnejší než z minerálnych hnojív. Hodnota pH predstavuje 7,63 – 8,5 t.j. neokysľuje pôdu a dochádza k lepšiemu využitiu fosforu z pôdy. Podľa doterajších poznatkov biokalu zvyšuje súdržnosť, zlepšuje vododržnosť a vodopriepustnosť pôdnych agregátov. Riadenou aplikáciou biokalu sa zlepšuje protierozná ochrana územia a zvyšuje sa obsah organickej hmoty v pôde. Vzhľadom k priaznivému obsahu organických a anorganických látok je vyhnitý kal vhodný na priame hnojenie alebo kompostovanie (Pospíšil, Bitter, 2001).

## MATERIÁL A METODY

Výskumná báza Vysokoškolského poľnohospodárskeho podniku (VPP) Kolíňany je situovaná cca 10 km východne od Nitry, smerom na Zlaté Moravce. Mierne zvlnený, pahorkatinový povrch chotára okolo obce Kolíňany sa nachádza v nadmorskej výške 165 – 240 m. Priemerná ročná teplota sa pohybuje okolo 9°C a priemerný ročný úhrn zrážok je 550 – 600 mm.

Záujmová plocha je situovaná východne od obce a je prvou parcelou za obcou Kolíňany. Severnou hranicou je štátna cesta Nitra – Zlaté Moravce, východnou hranicou trávneho letiska VPP a juhozápadnou hranicou je koryto miestneho potoka. Z hľadiska regionálno-geologického sa výskumná báza nachádza v oblasti geologického rozhrania kryštálicko-druhohorného masívu Tribeča a Žitavskej pahorkatiny. Substrát je tvorený prevažne eluviálno-deluviálnymi sedimentmi pohoria Tribeč pleistocénno-holocénneho veku. Tieto sa v určitých lokálnych enklávach miešajú so sprašovými sedimentmi Žitavskej pahorkatiny. Podložné neogénne súvrstvia vystupujú na povrch iba lokálne v dôsledku neprítomnosti kvartérneho pokryvu (Čurlík, Šefčík, 1999).

V rámci pokusnej plochy, boli pre zistenie východiskového stavu odoberané pôdne vzorky v návaznosti na pestované plodiny (jačmeň siaty jarný, repa cukrová, kukurica siatá na siláž a slnečnica ročná) a vo všetkých variantoch hnojenia (A : nehnojený variant – kontrola, B : 25 t.ha<sup>-1</sup> maštalného hnoja, C : 50 t.ha<sup>-1</sup> biokalu, D : 50 t.ha<sup>-1</sup> maštalného hnoja a E : 100 t.ha<sup>-1</sup> biokalu). Vzorky sa odoberali plošne vo vzdialenostiach 20 m (4 odbery na jednej dĺžke) a samostatne sa analyzovali, čím sa získali výsledky parametrov pre celú plochu, s možnosťou vyjadrenia variability hodnôt sledovaných vlastností a zároveň aj ich priemerných hodnôt.

Pre dosiahnutie stanovených cieľov boli v odobratých pôdnych vzorkách analyzované nasledovné parametre (Fiala et al., 1999):

1. zrnitostné zloženie pipetovacou metódou (iba základná sonda)
2. štruktúrnosť – preosieváním za sucha
3. vodoodolnosť štruktúrnych agregátov Bakšajevovou metódou (do 0,3 m)

Analýza pôdných vzoriek sa vykonávala v trojnásobnom opakovaní, vo výsledkoch je použitý aritmetický priemer z dosiahnutých hodnôt jednotlivých parametrov.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Stratigrafia pôdneho profilu a výsledky analýz pôdných vzoriek odobratých zo základnej sondy dokumentovali, že vytvoreným pôdnym typom je hnedozem, ktorú v rámci platného Morfogenetického klasifikačného systému pôd Slovenska (Šály et al., 2000) môžeme bližšie klasifikovať ako subtyp Hnedozem kultizemná (HMa). Získané výsledky zároveň dokumentujú vysoký stupeň ovplyvnenia pôdy antropogénnou činnosťou v tejto lokalite. Poukazovala na to mocnosť iluviálneho luvického Bt - horizontu (tab. 1), ktorý siahla až do hĺbky 1,75 m.

Tab. 1 *Stratigrafia pôdneho profilu (základná sonda)*

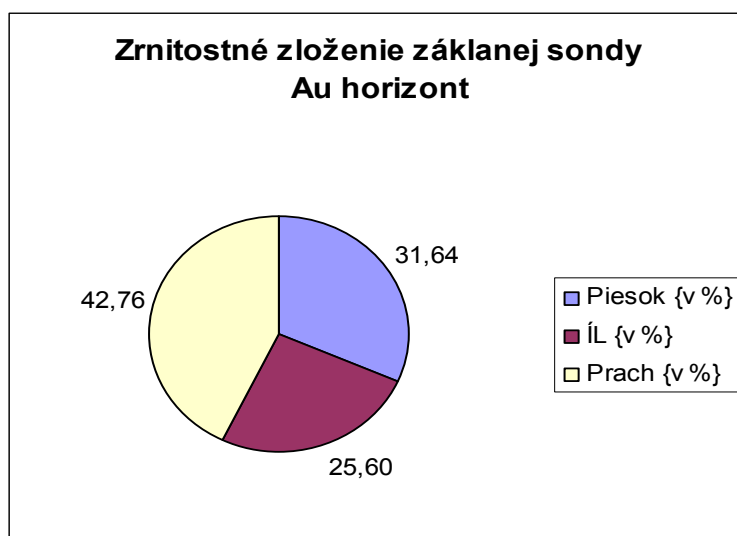
Horizont	Hĺbka (m)	Morfogenetické znaky pôdneho profilu
Akp	0,0 – 0,28	hnedý (10 YR 4/6), bez škvŕn, navlhnutý, súdržný, hlinitý, bez skeletu, polyedrickej štruktúry, bez novotvarov a povlakov, slabého prekorenenia, bez prítomnosti karbonátov
Akp/Bt	0,29 – 0,48	hnedý (10 YR 4/6), bez škvŕn, navlhnutý, súdržný, hlinitý, bez skeletu, drobnohrudkovitej štruktúry, bez novotvarov a povlakov, slabého prekorenenia, bez prítomnosti karbonátov
Bt	0,49 – 1,75	žlto-hnedý (10 YR 5/8), bez škvŕn, navlhnutý, súdržný, ílovito-hlinitý, polyedrickej štruktúry, bez novotvarov, povlaky koloidných organických látok, bez prekorenenia, bez prítomnosti karbonátov

Tab. 2 *Zrnitostné zloženie (základná sonda)*

Horizont	Hĺbka (m)	% zastúpenie jednotlivých frakcií (veľkosť v mm) (3)					
		2,0 – 0,25 5. frakcia	0,25 – 0,05 4. frakcia	0,05 – 0,01 3. frakcia	0,01 – 0,001 2. frakcia	< 0,001 1. frakcia	< 0,01 1.+ 2. fr.
Akp	0 – 0,28	1,29	30,35	42,76	16,84	8,76	25,60
Akp/Bt	0,29 – 0,48	0,99	25,60	41,81	16,36	15,24	31,60
Bt	0,49 – 0,80	1,58	28,79	33,78	16,50	19,35	35,85
Bt	0,80 – 1,10	1,89	29,88	31,88	17,18	19,17	36,35
Bt	1,30 – 1,75	1,72	28,61	30,61	16,69	22,37	39,06

Vysvetlivky: 5. frakcia – stredný piesok, 4. frakcia – jemný piesok, 3. frakcia – hrubý prach, 2. frakcia – jemný a stredný prach, 1. frakcia – íl

Obr. 1 *Zrnitostné zloženie humusového horizontu – základná sonda*



Výsledky zrnitostného zloženia poukazujú na pôdu piesočnato-hlinitú v humusovom kultizemnom (Akp) horizonte (obsah frakcie < 0,01 mm v intervale 20 – 30 %), v hlbších častiach Bt horizontu na pôdu hlinitú (obsah frakcie < 0,01 mm v intervale 30 – 45 %) (tab. 2). Koeficient textúrnej diferenciácie sa pohybuje v rozpätí 1,40 – 1,53. Táto hodnota je pre hnedozeme typická (Zaujec a kol., 2002). Významným podielom je zastúpená frakcia prachu (0,05 – 0,01 mm), čo dokumentuje dobré predpoklady pre technologické spracovanie pôdy. Vysoký obsah tejto frakcie je typický pre pôdy vytvárajúce sa zo sprašových eolických sedimentov.

Tab. 3 Štruktúrne agregáty – humusový horizont (základná sonda)

Horizont	Hĺbka (m)	% hmotnosť jednotlivých frakcií za sucha (veľkosť v mm)						
		> 7,00	> 5,00	> 3,00	> 1,00	> 0,50	> 0,25	< 0,25
Akp	0 – 0,28	53,29	12,25	11,10	12,08	5,48	1,55	4,25

Tab. 4 Vodoodolné agregáty – humusový horizont (základná sonda)

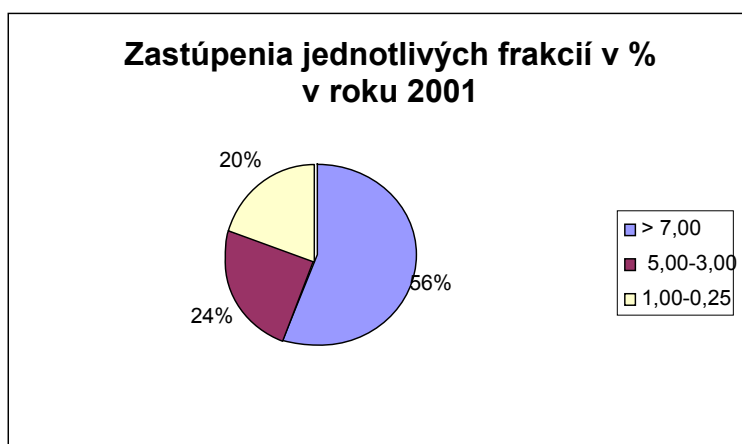
Horizont	Hĺbka (m)	% hmotnosť jednotlivých frakcií vo vode (veľkosť v mm)						
		< 0,25	> 0,25	> 0,50	> 1,00	> 2,00	> 3,00	> 5,00
Akp	0 – 0,28	17,84	12,52	14,04	33,28	14,72	5,88	1,72

Hodnotenie štruktúrneho stavu pôdy (tab. 4) sa odvíja od zrnitostného zloženia a podielu agronomicky najcennejších agregátov. Fulajtár (1986) považuje za najcennejšie agregáty o veľkosti 1 – 5 mm, podľa Sisáka (1994) sú optimálne agregáty o veľkosti 0,5 – 3,0 mm. Pri zohľadnení týchto kritérií hodnotenia štruktúrnych a vodoodolných agregátov predstavuje ich zastúpenie na záujmovej ploche tretinu až polovicu z celkového množstva (zastúpenie štruktúrnych agregátov o veľkosti 1 – 5 mm je 35,43 %, zastúpenie štruktúrnych agregátov o veľkosti 0,5 – 3 mm je 28,66 %).

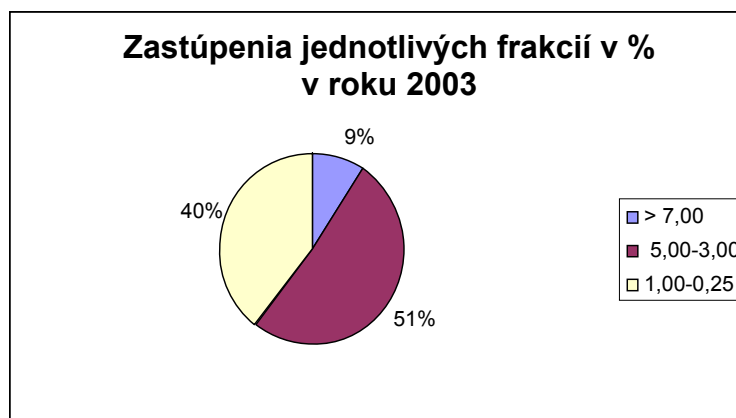
Tab. 5 Štruktúrne agregáty horizont Akp – roky 2001, 2003

Rok	Hĺbka (m)	% hmotnosť jednotlivých frakcií za sucha (veľkosť v mm)						
		> 7,00	> 5,00	> 3,00	> 1,00	> 0,50	> 0,25	< 0,25
2001	0 – 0,20	53,29	12,25	11,10	12,08	5,48	1,55	4,25
2003	0 – 0,20	8,99	20,19	28,25	25,37	9,37	3,03	4,79

Obr. 2 Zastúpenie jednotlivých frakcií za sucha (veľkosť v mm) v % v roku 2001



Obr. 3 Zastúpenie jednotlivých frakcií za sucha (veľkosť v mm) v % v roku 2003



Tab. 6 Vodoodolné agregáty horizont Akp – roky 2001, 2003

Rok	Hĺbka (m)	% hmotnosť frakcií po preosievaní vo vode (veľkosť v mm)						
		< 0,25	> 0,25	> 0,5	> 1,00	> 2,00	> 3,00	> 5,00
2001	0 – 0,20	17,84	12,52	14,04	33,28	14,72	5,88	1,72
2003	0 – 0,20	16,84	14,52	20,83	21,40	17,06	6,85	3,33

Tvorba štruktúrnych agregátov je ovplyvňovaná celým radom prírodných, ale aj kultivačných faktorov. Tieto sa zároveň podieľajú aj na vytváraní priaznivej vodoodolnej štruktúry, ktorá je rezistentná voči drobeniu a tým vytváraníu pôdneho prísušku. Podiel štruktúrnych a vodoodolných agregátov predstavuje ich zastúpenie na záujmovej ploche v roku 2001 tretinu až polovicu z celkového množstva. Zastúpenie vodoodolných agregátov o veľkosti 1 – 5 mm je 55,60 %, zastúpenie vodoodolných agregátov o veľkosti 0,5 – 3 mm je 67,92 %).

Zaujec et. al. (2002) uvádzajú, že hnedozeme sú po černozeiach a čierniciach našimi najúrodnejšími pôdami, umožňujúcimi značnú pružnosť osevného postupu. Sú úrodne pôdy vyhovujúce širšiemu sortimentu rastlín.

Tab. 7 Osevný postup realizovaný na jednotlivých honoch v rokoch 2001, 2003

Hon	Rok 2001	Rok 2002	Rok 2003
1	Jačmeň siaty jarný	Repa cukrová	Kukurica siata na siláž
2	Repa cukrová	Kukurica siata na siláž	Slnečnica ročná
3	Kukurica siata na siláž	Slnečnica ročná	Jačmeň siaty jarný
4	Slnečnica ročná	Jačmeň siaty jarný	Repa cukrová

Tab. 8 Štruktúrne agregáty – 2003

Hon	% hmotnosť jednotlivých frakcií za sucha (veľkosť v mm)						
	> 7,00	> 5,00	> 3,00	> 1,00	> 0,50	> 0,25	< 0,25
1	10,88	21,04	28,92	21,88	8,17	2,85	6,26
2	5,45	13,63	26,92	33,89	12,85	3,49	3,77
3	12,63	22,31	26,57	24,02	8,48	2,86	3,13
4	7,00	23,79	30,60	21,70	7,98	2,93	6,00

Tab. 9 Vodoodolné agregáty – 2003

Hon	% hmotnosť jednotlivých frakcií vo vode (veľkosť v mm)						
	< 0,25	> 0,25	> 0,5	> 1,00	> 2,00	> 3,00	> 5,00
1	24,84	14,72	27,40	20,48	10,16	2,40	–
2	8,48	15,52	21,92	20,28	23,28	8,00	2,52
3	24,48	21,52	20,92	12,40	10,76	4,92	5,00
4	9,56	6,32	13,08	32,44	24,04	12,08	2,48

Vytváranie správnej drobnohrudkovitej a vodoodolnej štruktúry je závislé najmä na kvantite a kvalite organickej hmoty, klimatických podmienok a technológii spracovania pôdy. Dominantnú úlohu vo vytváraní pôdnych agregátov zohráva najmä kvalitná organická hmota, ktorá zabezpečuje tmeliace účinky, lepí jednotlivé zrnitostné frakcie a vytvára z nich agregáty rozličných tvarov a veľkostí.

Po aplikácii jednotlivých organických hnojív (maštalného hnoja a biokalu) sa v porovnaní s východiskovým stavom (rok 2001) priemerne zvýšil % podiel najcennejších agregátov o 38,38 % (agregáty o veľkosti 1 – 5 mm). Zastúpenie agregátov o veľkosti 0,5 – 3,0 mm sa zvýšilo o 34,33 %. Naopak, bol zaznamenaný pokles % podielu vodoodolných agregátov tejto istej veľkosti. Mohlo to byť spôsobené charakterom poveternostných podmienok v letnom období, kedy intenzívne a časté prízračné dažde spôsobovali mimoriadne rýchle nahromadenie vzduchu vo vnútri agregátových póroch a zvyšovanie tlaku v nich pri ďalšom prenikaní vody spôsobovalo ich prudký rozpad.

Zastúpenie najpriaznivejších veľkostí štruktúrnych agregátov (0,5 – 3,0 mm) sa po aplikácii jednotlivých dávok a foriem organických hnojív postupne zvyšovalo. Oproti prvému roku riešenia projektu sa zastúpenie týchto agregátov zvýšilo 2 až 2,5 krát, v porovnaní s druhým rokom riešenia projektu 1,4 až 1,8 krát (tab. 5 a 8). Najvyšší nárast sme zaznamenali na hone 2 (agregáty tejto veľkosti predstavovali 73,48 %), na ostatných honoch sa zastúpenie týchto agregátov pohybovalo na približne rovnakej úrovni (58,97 % – hon 1, – 59,07 % – hon 3 a 60,28 % – hon 4).

Zastúpenie vodoodolných agregátov (tab. 6 a 9) v jednotlivých rokoch riešenia nevykazuje také podstatné rozdiely ako zastúpenie štruktúrnych agregátov. Najvyššie zastúpenie najpriaznivejšej veľkosti sme zistili na hone 4 (81,64 %), najnižšie na hone 3 (49,00 %).

## ZÁVERY

Pokus je založený na pôdnom subtype Hnedozem kultizemná (HMa), výrazne ovplyvnenom antropogénnou činnosťou. Zastúpenie najpriaznivejších veľkostí štruktúrnych agregátov (0,5 – 3,0 mm) sa po aplikácii jednotlivých dávok a foriem organických hnojív (maštalného hnoja a biokalu) postupne zvyšovalo. Oproti prvému roku riešenia projektu sa zastúpenie týchto agregátov zvýšilo 2 až 2,5 krát, v porovnaní s druhým rokom riešenia projektu 1,4 až 1,8 krát. Najvyšší nárast bol zaznamenaný na hone 2 (agregáty tejto veľkosti predstavovali 73,48 %), na ostatných honoch sa zastúpenie týchto agregátov pohybovalo na približne rovnakej úrovni (60,28 % – hon 4, 59,07 % – hon 3 a 58,97 % – hon 1).

Zastúpenie vodoodolných agregátov v jednotlivých rokoch riešenia nevykazovalo také podstatné rozdiely. Najvyššie zastúpenie najpriaznivejšej veľkosti sme zistili na hone 4 (81,64 %), najnižšie na hone 3 (49,00 %).

*Podakovanie: Získané výsledky vznikli za podpory grantov VEGA č. 1/8177/01 a VEGA 1/1345/04.*

## LITERATÚRA

- Bazilevič, N. I., Semeňuk, N. V., 1984: Opyt vydelenija antropogennej sostavl'ajučšej krugovorota veščestv v lubovostepnykh ekosistemach pri različnom ich ispol'zovaniji. In: Počvovedenije. 1984, 5, s. 5-18.
- Čurlík, J., Šefčík, P., 1999: Geochemický atlas Slovenskej republiky. VÚPÚ. Bratislava: 1999. 100 p. + 83 máp.
- Fulajtár, E., 1986: Fyzikálne vlastnosti pôd Slovenska, ich úprava a využitie. Bratislava: VEDA, 156 s.
- Hraško, J., 1988: Racionálne využívanie pôdneho fondu a zúrodňovanie poľnohospodárskych pôd. In: Zborník ČSAZ, č. 122. Praha: 1984.
- Pospišil, R., Bitter, J., 2001: Vplyv použitia vyhnitého kalu po výrobe bioplynu na úrodnosť pôdy, Naše pole, č. 10, s. 35-37.
- Sisák, P., 1994: štúdium vplyvu rôznych sústav hospodárenia na mikroagregátové zloženie a vodo-odolnosť štruktúrnych agregátov hnedozeme. In: Zborník z vedeckého seminára „Nové poznatky zvyšovania produkčnej schopnosti pôd“. VÚPÚ, Bratislava: 1994, s. 53-60.
- Zaujec, A. a kol., 2002: Pedológia SPU. Nitra 2002, 98 s. ISBN 80-8069-090-1.

# FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PŮDY U TTP S RŮZNOU INTENZITOU VYUŽÍVÁNÍ

## Soil physical properties in grassland with various intensity of use

Jozef RŽONCA<sup>1</sup>, Marie SVOZILOVÁ<sup>1</sup>, Pavlína MIČOVÁ<sup>1</sup>, Marie ŠTÝBNAROVÁ<sup>2</sup>,  
Jana KRHOVJÁKOVÁ<sup>2</sup>

<sup>1)</sup>Agrovýzkum s.r.o., Výzkumníků 267, 788 13 Vikýřovice, ČR

[jozef.rzonca@vuchs.cz](mailto:jozef.rzonca@vuchs.cz)

<sup>2)</sup>Výzkumný ústav pro chov skotu, s.r.o. Rapotín, Výzkumníků 267, 788 13 Vikýřovice, ČR

### Abstrakt

V roce 2004 bylo na stanovišti Rapotín zahájeno sledování fyzikálních vlastností půdy: objemová hmotnost redukována, pórovitost, max. kapilární kapacita, retenční vodní kapacita do hloubky 0,3 m na TTP. Pastevní porosty jsou využívány ve dvou a čtyřech cyklech bez hnojení minerálními hnojivy. Luční porosty jsou využívány v 1 – 2 sečích s hnojením N<sub>100</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> a bez hnojení. Oblast experimentu je ve výšce 340 m n.m. Hrubého Jeseníku s půdním typem fluvizem. Z výsledků měření plyne, že půda nevykazuje známky zhutnění, objemová hmotnost je optimální pro pěstování jetelotráv, maximální kapilární kapacita je vyšší u pastevních pozemků. V dalších letech bude sledován vliv různé intenzity využívání TTP na změny fyzikálních vlastností půdy.

**Klíčová slova:** fyzikální vlastnosti půdy, objemová hmotnost, pórovitost, retenční vodní kapacita, trvalé travní porosty

### Abstract

On the locality Rapotín there was in 2004 established the monitoring of the physical soil properties on the permanent grasslands: the reduced bulk density, the soil porosity, the max. capillary moisture capacity, the retention water capacity up to the depth of 0.3 m. The pasture herbage is utilized in two and four cycles in the without mineral fertilization. The meadows are utilized in 1 – 2 cuts with fertilization N<sub>100</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> and without fertilization. The experimental area is situated in 340 m above sea level in Hrubý Jeseník locality with the soil type Fluvisol. On the basis of our results it can be concluded that the soil does not show any signs of the compaction, bulk density is optimal for the clover-grass growing, the max. capillary moisture capacity is higher at the pasture-land. In the continuing years it will be observed the effect of the various intensity of utilization of the permanent grasslands reflecting the physical soil properties changes.

**Key words:** physical parameters of soils, bulk density, porosity, retention water capacity, permanent grasslands

### ÚVOD

Půda je přírodní útvar, který se vyvíjí v důsledku složitého komplexního působení vnějších činitelů na mateřskou horninu a vyznačuje se úrodností. Jako heterogenní trojrozměrný útvar se skládá z pevné, tekuté a plynné části. U kvalitativních znaků půdy se za jeden ze základních považuje vzájemné působení chemických a fyzikálních vlastností. Výsledkem těchto interakcí je ovlivňování půdní úrodnosti, které je spojené s vlivem na pěstované plodiny.

Fyzikální vlastnosti půdy představují celý soubor vlastností podmíněných disperzí půdních částic a vzájemnými vztahy mezi pevnou, kapalnou a plynnou fází. Tyto vlastnosti jsou určitým specifickým znakem půdy a k jejich změnám dochází při úpravě ekologických podmínek pro plodiny. Příznivé fyzikální vlastnosti půdy se v současnosti stávají cílem, ke kterému musí směřovat agrotechnická i pratotechnická opatření, protože jejich zhoršení se nepříznivě odráží na produkci pěstovaných rostlin.

Jednou z nejdůležitějších fyzikálních vlastností půdy je objemová hmotnost. Charakterizuje celý komplex fyzikálních podmínek v půdě a obecně se považuje za faktor půdní úrodnosti. Fulajtár (1988) uvádí, že rostlinám škodí jak příliš kyprá, tak i příliš ulehlá půda. Příliš kyprá půda se vyznačuje nízkou objemovou hmotností ( $< 1\,000\text{ kg.m}^{-3}$ ), nízkým podílem pevné fáze a tedy i vody a živin a vysokým obsahem vzduchu. Na kyprých půdách jsou rostliny nuceny vytvářet mohutný kořenový systém na úkor nadzemní části. Oproti tomu příliš ulehlá půda se vyznačuje vysokou objemovou hmotností ( $> 1\,600\text{ kg.m}^{-3}$ ). Ta kladě růstu a rozvoji kořenů veliký mechanický odpor, na který rostlina reaguje zpomalením růstu a poklesem výnosu. Různí autoři se věnovali sledování fyzikálních vlastností půdy v různých klimatických i produkčních podmínkách. Fazekašová a Poráčová (2004) sledovali vývoj fyzikálních vlastností půd v podmínkách ekologického zemědělství (na kambizemi). Vlivem fyzikálních vlastností těžkých půd (na fluvizemi) na výnos plodin se zabývala Kotorová (2004, 2003).

## MATERIÁL A METÓDY

V roce 2004 bylo na stanovišti Rapotín (B) zahájeno sledování fyzikálních vlastností půdy do hloubky 0,3 m na TTP s následujícím botanickým složením: jetel plazivý, jetel luční, srha říznačka, psineček tenký, jílek vytrvalý, pampeliška set. ruderalia a řebříček obecný.

Experiment se nachází v nivě řeky Desná ve výšce 340 m n.m. Oblast patří do geomorfologického útvaru Hrubého Jeseníku a je charakterizována jako mírně teplá a vlhká. Jedná se o lokalitu s půdním typem fluvizem, půdní druh odpovídá půdám písčitohlinitým, s obsahem částic pod 0,01 mm 20,4 – 24,1 %.

Trvalý travní porost je využíván následně:

- (P2/0) pastva v 2 cyklech bez hnojení
- (P4/0) pastva v 4 cyklech bez hnojení
- (K1/0) 1 seč bez hnojení
- (K2/0) 2 seče bez hnojení
- (K2/NPK) 2 seče s hnojením NPK ( $100\text{ kg N.ha}^{-1}$ )

Pro stanovení fyzikálních vlastností půdy byly vzorky odebrány v neporušené formě pomocí Kopeckého fyzikálních válečků v hloubce 0,05 – 0,3 m.

Pro jednotlivé varianty využívání porostu byly sledovány následující ukazatele dle metodiky Fiala a kol. (1999):

- objemová hmotnost redukována ( $\rho_d$ ,  $\text{kg.m}^{-3}$ )
- pórovitost (P, %)
- maximální kapilární kapacita ( $\Theta_{\text{KMK}}$ , %)
- retenční vodní kapacita ( $\Theta_{\text{RK}}$ , %)

Cílem byla analýza a zhodnocení fyzikálních vlastností půdy po prvním roce využívání TTP, což umožní sledování změn vlastností půdy v průběhu roků vlivem různého využívání travního porostu.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

V tab. 1 uvádíme průměrné hodnoty vybraných parametrů fyzikálních vlastností půd. Objemová hmotnost redukována ( $\rho_d$ ) se pohybovala v rozpětí od 1 178 do 1 264  $\text{kg.m}^{-3}$ . Měrná hmotnost od 2 580 do 2 640  $\text{kg.m}^{-3}$ . Z hlediska pórovitosti můžeme pokusnou plochu hodnotit jako nezhuťnou, s objemem pórů 51,26 – 54,46 %. V průběhu víceletého pěstování travních porostů může dojít k ulehnutí půdy, což se může projevit jejím zhuťnutím.

Tab. 1 Fyzikální vlastnosti půdy (průměrné hodnoty)

Variant	$\rho_d [\text{kg.m}^{-3}]$	P [%]	$\Theta_{\text{KMK}} [\%]$	$\Theta_{\text{RK}} [\%]$
Nesklizený	1 233,5	53,46	36,87	30,99
K1/0	1 177,9	54,46	39,81	34,64
K2/0	1 221,9	53,76	37,69	32
K2/NPK	1 238,8	52,88	39,01	32,77
P2/0	1 248,3	52,03	41,48	38,57
P4/0	1 264,2	51,26	41,87	40,04

V tabulce 2 jsou uvedeny optimální hodnoty objemové hmotnosti pro jednotlivé plodiny. Z tohoto pohledu můžeme pokusný pozemek hodnotit jako vyhovující pro pěstování jetelotráv. Vyšší objemovou hmotnost jsme zaznamenali u pozemků využívaných pastvou. Na pozemku využívaném dvěma pastevními cykly byla objemová hmotnost redukována v průměru  $1\,248\text{ kg.m}^{-3}$ , zatímco na pozemku využívaném čtyřmi pastevními cykly byla průměrná objemová hmotnost  $1\,264\text{ kg.m}^{-3}$ , při měrné hmotnosti  $2\,600\text{ kg.m}^{-3}$ . Také zhutnění půdy bylo větší u variant využívaných pastvou ( $P2 = 52\%$  a  $P4 = 51\%$ ).

Tab. 2 Optimální hodnoty objemové hmotnosti pro různé plodiny (Hanes et al., 1997)

Plodiny	Rozpětí hodnot objemové hmotnosti ( $\text{kg.m}^{-3}$ )
Trávy	1 250 – 1 500
Jeteloviny	1 200 – 1 300
Oves	1 100 – 1 400
Pšenice	1 100 – 1 300
Kukuřice	1 100 – 1 300
Ječmen	1 200 – 1 400

Hodnoty maximální kapilární kapacity jsou na úrovni  $36,87 - 41,87\%$ . Z této vysoké hodnoty maximální kapilární kapacity, při bodě vadnutí  $8,5 - 10,4\%$ , resultuje vysoká přístupnost vody pro rostlinu. Dosažené výsledky korespondují se závěry Fulajtára (1986), Kotorové, Matiho (1998) a Kotorové (2003). Fulajtár (1986) uvádí, že charakteristickou črtou hydrofyzikálních vlastností fluvizemí jsou vysoké hodnoty maximální kapilární kapacity, které přesahují hodnoty  $35\%$ .

Retenční vodní kapacita udává maximální množství vody, které půda může sorpčními a kapilárními silami udržet. Z hlediska hospodaření půdy s vodou je nejdůležitějším půdním hydro-limitem. Na středně těžkých a těžkých půdách se pohybuje v rozpětí od  $30$  do  $35\%$ . U nevyužívaného porostu ( $30,99\%$ ), stejně i u porostu využívaného sečením ( $32 - 34,64\%$ ) se tento ukazatel pohyboval v rozpětí charakteristickém pro daný půdní druh. O něco vyšší hodnoty jsme zaznamenali u porostu využívaného pastvou ( $38,57 - 40,04\%$ ).

Kritické hodnoty pro základní fyzikální vlastnosti půdy uvádíme v tab. 3.

Tab. 3 Hraniční hodnoty pórovitosti a objemové hmotnosti půdy u různých druhů půd (Demo et al. 1995)

Druh půdy	Pórovitost [%]	Objemová hmotnost redukována [ $\text{kg.m}^{-3}$ ]
Písčitá	40	1 700
Hlinito-písčitá a písčito-hlinitá	42	1 600
Hlinitá	45	1 500
Jílovito-hlinitá	47	1 400

## ZÁVĚR

Na základě těchto výsledků můžeme formulovat následující závěry:

- půda, na které byl založen pokus, nevykazuje známky zhutnění
- objemová hmotnost je optimální pro pěstování jetelotráv
- maximální kapilární kapacita u pozemků využívaných sečením je středně velká a u pozemků využívaných pasením je velká
- hodnoty  $\Theta_{MKK}$  a  $\Theta_{RVK}$  umožňují dobrou hospodárnost rostlin s vodou
- v dalších letech se jeví jako nutné sledování vlivu různé intenzity využívání TTP na změny fyzikálních vlastností půdy.

Poděkování: Příspěvek byl zpracován s podporou projektu NAZV reg. č. QF 3018 a MŠMT 678846201.

## LITERATURA

- Demo, M. et al. , 1995: Obrábanie pôdy. Nitra, VŠP, 315 s.
- Fazekašová, D., Poráčová, J. , 2004.: Fyzikálne vlastnosti pôd a vplyv ekologického hospodárenia na ich vývoj. In: Acta facultatis studiorum humanitatis et naturae universitatis prešoviensis. Prírodné vedy, Prešoviensis, s. 108-114. ISBN 80-8068-249-6.
- Fiala et al., 1999: Záväzné metódy rozborov pôd. VÚPOP, Bratislava, 142 s. ISBN 80-85361-55-8.
- Fulajtár, E., 1986: Fyzikálne vlastnosti pôd Slovenska, ich úprava a využitie. Veda, Bratislava, 156 s.
- Fulajtár, E., 1988: Parametre fyzikálnych vlastností pôd z hľadiska pôdnej úrodnosti. In: Parametre pôdnej úrodnosti. Bratislava, s. 29-38.
- Hanes et al., 1997: Pedológia. SPU, Nitra, 120 s.
- Kotorová, D., Mati, R, 1998.: Zmeny vybraných fyzikálnych a hydrofyzikálnych vlastností fluvizeme v dlhšom časovom období. In: Zborník vedeckých prác OVÚA. Michalovce, OVÚA, č. 14, s. 26-34.
- Kotorová, D., 2003: Fyzikálne vlastnosti fluvizeme v rozdielnych technológiách spracovania pôdy a hnojenia. In: Zborník vedeckých prác OVÚA. Michalovce, OVÚA, č. 19, s. 95-104. ISBN 80-969049-4-9.
- Kotorová, D., 2004: Vplyv rôznych spôsobov prípravy pôdy na fyzikálne vlastnosti pôdy a úrodu lucerny siatej. In: Produkčné, ekologické a krajínovotvorné funkcie trávnych ekosystémov a krmných plodín. SPU, Nitra, s. 171-175. ISBN 80-8069-409-5.

# ENERGETICKÁ ANALÝZA LÚČNYCH PORASTOV V PODMIENKACH HRUBÉHO JESENÍKA

## Energetic analysis of permanent grassland in Hrubý Jeseník Mt. conditions

Jozef RŽONCA<sup>1</sup>, Jan POZDÍŠEK<sup>1</sup>, Marie ŠTÝBNAROVÁ<sup>1</sup>, Pavlína MIČOVÁ<sup>1</sup>,  
Martina MITRUŠKOVÁ<sup>2</sup>, V. KLČ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agrovýzkum s.r.o., Výzkumníků 267, 78813 Víkřovice, ČR

[jozef.rzonca@vuchs.cz](mailto:jozef.rzonca@vuchs.cz)

<sup>2</sup>Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, SR

### Abstrakt

V podmienkach Hrubého Jeseníku sme sa zaoberali energetickou analýzou extenzívnych TTP pestovaných na fluvizemi a kambizemi, v rokoch 2003 – 2004. Vypočítali sme hodnoty jednotlivých vstupov dodatkového energie. Vstupy energie pohybovali od 2,17 GJ.ha<sup>-1</sup> do 2,16 GJ.ha<sup>-1</sup>. Vyšší priemerný energetický zisk brutto aj netto energie sme zaznamenali pri TTP pestovaných na fluvizemi. Podmienky stanovišťa a hnojenie významne ovplyvnili energetickú bilanciu produkčného procesu TTP. Pestovanie trvalých trávnych porastov v LFA oblastiach zvyšuje efektívnosť využívania pôd s nízkym energetickým potenciálom.

**Kľúčové slová:** energia, bilancia, trvalé trávne porasty, LFA oblasti

### Abstract

We were concerned on the energy analysis of the extensive permanent grassland situated on Fluvisol and Cambisol in the years 2003 – 2004 in the Hrubý Jeseník Mts. conditions. We have calculated values of the particular inputs of the additional energy. The energy inputs data ranged from 2.17 GJ. ha<sup>-1</sup> to 2.16 GJ. ha<sup>-1</sup>. The higher energy profit of brutto-energy and netto-energy was recorded at grassland situated on Fluvisol. The locality conditions and the fertilization have the significant effect on the balance of the production process of permanent grassland. Growing of the grasses in LFA increases the efficiency of the soil utilization with the low energy potential.

**Key words:** energy, balance, permanent grassland, LFA (less-favourable areas)

### ÚVOD

Trvalé trávne porasty predstavujú významnú a cennú súčasť krajiny vo všetkých krajinách Európy. V priebehu dlhodobého prírodného, spoločenského a agrárneho vývoja boli zakladané a vznikali hlavne v lokalitách s obtiažným zberom alebo na menej úrodných pôdach. Ústup od intenzívnej produkcie rastlín k trvalo udržateľným spôsobom hospodárenia má predovšetkým dopad na hospodárenie s energiou, ekologickú únosnosť a ekonomickú efektívnosť novo uplatňovaných technológií. Poľnohospodárstvo je ako každá výrobná činnosť procesom energetickej transformácie surovín a účelovej zmeny ich vlastností. Od všetkých ostatných odvetví ľudskej činnosti sa však líši tým, že vo výraznej miere transformuje energiu slnečného žiarenia a cieľavedome ju akumuluje do konečnej produkcie (Pospišil, Vilček, 2000).

Poľnohospodárska sústava je zložitý systém, ktorý je schopný pomocou slnečného žiarenia premieňať anorganické látky na dôležité organické zlúčeniny. Do produkčného procesu zasahujú rôzne faktory, ako napr. priebeh poveternostných podmienok, výživa a hnojenie, fyzikálne a agrochemické vlastnosti pôdneho prostredia, ale aj prirodzené vlastnosti pestovaných plodín. Základným

problémom bilancie energie v rastlinnej výrobe je miera ovplyvnenia produkčného procesu vkladmi priamej a nepriamej energie a ich výsledná účinnosť pri tvorbe biomasy či hospodársky cenného produktu vyjadreného úrodou (Kostrej, Danko, 1996).

Na zabezpečenie vysokého a efektívneho toku energie treba okrem zabezpečenia potrebnej energie vcelku, časť energie vstupov vkladať do akumulátorov energie, ktoré uchovávajú energiu v sústave. Transformácia chemickej energie v poľnohospodárskej sústave musí byť vykonávaná postupným uzatváraním sústavy, t. j. obmedzovaním vstupu chemických látok a zrýchlením ich obehu vo vnútri poľnohospodárskej sústavy po spätných kompenzačných väzbách. Za týchto podmienok sa sústava stane stabilná, ale i ekonomicky efektívna za súčasného splnenia podmienok progresívneho vývoja krajinného priestoru.

Energetická analýza sa stáva významným kritériom pre posúdenie energetickej účinnosti rastlinnej výroby, ale aj jednotlivých plodín v určitých klimatických podmienkach (Pospíšil, Vilček, 2000). K energetickej bilancii pestovaných plodín sa pristupuje z rôznych hľadísk. Väčšina prác venovaných problematike energetickej bilancie sa zaoberá bilanciou plodín pestovaných na ornej pôde. Hodnotí sa efektivita hnojenia, účinnosť pesticídov, rôzneho obrábania pôdy, alebo energetický vplyv predplodín, odrôd a rôznych agroekologických podmienok Balla (1998), Kotorová (1998), Kováč (1998), Risoud, Bochu (2002), Pospíšil (2002).

## MATERIÁL A METÓDY

Pozorovanie bolo uskutočnené v rokoch 2003 a 2004 na pozemkoch VÚCHS, s.r.o. Rapotín, patriacich do mikroregiónu Hrubý Jeseník. Dlhodobé teplotné a zrážkové pomery uvádzame v tab. 1.

Tab. 1 Priemerné mesačné a ročné zrážky a teploty

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Za rok
<b>Zrážky [mm]</b>	55	39	44	37	69	82	77	74	51	46	59	67	700
<b>Teploty [°C]</b>	-4,9	-3,9	-0,5	4,8	10,8	14,2	14,8	13,7	9,8	5,4	2,1	-2,3	5,3

Do sledovania sme zaradili dve pôdne stanovišťa s nasledujúcimi charakteristikami:

1. Stanovište sa nachádza v nadmorskej výške 380 m nm. Geologickým podkladom sú hlbšie delúvia svorov. Pôda je piesočnato-hlinitá, typ pôdy kambizem (horizonty Ao-Bv-B/C-C) s obsahom Cox 1,08 %. Základné fyzikálne a agrochemické vlastnosti stanovišťa sa nachádzajú v tab. 2.
2. Stanovište sa nachádza v nive rieky Desná v nadmorskej výške 350 m nm na aluviálnych sedimentoch. Pôda je piesočnato-hlinitá, typ pôdy fluvizem (horizonty Ao – A/Cc – C) s obsahom Cox 2,28 %. Základné fyzikálne a agrochemické vlastnosti stanovišťa sa nachádzajú v tab. 2.

Tab. 2 Základné fyzikálne a agrochemické vlastnosti stanovišť

Pôdny typ	Fyzikálne vlastnosti			
	$\rho_d$ [kg.m <sup>-3</sup> ]	P [%]	$\Theta_{KMK}$ [%]	$\Theta_{RK}$ [%]
Fluvizem	1 230	53,32	38,35	32,385
Kambizem	1 330	49,81	34,8	42,16
Pôdny typ	Agrochemické vlastnosti			
	P[mg.kg <sup>-1</sup> ]	K [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Ca [mg.kg <sup>-1</sup> ]	pH <sub>KCl</sub>
Fluvizem	130,5	456,0	1 339	5,2
Kambizem	100,1	220,4	309	5,3

TTP sú zložené z nasledujúcich druhov:

1. *Taraxacum sect. Ruderalia*
2. *Dactylis glomerata*
3. *Poa pratensis*
4. *Trifolium repens*

#### Spôsob využívania:

Extenzívne – prvá kosba medzi od 16. do 30 júna a ďalšia po 90 dňoch.

#### Výživa a hnojenie:

A – bez hnojenia

B – NPK hnojenie 90 : 30 : 60 kg/ha.

Kvantifikácia energetických vkladov, použité energetické ekvivalenty a spôsoby výpočtov a vyjadrenia výstupov energie sú uskutočnené podľa metodiky Preiningera (1987). Prepočet na netto energiu bol prevedený podľa Sommera (1994).

Z energetických vstupov sme sledovali tieto údaje:

1. použité priemyselné a organické hnojivá v čistých živinách NPK v kg.ha ha<sup>-1</sup>
2. energia v strojoch GJ.ha<sup>-1</sup>
3. spotrebované pohonné hmoty v l.ha<sup>-1</sup>
4. množstvo ľudskej práce vyjadrené v h.ha<sup>-1</sup>

Energetické výstupy predstavuje:

- úroda fytomasy v t.ha<sup>-1</sup>

Na základe týchto energetických hodnôt sme urobili energetickú bilanciu a vypočítali energetický zisk a energetickú účinnosť.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Cieľom tejto práce bolo zhodnotiť energetické vstupy a výstupy rôznych trávnych porastov v rôznych pôdnych podmienkach z hľadiska energetickej bilancie.

Ukazovatele energetickej bilancie sú uvedené v tab. 3. Najvyššiu produkciu energie sme zaznamenali pri hnojenom variante na fluvizemi (137,03 GJ.ha<sup>-1</sup> BE a 40,53 GJ.ha<sup>-1</sup> NEL). Druhá najvyššia produkcia energie bola pri hnojených trvalých trávnych porastoch (TTP) na kambizemi (128,80 GJ.ha<sup>-1</sup> BE a 38,10 GJ.ha<sup>-1</sup> NEL). Najnižšia produkcia energie bola zaznamenaná pri nehnojenom variante na kambizemi (98,18 GJ.ha<sup>-1</sup> BE, resp. 28,56 GJ.ha<sup>-1</sup> NEL). Rovnako ako v ukazovateli produkcie energie aj v ostatných ukazovateľoch energetickej bilancie sme zaznamenali lepšie parametre pri TTP na fluvizemi než na kambizemi. Koeficient energetickej efektívnosti sa pohyboval od hodnoty 10,59 % (pri TTP na kambizemi hnojenej NPK) až po 53,66 % (pri TTP na fluvizemi nehnojenej). Na základe týchto hodnôt a porovnania s prácami iných autorov (napr. Pospíšil, Vilček, 2000; Džatko, Vilček, 1995) môžeme konštatovať, že prispievajú ku zvýšenej efektívnosti využívania pôd v LFA oblastiach.

Tab. 3 Ukazovatele energetickej bilancie lúčnych porastov (x 2003 – 2004)

Pôdny typ	Hnojenie	NEL [GJ.ha <sup>-1</sup> ]	BE [GJ.ha <sup>-1</sup> ]	VE [GJ.ha <sup>-1</sup> ]	EZ [GJ.ha <sup>-1</sup> ]	EEF [%]
Fluvizem	0	33,84	116,44	2,17	114,27	53,66
	NPK	40,53	137,03	12,16	124,87	11,27
Kambizem	0	28,56	98,18	2,17	96,01	45,24
	NPK	38,10	128,80	12,16	116,64	10,59

BE – brutto-energia, NEL – netto-energia laktácie, VE – vklady energie, EZ – energetický zisk, EEF – koeficient energetickej efektívnosti

Ako vyplýva z tab. 4, vyrovnannejšie úrody sme zaznamenali pri TTP na kambizemi, kde hodnoty smerodajnej odchýlky boli 0,73 pri nehnojenom variante a 0,34 pri variante hnojenom. Väčšiu variabilitu úrod sušiny fytomasy sme naopak zaznamenali pri TTP na fluvizemi, kde smerodajná odchýlka bola pri nehnojenom variante 1,01 a pri hnojenom 1,47. Variabilita pri tomto poraste sa vplyvom hnojenia zvyšovala, kým pri poraste na kambizemi znižovala.

Vložením 10,01 GJ.ha<sup>-1</sup> dodatkového energie formou hnojenia sa zvýšil energetický výstup pri TTP na fluvizemi o 9,99 GJ.ha<sup>-1</sup> a pri TTP na kambizemi o 30,62 GJ.ha<sup>-1</sup>. Vzhľadom na extenzívne využívanie sledovaných trvalých trávnych porastov, sa vstupy energie pohybovali v rozmedzí od

2,17 do 12,16 GJ.ha<sup>-1</sup>. Podobné hodnoty pri trvalých trávnych porastoch uvádzajú Majerník, Zmetáková, Proksová (2002) a Pospíšil, Vilček (2000).

Tab. 4 *Produkcia sušiny a potreba energie na jej tvorbu (x 2003 – 2004)*

Pôdny typ	Hnojenie	Sušina [t.ha <sup>-1</sup> ]		GJ/t	
		x	s <sup>2</sup>	x	s <sup>2</sup>
Fluvizem	0	6,64	1,01	0,34	0,05
	NPK	7,81	1,47	1,60	0,25
Kambizem	0	5,60	0,73	0,39	0,05
	NPK	7,34	0,34	1,66	0,08

Základné parametre energetickej bilancie (produkciu sušiny a brutto-energie, energetický zisk a energetickú efektívnosť) sme hodnotili pomocou programu Statgraphics 5.0 analýzou rozptylu. Vypočítané hodnoty F sú uvedené v tab. 5. Vplyv rôzneho stanovišťa bol vo všetkých ukazovateľoch štatisticky významný na hladine  $\alpha < 0,05$ . Vplyv hnojenia bol štatisticky preukazný v energetickom zisku na hladine významnosti  $\alpha < 0,05$  a v ostatných ukazovateľoch na hladine významnosti  $\alpha < 0,01$ .

Tab. 5 *Analýza rozptylu základných parametrov (F-ratio)*

	Stanovište	Hnojenie	Reziduum
	d.f. = 1	d.f. = 1	
Produkcia sušiny	4,37 <sup>+</sup>	15,51 <sup>++</sup>	1,0792
Výstup energie (bruttoenergia)	4,226 <sup>+</sup>	15,778 <sup>++</sup>	332,31
Energetický zisk	4,225 <sup>+</sup>	5,871 <sup>+</sup>	332,29
Energetická efektívnosť	4,969 <sup>+</sup>	356,79 <sup>++</sup>	33,266

<sup>+</sup> P > 0,05; <sup>++</sup> P > 0,01

## ZÁVER

Na základe našich výsledkov môžeme konštatovať, že:

- vo všetkých variantoch bola bilancia energie v prospech výstupov energie;
- pestovanie trvalých trávnych porastov v LFA (menej priaznivých) oblastiach zvyšuje efektívnosť využívania pôd s nízkym energetickým potenciálom;
- vzhľadom na zhodnosť klimatického regiónu môžeme konštatovať, že na energetickú produktivitu, okrem hnojenia významne vplývali pôdne podmienky stanovišťa;
- TTP pestované na pôde s nižším produkčným potenciálom výraznejšie reagovali na hnojenie než porasty pestované na pôde s vyšším produkčným potenciálom.

## LITERATÚRA

- Džatko M., Vilček J., 1995: Ekonomická efektívnosť ekologizácie usporiadania a využívania pôdneho fondu v horských oblastiach. In: Produkčné a mimoprodukčné využívanie horských oblastí: Zborník referátov: Nitra 4. 10. 1995 – Bratislava: Slovenská akadémia pôdohospodárskych vied, 1995. s. 11-17.
- Kostrej A., Danko J., 1996: Analýza a modelovanie energetických ukazovateľov produkčného procesu poľných plodín. 1. vyd. Nitra: VŠP, 1996. 81 s. ISBN 80-71372-52-8.
- Kotorová D., 1998: Energetická bilancia pestovania obilnín na fluvizemi glejovej. In: Trvalo udržateľný rozvoj poľnohospodárskej výroby na regionálnej úrovni. Zborník referátov. Michalovce: OVÚA 1998, II. diel., s. 53-57.
- Kováč L., 1998: Energetic analysis of the ways of establishment of the clover grass mixtures. In: Zborník vedeckých prác. Michalovce: OVÚA, 1998, č. 14, s. 154-167.
- Majerník F., Zmetáková Z., Proksová E., 2002: Energetická analýza rôznych typov trávnych porastov. In: Moderná mechanizácia v poľnohospodárstve. č. 6 s. 18-20.
- Pospišil, R. – Vilček, J., 2000: Energetika sústav hospodárenia na pôde. 1. vyd. Bratislava: VÚPOP, 2000. 108 s. ISBN 80-85361-75-2.
- Pospišil R., 2002: Energetická analýza úsporných systémov obrábania a hnojenia pôdy v rôznych sústavách rastlinnej výroby. In: Agriculture, 48, 2002 (7), s. 374-379.
- Preininger M., 1987: Energetické hodnocení výrobných procesů v rostlinné výrobě. Praha: UVTIZ, 1987. 29 s.
- Risoud, B., Bochu, J.L., 2002: Bilan énergétique et émission de gaz à effet de serre à l'échelle de la ferme. In: Alter Agri. ITAB č. 55, 2002, s. 10-13.
- Sommer A., et al., 1994: Potreba živín a výživná hodnota krmív pre hovädzí dobytok, ovce a kozy. VÚŽV Nitra, 113 s.

# KONTAMINÁCIA URBÁNNYCH PÔD A ICH OCHRANA (PRÍKLAD MESTA BRATISLAVY)

## Contamination of urban soils and their protection (an example of the city Bratislava)

Jaroslava SOBOCKÁ, Katarína POLTÁRSKA, Marián JAĎUĎA  
*Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy Bratislava, Gagarinova 10,  
827 13 Bratislava, SR*  
[sobocka@vupu.sk](mailto:sobocka@vupu.sk)

### Abstrakt

Jedným z nevyhnutných predpokladov riadenia životného prostredia miest a veľkomiest je mapovanie kontaminácie urbánnych pôd. Tento urbanistický nástroj umožňuje indikovať a odhaliť územia, ktoré predstavujú environmentálne a zdravotné riziká pre mestské obyvateľstvo. Príspevok demonštruje na príklade mesta Bratislavy metodický postup hodnotenia environmentálnych rizík vyplývajúcich z pôdy. Je založený na diferenciacii a mapovaní tzv. pedo-urbánnych ekosystémov a na spracovaní viacerých informačných zdrojov vrátane vlastného pôdneho prieskumu, odberu a analýzy vzoriek povrchovej kontaminácie. Základom mapovania kontaminácie urbánnych pôd bolo vytvorenie dvoch typov kategorizácie pedo-urbánnych ekosystémov: (1) kategorizácia ekosystémov na základe reálnej a potenciálnej kontaminácie pôd a (2) kategorizácia ekosystémov potenciálne ohrozených environmentálnymi rizikami vyplývajúcimi z pôdy. Výsledkom mapovania bola kompilácia Mapy environmentálnych rizík vyplývajúcich z pôdy v M 1 : 25 000. Dôležitou súčasťou indikácie kvality urbánnych pôd je uplatnenie legislatívnych opatrení na ochranu urbánnych pôd, ktoré však na Slovensku absentujú.

**Kľúčové slová:** urbánna pôda, pedo-urbánny ekosystém, kontaminácia

### Abstract

One of the inevitable assumptions to secure environment control in cities and megalopolis is mapping of contaminated soils. This urbanization tool facilitates indication and detection of areas which represent environmental and health hazard for urban inhabitants. On the case of city Bratislava the contribution demonstrates methodical procedure for assessment of environmental risk resulting from soil. It is based on differentiation and mapping of so-called pedo-urban ecosystems and processing of several information sources including proper soil survey, sampling and analysis of surface contamination. The basis for urban soil contamination was creation of two-kind pedo-urban ecosystem categorization: (1) ecosystem categorization respecting real and potential soil contamination, (2) ecosystem categorization potentially endangered by environmental risks resulting from soil. As mapping outcome is presented map of environmental risks resulting from soils in the scale 1:25,000. Considerable part of urban soil quality indication is application of legislation measures for urban soil protection however these ones are absent in Slovakia.

**Key words:** urban soil, pedo-urban ecosystem, contamination

### ÚVOD

Všeobecne urbánne pôdy ako zložka urbánneho ekosystému bývajú znečistené vstupom škodlivých látok do pôdy a to z rôznych zdrojov, nakoľko tieto predstavujú neoddeliteľnú súčasť urbanizačno-priemyselných a dopravných aktivít miest a veľkomiest. Ide hlavne o znečistenie pôd

bodovými zdrojmi ako sú chemické podniky, rafinérie a benzínové pumpy. Menej známe a preskúmané sú difúzne znečistenia akumulované v urbánnej pôde, napr. z dopravy (emisie), z vykurovacích procesov v obytných priestoroch, znečistenie zo stavebného materiálu, nekontrolovaného skladovania depónií popolčiek, škvary a odpadu a tiež v dôsledku cezhraničnej kontaminácie. Je smutným faktom, že v mnohých mestách neexistuje dostatok poznatkov o priestorovom rozložení a koncentrácii škodlivých látok v urbánnych pôdach. Je to v dôsledku toho, že samostatný manažment urbánnych pôd zatiaľ nie je zaradený do systému udržateľného plánovania a riadenia miest.

Získanie takejto informácie odhaľuje problém heterogenity urbánnych pôd a ich substrátov, kontamináciu pôd rôznymi zdrojmi, problém diverzity rôzneho využitia urbánneho priestoru a jeho dopad na pôdu. Je dokázateľné, že urbánne pôdy sa môžu meniť extrémne na veľmi krátku vzdialenosť pri porovnaní s prírodnými pôdami, kde možno pozorovať určitý stupeň vývoja topografie a vegetácie (Norra et al. 2001). Väčšina urbánnych pôd je relatívne mladá, vytvorená konštrukciou pôdneho profilu pri stavebných a priemyselných aktivitách s prítomnosťou artefaktov, ktoré sú často dôkazom nedávnej histórie daného urbánneho ekosystému.

Pre potreby zhodnotenia kontaminácie urbánnych pôd sa vyžaduje vysoká hustota odberu pôdnych vzoriek. Vzhľadom na časovú i finančnú náročnosť analýz kontaminovaných vzoriek sme navrhli metódu získania relatívne presnejších výsledkov postupom, ktorý eliminuje časovú náročnosť a poskytuje prostriedok pre relatívne rýchle a ekonomické hodnotenie kvality urbánnych pôd.

## MATERIÁL A METÓDY

Metodika je demonštrovaná na príklade hlavného mesta SR Bratislavy s rozlohou 367,6 km<sup>2</sup> s počtom asi 450 000 obyvateľov (Sobocká 2004, Sobocká et al. 2004). V meste boli lokalizované viaceré zdroje znečistenia, predovšetkým chemický priemysel, menej spaľovne odpadu, technické sklo, stavebný priemysel, ai.). Kvantitatívne i kvalitatívne údaje (množstvo a druh vypúšťaných emisií, ich chemické zloženie vo vzduchu, skládky odpadu, evidencia starých environmentálnych záťaží a pod.) boli poskytnuté predstaviteľmi environmentu Ateliéru Magistrátu mesta Bratislavy.

### *Hlavné informačné zdroje*

Ako hlavné informačné zdroje boli využité nasledovné prieskumy, analýzy a dokumenty:

1. Databáza rekognoskácie a detailného pôdneho prieskumu urbánnych ekosystémov mesta Bratislavy, rešpektovala sa široká priestorová diverzita urbanizovaného územia, pričom sa špecifikovali areály, ktoré mali najväčší environmentálny význam vo vzťahu ku pôde.
2. Pôdne zápisníky z terénu: popis, charakteristika a klasifikácia 13 reprezentatívnych pôdnych profilov na základe základných pedologických charakteristík a v niektorých prípadoch aj obsahy vybraných ťažkých kovov, PAH, NEL a PBC.
3. Analytické charakteristiky z odberov povrchovej kontaminácie pôd (0 – 5 cm) z 20 potenciálne najviac zaťažených miest na vybrané ťažké kovy (As, Cd, Cr, Pb, Zn), charakteristické pre urbánne územia (Burghardt 1994, Madrid et al. 2004).
4. Databázy Magistrátu mesta Bratislavy: zdroje znečistenia ovzdušia, množstvo registrovaných emisií, lokality skládok odpadu a lokality starých environmentálnych záťaží.
5. Databázy Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy (pôdne mapy, kartogramy zrnitosti, skeletovitosti a zamokrenosti).

Terénny pôdny prieskum prebiehal v dvoch etapách:

1. Rekognoskácia urbánnych ekosystémov a výber 13 reprezentatívnych pôdnych profilov s analýzami základných pedologických charakteristík (pH/H<sub>2</sub>O, pH/CaCl<sub>2</sub>, obsah karbonátov, humusu, stanovenie zrnitosti pôdy podľa FAO) a v niektorých prípadoch sa stanovili aj obsahy vybraných ťažkých kovov, PAH, PBC a NEL. Reprezentatívne pôdne profile boli klasifikované podľa Morfogenetického klasifikačného systému (2000) vrátane signatúry jednotlivých horizontov.
2. Odbery povrchových horizontov pôd (0 – 5 cm) z 20-ich miest, z vytypovaných, potenčionálne najviac zaťažených oblastí. Z odobratých pôdnych vzoriek boli analyzované základné pôdne charakteristiky podľa platnej metodiky (Fiala et al. 1999), vybrané ťažké kovy (As, Cd, Cr, Pb, Zn) boli stanovené rozkladom lúčavkou kráľovskou, Hg totálnym rozkladom. Výsledky analýz ťažkých kovov, PAH, PCB a NEL boli vyhodnotené podľa limitných kritérií rizikových prvkov v poľnohospodárskej pôde, tak ako uvádza zákon č. 220/2004 Z.z.

## **Metodika zostavenia mapy areálov s reálne i potenciálne kontaminovanými pôdami**

Postup delimitácie kontaminovaných území zahrňuje niekoľko krokov:

1. Vyhraňenie tzv. „pedo-urbánnych ekosystémov“ posudzovaných vo vzťahu ku kvalite pôdy, napr. priemyselné plochy, komerčno-obytné zóny, obytné plochy, dopravná infraštruktúra, plochy verejnej zelene, parky, rekreačné oblasti, detské hracie plochy, školské dvory a iné.
2. Vypracovanie Mapy pedo-urbánnych ekosystémov mesta Bratislavy v M 1 : 25 000 na základe digitalizácie v Arc Map priamo do pokladu ortofoto máp v M 1 : 5 000.
3. Definovanie kvality pôdy na základe dostupných analytických výsledkov (vid' Informačné zdroje) a ich relácia k jednotlivým pedo-urbánnym ekosystémom využívaných rôznymi skupinami mestskej populácie.
4. Vytvorenie dvoch typov špeciálnej kategorizácie pedo-urbánnych ekosystémov: (1) kategorizácia ekosystémov na základe reálnej a potenciálnej kontaminácie pôd a (2) kategorizácia ekosystémov potenciálne ohrozených environmentálnymi rizikami vyplývajúcimi z pôdy.
5. Zostavenie Mapy environmentálnych rizík vyplývajúcich z pôdy mesta Bratislavy v M 1:25 000.

## **VÝSLEDKY A DISKUSIA**

Pri vyhraničovaní pedo-urbánnych ekosystémov sme využili ortophoto mapy mesta Bratislavy v mierke 1 : 5 000, ktoré boli nasnímané v júli 2002 a poskytnuté firmou EUROSENSE. Na základe týchto snímok bola vytvorená prvotná mapa využitia zeme, t.j. Mapa pedo-urbánnych ekosystémov mesta Bratislavy v M 1 : 25 000, na ktorej boli vymapované najdôležitejšie komplexy ekosystémov. Tieto boli posudzované vo vzťahu ku kvalite pôdy, napr. priemyselné plochy, komerčno-obytné zóny, obytné plochy, dopravná a komunikačná infraštruktúra, plochy verejnej zelene, parky, rekreačné oblasti, detské hracie plochy, školské dvory a iné.

V ďalšom kroku sme navrhli špeciálne kategórie areálov na mape, ktoré reflektujú už vymapované skupiny pedo-urbánnych ekosystémov, a zároveň výrazne prezentujú kvalitu pôdy na základe informačných zdrojov a využitia urbanizovaného prostredia metskou populáciou. Napr. vyhraničili sa územia detských škôlok, hracích priestorov, verejných ihrísk apod., ktoré sú intenzívne využívané detskou metskou populáciou a kvalita urbánnej pôdy je nevyhnutnou podmienkou pri bezprostrednom kontakte detí s pôdou, resp. pieskoviskom.

Dôležitú úlohu mali predovšetkým analýzy povrchovej kontaminácie pôd, ako aj ostatné dostupné zdroje participujúce na celkovom ohrození územia kontamináciou. Pri vyhodnotení analýz odberov povrchových horizontov pôd boli zistené prekročené limity Cd 7x, Pb 4x a Zn 13 x (podľa Prílohy 2 zák. 220/2004 Z.z. Limitné hodnoty rizikových prvkov v poľnohospodárskej pôde v mg.kg<sup>-1</sup>, rozklad lúčavkou kráľovskou, Hg celkový obsah) (Tab. 1).

Na základe špeciálnych analýz z odberových miest reprezentatívnych pôdnych profilov boli zistené kontaminované hodnoty, ktoré vysoko prekračovali povolené limity pre nezávadnú pôdu. Napr. skládka chemického odpadu vo Vrakuni je starou environmentálnou záťažou historicky dokumentovanou z čias skladovania chemického odpadu z bývalých CHZJD. V tejto časti sú pôdy silne kontaminované organickými zlúčeninami a ovplyvňujú aj okolité územie. Vo vzorke z daného územia (tab. 2) boli mnohonásobne prekročené limitné hodnoty polycyklických aromatických uhlíkovodíkov (max. 38,8 mg.kg<sup>-1</sup>, limitná hodnota PAU = 1,00), polychlórovaných bifenylov (max. 2,1125 mg.kg<sup>-1</sup>, limitná hodnota PCB = 0,05) ako aj nepolárnych uhlíkovodíkov (max. 860 mg.kg<sup>-1</sup>, limitná hodnota NEL = 0,10).

Využili sa analytické údaje aj z ostatných dostupných materiálov, ktoré reflektujú a potvrdzujú významnosť nami navrhnutých a vymapovaných potenciálnych zdrojov kontaminácie pôd (najmä kategórie 1a, 1b a 2a).

Tab. 1 Analytické hodnoty ťažkých kovov (As, Cd, Cr, Pb, Zn, Hg) z odberu povrchovej kontaminácie mesta Bratislavy (farebne označené hodnoty sú nadlimitné podľa zákona 220/2004 Z.z.)

	As mg.kg <sup>-1</sup>	Cd mg.kg <sup>-1</sup>	Cr mg.kg <sup>-1</sup>	Pb mg.kg <sup>-1</sup>	Zn mg.kg <sup>-1</sup>	Hg mg.kg <sup>-1</sup>
BAk-01	3,95	0,24	32,45	<b>120,34</b>	<b>342,69</b>	0,0653
BAk-03	7,90	<b>0,82</b>	59,30	31,95	<b>162,45</b>	0,1662
BAk-03a	6,70	0,53	38,45	67,11	<b>205,82</b>	0,0597
BAk-03b	5,40	0,45	36,90	51,28	<b>109,53</b>	0,1389
BAk-04	6,50	0,20	30,70	61,23	<b>171,39</b>	0,1001
BAk-06	4,38	0,67	16,25	23,58	101,77	0,0400
BAk-07	1,58	0,23	39,85	68,95	<b>257,80</b>	0,0439
BAk-08	6,73	<b>0,80</b>	35,75	38,50	<b>184,10</b>	0,1814
BAk-09	3,73	<b>0,72</b>	41,30	49,77	<b>444,45</b>	0,0440
BAk-10	5,03	<b>0,75</b>	49,00	<b>79,09</b>	<b>237,78</b>	0,0375
BAk-11	6,63	<b>1,19</b>	38,45	34,21	133,60	0,1883
BAk-12	5,88	0,42	30,70	22,69	<b>152,70</b>	0,0414
BAk-13	5,98	0,28	21,15	23,11	111,72	0,1435
BAk-14	3,78	0,34	28,80	20,75	91,57	0,0166
BAk-15	6,68	0,28	24,90	<b>102,64</b>	53,39	0,0628
BAk-16	10,35	1,20	28,65	<b>112,69</b>	<b>453,27</b>	0,3450
BAk-17	6,60	0,24	28,75	15,74	87,76	0,0745
BAk-18	3,40	<b>0,88</b>	44,00	33,32	<b>204,28</b>	0,0512
BAk-19	4,98	<b>0,95</b>	43,55	62,39	<b>293,36</b>	0,0703
BAk-20	4,45	0,39	30,60	22,49	134,85	0,0327

Tab. 2 Analytické hodnoty zo skládky chemického odpadu Vrakuňa

Vzorka (cm)	obsah 1 PAU (mg.kg <sup>-1</sup> )	obsah2 PAU (mg.kg <sup>-1</sup> )	PBC (mg.kg <sup>-1</sup> )	NEL (mg.kg <sup>-1</sup> )
BA 8 (2 – 8)	38,8	38,8	0,0150	130
BA 8 (12 – 18)	8,0	8,0	2,1125	860
BA 8 (35 – 45)	21,1	20,8	pod detekciou	110
BA 8 (75 – 85)	3,3	3,3	pod detekciou	100
BA 8 (105 – 115)	3,3	3,3	pod detekciou	290

Poznámka: obsah1 PAU – suma 16 zlúčenín, obsah2 PAU – suma 12 zlúčenín

### Kategorizácia pedo-urbánných ekosystémov a ich environmentálne riziká

Vytvorili sme dve kategorizované skupiny pedo-urbánných ekosystémov s diferenciáciou ich environmentálneho ohrozenia znečisťujúcimi látkami.

#### I. Kategorizácia pedo-urbánných ekosystémov na základe reálnej a potenciálnej kontaminácie pôd (prítomnosť ťažkých kovov, organických polutantov, miera intenzity klesá smerom nadol)

**1a** chemický a iný priemysel, spaľovne komunálneho odpadu, skládky, staré environmentálne záťaže (Slovnaft, O.L.O, Istrochem, Technické sklo, ...)

**1b** hlavné cestné komunikácie, železničné trate, prístavy, letiská a ostatné dopravné plochy

#### Charakteristika:

Kategória predstavuje reálne i potenciálne rizikové oblasti, nakoľko sú pôdy týchto areálov kontaminované. Predstavuje ekosystémy s pôdou, ktorá je najvýraznejšie zasiahnutá antropickou činnosťou, kde je sústredený predovšetkým chemický priemysel, spaľovne, skládky rôzneho odpadu a hlavné cestné komunikácie. Areály vymapované v tejto kategórii predstavujú nielen oblasti s najkontaminovanejšími pôdami, ale aj najhlavnejšie potenciálne zdroje kontaminácie pre okolité pôdy.

V rámci (1a) kategórie sú mapované významné chemické závody, ktoré sa v meste Bratislava podieľali i podieľajú na výraznej kontaminácii životného prostredia, (ovzdušia, pôdy a vody). Sú to najmä: Slovnaft a.s. Bratislava so sídlom vo Vlčom hrdle; Istrochem a.s. Bratislava, bývalé chemické závody Juraja Dimitrova; Technické sklo, a.s. Bratislava a i. Ďalej do tejto kategórie sú zaradené významné spaľovne komunálneho odpadu, napr. Odvoz a likvidácia odpadu a.s. Bratislava, ako aj skládky komunálneho odpadu, skládka chemického odpadu vo Vrakuni, environmentálna záťaž bývalej chemickej továrne Apollo a umelá skládka odpadu v Petržalke. Územie (1a) je silne kontaminované z lokálnych zdrojov a predstavuje nebezpečenstvo aj pre okolité pôdy. Zdroje kontaminácie sú hlavne látky s karcinogénnym účinkom (Cd, Ni, benzén, 1,3-butadién, etylénoxid), tuhé anorganické látky (Pb), anorganické látky vo forme plynov (NH<sub>3</sub>, HCl) a organické plynné látky (naftalén, vinylbenzén, etanolamín, etylbenzén, chlórbenzén a i.).

Ekosystémy (1b) sú charakterizované dopravnou infraštruktúrou (automobilová doprava a ostatná komunikačná sieť mesta, prístav, letisko). Najmä najfrekventovanejšie križovatky a hlavné cestné ťahy sú zaťažené výfukovými emisiami, čo sa premieňa do kvality pôd nachádzajúcich sa v ich blízkosti. Sú to hlavne tuhé anorganickými látky (Pb, Zn) ako aj látky s karcinogénnym účinkom (Cd), kde boli namerané a zistené nadlimitné koncentrácie. Okrem cestných komunikácií do tejto kategórie patrí aj letisko M.R. Štefánika a prístav, ktoré sú zdrojom emisií benzénu a ostatných organických polutantov.

**2a** výrobné-komerčné a inak funkčné urbánne systémy, komerčno-obytné zóny (kde zastavaná plocha predstavuje viac ako 60 %)

**2b** obytné zóny (2b) s menej ako 60 % zastavanej plochy (sídľiská, rodinná zástavba a pod.)

#### *Charakteristika:*

Ekosystémy predstavujú výrobné a funkčné urbánne ekosystémy, komerčno-obytné zóny (2a), kde zastavaná plocha predstavuje viac ako 60 % a obytné zóny (2b) s menej ako 60 % zastavanej plochy. Vymapované areály v tejto kategórii sú narušené antropickou činnosťou v menšej miere, ako v kategórii 1a – 1b, ale aj napriek tomu sa predpokladá, že tieto systémy predstavujú potencionálne zdroje kontaminácie prostredia, vrátane pôd. Je to v dôsledku vysokej produkcie odpadov, koncentrácie malých priemyselných parkov, nemocníc a nákupných centier s vysokou energetickou náročnosťou a v neposlednom rade dopravou.

#### II. Kategorizácia pedo-urbánnych ekosystémov potenciálne ohrozených environmentálnymi rizikami vyplývajúcimi z pôdy (vyžadujú zvýšené nároky na kvalitu pôdy)

- A** najrizikovejšie areály z hľadiska kvality pôdy: detské škôlky a hracie plochy, verejné ihriská a pieskoviská, školské dvory využívané detskou populáciou do 15 rokov, možná kontaminácia z dopravy (Pb, Zn, Cd, As, Hg), priemyselných zdrojov (organické polutanty), cezhraničnou kontamináciou (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), nekvalitným substrátovým podloží, a pod.) predstavuje najviac ohrozené oblasti, kde kvalita pôdy môže mať významný vplyv na zdravie človeka
- B** rizikové areály z hľadiska kvality pôdy: športové areály, okrasné záhrady a parky, cintoríny a krematóriá, rekreačné vodné plochy, využívané predovšetkým dospelou mestskou populáciou. Je možná kontaminácia z dopravy (Pb, Zn, Cd, As, Hg), priemyselných zdrojov (organické polutanty), cezhraničnou kontamináciou (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), nekvalitným substrátovým podloží, a pod.)
- C** špecificky rizikové územia: záhradkárske oblasti, vinohrady a ovocné stromy, možná kontaminácia povrchových horizontov pôd anorganickými látkami z dopravy (Pb, Zn, Cd, As, Hg), z nadmernej aplikácie anorganických minerálnych hnojív (N, P, K, S), maštalného hnoja kalov z ČOV, pesticídov (perzistentné chlórófenoly, aldríny, DDT, hexachlorbenzoly a pod.) ako aj z vápnenia pôd (As, Pb).
- D** areály potenciálne slabo ohrozené environmentálnymi rizikami vo vzťahu ku pôde: orná pôda, lúky a pasienky, mestské a prímestské lesy, chránené prírodné územia, je možná kontaminácia z dopravy (Pb, Zn, Cd, As, Hg) a ostatných zdrojov. Správne obrábaná orná pôda nepredstavuje nebezpečenstvo nadmernej kontaminácie, územia lesov a lesoparkov ako aj chránené prírodné územia predstavujú cenné biotopy s výraznou bariérou a sanitárnou funkciou.

Mapovaním jednotlivých areálov sme získali celkový obraz reálneho i potenciálneho environmentálneho ohrozenia územia mesta Bratislavy a definovali oblasti environmentálnych rizík vyplývajúcich z pôdy (obr. 1). Štúdiom Mapy environmentálnych rizík vyplývajúcich z pôdy sa naskytla možnosť

vytvoriť návrhy pre monitorovanie urbánnych pôd najrizikovejších lokalít na území mesta Bratislavy. Jednotlivé návrhy vychádzali z reálnej i potenciálnej kontaminácie pôd a jej celkovej kvality. Druhým aspektom bolo posúdenie možného kontaktu mestskej populácie s pôdou, ktorý môže byť z hľadiska ľudského zdravia nebezpečný. Predovšetkým sa zdôraznili kontaktné miesta najcitlivejšej mestskej populácie a to detí do 15 rokov, t.j. areály detských škôlok, materských škôl, verejné hracie plochy detské ihriská a pod.

Obr. 1 Ilustratívny výrez Mapy environmentálnych rizík vyplývajúcich z pôdy mesta Bratislavy v M 1:25 000



### Doterajšie legislatívne opatrenia na ochranu urbánnych pôd

Je potrebné zdôrazniť, že legislatíva Slovenskej republiky z hľadiska hodnotenia kvality pôd nie je špecifikovaná, t.j. kvalitu pôdy a jej limity sú platné len pre poľnohospodársku pôdu a pôdu v urbánnych prostrediach neakceptuje. Z tohto dôvodu kvalitu pôd v urbanizovaných a priemyselných územiach posudzujeme na základe limitov platných pre poľnohospodársky pôdny fond. Pre SR sa kvalitou pôdy zaoberajú tieto záväzné dokumenty:

- **Metodický pokyn MSPNM a SKŽP č. 130/1992**, obsahujúci limity pre hodnotenie stavu znečistenia zemín a podzemných vôd v kategóriách A, B, C (tzv. holandské limity).
- **Rozhodnutie MP SR č. 531/1994-540** o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde a o určení organizácií oprávnených zisťovať skutočné hodnoty týchto látok“ na základe holandského prístupu a ABC limitov pre poľnohospodárske pôdy Slovenska.
- **Zákon 220/2004** o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

To znamená, že v SR neexistuje zákon o ochrane urbánnych pôd na rozdiel od niektorých štátov, kde sú tieto pôdy hodnotené ako environmentálne ohrozené a vyžadujú zákonné ochranné opatrenia. V niektorých európskych krajinách existujú prístupy a platné zákony pre navrhovanie

odlišných limitov vo vzťahu ku využitiu týchto miest. Jedným z príkladov je Nemecká spolková krajina Severné Porýnie-Vestfálsko, ktorá prijala spolkový zákon o ochrane pôdy, kde sú uvedené limitné hodnoty pre rizikové látky v pôdach odlišné pre detské ihriská, obytné oblasti, parky a rekreačné miesta, ako aj pre priemyselné oblasti. Najprísnejšie a najnižšie limitné hodnoty sú pre pôdy na detských ihriskách a najvyššie pre pôdy v okolí priemyselných oblastí (tab. 3).

Tab. 3 *Limitné hodnoty pre rizikové prvky v pôdach podľa §8, Spolkového zákona o Ochrane pôdy na detských ihriskách, parkoch, priemyselných pozemkoch v Nemecku (Bundes-Bodenschutzgesetz BGBI Nr. 16, 24.03.1998 S.502)*

Riziková látka	Limitné hodnoty (mg.kg <sup>-1</sup> )			
	Detské ihriská*	Obytné plochy	Parky, zóny oddychu	Priemyselné územia
As	25	50	125	140
Pb	200	400	1 000	2 000
Cd	10	20	50	100
Kyanid	50	50	50	100
Cr	200	400	1 000	1 000
Ni	70	140	350	900
Hg	10	20	50	80
Aldrin	2	4	10	12
DDT	40	80	200	–
Benzopyrin	2	4	10	12
Hexachlorbenzen	4	8	20	200
Hexachlorcyclohexan, HCH-zmes	5	10	25	400
Pentachlorfenol	50	100	250	205
PCB6	0,4	0,8	2	40

\* Pre verejné detské pieskoviská sú určené iné limity: As = 10 mg.kg<sup>-1</sup>, Cr = 15 mg.kg<sup>-1</sup>, Pb = 20 mg.kg<sup>-1</sup>, Cd = 0,5 mg.kg<sup>-1</sup>

## ZÁVER

Z tohto dôvodu aj táto štúdia by mala byť určitým odrazovým mostíkom a motiváciou pre uvažovanie vytvoriť a implementovať v podmienkach SR legislatívny rámec hodnotenia urbánných pôd. Dôkazy environmentálneho ohrozenia mestského obyvateľstva vyplývajúceho z pôd podáva tento článok. Vypracovaním metodiky hodnotenia urbánných pôd a návrhu legislatívnych opatrení sa naskytuje možnosť ich ochrany. Nevyhnutným predpokladom vypracovania legislatívneho konceptu je zachovanie diferenciatných princípov pedo-urbánných ekosystémov, ktoré berú do úvahy závažnosť zdravotného a environmentálneho rizika mestského obyvateľstva.

*Podakovanie: Táto práca bola podporovaná Agentúrou pre podpory vedy a techniky prostredníctvom finančnej podpory č. APVT-27-022602*

## LITERATÚRA

- Burghardt, W., 1994: Soil in urban and industrial environments. Zeitschrift Pflanzenernähr. Bodenkunde, 157, 205-214.
- Fiala, K., et al., 1999: Závazné metódy rozborov pôd. ČMS – Pôda, VÚPOP Bratislava, 142 s.
- Kolektív, 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. SPS, VÚPOP Bratislava, 76 s. (ed. J. Sobocká).
- Norra, S., Weber, A., Kramar, U., Stüben, D., 2001: Mapping of Trace Metals in Urban Soils. J Soils&Sediments, 1(2), pp. 77-97 (2001).

- Madrid, L., Diaz-Barrientos, E., Reinoso, R., Madrid, F., 2004: Metals in urban soils of Sevilla: seasonal changes and relations with other soil components and plant contents. *European J. of Soil Science*, June 2004, 55, pp. 209-217.
- Sobocká, J., 2004: Urban Soils as Indicator of the City Environment (a Case of City Bratislava). Project No. APVT-27-022602 In: *EUROSOIL 2004, Abstracts and Full Papers*. CD-ROM. Freiburg, Sept. 4 – 12, 2004.
- Sobocká, J., Jaďuďa, M., Poltárska, K., 2004: Urban Soils of the City Bratislava and their Environment. In: SOBOCKÁ, J. (ed). 2004. *Soil Anthropization VIII. Proceedings of the Int. Conf. "Soil Anthropization VIII"*, Bratislava, Sept. 28 – 30, 2004, VÚPOP, SPS.
- Zákon 220/2004 o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

# ERÓZIA PÔDY A IMPLEMENTÁCIA PROTIERÓZNYCH OPATRENÍ V PODMIENKACH SLOVENSKA

## Soil erosion and its control measures implementation in Slovakian conditions

Ján STYK<sup>1</sup>, Pavel JAMBOR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Regionálne pracovisko, Banská Bystrica,  
Mládežnícka 36, P.O.BOX 9, 974 04, Banská Bystrica, SR*

[styk.vupop@isternet.sk](mailto:styk.vupop@isternet.sk)

<sup>2</sup>*Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Bratislava, Gagarinova 10, 827 13, Bratislava, SR*

### Abstrakt

Kolektivizácia poľnohospodárstva po roku 1948 mala významný vplyv na rozšírenie eróziou ohrozených pôd. Negatívne dopady kolektivizácie na degradáciu pôd procesmi vodnej erózie boli spôsobené predovšetkým zlučováním malých obhospodarováných poličok do veľkoplošných honov, zarovnávaním terás vytvorených dlhodobým obhospodarováním pôdy v smere vrstevníc a odstránením hustej siete umelých lineárnych prvkov krajiny. Negatívnou črtou družstevného obhospodarovania pôdy bolo aj využívanie nevhodných osevných postupov v členitom reliéfe (v minulosti bol tlak na poľnohospodárske družstvá pestovať v zvýšenej miere kukuricu, teda aj na strmších svahoch). Vývoj poľnohospodárstva v nových politických a ekonomických podmienkach (po roku 1989) má z pohľadu problémov ochrany pôdy pomerne priaznivý efekt. Z veľkoplošného obhospodarovania pôdy sa pomaly prechádza na hospodárenie na menších honoch (veľké hony však stále prevládajú), dochádza k transformácii ornej pôdy v podhorských a horských oblastiach na inú formu využívania (zalesnenie a zatrávnenie ornej pôdy na výraznejších svahoch), časť družstevnej pôdy bola prevedená do užívania súkromne hospodáriacim roľníkom (približne 21,7 % ornej pôdy bolo prevedené týmto spôsobom). V roku 2004 bol prijatý nový zákon o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy (č. 220/2004 Z.z. Súčasťou zákona sú aj limitné hodnoty pre stratu pôdnej hmoty, ktorá je spôsobená vodnou eróziou, ako aj odporúčané protierózne opatrenia (najmä agrotechnické) na zníženie nežiadúceho vplyvu erózie na pôdu.

**Kľúčové slová:** kolektivizácia poľnohospodárstva, erózia pôdy, ochrana pôdy

### Abstract

The collectivization of agriculture in Slovakia after 1948 year had an expressive influence on the extension of soil erosion affected soils. The most unsuitable consequences of collectivization on soil degradation (by water erosion processes) were caused above all by the merging the former small plots in large co-operative fields, levelling of the former terraced plots and removal of the dense network of artificial linear landscape elements. Negative feature of collective farming was the using of crop rotation unsuitable for hilly landscape. In the past there was the pressure on the agricultural co-operatives to cultivate mainly corn plants on steep slopes. Development of agriculture under new political and economic rules in Slovakia (since the year of 1989) had rather favourable effect from the soil protection problems point of view. From large scale soil use is agriculture on the way of extension of smaller scale land use (today trend is field size decreasing but large field still dominate), transformation of arable land to another form of use especially in mountainous regions (forestation and grassing steep slopes), co-operative and state arable land has been transformed into more or less small family farms (approximately 21.7 % of arable land was transformed). New Act on Agriculture Land Use and Protection (N. 220/2004) was adopted in 2004 year. This act includes the limit values for soil loss caused by water erosion processes as well as the recommendation on soil protection measures (especially agro-technical measures) for reduction of erosion impact on the soil.

**Key words:** collectivization of agriculture, soil erosion, soil protection

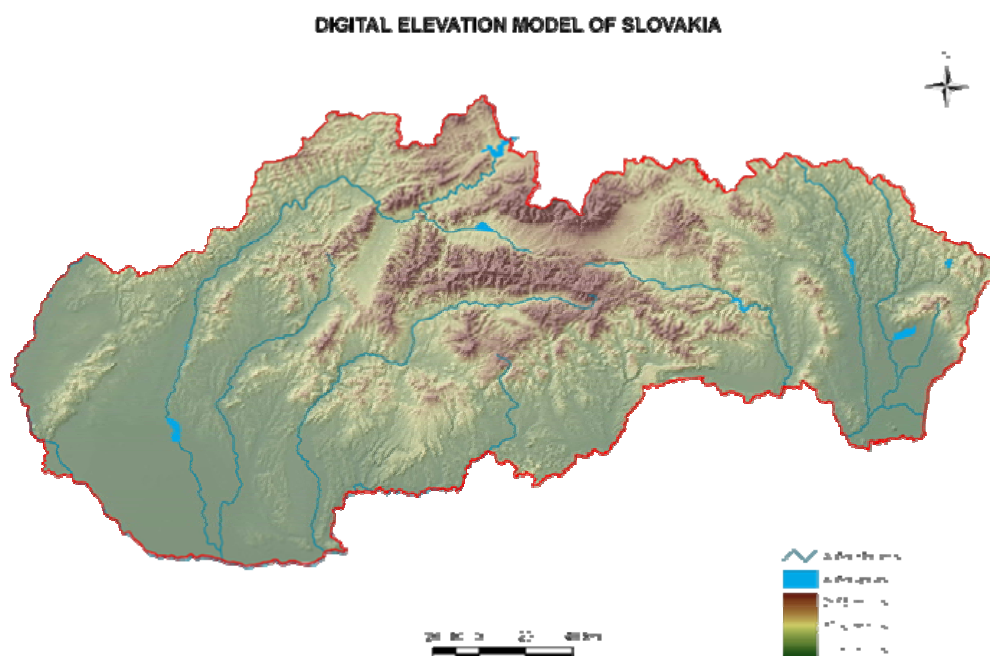
## ÚVOD

Degradácia orných pôd procesmi vodnej erózie patrí v súčasnej dobe k primárnym problémom poľnohospodárstva v podmienkach Slovenska. Pri intenzívnom vplyve erózných procesov na pôdu dochádza k jej ireverzibilnému poškodeniu čo sa najčastejšie prejavuje znížením prirodzenej úrodnosti pôdy ako aj zhoršením jej ekologických funkcií. Sprievodné efekty (off-site effects) erózie pôdy sa prejavujú aj vo väčších vzdialenostiach od priameho vplyvu na pôdu (eutrofizácia vodných plôch, zanášanie vodných nádrží splaveninami, kontaminácia pôdy, bahenné povodne atď.). Je všeobecne známe, že erózia pôdy je prírodný proces, ktorý však bol v poslednom období (najmä po kolektivizácii poľnohospodárstva) významne akcelerovaný neuváženou ľudskou aktivitou.

### *Vplyvy na rozšírenie vodnou eróziou ohrozených pôd*

Na mape digitálneho modelu reliéfu (mapa 1) vidíme, že povrch územia Slovenska je pomerne heterogénny s podstatným zastúpením podhorských a horských regiónov. Na základe tejto skutočnosti môžeme konštatovať, že rozšírenie vodnou eróziou ohrozených pôd je prirodzene ovplyvnené práve rôznorodosťou územia Slovenska. Plocha ornej pôdy, ktorá sa nachádza na relatívne strmých svahoch je stále pomerne veľká.

Mapa 1 *Digitálny model reliéfu*



Ako už bolo spomínané, kolektivizácia poľnohospodárstva po politických zmenách v roku 1948 mala významný vplyv na rozšírenie vodnou eróziou ohrozených plôch. Negatívny dopad kolektivizácie, ktorý sa prejavil akceleráciou degradácie pôdy procesmi vodnej erózie, bol spôsobený najmä (Stankoviansky, 2003):

- a) zlučovaním menších parciel do veľkoplošných družstevných honov. Táto skutočnosť bola zachytená na priložených fotografiách (foto 1, 2), kde na prvej (bola vyhotovená pred kolektivizáciou) prevládajú malé obhospodarované políčka, a na druhej fotografii (vyhotovenej po kolektivizácii) prevládajú veľkoplošné hony vzniknuté zlúčením viacerých menších parciel

Foto 1 *Pred kolektivizáciou (Stankoviansky, 1999)*

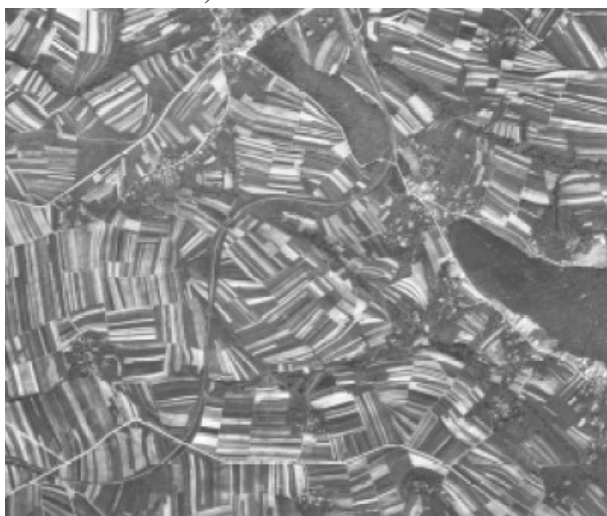


Foto 2 *Po kolektivizácii (Stankoviansky, 1999)*



- b) zarovnávaním terás vytvorených dlhodobým obhospodarováním pôdy v smere vrstevníc za účelom vytvorenia veľkorozmerných poľnohospodárskych honov
- c) odstránením hustej siete umelých lineárnych elementov krajiny ako sú napríklad hranice poličok, drenážne ryhy atď.
- d) využívaním osevných postupov nevhodných pre výrazne členitý reliéf (v minulosti bol tlak na poľnohospodárske družstvá aby pestovali kukuricu vo zvýšenej miere a tým aj na výraznejších svahoch)

#### ***Vývoj vo využívaní poľnohospodárskych pôd z pohľadu ich ochrany pred eróziou***

V súčasnej dobe (v nových politických a ekonomických podmienkach po roku 1989) má vývoj poľnohospodárstva z hľadiska problémov ochrany pôdy pred degradáciou vodnou eróziou pomerne priaznivý efekt a to predovšetkým z týchto hľadísk (Bielek, 2003):

- a) z veľkoplošného obhospodarovania pôdy sa pomaly prechádza na hospodárenie na menších honoch (veľké hony však stále prevládajú)
- b) dochádza k transformácii ornej pôdy v podhorských a horských oblastiach na inú formu využívania (zalesnenie a zatrávnenie ornej pôdy na výraznejších svahoch)
- c) časť družstevnej pôdy bola prevedená do užívania súkromne hospodáriacim roľníkom (približne 21,7 % ornej pôdy bolo prevedené týmto spôsobom)
- d) v roku 2004 bol prijatý nový zákon o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy (č. 220/2004 Z.z.)

Ochrana poľnohospodárskej pôdy pred degradačnými vplyvmi erózie sa stala dôležitou súčasťou zákona č. 220/2004 o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy. Súčasťou zákona sú aj limitné hodnoty pre stratu pôdnej hmoty, ktorá je spôsobená vodnou eróziou, ako aj odporúčané protierózne opatrenia (najmä agrotechnické) na zníženie nežiadúceho vplyvu erózie na pôdu. O hrozbe degradácie pôdy procesmi vodnej erózie môžeme hovoriť vtedy, ak (v zhode so zákonom) budú limitné hodnoty prekročené. Limity pre stratu pôdy spôsobenú vodnou eróziou sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 *Limitné hodnoty odnosu pôdy pri vodnej erózii (zákon č. 220/2004)*

Hĺbka pôdy	Odnos pôdy (t/ha/rok)
plytké pôdy (do 0,3 m)	4
stredne hlboké pôdy (0,3 – 0,6 m)	10
hlboké pôdy (0,6 – 0,9 m)	30
veľmi hlboké pôdy (nad 0,9 m)	40

Poznámka: hodnoty strata pôdy sa vyčísľujú pomocou modelu "USLE", alebo sa zisťujú priamym meraním odnosu pôdy

V podmienkach Slovenska by mala byť najväčšia pozornosť (čo sa týka pôdoochranných opatrení) venovaná erodibilným pôdam s najväčším prirodzeným produkčným potenciálom ako sú černozeme, hnedozeme, luvizeme (Jambor, 2002).

V zhode so zákonom o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy majú užívatelia, alebo vlastníci poľnohospodárskych pozemkov povinnosť realizovať efektívne protierózne opatrenia na zníženie nepriaznivého vplyvu vodnej erózie na pôdu. Pod pojmom protierózna ochrana pôdy rozumieme systém opatrení vhodných pre prevenciu a redukciu straty pôdnej hmoty ako aj na zachovanie pôdnej úrodnosti. Je známe, že protierózne opatrenia nezastavia erózný proces úplne, ale ho môžu zredukovať do takej miery aby bol v rámci zákona tolerovaný. Ochranné opatrenia môžu byť rozdelené podľa nasledovných prístupov (Bautista et al., 2004):

- prevencia (opatrenia sú vykonávané už vtedy, keď ešte nie je pozorovaná výrazná degradácia pôdy vodnou eróziou)
- zmiernenie (opatrenia sú vykonávané keď sa už vyskytuje relevantná erózia pôdy)
- obnova (keď je pôda dlhodobo degradovaná silnou eróziou).

Použitie konkrétnych ochranných protieróznych opatrení a ich účinnosť na pôdu vo veľkej miere závisí od prirodzených vlastností stanovišťa a intenzity priebehu procesov erózie pôdy. Je veľmi dôležité správne zhodnotiť záujmovú lokalitu a navrhnúť vhodnú ochrannú agrotechniku, ktorá má pre konkrétnu oblasť najlepšiu protieróznú účinnosť (Styk, Pálka, 2004).

Ochranné opatrenia odporúčané pre poľnohospodársku prax vyplývajúce zo zákona č. 220/2004 sú nasledujúce:

- vrstevnicová agrotechnika: každý agrotechnický zásah musí byť vykonaný v smere vrstevníc (konvenčná orba, podrývanie a hĺbkové kyprenie, výsev atď.). Je vhodné ju používať na svahoch so sklonom od 3 do 9 stupňov;
- striedanie plodín s ochranným účinkom: rastliny s dobrým ochranným efektom na pôdu (ako sú viacročné krmoviny, oziminy, jarné obilniny atď.) zahrnúť do osevných postupov;
- bezorbová agrotechnika: zdá sa byť najprogresívnejším ochranným opatrením proti erózii, v našich podmienkach je však stále slabo akceptovaná;
- minimálna agrotechnika: diskovanie do hĺbky 0,07 m môže plne nahradiť konvenčnú orbu. V podmienkach Slovenska sa minimálna agrotechnika javí ako najlepšie ochranné protierózne opatrenie;
- mulčovanie: využitie ochranného efektu medziplodín (napr. horčica), po jesennej orbe sa zaseje do pôdy medziplodina (horčica), ktorá po prvých mrazoch vytvorí na povrchu pôdy súvislý mulč;
- organizačné opatrenia: hony s optimálnou veľkosťou, výškou a šírkou orientovať v smere vrstevníc.

Využívanie konkrétnych pôdoochranných opatrení v podmienkach Slovenska môžeme vidieť v uvedenej tab. 2.

Tab. 2 Ochranné opatrenia proti erózii pôdy na ornej pôde (expertný odhad, Jambor)

Ochranné opatrenia		Plocha v ha	%
<b>minimálna agrotechnika</b>	diskovanie do hĺbky 0,07 m	200 000	15
<b>mulčovanie</b>	medziplodiny	70 000	5
<b>terasovanie</b>	vinohrady, sady	14 000	1
<b>podrývanie a hĺbkové kyprenie</b>	do hĺbky 0,45 – 0,50 m	29 000	2

Na približne 15 % z celkovej plochy ornej pôdy sa využíva minimálna agrotechnika (diskovanie) za účelom ochrany pôdy pred vplyvom erózie, 5 % povrchu ornej pôdy je chránených využitím ochranného efektu mulčovacej medziplodiny, a iba na 2 % z výmery ornej pôdy sa používa podrývanie a hĺbkové kyprenie na zvýšenie infiltračnej kapacity pôdy.

Systém protieróznej ochrannej agrotechniky je vo veľkej miere závislý predovšetkým na mechanizačných prostriedkoch ako sú napríklad zariadenia na podrývanie a hĺbkové kyprenie, diskovanie a priamy výsev. Hlavný problémom nie veľmi intenzívneho využívania účinných agrotechnických opatrení v boji proti erózii v poľnohospodárskej praxi je predovšetkým nedostatok

adekvátnych mechanizačných prostriedkov pre tento účel ako aj ich vysoká cena (Jambor, 2003). Z tohto pohľadu môžeme konštatovať, že v súčasnej dobe len časť vlastníkov a užívateľov poľnohospodárskej pôdy využíva v praxi pôdoochrannú agrotechniku systematicky a permanentne.

V našich podmienkach potrebuje protierózna ochrana urgentnú podporu zo strany štátu najmä v regiónoch s výrazne erodibilnými pôdami, čo znamená dlhodobé ekonomické zvýhodnenie (formou subvencií) pre vlastníkov a užívateľov ornej pôdy aktívne zapojených do protieróznej ochrany.

## LITERATÚRA

- Bautista, S., et al. 2004: Measures to Combat Soil Erosion. In: European Union Soil Thematic Strategy. Working Group on Erosion. Interim Report, March 2004, 30 p.
- Bielek, P., 2003: The Situation of Sustainable Land Use and Soil Protection in the Slovak Republic. In: Local Land and Soil News no. 6/II/03. Central Eastern Europe – Soil Degradation, Soil Protection and Spatial Planning, June 2003, pp. 15-18.
- Jambor, P., 2002: Water and Wind Erosion upon Slovakian Soils. In: Vedecké práce 25, VÚPOP Bratislava, 2002, pp. 41-46.
- Jambor, P., 6/2003: Preventívne opatrenia proti vodnej erózii. In: Naše pole 6/2003, s. 24.
- Stankoviansky, M., 1999: Soil Conservation in Large – Scale Land Use. Field Excursion Guide – Book. SSCRI, Bratislava, 1999, 35 s.
- Stankoviansky, M., 2003: Historical Evolution of Permanent Gullies in Myjava Hill Land, Slovakia. In: Catena 51, 2003, pp. 223-239.
- Styk, J., Pálka, B., 6/2005: Prečo chrániť poľnohospodársku pôdu pred eróziou. In: Naše pole 6/2005, s. 30-31.

# VLIV ZIMOVÁNÍ SKOTU NA KVALITU PŮD A POVRCHOVÝCH VOD

## Effect of cattle weathering on quality of soils and surface water

MARIE SVOZILOVÁ<sup>1</sup>, JOZEF RŽONCA<sup>1</sup>, VÁCLAVA GENČUROVÁ<sup>1</sup>,  
JANA KRHOVJÁKOVÁ<sup>2</sup>, PAVLÍNA MIČOVÁ<sup>1</sup>, MAREK BJELKA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agrovýzkum s.r.o. Rapotín, Výzkumníků 267, 78813 Vikýřovice, ČR

[marie.svozilova@vuchs.cz](mailto:marie.svozilova@vuchs.cz)

<sup>2</sup>Výzkumný ústav pro chov skotu s.r.o., Výzkumníků 267, 788 13 Vikýřovice, ČR

### Abstrakt

Ve Výzkumném ústavu pro chov skotu byla hodnocena tři stanoviště pro stanovení vlivu zimování skotu na kvalitu půd a povrchových vod. Z výsledků sledování je zřejmé, že na lokalitách se zatížením do 1 VDJ/ha nedošlo vlivem zimování ke kontaminaci povrchových toků dusičnanovým a amoniakálním dusíkem. Na základě rozborů půdy byla zaznamenána vyšší zátěž půdy dusičnanovým a amoniakálním dusíkem u zimování skotu s přístřeškem než u zimovišť s celoročním chovem skotu na pastvině. Vlivem zimování skotu nedošlo k podstatnému zvýšení obsahu celkového dusíku v půdě, zvýšil se však obsah fosforu a zejména draslíku.

**Klíčová slova:** skot, půda, voda, dusík

### Abstract

There were evaluated three stances for determination of cattle weathering on quality of soils and surface waters in Research Institute of Cattle Breeding. From results of monitoring it stands to reason that in localities with load till 1 LU per hectare were not contamination of nitrous and ammoniac nitrogen in surface waters after the weathering of cattle. There was higher loading of soils of nitrous and ammoniac nitrogen in weathering of cattle with cover than in weathering with perennial breeding of cattle on pasture. There was not marked increasing of total nitrogen content in soils, but content of phosphorus and namely potassium were increased.

**Key words:** cattle, soil, water and nitrate

### ÚVOD

Zemědělství s aktivitami jemu vlastními je sice důležitou a stabilizující součástí krajiny, na druhé straně je mu však přičítán hlavní podíl při znečišťování některých klíčových složek životního prostředí, hlavně pokud jde o kontaminaci povrchových a podzemních vod dusíkatými látkami, nejčastěji dusičnany. Chov a pastva skotu je jednou z nejdůležitějších zemědělských aktivit v méně příznivých oblastech (LFA). Pastevní systém, v závislosti na jeho intenzivním stupni, představuje pro dotknutou oblast více či méně výraznou antropogenní zátěž.

Kontakt s půdou v podmínkách intenzivního pastevního systému představuje pro povrchové a podzemní vody vysokou zátěž. Proto je ochrana vod přičítán tak velký význam, zdůrazňovaný v podmínkách intenzivních zemědělských aktivit, včetně pastvy skotu. Klíčovým dokumentem širokého mezinárodního významu, od kterého se odvíjejí směrnice jednotlivých konkrétních států, je nitrátové směrnice 91/676/EHS, konkretizovaná na podmínky agrosektoru České republiky. Průběžný monitoring dusičnanů ve smyslu této směrnice však dosud probíhá jen na velkých tocích nebo na vytipovaných bodových zdrojích znečištění.

Změnou obsahu minerálních forem dusíku v půdě vlivem košárování se zabývali Ondrášek, Čunderlíková a Polák (2003). V jiné práci Ondrášek et al. (2000) uvádí, že u překošarovaných ploch dochází v důsledku nahromadění exkrementů ke vzniku typických míst bodového znečištění životního prostředí zemědělskou výrobou a to zejména minerálními formami dusíku.

Cílem této práce je sledování vlivu zimování skotu na změnu agrochemických vlastností půd a na změnu míry organického znečištění a obsahu dusíkových forem v povrchové vodě se zřetelem na požadavky nitrátové směrnice (směrnice Rady 91/676/EEC).

## MATERIÁL A METODY

V roce 2004 byl ve Výzkumném ústavu pro chov skotu sledován vliv zimování skotu na kvalitu půd a povrchových vod. Oblast sledování se nachází v ochranném pásmu CHKO Jeseníky, v mírně teplé oblasti o nadmořské výšce 340 – 390 m, s průměrnou roční teplotou 6,2°C a průměrným ročním úhrnem srážek 700 mm (úhrn srážek v roce 2004 byl 607,7 mm). Ke sledování byla vybrána tři stanoviště s půdním subtypem kambizem luviská a druhem písčitohlinitým. Zatížení půdy na pastvinách bylo do 1 VDJ/ha.

Způsoby zimování:

- polodivoký chov skotu – celoroční chov skotu na pastvině bez přístřešku (Annov), plocha pastviny 72,89 ha, zatížení pastviny 0,91 VDJ.ha<sup>-1</sup>, plocha zimoviště 1,1 ha,
- chov skotu na pastvině s vybudováním přístřešků (K174, Salaš), plocha pastviny 78,26 ha, zatížení pastviny 0,99 VDJ.ha<sup>-1</sup>, plocha zimoviště K174 0,8 ha, Salaš 0,64 ha.

Odběry vzorků půdy byly provedeny na jaře roku 2004 a 2005 po ukončení období zimování skotu (8.4.2004 a 4.4.2005). Vzorky byly odebírány přímo v místech zimování skotu (nejvyšší koncentrace zvířat) a na přilehlých pastvinách (kontrola) z hloubek 0,03 – 0,30 m a 0,3 – 0,6 m. Sledováno bylo pH a P, K, Nt, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Vzorky povrchových vod byly odebírány z vodních toků přilehlých k pastvinám (Salaš, Annov) vždy na toku nad pastvinou (označení „horní“) a pod pastvinou (označení „dolní“), kde se očekával vliv zimování. Oba potoky patří do vodních toků čtvrtého řádu, potok u zimoviště Salaš má průměrný průtok 0,11 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> a plochu povodí 28 km<sup>2</sup>, potok u zimoviště Annov má průměrný průtok 0,06 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> a plochu povodí 16 km<sup>2</sup>. Odběry byly zahájeny na počátku vegetační doby – 8.4.2004 a probíhaly ve dvouměsíčních intervalech.

V povrchových vodách byly sledovány tyto ukazatele:

- koncentrace N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- koncentrace N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>
- koncentrace N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>
- BSK<sub>5</sub>
- CHSK<sub>Cr</sub>

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Průměrné hodnoty chemických vlastností ze dvou let sledování vlivu zimování na kvalitu půd jsou uvedeny v tabulkách 1 a 2.

Největší vliv zimování na obsah amoniakálního dusíku v hloubce do 0,3 m se projevil na stanovišti K 174, kde se průměrná hodnota zvýšila o 15,63 mg.kg<sup>-1</sup>. Na stanovišti Salaš se průměrná hodnota vůči pastvině zvýšila o 13,57 mg.kg<sup>-1</sup> a na stanovišti Annov jen o 2,59 mg.kg<sup>-1</sup>. V hloubce 0,3 – 0,6 m se vliv zimování nevíce projevil na stanovišti Salaš (hodnoty se oproti kontrole zvýšily o 3,9 mg.kg<sup>-1</sup>), na stanovišti K 174 a Annov byl vliv nižší (K 174 vzrůst o 1,38 mg.kg<sup>-1</sup>; Annov o 0,59 mg.kg<sup>-1</sup>).

Hodnoty dusičnanového dusíku se vlivem zimování nejvíce zvýšily na stanovišti Salaš (o 7,28 mg.kg<sup>-1</sup>), dále na stanovišti Annov (o 5,25 mg.kg<sup>-1</sup> vůči kontrole) a nejméně na stanovišti K 174 (o 3,01 mg.kg<sup>-1</sup>). V hloubce 0,3 – 0,6 m se obsah dusičnanového dusíku nejvíce zvýšil na stanovišti Annov (o 5,19 mg.kg<sup>-1</sup> vůči kontrole) dále na stanovišti Salaš (o 4,34 mg.kg<sup>-1</sup>). Nejmenší změna byla zaznamenána na stanovišti K 174 (o 0,88 mg.kg<sup>-1</sup>).

Obsah celkového dusíku ve vrstvě do 0,3 m se nejvíce zvýšil na stanovišti Salaš – o 0,11 %, dále na stanovišti Annov – o 0,08 %, nejmenší změna oproti kontrole byla na stanovišti K 174 – o 0,03 %.

Ve vrstvě 0,3 – 0,6 m se největší změna projevila na stanovišti Annov – o 0,05 %, na stanovišti Salaš a K 174 se obsah celkového dusíku zvýšil o 0,01 %.

Tab. 1 *Průměrné hodnoty koncentrací forem dusíku v půdách zimovišť a pastvin z odběrů na jaře 2004 a 2005*

		Hloubka	Annov	Salaš	K 174
<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> [mg.kg<sup>-1</sup>]</b>	pastvina	0,3	1,95	0,23	0,47
		0,6	0,97	0,36	0,72
	zimoviště	0,3	4,54	13,80	16,10
		0,6	1,56	3,45	2,10
<b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> [mg.kg<sup>-1</sup>]</b>	pastvina	0,3	2,05	3,83	2,14
		0,6	2,67	2,32	2,47
	zimoviště	0,3	7,30	11,11	5,15
		0,6	7,86	6,66	3,34
<b>Nt [%]</b>	pastvina	0,3	0,12	0,15	0,18
		0,6	0,05	0,10	0,09
	zimoviště	0,3	0,20	0,26	0,21
		0,6	0,10	0,11	0,10

Tab. 2 *Průměrné hodnoty půdní reakce, obsahů P a K (Mehlich III.) v půdě zimovišť a pastvin z odběrů na jaře 2004 a 2005*

		Hloubka	Annov	Salaš	K 174
<b>K [mg.kg<sup>-1</sup>]</b>	pastvina	0,3	115,5	223,0	936,0
		0,6	71,0	138,0	414,0
	zimoviště	0,3	193,3	1 080,0	1 378,0
		0,6	103,3	662,5	468,0
<b>P [mg.kg<sup>-1</sup>]</b>	pastvina	0,3	10,4	37,3	55,2
		0,6	7,8	27,5	43,6
	zimoviště	0,3	27,2	121,4	87,7
		0,6	10,8	48,9	64,2
<b>pH<sub>KCl</sub></b>	pastvina	0,3	4,4	5,8	5,6
		0,6	4,4	5,6	5,4
	zimoviště	0,3	5,4	6,7	6,2
		0,6	5,2	6,2	5,8

Vliv zimování se nejvíce odráží na zvýšení obsahu draslíku, jak uvádí ve své publikaci i Pozdíšek a kol. (2004). Obsah draslíku se vlivem zimování nejvíce zvýšil na stanovišti Salaš v obou hloubkách, vyšších hodnot bylo dosaženo na stanovišti K 174, kde byl i na pastvině stanoven velmi vysoký obsah (dle Standardů pro zemědělství, 2000). Nejmenší změna obsahu byla na stanovišti Annov, kde došlo i k nejmenšímu zvýšení obsahu fosforu. Obsah fosforu v půdách zimovišť byl stanoven jako vysoký jen u stanoviště Salaš, kde opět v rámci půdního profilu došlo vlivem zimování k největší změně.

Hodnoty pH se vlivem zimování zvýšily – na stanovišti Annov v hloubce do 0,3 m o 1,0, v hloubce 0,3 – 0,6 m o 0,8. Na stanovišti Salaš v hloubce do 0,3 m o 0,9 a v hloubce 0,3 – 0,6 m o 0,6. Na stanovišti K 174 došlo k nejmenší změně, v hloubce do 0,3 m se pH zvýšilo o 0,6 a v hloubce 0,3 – 0,6 m o 0,4.

Výsledky rozborů vodních toků přilehlých k pastvinám jsou uvedeny v tabulkách 3 a 4.

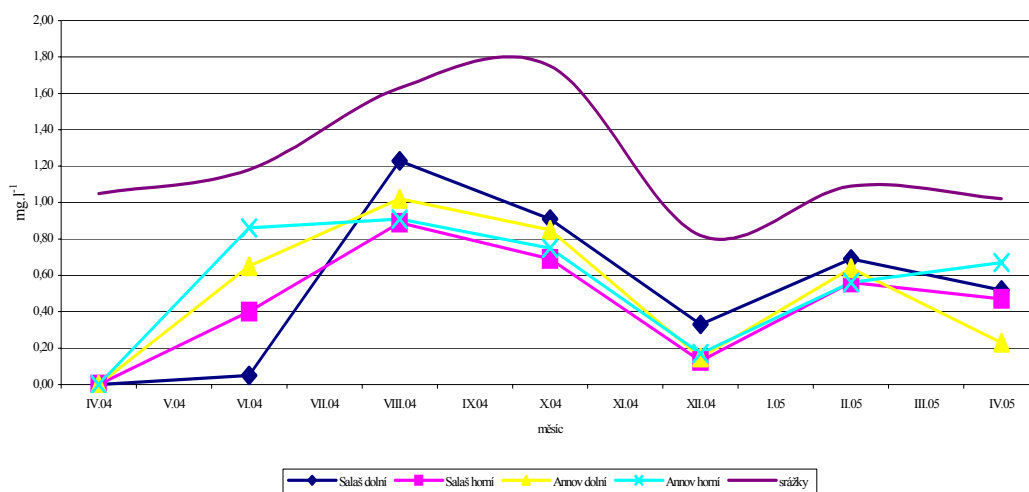
Tab. 3 Koncentrace forem dusíku v tocích přilehlých k pastvinám

<i>datum odběru:</i>	8.4.04	14.6.04	10.8.04	11.10.04	15.12.04	22.2.05	5.4.05
<i>místo</i>	<i>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> [mg.l<sup>-1</sup>]</i>						
Salaš dolní	0,75	0,68	0,64	0,45	1,10	0,84	1,22
Salaš horní	0,90	0,77	1,85	0,33	0,94	0,97	0,98
Annov dolní	0,75	0,94	0,95	0,33	1,06	1,31	1,05
Annov horní	0,74	0,82	0,95	0,45	0,85	1,28	1,22
	<i>N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> [mg.l<sup>-1</sup>]</i>						
Salaš dolní	< 0,01	0,01	0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Salaš horní	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Annov dolní	< 0,01	0,02	0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01
Annov horní	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	<i>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> [mg.l<sup>-1</sup>]</i>						
Salaš dolní	< 0,02	0,05	1,23	0,91	0,33	0,69	0,52
Salaš horní	< 0,02	0,40	0,89	0,69	0,13	0,56	0,47
Annov dolní	< 0,02	0,65	1,02	0,85	0,15	0,64	0,23
Annov horní	< 0,02	0,86	0,91	0,75	0,17	0,56	0,67

Tab. 4 Ukazatele organického znečištění v tocích

<i>Datum odběru:</i>	8.4.04	14.6.04	10.8.04	11.10.04	15.12.04	22.2.05	5.4.05
	<i>BSK<sub>5</sub> [mg/l]</i>						
Salaš dolní	< 0,5	1,23	5,30	1,76	17,20	1,94	1,90
Salaš horní	< 0,5	1,12	2,40	1,47	4,10	3,20	1,17
Annov dolní	< 0,5	0,97	2,40	0,76	5,00	1,38	0,57
Annov horní	< 0,5	0,91	3,10	1,10	3,40	1,23	0,55
	<i>CHSK<sub>Cr</sub> [mg/l]</i>						
Salaš dolní	20,90	29,5	15,80	40,10	65,00	10,20	4,02
Salaš horní	2,41	12,8	8,68	14,90	21,90	24,30	25,70
Annov dolní	1,61	38,3	7,10	46,40	14,10	27,50	26,50
Annov horní	1,61	41,5	7,89	12,60	6,26	11,80	22,50

Graf 1 Koncentrace amoniálního dusíku v povrchových vodách



Dle ukazatelů znečištění (NV č. 61/2003 Sb.) povrchových vod nedošlo vlivem zimování ke zvýšení obsahu dusičnanového a dusitanového dusíku ve vodách. Obsah  $\text{N-NH}_4^+$  byl vyšší v červnu i na horním toku u stanoviště Annov, což mohlo být způsobeno vyšším obsahem  $\text{N-NH}_4^+$  již ve srážkách (dle údajů laboratoře VUCHS). I v následujících měsících byl imisní standard znečištění  $\text{N-NH}_4^+$  překročen již ve srážkách, ale projevil se i nepatrný vliv zimování skotu. Chemická spotřeba kyslíku byla vyšší u vzorků z dolních toků v říjnu a prosinci.

## ZÁVĚR

V článku jsou prezentovány první výsledky sledování změn kvality půd a vodních toků vlivem zimování. Na základě našich výsledků můžeme předpokládat, že vlivem zimování skotu, v zatížení do 1 VDJ/ha, nedošlo ke kontaminaci povrchových toků dusičnanovým a amoniakálním dusíkem.

Vyšší zátěž půdy dusičnanovým a amoniakálním dusíkem byla zaznamenána u zimování skotu s přístřeškem než u zimovišť s celoročním chovem skotu na pastvině. Zatímco u pastvin byla zaznamenána opačná tendence. Vlivem zimování skotu nedošlo k podstatnému zvýšení obsahu celkového dusíku v půdě. Zvýšil se však obsah fosforu a zejména draslíku.

V monitorování je nutné pokračovat (u vod zkrátit interval mezi odběry) a ověřit vliv zimování na zátěž prostředí z dlouhodobého hlediska.

*Poděkování: Příspěvek byl zpracován v rámci řešení projektu NAZV reg. č. 1B44035 a MŠMT 267884620.*

## LITERATURA

- Pozdíšek J., Kohoutek A., Bjelka M., 2004: Využití trvalých travních porostů chovem skotu bez tržní produkce mléka. Zemědělské informace, č. 2/2004 Praha, s. 103. ISBN 80-7271-153-9.
- Ondrášek L., Krajčovič V., Seifert G., 2000: Environment pollution by mineral nitrogen in the zones of hygienic protection of drinking water resources under rough grazing and folding with sheep. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Roln., 2000, z. 472, p. 565-572.
- Ondrášek L., Čunderlíková Z., Polák M., 2003: Dynamika obsahu minerálních foriem dusíka, amonifikácie a nitrifikácie v pôde košarovaného trávneho porastu. In: Ekonomicky šetrné a ekonomicky prijateľné obhospodarovanie travních porostů. Praha: VÚRV a VÚCHS, 2003, s. 118-128, ISBN 80-86555-30-5.
- Ondrášek L., Balcar J., Martincová J., Jančová L., 2004: Košarovanie trávneho porastu a možnosti kontaminácie životného prostredia minerálnymi formami dusíka. In: Produkčné, ekologické a krajínotvorné funkcie ekosystémov a krmných plodín. Nitra 2004, s. 278-279 ISBN 80-8069-409-5.

# PÔVOD HUMUSOVÉHO ILÚVIA V NAŠICH SUBALPÍNSKÝCH A ALPÍNSKÝCH PÔDACH

## Origin of humus illuvium in our sub-alpine and alpine soils

Rudolf ŠÁLY

*Emeritný profesor LF TU, T.G. Masaryka 960 53 Zvolen, SR*

### Abstrakt

Subalpínske a alpínske pôdy tvoria asi 1 % celkovej rozlohy SR. Majú nepatrnú produkčnú funkciu, avšak sú významné z hydrického a pôdno-genetického hľadiska. Je opísaná ich genéza a na príklade pôdnych pomerov prírodnej rezervácie Ďumbier ako aj literárnych prameňov sa hodnotí historicky podmienená hranica týchto pôd. Je prezentovaná predstava, že tieto pôdy sa vyvinuli z grano-dioritových zvetralín v období atlantika a epiatlantika. Tiež sa prehľadujú niektoré úvahy o pôvode týchto pôd.

**Kľúčové slová:** humusové ilúvium, subalpínske a alpínske pôdy, historický vývoj

### Abstract

Sub-alpine and alpine soils share approximately 1 % of total extent of Slovakia. They have very negligible production function however these soils are significant from hydric, and soil-genetic point of view. There is described their genesis, mainly on soil conditions characteristics of the natural reservation Ďumbier, and as well as literature review were considered in order to evaluate historically conditioned border of these soils. There is presented one conception that these soils were developed from granodiorite weathered parent material in atlanticum and epiantanticum period. Also some over-evaluation of some considerations about origin of these soils was made.

**Key words:** humus illuvium, subalpine and alpine soils, historical development

### ÚVOD

Tieto pôdy sa vyskytujú na svete v rôznych zemepisných šírkach. Ich celková rozloha vo svete činí okolo 4 miliónov km<sup>2</sup>. Poulenard a Podwojewski (2004) uvádzajú 46 pohorí na svete, kde sa vyskytujú. Pokladajú ich za pôdy mladé, s vekom pod 10 000 rokov. Podľa ich názoru sú výsledkom holocénneho vývoja, po würmskom zaľadení.

Na Slovensku majú rozlohu zhruba 500 km<sup>2</sup>, čo je asi 1 % celkovej plochy. Ich produkčná funkcia je teda nepatrná, majú však značný význam hydrický a odborný, pôdno-genetický. Výškové hranice stupňov odrážajú vplyv expozície, masívnosti pohoria, typu reliéfu, atď. Pri jednotlivých autoroch nachádzame rôzne údaje. Ako spodnú hranicu subalpínskeho stupňa uvažujeme 1 500 m, alpínskeho 1 900 a subniválneho 2 250. V tab.1 prinášame niekoľko údajov pre všetkých našich 8 pohorí, v ktorých sa hore uvedené pôdy vyskytujú. Prevzali sme ich z práce Midriaka (1983).

Alpínske pôdy vyskytujú sa na kraji ekologicko-edaického radu. Reagujú preto citlivo na prebiehajúce zmeny. Očakávaná globálna klimatická zmena v budúcich desaťročiach môže sa teda v ich produkčnej či hydrickej funkcii prenikavo odraziť. Veď ak sa priemerná teplota zvýši o 2 – 3°C, môže to znamenať 300 – 500 m výškový rozdiel, čo už môže mať za následok zmenu vegetačného stupňa.

Známe je, že pôdy bývajú horizontálne i vertikálne dosť premenlivé. Pre alpínske pôdy toto platí zvlášť. Hitz et al., nedávno (2002) vo švajčiarskych Alpách zistili, že ak v alpínskych pôdach chceme zistiť skeletnosť s presnosťou  $\leq 20\%$ , musíme odobrať vzorky 6 300 cm<sup>3</sup>. Takéto množstvo zeminy treba i pre určenie uhlíka v 0 – 20 cm hĺbke pôdy, s presnosťou  $\pm 10\%$ . Obyčajne odber vzoriek v takýchto menej prístupných lokalitách s touto variabilitou pôd neráta.

Pôdna pokrývka týchto stupňov je pestrá. Šály (2005) uvádza, že okrem rôznych štruktúrnych pôd vyskytujú sa tu zástupcovia 7 pôdných typov. Medzi nimi popredné miesto zaujímajú podzolové pôdy. Tieto prevažujú všade okrem Belianskych Tatier, kde Bedrna s Račkom (2000) udávajú ich zastúpenie na 4 % plochy. Výskyt či prevahu podzolov medzi alpínskymi a subalpínskymi pôdami na Slovensku zaznamenáva Pelíšek (1955, 1957, 1966, 1973), Šály (1966, 2002), Linkeš (1981), Hraško a kol. (1993), Koreň a kol. (1994, 2004).

Podľa posledného vydania slovenského Morfogenetického klasifikačného systému pôd (Kolektív, 2000) v skupine podzolových pôd sa rozlišuje 6 podtypov, podzolizačné tendencie možno vystihnúť i podtypom štyroch ďalších typov (regozem, ranker, kambizem, luvizem). Svetová referenčná základňa (WRB) vylišuje medzi 30 skupinami pôd skupinu „podzols“, ktoré majú spodikový horizont začínajúci do 200 cm od povrchu a podstielajúci albikový, histikový, umbrikový alebo ochrikový (prípadne aj antropogenikový) horizont hrubý do 50 cm. Aj americká klasifikácia, ktorá pre takéto pôdy používa názov spodosoly, používa názov spodikový horizont. Jeho kritériá sa v niečom odlišujú od nášho podzolového humusovo-sesquioxidového iluviálneho horizontu. Za najväčší rozdiel možno pokladať, že akumulácia organo-kovových zmesí má byť aspoň 2,5 cm hrubá.

Pri podzolizácii premiestňovanie postihuje rôzne pôdne zložky. Celkovo najviac sa to týka zlúčenín železa. Prejavuje sa to navonok ako celý rad procesov, od obielenia zŕn až po vznik oršteinov-ých scementovaných vrstiev. Mobilizácia železa môže byť v rôznom štádiu, preto sa vysokohorské pôdy zo silikátových hornín vyznačujú mnohými podtypmi či formami, od pleistocénnych až holocénne.

V r. 1966 sme vyslovili názor, že jedna časť pôd pod hoľami Liptovských Tatier vo výškach 1 600 – 2 050 m sú vlastne regradované humusovo-železité podzoly a sú výsledkom kolísania hornej hranice lesa v holocéne, prípadne odstraňovania lesa či kosodreviny. Linkeš (1967) pochyboval o tomto tvrdení, neskôr hovoril už o reliktnosti (až o starom, predholocénnom veku) týchto pôd (Linkeš, 1981). Z hľadiska teórie pôdoznalectva pokladáme problém za dôležitý a žiada sa znova o ňom pojednať.

## MATERIÁL A METODIKA

Spolu so spolupracovníkmi a diplomantmi sme preskúmali v r. 1982 – 1999 detailnejšie pôdne pomery prírodnej rezervácie Ďumbier. Táto sa nachádza na severnom svahu Nízkych Tatier na rozlohe 2200 ha, pričom väčšina z nej patrí do subalpínskeho a alpínskeho pásma (profily 4, 9, 27, 29, 30, 32, 31). Tieto profily sme doplnili ďalšími dvomi z Liptovských a Nízkych Tatier (71, 41), pochádzajúcimi z našich starších prác. Základné údaje o nich sú v tab. 2. Horizonty pôd označujeme podľa našej najnovšej klasifikácie (Kolektív, 2000).

Skelet sme odhadovali pri popise profilu v objemových percentách, zloženie jemnozeme, po dispergácii ultrazvukom, sme určili pipetačne, obsah hygroskopickkej vody (105°C), stratu pri žíhaní (550°C), obsah humusu (Ťurinova metóda) udávame v hmotnostných percentách. Reakciu pôdy sme zisťovali elektrometricky, pedogénne oxidy Fe, Al (podľa Mehru – Jacksona) udávame v percentách minerálnej hmoty. Analytické údaje doplnené o charakteristiku lokalít pôd prinášame v tab. 2, 3.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vývoj pôd je súčasťou vývoja prírody, preto začíname zmienkou o vývoji, ktorý prebiehal v našej prírode v historicky poslednej dobe. Preto sme doplnili údaje o tab. 4, ktorá reprodukuje názory našich popredných prírodovedcov Lukniša (1973), Ložeka (1973) a Krippela (1986). Vidíme, že v období holocénu sa spodná hranica nás interesujúcich pôd zdvihla zo 600 m na 2 000 m a neskôr klesla na 1 500 m. Tu treba vidieť odpoveď na otázku, ktorá nás zaujíma.

Nedávno zverejnil Carcaillet (2001) štúdiu zo Savojských Álp, ktorá má pre nás zásadný význam. Ide o rádiokarbónové datovanie uhlíkov izolovaných z jemnozeme subalpínskych a alpínskych pôd nachádzajúcich sa vo výške 1 700 až 2 600 m, na karbonátovom a silikátovom podloží. Súčasný obraz zonácie vyzerá tak, že do 1 900 m rastú borovicové (*P. sylvestris*) a smrekové porasty, od 1 900 do 2 300 m ostrovy limby a borovice (*P. uncinata*) sa striedajú s mozaikou vresovísk a letnej pastvy dobytky. Nad 2 300 m dominuje kryt tráv. Z pôd spomína autor rankre, rendziny a brunisoly. Na oboch transektoch (13, 10 profilov) je hraničná výška 2 100 m. V vyššie profiloch položených je menšie množstvo uhlíka a je inkorporované vo vrchných horizontoch pôdy, do 30 – 40 cm. Vek,

stanovený hmotnou spektrometriou je 4270 (3469 – 7574) rokov. V nižšie položených pôdach je uhlíka viac, a to v hlbších horizontoch pôdy (do 120 cm). Stanovený vek je priemerne 3403 rokov (60 – 6360). Z 34 stanovení veku je uhlík z dreva stromov (27), pričom prevažuje limba (12). Limba prevažuje najmä v lokalitách alpínskeho pásma.

Podobne Carnelli a kol. (2004) prichádza na základe štúdia uhlíka v 17 pôdach 5 transektov vo švajčiarskych Alpách k záveru, že v množstve uhlíka v pôdach je výrazná hranica. Tentoraz to bolo 2 400 m, pričom do tejto výšky siahali i podzoly. Vyššie sa nachádzali pôdy, pri ktorých boli zjavné známky premrzania. Výška 2 400 – 2 570 m tvorí prechodnú zónu, v nej bolo uhlíka málo. Nad 2 550 – 2 600 m bolo uhlíka vzácné, pôdy boli alocrisoly. Hranica lesa, dolná čiara subalpínskeho pásma, bola v minulosti asi o 300 m vyššie ako dnes.

Bezpochyby by bola preukaznejšia štúdia, ktorá by priamymi dôkazmi podložila naše tvrdenia o pôvode humusového ilúvia v predmetných pôdach. Musí však postačovať dávno známy a často používaný spôsob – cez literatúru. Používame ho aj my, len ho treba používať korektne. Za najdôležitejšie podporné zistenie pokladáme nález uhlíka stromových drevín (limba, borovica) v pôdach, na ktorých dnes dominuje trávna vegetácia. Podľa poznatkov pôdnej genetiky sa s trávnu vegetáciou spája mačínový proces. Pohyb železa, hliníka, zlúčenín humusu, sa pokladá za obligátnu súčasť podzolového procesu a spája sa s nepriaznivou formou humusu i ihličnatými drevinami, najmä so smrekom a kosodrevinou.

Ak si vezmeme na pomoc údaje Carcailleta a vychádzame z poznatkov tlmočených v tab. 4, potom môžeme predpokladať, že vo výške 1 700 – 2 100 m, v druhej polovici epiatlantika, t.j. pred 2 500 – 3 500 rokmi pred n. l., vrcholil pod kosodrevinou podzolový proces. Pri ňom vzniklo humusové ilúvium, ktoré nachádzame v pôdach dnešných sekundárnych holí. Je teda reliktným výtvorom. Preto sme pri pôdach reprezentovaných profilmi 41, 31, 71, 32, 30 použili na označenie horizontu symbol C/D. To, že ilúvium sčasti zasahuje až do terajšieho C-horizontu svedčí o intenzívnejšom pôdotvorení než dnes, o tom, že voda vsakovala hlbšie ako dnes. Aj kvalita humusu je čiastočne odlišná. Máme len 3 profily takýchto pôd s analýzou humusu. V nich obsah najagresívnejších fulvokyselín (tzv. frakcia 1a) prudko stúpa, najviac ho je v B-horizonte, v C-horizonte klesá. Bolo by zatiaľ od nás nekorektné, keby sme toto pokladali za znak odlišnosti.

V areáli Nízkych a Západných Tatier, odkiaľ máme analytický materiál, máme aspoň tri varianty PZz:

- PZ z holocénne s diferencovaným profilom, ktoré na chladnejších expozíciách vedú až k podzalom organozemným (PZt), príkladom sú profily 4, 9.
- Podzoly humusovo-železité, ktoré sú staršie, reliktné, prekonali aj štádium mladšieho dryasu. Svedčí o tom i veľká uľahnutosť C-horizontu, spôsobená tlakom ľadovca. Na širších profiloch vidno často jazykovú turbáciu humusového ilúvia. Príkladom sú profily 41, 31, 71, 29, 32, 30.
- Tretím variantom sú občasné (zrejme mladoholocénne) nanopodzoly.

Pedologické údaje (prehumóznosť, zrnitosť, vlhkosť atď.) možno teda využiť pre rekonštrukciu vývoja prírody v mladších geologických obdobiach. Ak takto využijeme novšie poznatky, treba sa nám vrátiť k našej práci z r. 1966. Treba ju prehodnotiť na základe neskorších prác Luknišových a Ložekových. Lukniš (1973) hovorí o zaľadnení Vysokých Tatier aj počas mladého dryasu i preboreálu (teda keď už sa v nižších polohách prejavovalo holocénne otepľovanie). Štadiál mladý dryas sa zistil i v Belanských, Západných a Nízkych Tatrách. Kráľovohol'ská časť Nízkych Tatier a ostatné naše vysoké pohoria boli zaľadnené len počas maximálneho zaľadnenia, pred 15 – 20 tisícami rokov.

V Tatrách nachádzame mnoho PZz so silno uľahnutými až kompaktnými vrstvami, v hĺbke 60 – 120 cm, ktoré sme pred 40 rokmi označovali ako alpínske mačínové pôdy, radíme dnes k podzalom. V tej dobe v pôdoznactve dominoval svojimi názormi Kubiena a u nás Pelišek. Títo pôdoznalci taký dôležitý znak ako je obielenie pieskovo-prachových zŕn a pohyb železa málo zohľadňovali. Okrem toho vieme, že to, čo je dnes výškovo nad sebou, v historickom vývoji nasledovalo za sebou. Pri postupnom otepľovaní trávnu vegetáciu vystriedala kosodrevina či ihličnatý les. Pri poklese hranice lesa v holocéne mohol sa tak významný pôdotvorný faktor ako je vegetačný kryt meniť i prirodzenou cestou aj opačne. Alpínske pôdy neboli vždy alpínske, stali sa nimi postupne a mohli sa i prirodzene premeniť na subalpínske. Antropické odstránenie kosodreviny či lesa je podstatne mladšieho veku. Pri mačínových humusovo-železitých podzolochoch, ktoré sme popísali a vyčlenili r. 1966 nemusíme nič

meniť až nato, že vplyv trávnych spoločenstiev mohol trvať viac ako 200 – 400 rokov a príčiny nástupu nemuseli byť vyrúbanie či vypálenie kosodreviny.

Pohyb železa sme konštatovali už vtedy. Teraz máme k dispozícii i výsledky analýz (profily 41, 31, 29, 32, 30). Všetky to potvrdzujú, aj keď nie vždy tak, ako by sme teoreticky predpokladali. Príčinila sa o to sprašová prímes, ktorá robí profil heterogénnym. Máme k dispozícii zrnitosť analýzy 39 profilov subalpínskych a alpínskych pôd, u 32 z nich sa zistila sprašová prímes. Niekde, ak je sklon svahu malý (profil 31), vyskytuje sa samostatná vrstva piesčitého sprašovitého sedimentu. Aj oxalátové železo, ktoré sme niekde stanovili, i aktívny hliník potvrdzujú pohyb organo-minerálnych komplexov.

Humusové ilúvium v alpínskych a subalpínskych pôdach býva umiestnené v hĺbkach nad 40 cm, často zasahuje až C-horizont. Pri iných pôdach najčastejšie vyššia poloha znamená viac humusu. Pri týchto sme často svedkom toho, že pravidlo vzrastu pôdneho humusu s výškou je porušené. Pôdy pod kosodrevinou majú najmenej pôdneho humusu, menej ako pôdy pod vysokohorskými smrečninami, či pod alpínskymi lúkami. Organické látky pri nich sa hromadia v silnejšom nadložnom humuse, ktorý sa tu akumuluje vo forme mor. Chladnejšie expozície (SZ, S, SV) majú pôdy až zrašelinené. V povrchových diagnostických horizontoch našich pôd (17 profilov vo výškach 1575 – 1990 m) sme po redukcii obsahu humusu na skelet (s ktorým sa pôdny humus nezmiešava) zistili v priemere 12,5 – 14,7 % humusu. Pri týchto pôdach ide teda aj o vysokú akumuláciu humusu hlavne vo vrchných horizontoch. A hoci na kyslých horninách sú v nich aj znaky podzolizácie, akumuluje sa v nich i veľa organických látok.

Vieme, že v historickom vývoji sa značne znížila plocha kosodrevinových porastov a vznikli tzv. sekundárne hole. Tým sa musela zmeniť morfológia pôd. Porovnali sme náš materiál (7 pôd spod kosodreviny, 26 pôd holi) a ukázalo sa, že hrúbka nadložného humusu v kosodrevine bola 4 – 50 cm, priemerne 18 cm, na holiach 1 – 7 cm, priemerne 3,2 cm. V kosodrevine sa pre hrúbku nadložného humusu ukázala ako najvýznamnejšia expozícia (na chladných expozíciách až rašelinenie), prípadne vek pôd (mladšie rankrové pôdy 8 cm, staršie humusovo-železité až organozemné podzoly 27 cm). Zaujímavé čísla o hrúbke nadložného humusu na holiach teplejších expozícií poskytol výskyt pri jednotlivých pôdnych typoch. Najtenší bol pri kambizemiach (priemerne 2,4 cm), potom pri rankroch (2,7), rendzinách (3,0), podzoloch kambizemných (3,4) a najhrubší pri podzoloch humusovo-železitých (3,8). Pokiaľ ide o farbu, zreteľné rozdiely boli vo farbe eluviálnych horizontov. Tieto boli pod kosodrevinou svetlé, svetlosivé (7,5 YR 5/2 – 6/2), na holiach tmavšie, sivohnedé (5 YR 5/2).

Je známe, že atlantik trval 2000, epiatlantik 3700 rokov. Bolo teda dosť času na vytvorenie PZz, najmä ak sa pôda tvorila z porušenej horniny. Predpokladá sa, že zreteľný oršteinovú horizont vidieť už po 2500 rokoch. Údaje o tom, koľko môže trvať určité vývojové štádium pôdy, najmä ak je toto štádium tzv. klimaxové, pôdoznalectvu chýbajú. Preto sa na tento tenký ľad úvah sa ani nevydávame. Avšak Lukniš (1973) vylíčil v Tatrách vyše 80 morén, ktorým prisúdil mladodryasový vek. Zostáva preto budúcou úlohou nášho pôdoznalectva tieto otázky bližšie preštudovať.

## ZÁVER

V r. 1966 sme vyšli s predstavou, že dobre vyvinuté humusovo-železité podzoly subalpínskych a alpínskych pôd sú reliktné pôdy, ktoré boli vývojovým štádiom v dobe, keď sa hranica lesa a kosodreviny nachádzala vyššie ako dnes. Novšie práce o postglaciálnom vývoji vegetácie u nás (Krippel, 1986) hovoria ešte o vyšších hraniciach pásiem, až o 400 – 500 m. Na základe francúzskych a švajčiarskych autorov zastávame v tejto práci názor, že pôdy sa vytvorili z granodioritových zvetralín v období atlantika a epiatlantika, t. j. 2500 – 3500 rokov pred našim letopočtom.

V minulosti sme predpokladali, že po odstránení kosodreviny 200 – 400 rokov prebieha regradácia týchto pôd. Istotne, pretože tento zásah má za následok koniec nadbytočnej produkcie organických kyselín. Lenže vzostupom či poklesom hranice lesa či kosodreviny, oteplením či ochladením, môže táto zmena nastať prirodzenou cestou, nie pričinením človeka.

*Podakovanie: Tento príspevok vznikol ako súčasť riešenia projektu VEGA č. 1/0437/03.*

## LITERATÚRA

- Bedrna, Z., Račko, J., 2000: Príspevok k pedogeografii Belianskych Tatier. Geografický časopis SAV Bratislava, 52, 4, s. 323-336.
- Carcaillet, Ch., 2001: Are Holocene wood-charcoal fragments in alpine and subalpine soils? Evidence from the Alps based on AMS  $^{14}\text{C}$  dates. The Holocene 11, 2, pp. 231-242.
- Carnelli, A., Theurillat, J. P., Gaëlle Yadi, M., Talon, B., 2004: Past uppermost tree limit in the Central European Alps (Switzerland) based on soil and soil charcoal. The Holocene, 14, 3, pp. 393-405.
- Hitz, Ch., Egli, M., Fitze, P., 2002: Determination of sampling volumes needed for representative analysis of alpine soils. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, v. 165, i-3, pp. 326-331.
- Hraško, J., Linkeš, V., Šurina, B., 1993: Pôdna mapa Slovenska v mierke 1:400 000. Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, Bratislava.
- ISSS-ISRIC-FAO, 1998: World Reference Base for Soil Resources, Reports 84, FAO, Rome, 88 p.
- Krippel, E., 1986: Postglaciálny vývoj vegetácie Slovenska. Veda, Bratislava, 307 s.
- Kolektív, 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. VÚPOP a SPS Bratislava, 76 s.
- Koreň, M., Linkeš, V., Bublinec, E., 1994: Charakteristika pôd. In Tatranský národný park, biosférická rezervácia. Gradus, Martin, s. 86-104.
- Koreň, M. a kol., 2004: Abiotické a biotické zmeny indikátorov prostredia nad hranicou lesa. Záverečná správa. TANAP, Tatranská Lomnica, 7 s.
- Linkeš, V., 1967: Pôdy holí Nízkych Tatier. Vedecké práce Laboratória pôdoznectva v Bratislave, 2, s. 22-34.
- Linkeš, V., 1981: Geografia pôd Vysokých Tatier a ich predpolia. Geografický časopis SAV Bratislava, 3, s. 32-49.
- Ložek, V., 1973: Příroda ve čtvrtohorách. Academia, Praha, 372 s.
- Lukniš, M., 1973: Reliéf Vysokých Tatier a ich predpolia. Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 375 s.
- Midriak, R., 1983: Morfogenéza povrchu vysokých pohorí. Veda, Bratislava, 516 s.
- Pelíšek, J., 1955: Výšková pásmitosť pôd v oblasti Vysokých Tater. Geografický časopis SAV, Bratislava, VIII, s. 84-91.
- Pelíšek, J., 1957: Typológia pôd západnej a južnej časti Tatranského národného parku. Sborník prác o TANAP I. Osveta, Martin, s. 23-43.
- Pelíšek, J., 1966: Výšková pôdná pásmostnosť strednej Evropy. Academia, Praha, 368 s.
- Pelíšek, J., 1973: Pôdne pomery Tatranského národného parku. Zborník prác o TANAP, 15. Osveta, Martin, s. 145-180.
- Poulenard, J., Podwojewski, 2004: Alpine soils, 1-5p. in Encyclopedia of Soil Science, ISBN: 0-8247-0846-6.
- Soil Survey Staff, 1999: Soil Taxonomy. 2nd ed. Washington DC. USDA-NRCS Agric. Handb. 436, US Gov. Print Office.
- Šály, R., 1966: Pôdy južnej časti kryštalinika Liptovských Tatier. Sborník vedeckých prác LF VŠLD vo Zvolene, VIII, s. 21-44.
- Šály, R., 2002: Príspevok k poznaniu a klasifikácii pôd nášho subalpínskeho a alpínskeho stupňa. In „Prvé pôdoznectvé dni v SR, 17. – 19. 6. 2002, Račkova dolina, diel A. VÚPOP Bratislava, s. 109-118.
- Šály, R., 2005: Pôdy alpínskeho a subalpínskeho stupňa Západných Karpát. Záverečná správa grantu. FEE Banská Štiavnica, 32 s.

Tab. 1 Výbrané charakteristiky vysokých pohorí

Pohorie	Maxim. nadm. výška m	Typ reliéfu	Priemerná výška súčasnej HHL [m]*	Priemerná klimatická hranica lesa, m	Plocha nad súčasnou HHL, ha	Maximálna reliéfová energia, m	Výška pleistoc. snehovej čiar, m
Vysoké Tatry	2 655	bralový	1 487	1 655	13 628	2 000	1 660
Západné Tatry	2 248	bralový, hŕňny	1 478	1 640	12 271	1 500	1 600
Belianske Tatry	2 152	hŕňny, príkrovový, bralový	1 485	1 625	1 657	1 400	1 600
Nízke Tatry	2 043	hŕňny, bralový	1 423	–	14 410	1 400	1 550
Oravské Beskydy	1 725	hŕňny príkrovový	1 403	–	424	1 000	1 400
Malá Fatra	1 709	hŕňny príkrovový	1 253	1 440	3 349	1 300	1 500
Chočské vrchy	1 611	hŕňny príkrovový	1 460	1 500	217	1 100	–
Veľká Fatra	1 592	hŕňny príkrovový	1 252	1 540	3 080	1 100	–

\* HHL – horná hranica lesa

Tab. 2 Charakteristika lokalít a profilov pôdy

Profil č.	Nadm. výška m	Geomorf. celok	Sklon, [°] Expozícia	Vegetačné spoločenstvo	Klasifikácia pôdy	Členenie pôdného profilu
41	1 990	Ďumbierske Tatry	10 J	hoľa	Podzol kambizemný zo svahoviny granodioritu	0 – 6 cm O <sub>m</sub> 6 – 11 A <sub>op</sub> 11 – 28 E <sub>p</sub> 28 – 60 B <sub>s</sub> 60 – 120 C <sub>l</sub> /D
31	1 950	Ďumbierske Tatry	10 JJV	hoľa	Podzol kambizemný zo zmieš. svahoviny (spraš + granodiorit)	0 – 5 cm O <sub>m</sub> 5 – 10 A <sub>op</sub> 10 – 30 E <sub>p</sub> 30 – 60 B <sub>s</sub> 60 – 110 C <sub>l</sub> /D
71	1 870	Západné Tatry	30 JJV	sekun. hoľa	PZz zo svahoviny granodioritu	0 – 3 cm O <sub>m</sub> 3 – 11 A <sub>op</sub> 11 – 28 E <sub>p</sub> 28 – 50 B <sub>sh</sub> 50 – 95 B <sub>s</sub> 95 – 125 C <sub>l</sub> /D
29	1 800	Ďumbierske Tatry	30 SV	sekun. hoľa	Podzol kambizemný až PZz zo svahoviny granodioritu	0 – 3 cm O <sub>m</sub> 3 – 16 A <sub>op</sub> 16 – 29 E <sub>p</sub> 29 – 70 B <sub>s</sub> 70 – 110 C <sub>l</sub> /D
4	1 710	Ďumbierske Tatry	10 SSZ	kosodrevina	PZz zo svahoviny granodioritu	0 – 23 cm O <sub>m</sub> 23 – 26 A <sub>op</sub> 26 – 28 E <sub>p</sub> 28 – 38 B <sub>sh</sub> 38 – 48 B <sub>s</sub> 48 – 60 C <sub>l</sub>
32	1 660	Ďumbierske Tatry	35 JV	sekun. hoľa	PZz z rulovej svahoviny	0 – 5 cm O <sub>m</sub> 5 – 10 A <sub>op</sub> 10 – 30 E <sub>p</sub> 30 – 65 B <sub>s</sub> 65 – 110 C <sub>l</sub> /D
30	1 625	Ďumbierske Tatry	30 SV	sekun. hoľa	PZz zo svahoviny granodioritu	0 – 7 cm O <sub>m</sub> 7 – 12 A <sub>op</sub> 12 – 27 E <sub>p</sub> 27 – 40 E/B 40 – 50 B <sub>sh</sub> 50 – 65 B <sub>sv</sub> 65 – 120 C <sub>l</sub> /D
9	1 570	Ďumbierske Tatry	25 ZSZ	kosodrevina	PZz zo svahoviny pegmatitovej žuly	0 – 3 cm O <sub>m</sub> 3 – 4 A <sub>op</sub> 4 – 21 E <sub>p</sub> 21 – 48 B <sub>sh</sub> 48 – 53 B <sub>s</sub> 53 – 65 C <sub>l</sub>
27	1 500	Ďumbierske Tatry	30 Z	kosodrevina	Kambizem rendzinová z váp. svahoviny	0 – 2 cm O <sub>m</sub> 2 – 4 A <sub>o</sub> 4 – 15 A <sub>u</sub> 15 – 42 B <sub>v</sub> 42 – 60 B <sub>v</sub> /C <sub>e</sub>

Tab. 3 Výsledky základných pôdnych analýz

Profil č.	Vzorka z hĺbky cm	Skelet %	% frakcie v jemnozemi [µm]						Hygr. voda %	Strata pri žíhaní %	Humus %	pH		% pedogénne		
			<2	<10	10 50	50 100	100 2000					H <sub>2</sub> O	KCl	Fe	Al	
41	6–11	15	16,6	38,8	22,3	3,3	35,6		3,8	–	11,6	4,2	3,65	0,20	–	
	15–25	30	16,0	33,9	19,5	4,1	42,5		2,9	–		4,4	3,9	0,34	–	
	30–40	40	9,8	23,7	15,8	4,3	57,2		2,4	–	3,5	4,7	4,3	0,61	–	
	60–70	40	5,9	15,8	32,0	2,3	49,9		1,3	–	0,7	4,9	4,7	0,34	–	
	110–120	50	4,7	15,3	28,4	2,3	21,7		1,2	–	0,7	4,8	4,8	0,18	–	
31	5–10	0	7,4	23,9	35,6	9,0	31,5		7,2	27,7	21,2	4,33	3,58	2,80	0,03	
	10–17	0	3,9	15,4	35,2	4,9	44,5		6,7	21,4	19,2	4,55	3,78	2,59	0,16	
	20–30	30	3,4	13,1	19,9	7,0	60,0		4,9	9,5	6,5	4,71	4,12	1,56	0,15	
	50–60	40	9,7	16,1	6,1	4,4	73,4		3,0	4,5	4,2	4,7	4,21	1,98	0,16	
	70–80	60	2,7	4,5	9,8	8,1	77,6		2,0	3,3	1,5	4,84	4,22	0,87	0,05	
71	100–110	60	2,0	6,0	10,2	6,2	77,6		1,6	1,8	0,3	4,88	3,97	0,94	0,00	
	3–10	25	5,6	19,8	32,6	6,6	41,0		3,23	–	13,3	3,90	3,45	–	–	
	15–25	25	5,0	19,5	32,2	7,3	41,0		3,03	–		4,12	3,80	–	–	
	30–40	30	3,8	15,8	18,3	20,5	45,4		5,97	–	11,7	4,40	4,10	–	–	
	60–70	50	2,8	7,4	20,0	12,4	60,1		1,46	–	1,7	4,75	4,40	–	–	
29	110–120	85	2,2	4,8	10,7	9,7	74,8		1,42	–	1,4	4,85	4,50	–	–	
	4–9	20	6,6	16,5	22,3	14,3	46,9		2,7	9,2	5,4	3,92	2,97	1,39	0,01	
	10–15	20	7,1	16,9	17,7	4,7	60,7		2,4	6,4	4,1	4,03	3,08	1,47	0,01	
	19–28	25	6,6	16,0	16,4	6,7	60,9		1,7	4,0	2,7	4,19	3,31	2,60	0,01	
	30–40	50	5,1	16,1	15,2	6,5	62,2		1,8	3,4	1,3	4,25	3,54	2,56	0,01	
32	70–80	90	3,6	10,5	18,2	12,0	59,3		1,5	3,1		4,60	3,94	2,98	0,02	
	5–10	20	7,1	22,2	33,8	3,7	40,3		6,0	18,5	12,3	4,02	3,06	5,24	0,05	
	15–25	40	6,5	22,0	34,5	5,0	38,5		5,2	14,5	8,5	4,24	3,36	6,62	0,08	
	30–40	30	4,8	21,0	35,8	6,4	36,8		4,5	11,1	7,1	4,38	3,52	6,11	0,11	
	50–60	40	3,7	15,9	28,1	7,3	48,7		5,4	8,0	4,4	4,76	3,99	4,79	0,14	
30	70–80	60	3,2	11,7	23,0	8,4	56,9		2,3	3,6	0,9	4,75	4,19	3,76	0,06	
	100–110	70	2,8	5,6	13,3	5,0	76,1		1,4	1,8	0,9	4,78	4,19	2,42	0,05	
	7–12	0	3,1	7,4	18,4	1,2	73,0		2,0	9,5	6,3	3,79	2,69	0,94	0,00	
	15–25	30	4,0	13,2	15,0	4,5	67,3		2,1	4,2	2,4	3,96	3,09	1,34	0,01	
	30–37	40	4,0	12,1	16,1	4,7	67,1		3,4	6,1	4,0	4,20	3,52	3,24	0,04	
4	40–50	30	3,0	7,7	19,4	5,1	67,8		4,8	8,8	3,1	4,50	3,79	4,10	0,08	
	50–60	35	3,8	9,2	13,1	6,9	70,8		4,5	7,2	1,9	4,65	3,95	3,57	0,11	
	80–90	55	3,6	7,1	13,4	7,7	71,8		5,0	4,9	1,7	4,80	4,24	2,53	0,13	
	100–110	65	2,0	4,9	10,9	5,8	78,4		1,8	2,3	1,0	4,86	4,34	1,77	0,06	
	23–23	0	20,7	40,3	21,0	8,9	29,8		5,7	–	21,4	4,00	2,67	–	–	
9	26–28	0	10,9	21,4	15,1	6,6	56,9		1,3	–	5,5	3,94	2,77	–	–	
	28–33	10	9,1	19,3	10,8	4,5	65,4		2,1	–	5,8	4,28	3,40	–	–	
	38–43	50	12,0	20,8	12,4	5,6	57,2		4,9	–	5,0	4,67	3,90	–	–	
	3–4	10	10,9	38,9	32,2	3,0	25,9		14,8	–	31,0	–	–	–	–	
	4–21	10	19,0	39,4	19,7	4,3	36,6		2,7	–	8,4	3,9	3,30	–	–	
27	28–38	40	21,02	33,6	15,4	6,0	45,0		5,9	–	9,3	4,35	3,60	–	–	
	48–53	70	11,4	22,4	15,1	6,8	55,7		7,3	–	–	4,30	4,30	–	–	
	2–4	0	22,8	43,8	44,0	0,7	11,5		6,3	–	15,1	5,15	4,80	–	–	
	4–15	10	20,4	43,8	39,0	4,9	12,3		5,0	–	11,0	6,35	5,65	–	–	
	30–40	40	31,7	55,4	24,8	5,4	14,4		3,4	–	5,3	6,90	6,00	–	–	

Tab. 4 *Prehľad holocénu*

Chronológia			Časový úsek	Podnebie	Flóra
geologická	rokov				
Holocén	Mladý	+ 1 000	Subrecent	Suchšie a zvýšená kontinentalita	Doba umelých kultúr, stupňujúce sa zásahy a ovplyvňovanie človekom
		0	Subatlantik	Mierne kolísanie vlhších a suchších fází, vcelku však vlhšie a chladnejšie ako dnes	V polovici časového úseku: alpínske lúky nad 1 800 m, les do 1 500 m kosodrevina 1 500 – 1 800 m
		- 1 000	Subboreál	Najmä letné sucho, ročný priemer o 1 – 2°C vyšší ako dnes	Ihličnatý les do 1 700 m kosodrevina 1 700 – 2 000 m alpínske lúky nad 2 000 m
		- 2 000	Epiatlantik	Ubúda vlhkosti, voči dnešku teplota o 1 – 2°C vyššia. Hojné sú suchšie a vlhšie výkyvy	HHL* 1 700 – 1 800 m
		- 3 000			
		- 4 000	Atlantik	Teplota ďalej rastie (až o 3°C vyšší priemer ako dnes). Rastie i vlhkosť až sa podnebie stáva oceanickým. tzv. klimatické optimum.	HHL lesa 1 900 – 2 000 m kosodrevina do 2 200 m alpínske lúky nad 2 200 m pásmostvitost' obdobná dnešnej
	Stredný	- 5 000			
		- 6 000			
		- 7 000	Boreál	Teplota vzrastá rýchlejšie ako vlhkosť, takže podnebie sa stáva kontinentálnym, teplota postupne až o 2°C vyššia ako dnes	Alpínske lúky nad 1 700 m
		- 8 000	Praeboreál	Otepľovanie a zvlhčovanie, sprvoti klíma chladná až o 5°C voči dnešku	HHL 900 – 1 000 m
	Pozdný wúrm	- 9 000	Mladý dryas	Posledný studený výkyv s priemer. teplotami v dolných polohách okolo 0°C, nad 1 800 m ľadovce	HHL 600 m. Dominancia borových a brezových lesov
		- 10 000	Alleród	Interštadiál s dosť drsným podnebím (Ø 2 – 3°C), s teplejším letom, zvlhčenie	HHL okolo 900 m, nad 1 000 m mrazové pustatiny

\* HHL – horná hranica lesa

# LIMITUJÍCÍ FAKTORY EKOSYSTÉMU LESA V ÚZEMÍCH OVLIVNĚNÝCH TĚŽBOU POLYMETALICKÝCH RUD (PŘÍPADOVÁ STUDIE ZLATÉ HORY)

## Factors affecting forest ecosystem in former polymetallic mining area: case study Zlaté Hory

Bořivoj ŠARAPATKA, Milan BUSSINOW

*Katedra ekologie a environmentálních věd, Univerzita Palackého, tř. Svobody 26,  
771 46 Olomouc, ČR,  
[borivoj.sarapatka@upol.cz](mailto:borivoj.sarapatka@upol.cz)*

### Abstrakt

Výzkum na lokalitě Zlaté Hory ovlivněné eolickým materiálem po těžbě polymetalických rud hodnotil vlivy na půdní prostředí i vybrané druhy rostlin. Analýzy deponovaného materiálu a jednotlivých horizontů půdy ukázaly vážnou acidifikaci způsobenou oxidací částic pyritu obsažených v navátých prachových částicích. pH půdy dosahuje hodnot kolem 3 a půda se pak nachází v pufrční oblasti železa nebo hliníku. V takových podmínkách byla většina bazických kationtů vyplavena, retence fosforu přesahuje 90 %, většina těžkých kovů je mobilizována. Tyto procesy mají velmi negativní vlivy na ekosystém lesa, a to nejen v půdním prostředí, ale i na studované rostliny.

**Klíčová slova:** polymetalická ruda, půdní acidifikace, vyplavování kationtů

### Abstract

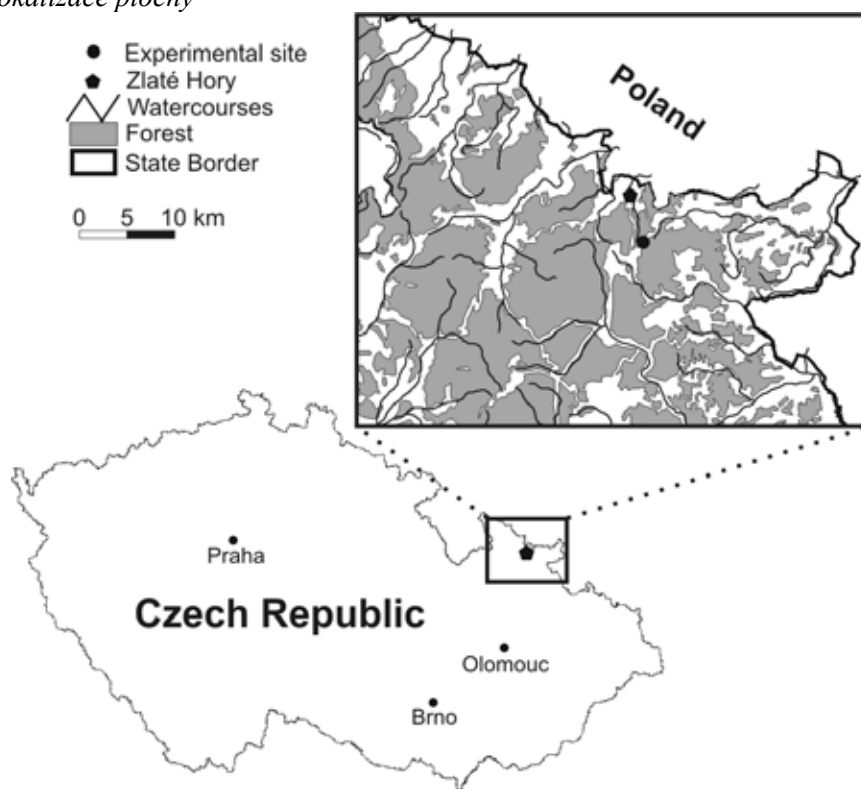
The results of research conducted in the surroundings of a former polymetallic mine near the town of Zlaté Hory, northern Moravia, Czech Republic are presented. The adjacent forest area is contaminated by wind blown pyritic dust particles. The experimental profile was located in a spruce monoculture down wind of the tailings. Samples of soil were taken at 50 m intervals. Ten soil pits were dug and soil samples were taken from the artificial top layer of deposited metallic-ferrous dust, as well as from the organic and mineral horizons. Soil samples were analyzed using AAS in order to obtain total heavy metal content of Cu, Zn, Pb, Cd and active forms of Al and Fe. The contents of accessible nutrients (Mg, Ca and K) were measured, as well as the content of organic carbon and the ratio of phosphorus retention. Both, the active and exchangeable soil pH, were measured. Our primary hypothesis presumed that the site and its vegetation are in particular impacted by increased levels of heavy metals. The research revealed that the main problem is not heavy metal contamination *per se*, but is rather complex and the final condition of the site is a result of the mutual influence of all involved mechanisms. Although the area under study is to some extent contaminated by potentially toxic elements, severe acidification seems to be the major process influencing conditions in the soil environment. Analyses of deposited tailings and of underlying organic and mineral soil horizons revealed serious acidification caused by the oxidation of pyrite particles contained in the tailings. Soil pH dropped to values close to 3 and, as such, the analyzed soil samples can be characterized by either the iron or aluminum buffering range. Under such conditions most base cations such as Ca, Mg and K are leached out and the irreversible retention of phosphorus in most cases exceeds 90 %. Most heavy metals originating from the tailings (grounded and chemical - treated polymetallic ore) are mobilized by the acidic conditions with active forms of iron and aluminum the most abundant analyzed metal ions. The anthropic pollution and altered ecological conditions have visible impact on contiguous vegetation, which was also subjected to detailed analyses (e.g. the content of heavy metals and nutrients in different parts of Norway spruce and European birch).

**Key words:** polymetallic ore, soil acidification, cations leaching

## ÚVOD

Představovaný výzkum hodnotí procesy probíhající v půdním prostředí a jejich vlivy na vybrané druhy rostlin v lesním ekosystému, a to v blízkosti odkaliště, které vzniklo v území po těžbě polymetalických rud u Zlatých Hor na severní Moravě. Půda v lesním ekosystému je kontaminována prachovými částicemi z blízkého odkaliště. Na této zasažené ploše, porostlé smrkovou monokulturou, byl lokalizován i transekt, na kterém byly v 50 m intervalech odebírány vzorky půdy a rostlinného materiálu. V půdním prostředí byly vzorky odebírány nejen z jednotlivých horizontů, ale byl odebírán i eolický materiál z povrchu půdy. Vzorky půdy byly analyzovány na obsah těžkých kovů (Cu, Zn, Pb, a Cd), stanovovány byly aktivní formy Al a Fe. Hodnocen byl rovněž obsah přijatelných prvků (Mg, Ca a K) a aktivní a výměnné pH, obsah organického uhlíku a retence fosforu. Prvotní hypotéza byla, že prostředí a vegetace je ovlivněna zejména zvýšeným obsahem těžkých kovů. Detailní výzkum ale prokázal, že se jedná o značně komplexnější problematiku a výsledné podmínky jsou výsledkem řady probíhajících procesů.

Obr. 1 Lokalizace plochy

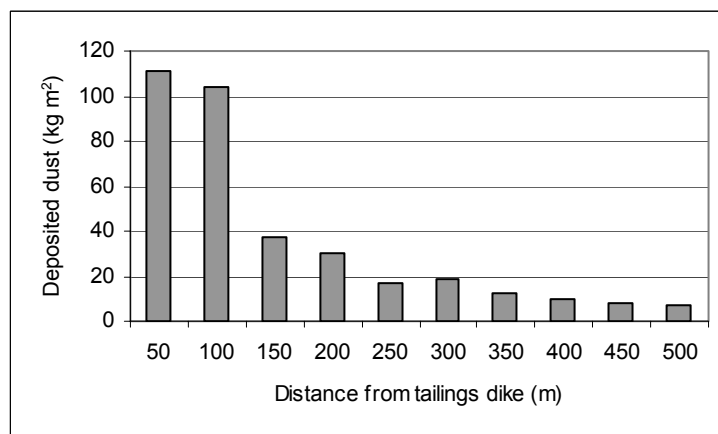


## VÝSLEDKY

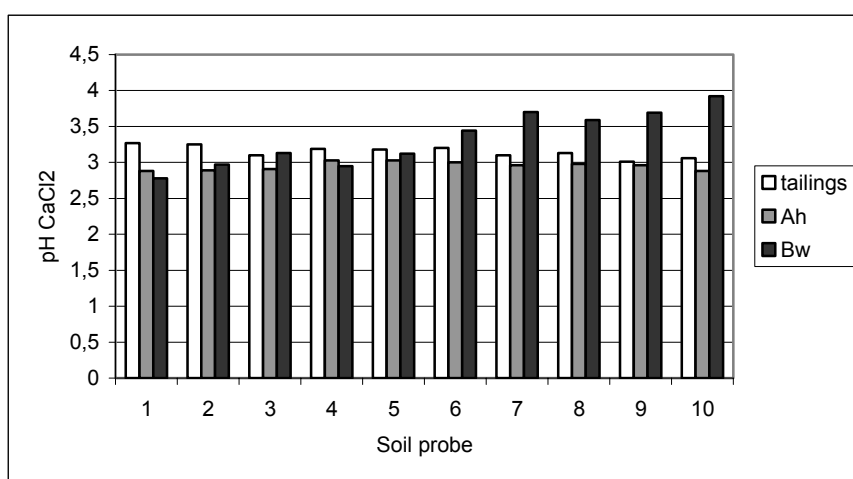
Procesy ve studovaném půdním prostředí jsou na základě výzkumu ze značné části ovlivněny:

- značným množstvím větrem deponovaného materiálu, které na začátku experimentálního profilu v blízkosti odkaliště převyšuje  $100 \text{ kg/m}^2$ .
- pH půdy, které je jednou z půdních charakteristik hrající klíčovou roli, neboť ovlivňuje další půdní procesy. Např. ty, které souvisejí s přijatelností prvků a mobilitou potenciálně toxických prvků, jako např. těžkých kovů. Výsledkem je značná acidifikace půdního prostředí ve sledované lokalitě. V povrchové vrstvě, která obsahuje deponovaný materiál, dosahuje  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  3,40 až 3,53 ( $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$  3,01 – 3,27); v Ah-horizontu se pohybují hodnoty mezi 3,20 – 3,47 (2,88 – 3,03). V případě Bw-horizontu jsou hodnoty pH od 3,09 (2,78) na začátku transektu do 4,12 (3,92) na konci transektu. Tyto extrémní hodnoty odpovídají pufracním oblastem hliníku a železa. V Ah-horizontu dosahuje acidifikace pufracní oblasti železa (Ulrich, 1991) – hodnoty pH kolem 3. Situace v Bw horizontu je mírně odlišná, při menší degradaci zaznamenáváme pufracní oblast hliníku.

Obr. 2 Množství deponovaného materiálu v závislosti od vzdálenosti

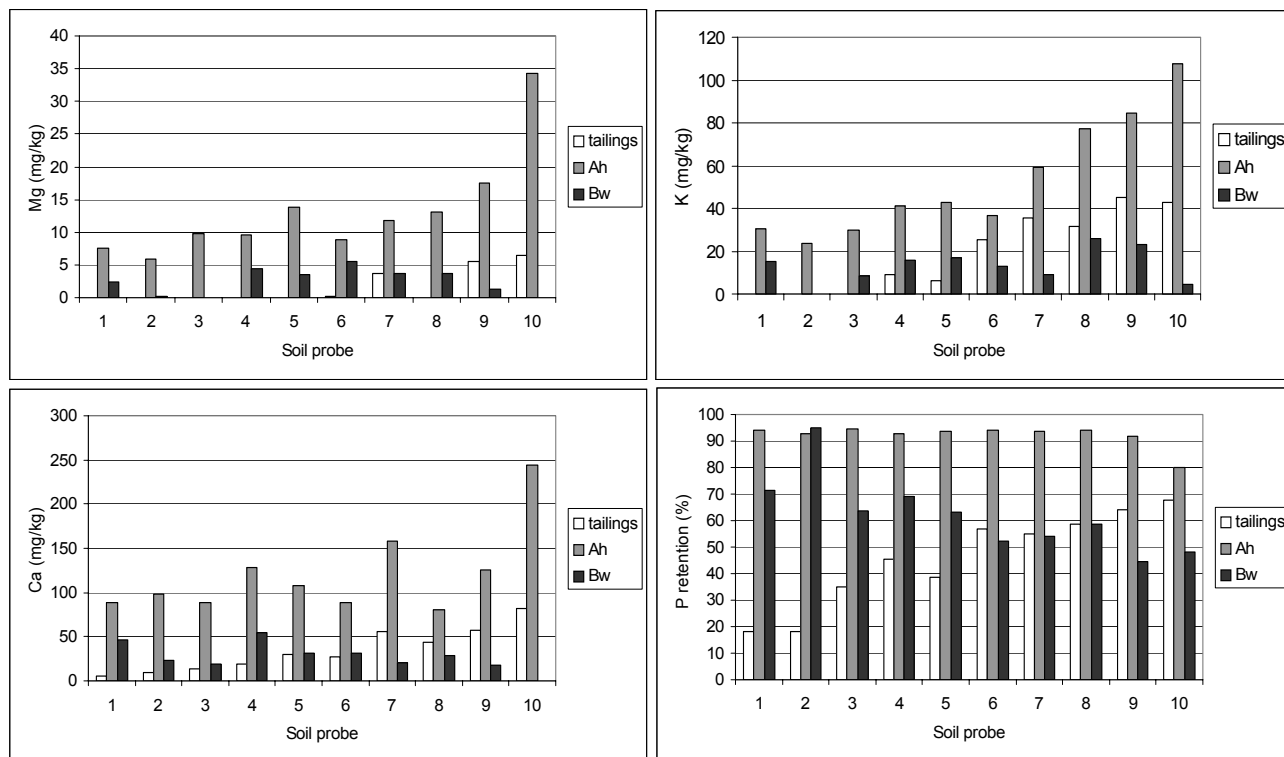


Obr. 3 Půdní pH půdních horizontů výzkumného transektu

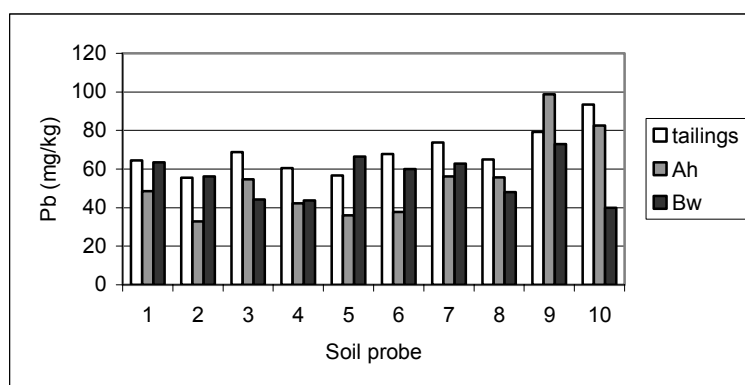


- extrémní retenci fosforu jako výsledku acidifikace půdy, která přesahuje 90 %. V případě Bw horizontu byla zaznamenána retence fosforu v úzké korelaci ke zvyšující se degradaci půdy a je možné sledovat vztah mezi retencí fosforu a zvyšující se rozpustností železa. Hlavním mechanismem je přitom reakce fosfátových iontů s vysoce aktivním  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Al}^{3+}$  a tvorba nerozpustných sloučenin. Takový stav pak vyvolává nedostupnost fosforu pro rostliny vlivem jeho silné retence.
- vyplavováním živin z půdního profilu ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ). Toto vyplavování souvisí s vysokou koncentrací  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Al}^{3+}$  v půdním roztoku a nahrazením bazických kationtů v sorpčním komplexu těmito ionty. Ve všech půdních vzorcích byl zaznamenán značný deficit  $\text{Mg}^{2+}$  a  $\text{K}^+$ .
- zvýšeným obsahem těžkých kovů a jejich mobilizací. V této souvislosti byl stanovován obsah: Pb, Cd, Cu, Zn,  $\text{Al}_{\text{act.}}$ ,  $\text{Fe}_{\text{act.}}$ . Extrémní acidifikace má za následek vyplavování významného množství těžkých kovů z půdního profilu. Jako příklad distribuce těžkých kovů podél experimentálního transektu uvádíme Pb.

Obr. 4 Množství živin půdních horizontech výzkumního transektu



Obr. 5 Množství olova v půdních horizontech výzkumního transektu



## ZÁVĚR

I když je experimentální území z určitého stupně ovlivněno potenciálně toxickými prvky, hlavním procesem ovlivňujícím podmínky v půdním prostředí je v tomto případě acidifikace půdy. Analýzy deponovaného materiálu a jednotlivých horizontů ukázaly na vážnou acidifikaci způsobenou oxidací částic pyritu obsažených v navátých prachových částicích. pH půdy dosahuje hodnot kolem 3 a půda se pak nachází v pufrací oblasti hliníku nebo dokonce železa. V takových podmínkách byla většina bazických kationtů jako Ca, Mg a K vyplavena a ireverzibilní retence fosforu přesahuje 90 %. Většina těžkých kovů, které se na lokalitu dostaly eolicky, je mobilizována v podmínkách velmi kyselé reakce. Tato situace je i u aktivních forem hliníku a železa. Antropogenní znečištění a změněné ekologické podmínky mají značný vliv i na vegetaci. Na lokalitě jsme studovali zejména druhy smrk ztepilý a bříza bělokorá, výsledky jsou ale nad rámec tohoto sdělení. Celkovou situaci lesního ekosystému naznačuje následující foto.

## LITERATURA

- Bussinow, M, Šarapatka, B., Dlapa, P., 2005: Soil acidification and heavy metal pollution as result of former polymetallic ore mining activities, in press.
- Bussinow, M, Šarapatka, B., Dlapa, P., 2005: Effect of old mining activities on nutrient and toxic elements concentration in the biomass of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) and European Birch (*Betula pendula* L.), in press.

# PÔDOOCHRANNÉ TECHNOLOGIE VO VZŤAHU K OBSAHU A KVALITE PÔDNEHO HUMUSU

## Soil protective technologies in relation to content and quality of humus soil

**Božena ŠOLTYSOVÁ, Dana KOTOROVÁ, Rastislav MATI**

*Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany, Ústav agroekológie Michalovce,  
Špitálska 1273, 071 01 Michalovce, SR  
[soltysova@minet.sk](mailto:soltysova@minet.sk)*

### Abstrakt

Pokus bol v rokoch 1998 – 2004 založený na fluvizemi modálnej (Vysoká nad Uhom). Zmeny obsahu humusu v pôde a jeho kvality boli sledované v osevnom postupe: hrach siaty – pšenica letná forma ozimná – sója fazuľová – pšenica letná forma ozimná – repa cukrová (kukurica siata na zrno) – jačmeň siaty jarný – slnečnica ročná. Pokus sa realizoval pri dvoch spôsoboch obrábania pôdy (konvenčná agrotechnika, agrotechnika bez orby) a na dvoch variantoch hnojenia (variant racionálne hnojený, nehnojený kontrolný variant). Spôsob spracovania pôdy preukázne neovplyvnil obsah humusu v pôde. Obsahy obidvoch zložiek humusových látok boli závislé od použitej agrotechniky. Konvenčná agrotechnika prispela k významnému zvýšeniu obsahu humínových kyselín a k zníženiu fulvokyselín. Pri konvenčnej agrotechnike boli zistené priaznivejšie ukazovatele kvality humusu než pri bezorbovej agrotechnike.

**Kľúčové slová:** fluvizem modálna, spôsob obrábania pôdy, hnojenie, humus, humusové látky

### Abstract

In 1998 – 2004 were carried out on Eutric Fluvisols (locality Vysoká above river Uh). Changes of humus content in soil and its quality were observed in crop rotation as follows: field pea – winter wheat – soybean – winter wheat – sugar beet (grain maize) – spring barley – sunflower. Two tillage technologies (conventional tillage, no-tillage) and two levels of fertilization (rational fertilization, no-fertilization) were examined. Influence of tillage technology on humus content in soil was not significant. On contents of both components of humus substances in soil had significantly effect used tillage technology. At conventional tillage was ascertained higher content of humic acids and lower content of fulvic acids. At conventional tillage were determined better parameters of humus quality than at no-tillage technology.

**Key words:** Eutric Fluvisols, soil tillage system, fertilization, humus, humus substances

### ÚVOD

Pri voľbe použitého spôsobu hospodárenia na pôde je potrebné zohľadniť nielen dosiahnutú výšku a kvalitu úrod pestovaných plodín, ale brať zreteľ aj na zachovanie úrodnosti pôdy. Medzi faktory ovplyvňujúce chemické vlastnosti pôdy patrí dôležité miesto spôsobu obrábania pôdy. Na uvoľňovanie a príjem živín vplýva hĺbka a intenzita obrábania pôdy. Významnú úlohu zohrávajú aj konkrétne plodiny, pretože zanechávajú rôzne množstvá pozberových zvyškov rozdielnej kvality a zároveň nerovnomerne odčerpávajú živiny a vodu (Fialová, 1994). Súčasne pestované rastliny významne ovplyvňujú pôdnu štruktúru, aktivitu pôdných organizmov, odber dusíka z pôdy, vodný režim a pod. (Kováč et al., 1997).

Pri minimalizačnom spôsobe spracovania pôdy klesá intenzita rozkladu organickej hmoty, čo sa prejavuje zvýšeným obsahom celkového uhlíka v pôde (Etana et al., 1999). Na zvýšenie humusu

v pôde a zlepšenie jeho kvality má kladný vplyv aplikácia organických hnojív, primerané hnojenie a oševný postup (Reeves, 1997, Šoltysová, Hecl, 1997).

Z hľadiska optimalizácie všetkých vstupov do poľnohospodárskej výroby je potrebné racionalizovať nielen spôsoby použitej agrotechniky, ale aj realizovať systém výživy a hnojenia poľných plodín, ktorý je ekonomicky nenáročný, v maximálnej miere využíva pôdnu silu a umožňuje udržať prirodzenú pôdnu úrodnosť.

Cieľom prezentovanej práce bolo zhodnotiť vplyv rôzneho systému obrábania pôdy a hnojenia na vývoj vybraných chemických parametrov fluvizeme modálnej v agroekologických podmienkach Východoslovenskej nížiny.

## MATERIÁL A METÓDY

Pokus bol v rokoch 1998 – 2004 založený na experimentálnom pracovisku VÚRV Piešťany – Ústav agroekológie Michalovce vo Vyskej nad Uhom na fluvizemi modálnej (FMm). Sledovaný pôdny typ patrí medzi stredne ťažké, hlinité pôdy, s priemerným obsahom ílovitých častíc nad 30 %. Sú to pôdy hlboké, dobre priepustné v celom profile. Ornica je svetlohnedej farby, hrudkovitej až drobnohrudkovitej štruktúry. Podornica je dobre priepustná a zvyčajne sa neodlišuje od ornice. Tieto pôdy patria do kategórie najúrodnejších pôd.

V priemere sa v ornici fluvizeme modálnej nachádza 50 mg.kg<sup>-1</sup> prístupného fosforu (Mehlich II), 170 mg.kg<sup>-1</sup> prístupného draslíka (Mehlich II), 150 mg.kg<sup>-1</sup> prístupného horčíka (Mehlich II), 2,0 % humusu (Turin) a výmenná pôdna reakcia je neutrálna (pH/KCl – 6,8).

Stanovište patrí do teplého, veľmi suchého, nížinného, kontinentálneho klimatického regiónu s priemernou teplotou vzduchu za rok 9,1°C, za vegetačné obdobie 15,2°C a s úhrnom zrážok za rok 591 mm, za vegetačné obdobie 397 mm.

Oševný postup v rokoch 1999 – 2004 bol nasledovný: pšenica letná forma ozimná – sója fazuľová – pšenica letná forma ozimná – repa cukrová (kukurica siata na zrnó) – jačmeň siaty jarný – slnečnica ročná. Za východiskový stav bol zvolený rok 1998, kedy bol pestovaný hrach siaty.

Pokus sa realizoval v prirodzených podmienkach bez závlahy. Porasty boli zakladané konvenčnou agrotechnikou (KA, bežný spôsob prípravy pôdy pred sejbou) a bezorbovou agrotechnikou (BA, priama sejba do nepripravenej pôdy). Na variantoch s rozdielnou prípravou pôdy bol realizovaný variant s racionálnym hnojením (RH) a kontrolný nehnojený variant (NH).

Variant RH bol hnojený nasledujúcimi dávkami čistých živín:

- hrach siaty – 20 kg.ha<sup>-1</sup> N, 30 kg.ha<sup>-1</sup> P a 80 kg.ha<sup>-1</sup> K,
- pšenica letná forma ozimná – 90 kg.ha<sup>-1</sup> N (delená dávka pre základné, regeneračné a kvalitatívne hnojenie), 30 kg.ha<sup>-1</sup> P a 100 kg.ha<sup>-1</sup> K,
- sója fazuľová – 20 kg.ha<sup>-1</sup> N, 30 kg.ha<sup>-1</sup> P a 80 kg.ha<sup>-1</sup> K,
- repa cukrová – 65 kg.ha<sup>-1</sup> N, 29 kg.ha<sup>-1</sup> P a 100 kg.ha<sup>-1</sup> K,
- kukurica siata na zrnó – 60 kg.ha<sup>-1</sup> N, 22 kg.ha<sup>-1</sup> P a 93 kg.ha<sup>-1</sup> K,
- jačmeň siaty jarný – 15 kg.ha<sup>-1</sup> N, 23 kg.ha<sup>-1</sup> P a 0 kg.ha<sup>-1</sup> K,
- slnečnica ročná – 120 kg.ha<sup>-1</sup> N, 50 kg.ha<sup>-1</sup> P a 150 kg.ha<sup>-1</sup> K.

V pokusoch boli použité jednozložkové a dvojzložkové priemyselné hnojivá. Dusík bol aplikovaný vo forme síranu amónneho (20,5 % N), liadku amónneho (27,5 % N) a amofosu (12,0 % N), fosfor vo forme trojitého superfosfátu (47,0 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) a amofosu (49,0 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) a draslík vo forme chloridu draselného (59,8 % K<sub>2</sub>O).

Vzorky pôdy boli odoberané v jeseni po zbere plodiny. V porušených vzorkách pôdy bol známymi metodickými postupmi (Kobza a kol., 1999) stanovený obsah humusu (podľa Turina), obsah humínových kyselín a obsah fulvokyselín (podľa Kononovovej a Beľčíkovej).

Pri spracovaní získaných výsledkov boli použité štatistické metódy, predovšetkým analýza rozptylu a LSD – test.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

K najdôležitejším ukazovateľom humusového režimu pôd patrí obsah humusu a jeho kvalitatívne zloženie. V sledovanom období obsah humusu v ornici kolísal v rozmedzí 1,790 – 2,197 % a bol vysoko preukazne závislý od hnojenia a preukazne od závislý pokusného ročníka (tab. 1 a 2).

Z hľadiska hnojenia bol vyšší obsah humusu zistený na racionálne hnojenom variante, pričom rozdiel oproti nehnojenému variantu predstavoval 0,082 %. Rovnako Mucha a Zápotočný (1999) zaznamenali kladný vplyv hnojenia na obsah humusu v pôde. Pri porovnaní jednotlivých pokusných rokov bolo koncom výskumného obdobia zistené preukazné zvýšenie obsahu humusu v pôde na konvenčnom variante v porovnaní s východiskovým stavom.

Tab. 1 *Obsah humusu a humusových látok v oševnom postupe*

Parameter pôdy	Rok	Oševný postup	Variant racionálne hnojený				Nehnojený variant			
			KA	rel. %	BA	rel. %	KA	rel. %	BA	rel. %
humus [%]	1998	HR	1,944	100,0	1,966	100,0	1,889	100,0	1,828	100,0
	1999	PŠ	1,896	97,5	1,987	101,1	1,790	94,8	1,899	103,9
	2000	SO	1,961	100,9	2,040	103,8	1,838	97,3	1,874	102,5
	2001	PŠ	2,007	103,2	1,873	95,3	1,823	96,5	1,975	108,0
	2002	CR (KU)	1,983	102,0	2,003	101,9	1,912	101,2	2,012	110,1
	2003	JJ	2,157	111,0	1,915	97,4	–	–	–	–
	2004	SL	2,197	113,0	1,852	94,2	–	–	–	–
humínové kyseliny [%]	1998	HR	0,239	100,0	0,240	100,0	0,232	100,0	0,221	100,0
	1999	PŠ	0,228	95,4	0,225	93,8	0,220	94,8	0,202	91,4
	2000	SO	0,232	97,1	0,218	90,8	0,225	97,0	0,206	93,2
	2001	PŠ	0,234	97,9	0,210	87,5	0,224	96,6	0,197	89,1
	2002	CR (KU)	0,212	88,7	0,198	82,5	0,198	85,3	0,201	91,0
	2003	JJ	0,225	94,1	0,211	87,9	–	–	–	–
	2004	SL	0,215	90,0	0,181	75,5	–	–	–	–
fulvokyseliny [%]	1998	HR	0,217	100,0	0,219	100,0	0,203	100,0	0,203	100,0
	1999	PŠ	0,214	98,6	0,213	97,3	0,192	94,6	0,207	102,0
	2000	SO	0,208	95,9	0,227	103,7	0,190	93,6	0,197	97,0
	2001	PŠ	0,192	88,5	0,206	94,1	0,182	89,7	0,201	99,0
	2002	CR (KU)	0,203	93,5	0,200	91,3	0,187	92,1	0,190	93,6
	2003	JJ	0,206	94,9	0,206	94,1	–	–	–	–
	2004	SL	0,210	96,9	0,209	95,5	–	–	–	–

kde: HR – hrach siaty, PŠ - pšenica letná forma ozimná, SO – sója fazuľová, CR – repa cukrová, KU – kukurica siata na zrno, JJ – jačmeň siaty jarný, SL – slnečnica ročná

Tab. 2 *Analýza rozptylu obsahu humusu, humusových látok a kvalitatívnych parametrov humusu*

Zdroj premenlivosti	Stupeň voľnosti	F – vypočítané hodnoty									
		Humus		Humínové kyseliny		Fulvokyseliny		Pomer $C_{HK}/C_{FK}$		Pomer $C_{HK}/C_{ox.} \cdot 100$	
hnojenie	1	20,14	++	66,22	++	162,56	++	5,55	+	0,50	–
agrotechnika	1	0,76	–	137,52	++	34,80	++	125,57	++	64,35	++
rok	6	2,85	+	54,66	++	20,51	++	12,85	++	46,76	++
opakovanie	3	0,28	–	0,65	–	0,73	–	0,26	–	0,34	–
zvyšok	84										
celkom	95										

Zloženie humusových látok (obsah humínových kyselín a fulvokyselín) je dôležitým ukazovateľom kvality organickej hmoty v pôde. V sledovanom období sa množstvo uhlíka humínových kyselín pohybovalo v rozpätí 0,181 – 0,240 % a uhlíka fulvokyselín od 0,182 % do 0,227 % (tab. 1). Humusové látky typu humínových kyselín a fulvokyselín tvorili v ornici 33,4 – 40,4 % humusu.

Jednotlivé zložky humusových látok a teda obsahy humínových kyselín a fulvokyselín boli vysoko preukazne ovplyvnené spôsobom obrábania pôdy (tab. 2). Pri lepšom prevzdušnení pôdy využitím konvenčnej agrotechniky boli v pôde zistené vyššie obsahy vysokomolekulových humínových kyselín.

Pozitívny vplyv konvenčného obrábania pôdy na tvorbu a akumuláciu humínových kyselín v pôde bol potvrdený aj nižším poklesom obsahu humínových kyselín na konvenčne obrábanom variante po realizácii oševného postupu v porovnaní s variantom obrábania pôdy bez orby. V prípade fulvokyselín bol po realizácii sedemročného oševného postupu zaznamenaný ich mierny pokles pri oboch spôsoboch obrábania pôdy.

Obsah oboch základných zložiek humusových látok závisel aj od hnojenia a pestovateľského ročníka. Pokiaľ ide o hnojenie, zo získaných výsledkov vyplýva, že pri racionálnom hnojení plodín boli obsahy sledovaných zložiek humusových látok preukazne vyššie v porovnaní s nehnojeným variantom. V prospech hnojeného variantu hovorí zvýšenie obsahu uhlíka humínových kyselín o 0,011 % a uhlíka fulvokyselín o 0,014 % oproti nehnojenej kontrole (tabuľka 3). K podobným záverom o vplyve hnojenia na kvalitatívne parametre humusu dospeli aj Mucha a Zápotočný (1999).

Tab. 3 *Mnohonásobný LSD-test porovnávania obsahu humusu, humusových látok a hodnôt kvalitatívnych parametrov humusu ( $\alpha = 0,05$ )*

Parameter pôdy	Sledovaný faktor		Priemer	Hom. sk.		Sledovaný faktor	Priemer	Homogénna skupina					
humus	obrábanie pôdy	BA	1,936	x		rok	1999	1,893	x				
		KA	1,951	x			1998	1,907	x				
	hnojenie	NH	1,902	x			2001	1,920	x	x			
		RH	1,984		x		2000	1,928	x	x	x		
							2002	1,978			x		
							2004	1,984		x	x		
							2003	1,995			x		
humínové kyseliny	obrábanie pôdy	BA	0,207	x		rok	2004	0,193	x				
		KA	0,221		x		2002	0,202		x			
	hnojenie	NH	0,208	x			2003	0,213			x		
		RH	0,219		x		2001	0,216			x	x	
							1999	0,219				x	
							2000	0,220				x	
							1998	0,233					x
fulvokyseliny	obrábanie pôdy	KA	0,199	x		rok	2002	0,195	x				
		BA	0,205		x		2001	0,195	x				
	hnojenie	NH	0,195	x			2003	0,199	x	x			
		RH	0,209		x		2004	0,202		x	x		
							2000	0,206			x		
							1999	0,207			x		
							1998	0,211					x
pomer $C_{HK}/C_{FK}$	obrábanie pôdy	BA	1,008	x		rok	2004	0,957	x				
		KA	1,113		x		2002	1,038		x			
	hnojenie	RH	1,048	x			1999	1,061		x	x		
		NH	1,073		x		2003	1,070		x	x	x	
							2000	1,076			x	x	
							1998	1,107				x	x
							2001	1,112					x
pomer $C_{HK}/C_{ox} \cdot 100$	obrábanie pôdy	BA	18,40	x		rok	2004	16,81	x				
		KA	19,60		x		2002	17,63		x			
	hnojenie	NH	18,94	x			2003	18,42			x		
		RH	19,06	x			2001	19,45				x	
							2000	19,71				x	
							1999	19,94				x	
							1998	21,06					x

Jedným z dôležitých ukazovateľov kvality humusu je pomer medzi humínovými kyselinami a fulvokyselinami. Na sledovaných variantoch hnojenia a spracovania pôdy sa uvedený pomer pohyboval od 0,867 do 1,231 a teda hodnotené fluvizeme modálne môžeme charakterizovať ako pôdy s humátovo-fulvátovým až fulvátovo-humátovým typom humusu (tab. 4). Uvedené kritérium kvality humusu bolo vysoko preukazne ovplyvnené použitou agrotechnikou a ročníkom (tab. 2).

Po realizácii osevného postupu bol zistený preukazný pokles pomeru uhlíka humínových kyselín k uhlíku fulvokyselín. Z hľadiska spôsobu obrábania pôdy boli vyššie hodnoty pomeru medzi humínovými kyselinami a fulvokyselinami dosiahnuté pri konvenčnej agrotechnike, pričom priemerný rozdiel predstavoval 0,105 v porovnaní s agrotechnikou bez orby. Výraznejší pokles uvedeného pomeru pri spracovaní pôdy bez orby súvisel s vyšším poklesom obsahu humínových kyselín.

Pomer uhlíka humínových kyselín k celkovému oxidovateľnému uhlíku vyjadrený v percentách ( $C_{HK}/C_{ox} \cdot 100$ ) vyskytujúci sa v rozmedzí 16,86 – 21,19 % poukazuje na slabý až stredný stupeň humifikácie organickej hmoty. Hodnoty tohto ukazovateľa stavu humusu záviseli od spôsobu obrábania pôdy a ročníka.

Tab. 4 Kvalitatívne parametre humusu v osevnom postupe

Parameter pôdy	Rok	Osevný postup	Variant racionálne hnojený				Nehnojený variant			
			KA	rel. %	BA	rel. %	KA	rel. %	BA	rel. %
pomer $C_{HK}/C_{FK}$	1998	HR	1,101	100,0	1,096	100,0	1,143	100,0	1,089	100,0
	1999	PŠ	1,065	96,7	1,056	96,4	1,146	100,3	0,976	89,6
	2000	SO	1,115	101,3	0,960	87,6	1,184	103,6	1,046	96,1
	2001	PŠ	1,219	110,7	1,019	93,0	1,231	107,7	0,980	90,0
	2002	CR (KU)	1,044	94,8	0,990	90,3	1,059	92,6	1,058	97,2
	2003	JJ	1,092	99,2	1,024	93,5	–	–	–	–
	2004	SL	1,023	92,9	0,867	79,1	–	–	–	–
pomer $C_{HK}/C_{ox} \cdot 100$	1998	HR	21,19	100,0	21,04	100,0	21,17	100,0	20,83	100,0
	1999	PŠ	20,72	97,8	19,51	92,8	21,18	100,1	18,33	88,0
	2000	SO	20,39	96,2	18,42	87,5	21,10	99,7	18,94	90,9
	2001	PŠ	20,09	94,8	19,32	91,8	21,18	100,0	17,19	82,5
	2002	CR (KU)	18,42	87,0	17,04	81,0	17,85	84,3	17,22	82,6
	2003	JJ	17,98	84,8	18,99	90,3	–	–	–	–
	2004	SL	16,88	79,7	16,86	80,2	–	–	–	–

kde: legenda totožná s tabuľkou 1,  $C_{HK}/C_{FK}$  – pomer uhlíka humínových kyselín k uhlíku fulvokyselín,  $C_{HK}/C_{ox} \cdot 100$  – pomer uhlíka humínových kyselín k oxidovateľnému uhlíku vyjadrený v percentách.

Z hľadiska agrotechniky bol stupeň humifikácie organickej hmoty na konvenčne obrábaných variantoch vyšší priemerne o 1,20 % v porovnaní s variantmi obrábania pôdy bez orby. Súčasne výrazný pokles pomeru uhlíka humínových kyselín k celkovému oxidovateľnému uhlíku priemerne o 4,25 % bol zaznamenaný aj po siedmich rokoch a teda po realizácii osevného postupu.

## ZÁVER

Z výsledkov získaných v rokoch 1998 – 2004 môžeme urobiť nasledujúce závery o vplyve zvolenej agrotechniky a hnojenia na vybrané chemické parametre pôdy:

0. Racionálne hnojenie poľných plodín zaradených v osevnom postupe pozitívne ovplyvnilo obsah humusu a humusových látok v pôde.
0. Spôsob obrábania pôdy preukazne neovplyvnil obsah humusu v pôde. Obsahy obidvoch zložiek humusových látok boli však závislé od použitej agrotechniky. Na variantoch s konvenčnou agrotechnikou sa zvýšil obsah stabilných vysokomolekulárnych humínových kyselín. Súčasne pri konvenčnej agrotechnike boli zistené aj priaznivejšie ukazovatele kvality humusu než pri bezorbovej agrotechnike. Toto zistenie bolo potvrdené preukazne vyššou hodnotou pomeru uhlíka humínových kyselín k uhlíku fulvokyselín a vyšším stupňom mineralizácie organickej hmoty.

## LITERATÚRA

- Etana, A. et al., 1999: Effects of tillage depth on organic carbon content and physical properties in five Swedish soils. In: Soil and Tillage Research, vol. 52, 1999, N. 3 – 4, pp. 129-139.
- Fialová, J., 1994: Změny agrochemických vlastností půdy. In: Úroda, roč. 42, 1994, č. 3, s. 2-13.
- Kováč, K., Jurčová, O., Vilček, J., 1997: Osevné postupy. Nitra : SPU, 1997. 81 s. ISBN 80-7137-369-9.
- Kobza, J. a kol., 1999: Čiastkový monitorovací systém – Pôda : záväzné metódy. 1. vyd. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy. 1999. 138 s. ISBN 80-85361-55-8.
- Mucha, V., Zápotočný, V., 1999: Obsah a zloženie humusu černoze karbonátovej po sedemročnej závlaha. In: Poľnohospodárstvo, roč. 45, 1999, č. 11 – 12, s. 685-699.
- Reeves, D. W., 1997: The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. In: Soil and Tillage Research, vol. 43, 1997, N. 1 – 2, pp. 131-167.
- Šoltysová, B., Hecl, J., 1997: Changes in quantity and quality of humus and the content of heavy metals resulting from crop rotation. In: Acta Acad. Agric Tech. Olsztyn Agricultura, 1997, N. 64, s. 177-183.

# VYUŽITÍ PŮDY V MÉNĚ PŘÍZNIVÝCH OBLASTECH PRO ZEMĚDĚLSTVÍ V ČR

## Soil use in less-favored areas for agriculture of Czech Republic

Marie ŠTOLBOVÁ

*Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky, Mánesova 75, 120 58 Praha 2, ČR*  
[stolbova@vuze.cz](mailto:stolbova@vuze.cz)

### Abstrakt

Horizontální plán rozvoje venkova je jeden z programových dokumentů pro využití prostředků z EAGGF – Evropského zemědělského orientačního a záručního fondu. Jedním z opatření jsou platby pro zemědělce, hospodařící v méně příznivých oblastech (less-favored areas – LFA). Platby přispívají k trvalému užívání zemědělské půdy, k údržbě krajiny a podpoře udržitelného zemědělství v těchto oblastech. Příspěvek pojednává o využití půdního fondu méně příznivých oblastech a faktorech, které toto využití ovlivňují.

**Klíčová slova:** plán rozvoje venkova, méně příznivé oblasti (LFA), využití půdního fondu

### Abstract

The Horizontal Rural Development Plan (HRDP) is one of program documents required for receiving support from the EAGGF – European Agricultural Guidance and Guarantee Fund. One of the measures is the support for farmers in less-favored areas (LFAs). Natural handicap payments contribute to continued use of agricultural land, to maintain the countryside and promotion of sustainable farming systems. The paper deals with the land use in less-favored areas and the factors, which work on this land use.

**Key words:** rural development plan, less-favored areas (LFA), soil resource use

### ÚVOD

Vstup České republiky do Evropské unie znamenal pro všechny nástroje politiky podpory rozvoje venkova jejich transformaci, t. j. i program pomoci méně příznivým oblastem. Základním předpisem Evropských společenství upravujícím tuto problematiku je Nařízení Rady (ES) 1257/1999, o podpoře rozvoje venkova z Evropského zemědělského orientačního a záručního fondu (European Agricultural Guidance and Guarantee Fund – EAGGF). Toto nařízení stanovuje mimo jiné i základní rámcová kritéria pro vymezení méně příznivých oblastí a oblastí s environmentálními omezeními, dále rámec výpočtu pro stanovení výše vyrovnávacího příspěvku a základní podmínky jeho poskytování.

Již v procesu přibližování systému podpor pro méně příznivé oblasti v ČR praxi zemí EU, který byl zahájen v roce 2000 byly v České republice poskytovány vyrovnávací příspěvky pouze na plochu travních porostů. Tato praxe přetrvávala i ve zpracovaném Horizontálním plánu rozvoje venkova v ČR pro roky 2004 – 2006<sup>1</sup>. Cílem opatření jak je stanoveno ve zpracovaných dokumentech je:

- zajistit odpovídající příjmy zemědělským podnikům hospodařícím ve ztížených podmínkách,
- přispět k trvalému využívání zemědělské půdy a ochraně ostatních přírodních zdrojů (zejména vodních zdrojů),
- přispět k podpoře trvale udržitelných metod hospodaření
- přispět ke stabilizaci venkovské populace
- přispět k zachování venkovské krajiny (krajinný ráz),
- podpořit systémy hospodaření přátelské k životnímu prostředí.

---

<sup>1</sup> [www.mze.cz](http://www.mze.cz)

## **Metoda určení méně příznivých oblastí pro zemědělství v ČR**

Kriteriem pro horské oblasti byla průměrná nadmořská výška území obce (případně katastrálního území) nad 600 m a nebo kombinace nadmořské výšky nad 500 m a sklonitosti nad 7° na více než 50 % výměry zemědělské půdy území.

Pro určení půdy nízké produktivity, nesnadno obdělávatelné a s omezeným potenciálem pro vymezení ostatních méně příznivých oblastí byl využit bodový systém výnosnosti půd, založený na bonitaci zemědělských půd. Byla využita metodika, zpracovaná v roce 1997 a 1998 v rámci funkčního úkolu MZe ČR a obhájená v roce 1998 (Němec a kol., 1997, Voltr a kol., 1998).

Při těchto pracích řešitelský kolektiv VÚZE Praha úzce spolupracoval se specialisty z Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy Praha-Zbraslav, Výzkumného ústavu rostlinné výroby Praha-Ruzyně, Zemědělského výzkumného ústavu Kroměříž s.r.o, Výzkumného ústavu pícninářského Troubsko s.r.o, Výzkumného ústavu olejnin s.r.o. Opava, Výzkumné stanice travinářské Rožnov pod Radhoštěm, Svazem pěstitelů cukrovky Čech Semčice, Výzkumného ústavu bramborářského s.r.o. Havlíčkův Brod a Výzkumného ústavu zemědělské techniky Praha.

Stanovení výnosnosti zemědělských půd vychází z integrace dlouhodobých informací o zemědělském území prostřednictvím bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ).

BPEJ jsou značeny 5 místným číselným kódem:

- první číslice vyjadřuje příslušnost ke klimatickému regionu, charakteristiky klimatických regionů
- druhá a třetí číslice značí hlavní půdní jednotku, která je charakterizována genetickým půdním typem, zrnitostním složením, vláhovými podmínkami apod.
- čtvrtá číslice je kódem pro svažitosť povrchu a expozici svahu ke světovým stranám
- pátá číslice je kódem pro hloubku půdy a skeletovitost.

Databázi spravuje a aktualizuje Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha Zbraslav.

Pro indikaci produkční schopnosti půdy byly užity výnosy hlavních zemědělských plodin pěstovaných v ČR (obiloviny, kukuřice, cukrovka, brambory, řepka, krmné plodiny, travní porosty).

Výnosy hlavních zemědělských plodin, včetně travních porostů byly vyjádřeny pro BPEJ vhodné pro jejich pěstování na základě výsledků dlouhodobého sledování vlivu půdně-klimatických podmínek na výnosy plodin. Údaje o dlouhodobých výnosech pro dané půdně-klimatické podmínky byly poskytnuty specializovanými výzkumnými pracovišti rostlinné výroby. Zároveň byly stanoveny a uplatněny koeficienty snížení těchto základních výnosů pro případ extrémně skeletovitých půd, pro svahy a jejich expozici k jihu v teplých, suchých regionech a k severu v chladných, vlhkých regionech.

Podíl jednotlivých plodin v typové struktuře plodin pro jednotlivé skupiny BPEJ odpovídá optimálním agroekologickým zásadám. Pro indikaci výnosnosti půdy z ekonomického hlediska byla produkce připadající na ha určité BPEJ vyjádřena v cenách hlavních zemědělských plodin. Na základě dlouhodobých relací tržních cen a s přihlédnutím k relacím cen v EU stanovil Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky ceny jednotlivých plodin, dosažitelné v daných regionech. Ceny objemných krmiv byly odvozeny z tržních cen krmné pšenice a ječmene. Převodovým můstkem byla užitná hodnota, tj. obsah metabolizovatelné energie v jednotlivých krmivech. Pomocí těchto cen a hektarových výnosů plodin byla vyjádřena hodnota produkce na ha pro jednotlivé BPEJ.

Na druhé straně byly na základě dlouhodobého sledování vlastních nákladů na hlavní zemědělské plodiny vyjádřeny náklady na ha, potřebné pro dosažení daného výnosu plodiny. Byla využita korelace mezi průměrnými náklady a ha výnosy dané plodiny. Bylo zohledněno zvýšení nákladů na hospodaření na svazích a skeletovitých půdách pomocí koeficientů, stanovených pro jednotlivé plodiny Výzkumným ústavem zemědělské techniky. Je připraveno variantní uplatnění koeficientu zvýšení nákladů na obtížně zpracovatelných půdách.

Rozdíl mezi hodnotou produkce z 1 ha v Kč při dané struktuře plodin a daných ha výnosech a souhrnem vstupů pro jejich výrobu byl nazván hrubý roční rentní efekt (HRRE).

Celkové rozpětí hrubého ročního rentního efektu se stalo základem pro stanovení bodové (indexní) hodnoty zemědělské půdy. Toto rozpětí je převedeno do stobodové stupnice. Bodová hodnota půdy je vyjádřena indexem od 6 do 100 bodů.

### ***Inovovaný algoritmus stanovení bodové hodnoty BPEJ [3]***

Normativně stanovený HRRE jednotlivých BPEJ byl převeden do stobodové stupnice na základě vztahu:

$$V_{BPEJ} = (HRRE_{BPEJ} + ABS(HRRE_{min}) + 6 \cdot a) / a \quad (1)$$

kde:

$V_{BPEJ}$  výnosnost BPEJ (body)  
 $ABS(HRRE_{min})$  absolutní hodnota minimálního HRRE (Kč/ha)  
 $a$  pomocná konstanta výnosovosti (Kč/bod)

$$a = (ABS(HRRE_{min}) + HRRE_{max}) / 94 \quad (2)$$

$HRRE_{max}$  maximální HRRE (Kč/ha)

$HRRE_{BPEJ}$  je hrubý roční rentní efekt, který byl stanoven z rovnice:

$$HRRE_{BPEJ} = HRRE_{OP} \cdot k_{OP} + HRRE_{TTP} \cdot k_{TTP} \quad (3)$$

kde:

$HRRE_{OP}$  hrubý roční rentní efekt plodin na orné půdě  
 $k_{OP}$  koeficient normativního podílu OP na ZP  
 $HRRE_{TTP}$  hrubý roční rentní efekt trvalých travních porostů  
 $k_{TTP}$  koeficient normativního podílu TTP na ZP

$HRRE_{OP}$  byl stanoven z rovnice:

$$HRRE_{OP} = \sum_{i=1}^{i=n} RE_i \quad (4)$$

$RE_i$  je rentní efekt jednotlivých oceňovacích plodin na orné půdě, který je stanoven ze vztahu:

$$RE_i = (CPP_i - NPP_i) \cdot K_{OTSi} \quad i = 1, \dots, n \quad (5)$$

kde:

$n$  počet oceňovacích plodin

$CPP$  cena parametrizované produkce, která je stanovena ze vztahu:

$$CPP = VPP \cdot C_{KR} \quad (6)$$

kde:

$VPP$  korigovaný normativní naturální výnos jednotlivých hlavních zemědělských plodin pro jednotlivé BPEJ,  
 $C_{KR}$  normativní ceny jednotlivých hlavních plodin diferencované podle bonitační klimatické regionalizace,

$$VPP = V_p \cdot k_e \cdot k_s \cdot k_{hs} \quad (7)$$

$V_p$  produkční parametry naturálních výnosů jednotlivých hlavních zemědělských plodin pro jednotlivé hlavní půdně klimatické jednotky (HPKJ),

$k_e$  koeficient pro expozici,

$k_s$  koeficient pro svažitost,

$k_{hs}$  koeficient pro hloubku a skeletovitost zem. půdy,

Náklady na parametrizovanou produkci NPP jsou stanoveny:

$$NPP = N_p \cdot k_{sn} \cdot k_{hsn} \cdot k_{tp} \quad (8)$$

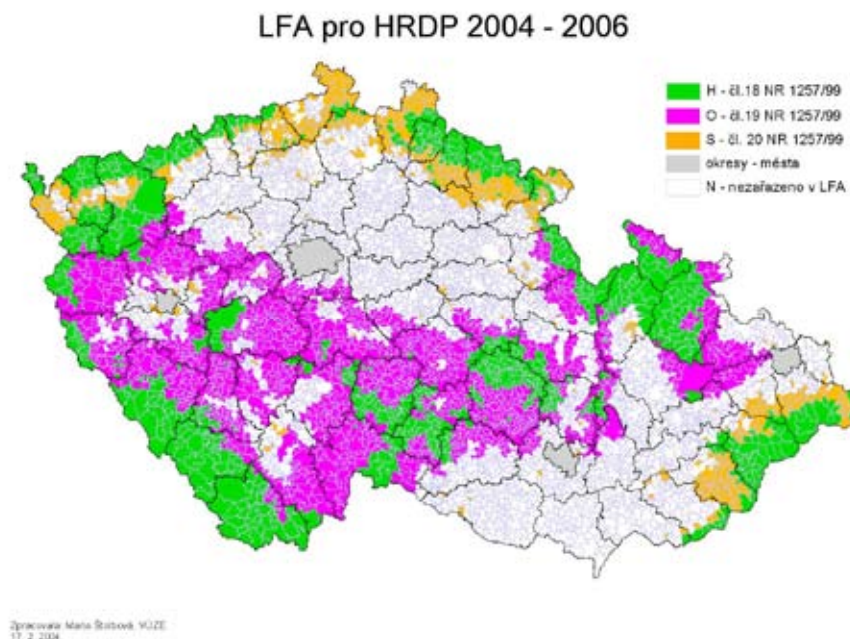
kde:

$N_p$  normativní náklad stanovený na základě funkční závislosti nákladů a korigovaných naturálních výnosů (VPP)

$k_{sn}$  koeficient pro svažitost,

$k_{hsn}$  koeficient pro hloubku a skeletovitost zem. půdy  
 $k_{tp}$  koeficient pro obtížně zpracovatelné půdy (pro HPJ 06, 07, 20, 49, 54, 57, 59, 61, 63)

Národní průměr bodové hodnoty výnosnosti veškeré zemědělské půdy v ČR je 42,2 bodů. Území s bodovou hodnotou pod 80 % průměru ČR v kombinaci s nízkou hustotou obyvatel a vysokým podílem obyvatel, zaměstnaných v zemědělství se stalo základem pro vymezení ostatních méně příznivých oblastí a v zejména v příhraničních okresech nesplňujících demografická kritéria pak základem pro vymezení oblastí se specifickým znevýhodněním. Podklady pro územní vymezení LFA v ČR zpracoval VÚZE Praha. Rozložení méně příznivých oblastí v ČR znázorňuje obrázek

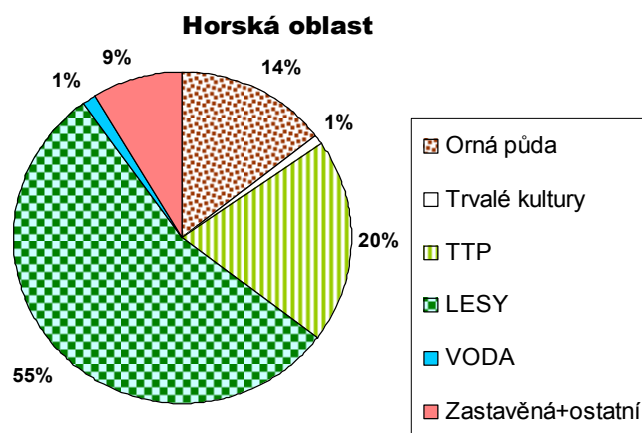


### ***Využití půdy v méně příznivých oblastech pro zemědělství ČR***

Byly využity údaje statistiky půdního fondu 2005 Českého úřadu zeměměřického a katastrálního – výměry jednotlivých druhů pozemků k 31. 12. 2005 podle katastrálních území. Katastrální území byla seskupena podle příslušnosti k typům méně příznivých oblastí od roku 2004<sup>2</sup>.

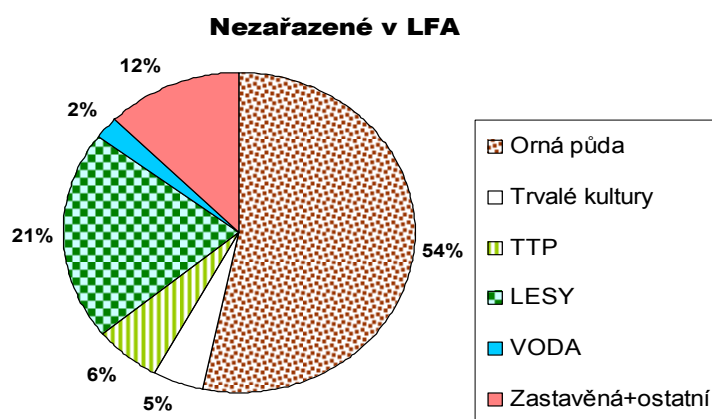
Zastoupení základních druhů pozemků je uvedeno na grafech 1 – 4.

Obr. 1 *Využití půdy v horské oblasti*



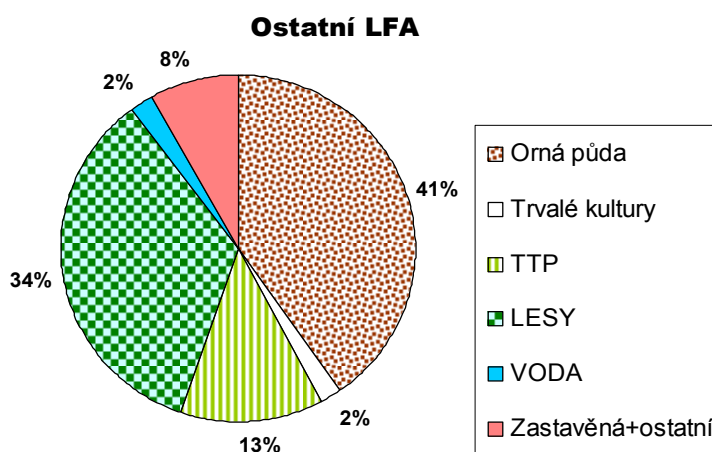
<sup>2</sup> Nařízení vlády č. 241/2004 Sb., o podmínkách provádění pomoci méně příznivým oblastem a oblastem s ekologickými omezeními, ve znění nařízení vlády 121/2005 Sb.

Obr. 2 *Využití půdy v oblastech nezařazených v LFA*



Z grafů je patrné naprosto rozdílné využití půdy v horské oblasti a v oblastech produkčních, nezařazených jako méně příznivé pro zemědělství. Rozdíly jsou logické a vyplývají ze zhoršených půdních i klimatických podmínek v horských oblastech: nízké výnosy na orné půdě a omezený rozsah plodin, které lze pěstovat, zkrácená vegetační doba vlivem nadmořské výšky, zalesněné nebo zatrávněné svažité půdy. V produkčních oblastech je vysoký podíl orné půdy, ale je zde významně zastoupena také lesní půda, což odpovídá poměrně vysokému zalesnění ČR.

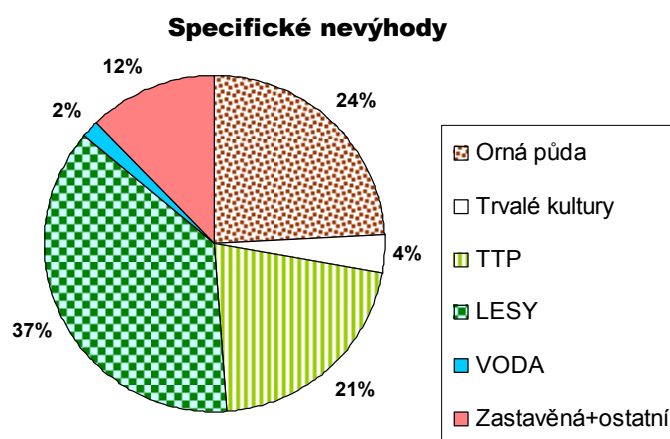
Obr. 3 *Využití půdy v ostatní méně příznivé oblasti*



Přestože základem pro stanovení ostatních méně příznivých oblastí a oblastí se specifickým znevýhodněním byla v obou případech podprůměrná bodová hodnota zemědělské půdy, na obrázcích je patrné rozdílné využití půdy v těchto typech LFA. Vysoký je zejména podíl trvalých travních porostů a to dokonce vyšší než v horských oblastech (na úkor lesní půdy). Zornění v ostatních méně příznivých oblastech je na rozdíl od oblastí se specifickým znevýhodněním vysoké.

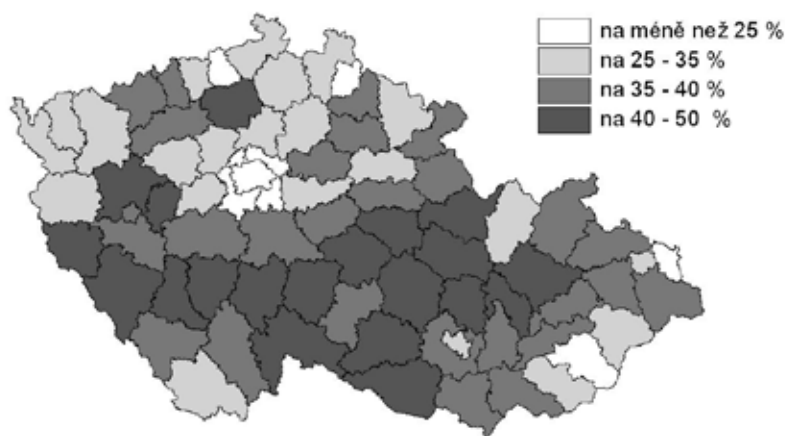
Příčiny nelze vysvětlit rozdíly v úrodnosti půdy, ale jsou historické a souvisí s rozdílným demografickým vývojem oblastí. Ostatní LFA zahrnují převážně tradičně zemědělské oblasti, kde nebyl v minulosti rozvinut průmysl a kde zemědělství bylo a zůstává důležitou pracovní aktivitou. Naopak v oblastech se specifickým znevýhodněním byla buď rozvinutá průmyslová výroba nebo (a zároveň) jsou to oblasti kde před II. světovou válkou provozovali zemědělství příslušníci německé menšiny a po jejich odsunu zde působily velké státní statky. Po jejich rozpadu po roce 1989 se podíl zemědělců na ekonomicky činném obyvatelstvu v těchto oblastech dále radikálně snížil. Stát má nyní zájem udržet zde alespoň omezené zemědělské využívání půdy pro zachování kulturní krajiny jako základu pro rozvoj turistiky.

Obr. 4 *Využití půdy v oblastech se specifickým znevýhodněním*



Na obrázku jsou znázorněny okresy podle poklesu podílu pracovníků v zemědělství, lesnictví a vodním hospodářství na ekonomicky aktivním obyvatelstvu za 10 let. Ve zmíněných oblastech poklesl podíl zemědělců na méně než 35 % (25 %) stavu v roce 1991.

Snižování počtu pracovníků v zemědělství, lesnictví a rybolovu  
mezi roky 1991 a 2001 (SLBD ČSÚ)



## ZÁVĚR

Na využití půdy má vliv nejen její kvalita, ale i jiné faktory s půdně-klimatickými podmínkami nesouvisející, například demografická situace a možnost získat zaměstnání v ostatních odvětvích.

## LITERATURA

- Němec, J. kol., 1997: Podklady pro novelizaci úředních cen zemědělské půdy. Funkční úkol, VÚZE Praha, 1997, 250 s.
- Voltr, V. kol., 1998: Hodnocení zemědělského půdního fondu ČR bodovou metodou. Funkční úkol, VÚZE Praha, 1998, 60 s.
- Štolbová, M. kol., 2005: Návrh inovovaného ocenění výnosnosti zemědělského území, průběžná zpráva projektu NAZV QF 3082, VÚZE Praha, 2005, 44 s.

# PREDPOKLAD REŽIMU ŽIVÍN V PÔDACH Z ASPEKTU PROGNÓZOVANEJ KLIMATICKEJ ZMENY

## Assumption of nutrient regime in soils from point of view predicted climate change

Stanislav TORMA

*Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy Bratislava, Regionálne pracovisko,  
Raymanova 1, 080 01 Prešov, SR  
[torma@vupop.sk](mailto:torma@vupop.sk)*

### Abstrakt

Z hľadiska živinových režimov možno predpokladať, že pri prognózovanej klimatickej zmene môže dôjsť na veľmi ľahkých pôdach k vyplavovaniu draselných, horečnatých a vápenatých kationov aj v prípade dlhotrvajúceho sucha, naopak, na ťažkých pôdach toto nebezpečenstvo nehrozí. Berúc do úvahy celú výmeru poľnohospodárskych pôd Slovenska, globálne sa na režime pôdných živín prakticky nič nezmení. Väčšie diferencie možno očakávať v lokálnych podmienkach v priebehu extrémnych, najmä suchých a teplých rokov. V takýchto podmienkach môže dôjsť k väčšej fixácii živín v pôde, čo môže mať za následok menšie množstvo živín prístupných pre pestované rastliny. Najnovšie pokusy však ukázali, že správne hnojenie znižuje závislosť úrod od poveternostných podmienok a zlepšuje využívanie potenciálu prostredia.

**Kľúčové slová:** živinový režim, klimatická zmena, klimatický scenár

### Abstract

It can be supposed that on the light soils can come to the leaching of potassium, calcium and magnesium cations even in long-term dry period at predicted climatic conditions and vice-versa on the this risk does not threaten on heavy soils. The nutrient mode in the soils does practically not change when regarding the all area of agricultural soils of Slovakia. It can be expected the greater changes in local conditions during the extreme dry and warm long-term period. In such conditions it can come to heavy fixation of nutrients in the soil and these will be not available for cultivated plants. The newest experiments confirmed that right fertilization could reduce the dependence of yield on climatic conditions and improve the using of environment potential.

**Key words:** nutrient regime, climate change, climate scenario

### ÚVOD

Na Slovensku bol za posledných 100 rokov zaznamenaný trend rastu priemernej ročnej teploty vzduchu o 1,1°C a pokles priemerných ročných úhrnov atmosférických zrážok o 5,6 %. Sumy zrážok v letnom polroku sa znížili asi o 20 % na juhu a asi o 10 % na severe (Druhá národná správa o zmene klímy, 1997).

Keďže všetky scenáre teploty vzduchu predpokladajú zvýšenie teploty vzduchu, predpokladajú sa aj skrátené obdobia so zápornými dennými priemerami teploty, pokles absolútnej hodnoty súm záporných teplôt a nárast súm kladných teplôt. Rýchla zmena klímy môže spôsobiť nestabilitu väčšiny poľnohospodárskych aj lesných ekosystémov vrátane pôdno-ekologických. Tieto zmeny sa premietnu do zmenených produkčných a environmentálnych funkcií pôdneho krytu, ktoré môžu postihnúť mnohé regióny Slovenska, predovšetkým južného. Avšak v niektorých prípadoch z hľadiska produkčného potenciálu tvorby biomasy, či už na orných pôdach alebo na trvalých trávnych porastoch môže ísť o pozitívne údaje.

## **Procesy živinového režimu**

Režim živín v pôde je jeden z pôdnych režimov, ktorý svojimi vlastnosťami a dynamikou podstatnou mierou ovplyvňuje úrodnosť pôdy. Tento parameter je dôležitý pre oblasť hnojenia pôdy a výživy rastlín, pre poznanie bilancie živín, ich dynamiky v pôde a v neposlednom rade aj pre samotnú fyziológiu rastlín (Bedrna, 1977).

Prognózovanie procesov živinového režimu fosforu, draslíka, vápnika a horčíka v očakávaných klimatických podmienkach je dôležité pre definovanie trendu zásob živín v pôdach. Živiny sú v pôde rozdielne pohyblivé a ich mobilita závisí od množstva faktorov. Na jednej strane sú to chemické vlastnosti (pôdna reakcia, vlhkosť a iné), na strane druhej vlastnosti fyzikálne (zrinitosť pôdy, skeletovitosť, vlhkosť a iné). V neposlednom rade ide samozrejme aj o intenzitu hnojenia, odber rastlinami, ako aj o vyplavovanie živín z pôdy do nižšie ležiacich horizontov pôdy a odplavenie živín v dôsledku vodnej erózie.

### **Režim fosforu**

Premeny fosforu v pôde sa dotýkajú ročne iba menej ako 1 % celkového fosforu a 3 – 10 % z fosforu v pôde prístupného rastlinám. Táto skutočnosť sa markantne prejavuje aj na dynamike fosforu v pôde. Zmeny v obsahu rastlinám prístupného fosforu sú minimálne a iba pri aplikovaní vysokých dávok fosforečných hnojív možno pozorovať niektoré sezónne maximá a minimá. Tieto minimá a maximá súvisia so odberom fosforu rastlinami, ale ešte viac s teplotou a vlhkosťou pôdy. Berúc do úvahy modifikované scenáre klimatických zmien (priemerné ročné teploty vzduchu a priemerné ročné úhrny zrážok) by mohli mať posledné menované faktory určitý vplyv na režim fosforu pôde.

Vzhľadom na heterogenitu pôdneho krytu nie je možné definovať zmenu režimu plošne pre celé Slovensko. Na základe mnohých pokusov bolo zistené, že pri zvyšovaní teploty pôdy sa v niektorých pôdach obsah jednotlivých frakcií fosforu zvyšuje, v iných zase znižuje. Napríklad vysušenie neutrálnych a karbonátových pôd mobilizuje v nich fosfor a naopak v kyslých a slabokyslých pôdach je tomu naopak.

V pôdnych typoch černoze, čiernica a rendzina sa pri vyššej teplote hromadí rastlinám prístupný fosfor. Opačný prípad nastáva v pôdach typu hnedozem a luvizem, keď fosfor uvoľnený vyššou teplotou sa v pôde okamžite viaže so železom a hliníkom a stáva sa pre rastliny menej prístupným, resp. až neprístupným. Z uvedeného vyplýva, že v rámci Slovenska je veľmi zložitá prognózovať správanie sa fosforu v pôde v očakávaných klimatických podmienkach. Berúc do úvahy prognózovanú zmenu priemernej teploty vzduchu v najbližších rokoch, ktorá hovorí o náraste priemernej teploty do roku 2050 o 1°C a do roku 2090 o 3°C a nárast priemerných zrážok do roku 2090 cca o 50 mm (Lapin, Melo, 2002), môžeme predpokladať, že z tohto dôvodu nenastanú žiadne významné zmeny v režime fosforu v pôde.

Aj pri predpoklade, že organická hmota sa bude mineralizovať v dôsledku vyššej teploty intenzívnejšie, uvoľnený fosfor z organických zlúčenín sa prakticky v plnom rozsahu viaže mikroorganizmami, a teda nenastáva jeho akumulácia vo forme prístupnej pre rastliny. Navyše fosfor ako taký je v pôde veľmi málo pohyblivý, a preto prakticky neexistujú prirodzené spôsoby strát fosforečných zlúčenín z pôdy. Viac ako storočné pokusy potvrdili, že tieto zlúčeniny sa z ťažkých pôd takmer vôbec nevyplavujú a z ľahkých iba v nepatrnej miere.

Najväčšou položkou dynamiky fosforu v pôde je hnojenie, či už minerálnymi alebo organickými hnojivami. Znamená to teda, že aplikácia hnojív bude aj naďalej najdôležitejším faktorom zabezpečenia obsahu prístupného fosforu v pôde. Ich potreba bude závisieť od prognózovaných úrod pestovaných plodín v jednotlivých rokoch, spôsobov pestovania, ale aj od možností novovyšľachtených sort plodín.

### **Režim draslíka**

Podobne ako pri fosfore, aj pri draslíku nastávajú v priebehu roka zmeny v chemických väzbách iba pri malom podiele z celkového obsahu tejto živiny v pôde (1 % z celkového draslíka a 10 % z rastlinám prístupného draslíka). V prípade draslíka má na jeho prístupnosť rastlinám veľký význam zrnitostné zloženie pôdy. Čím je pôda ľahšia, tým menej draslíka v prístupnej forme majú k dispozícii na nej pestované rastliny. Je to spôsobené tým, že ľahké pôdy nie sú svojimi fyzikálnymi vlastnosťami

schopné pútať draselné katióny. Naopak ťažké pôdy majú dostatok draslíka vo svojom mineralogickom zložení.

Dalším faktorom, ktorý vplýva na prístupnosť draslíka rastlinám je vlhkosť pôdy. Čím je pôda vlhšia, tým viac draslíka sa nachádza v pôdnom roztoku, odkiaľ je priamo prijímaný rastlinami. Pri vysušovaní pôdy dochádza k uzatváraniu draselných katiónov v mriežkach ílových minerálov a tento sa stáva nedostupným. Viacerými autormi bolo na základe viacročných pokusov dokázané, že v priebehu roka nastávajú dve obdobia výrazného zvýšenia obsahu prístupného draslíka v pôde a jedno obdobie depresie: (i) obdobia zvýšeného obsahu sa vyskytujú v mesiacoch apríl – máj a september – október; (ii) obdobie depresie je v mesiacoch júl – august.

Depresiu však spôsobuje viac nedostatok vlhky a vysoká teplota ako odčerpávanie draslíka rastlinami. Rozdiely v dynamike draslíka možno teda pripísať hlavne hydrotermickým podmienkam.

Ak však berieme do úvahy prognózovanú zmenu v teplotných a vlhkostných podmienkach pre obdobie do roku 2090 (Lapin, Melo, 2002), môžeme podobne ako v prípade fosforu konštatovať, že nedôjde k výrazným zmenám v režime draslíka v pôde. Pri zvýšení priemernej teploty vzduchu o 3°C do roku 2090 môžeme predpokladať, že obsah prístupného draslíka v pôde sa nezmení do takej miery, aby to ohrozilo stratégiu hnojenia touto živinou. Navyše nepatrné zvýšenie priemerných zrážok môže eliminovať vyššiu teplotu. Na sezónnej dynamike draslíka sa nezmení prakticky nič. V suchom letnom období bude dynamiku draslíka v pôde i naďalej sprevádzať obdobie depresie (zníženie obsahu draslíka v prístupných formách), zatiaľ čo vo vlhkých a chladnejších jarných a jesenných mesiacoch budú pôdy zásobené prístupným draslíkom relatívne dobre.

Aj pri draslíku je najväčšou položkou jeho dynamiky v pôde hnojenie. Aplikácia hnojív bude zohrávať najväčšiu úlohu pri znižovaní nepriaznivých klimatických podmienok. Je treba povedať, že rastliny dobre zásobené draslíkom lepšie využívajú vodu kontrolovaným otváraním a zatváraním prieduchov, ktoré sú zodpovedné za príjem oxidu uhličitého a výdaj kyslíka a molekúl vody, sú odolnejšie voči dlhotrvajúcemu suchu a mrazu, efektívnejšie hospodária s vodou.

### **Režim vápnika**

Aj vápnik je živina, ktorá zohráva vo výžive rastlín významnú úlohu. Ešte väčšia úloha mu je pripisovaná v tvorbe pôdnej úrodnosti. Je dokonca pokladaný za základný prvok pôdnej úrodnosti. Podstatne ovplyvňuje prístupnosť ostatných makro- i mikroelementov v pôde, čo sa prejavuje na produkcii a kvalite úrod a následne i na zdraví zvierat a človeka. Navyše vápnik tým, že neutralizuje pôdnu kyslosť, inhibuje príjem ťažkých kovov, najmä kadmia, olova, chrómu a ďalších.

Avšak podobne ako pri predchádzajúcich dvoch prvkoch, ani pri vápniku sa nedá predpokladať, že vplyvom predpokladaných klimatických zmien sa jeho režim v pôde podstatne zmení. Keďže prakticky všetky pôdy na Slovensku sú ohrozené acidifikáciou, spôsobenou nielen atmosferickými zrážkami, ale aj vyplavovaním vápnika z pôdneho profilu, odplavovaním v dôsledku vodnej erózie, či jeho odberom pestovanými rastlinami, potreba vápnika (vo forme vápenatých hmôt) sa v budúcnosti neznižuje. Pri vyšších priemerných zrážkach dokonca môže dochádzať k väčšiemu vyplavovaniu vápnika do hlbších horizontov pôdy, čo by mohlo mať za následok jeho znížený obsah v orničnom horizonte, ale v žiadnom prípade nepredpokladáme, že tento pokles bude významný do takej miery, aby bolo ohrozené dosahovanie dostatočného množstva úrod. Pri zníženom obsahu vápnika v orničnom horizonte môže ale dôjsť k zvýšenej mobilite ťažkých kovov, čo by mohlo zohrať úlohu v kvalite produkcie. To všetko je však eliminovateľné pravidelnou aplikáciou vápenatých hmôt v dostatočných dávkach.

### **Režim horčíka**

Horčík ako prvok sa nachádza v pôde v dostatočnom množstve, aj keď len malá časť sa nachádza vo formách prístupných pre rastliny (v závislosti od pôdneho typu, pôdnej reakcie, štruktúry pôdy a ďalších faktorov je to 5 – 10 % z celkového horčíka v pôde). Jednou z jeho dôležitých funkcií v pôde je aj to, že priaznivo ovplyvňuje hydrologické pomery pôd tým, že napr. v porovnaní s vápnikom znižuje presakovanie vody, spomaľuje jej kapilárny zdvih a zvyšuje napučíavanie pôdných koloidov. Toto by mohlo mať význam pri mierne zvýšenej priemernej teplote vzduchu, avšak ak vezmeme do úvahy aj mierny nárast priemerných zrážok, jeho úloha nebude výrazne iná, ako v súčasnosti.

Podľa výsledkov posledného agrochemického skúšania pôd až 97 % výmery poľnohospodárskych pôd na Slovensku zásobených horčíkom v strednej a dobrej kategórii zásobenosti, takže o osud tejto

živiny skutočne nie je dôvod mať obavy. Aj keď v udržania pozitívnej bilancie horčíka v pôde je treba dodať ročne asi 30 – 40 kg tejto živiny na hektár, horčík sa aplikuje ako súčasť vápenatých hmôt, aj ako zložka draselných hnojív. Navyše v maštalnom hnoji ho je taktiež dostatok. Aplikácia samotného horčíka nie je v súčasnosti vo veľkej väčšine prípadov potrebná. To isté sa dá predpokladať aj v budúcnosti, pretože ak budú aplikované vápenaté hmoty kvôli odstráneniu pôdnej kyslosti a draselné hnojivá, bude do pôdy automaticky aplikovaný aj horčík.

### **Prognóza živinového režimu**

Na základe prognózovaných zmien priemerných teplôt vzduchu a priemerných zrážok sa nedá vysloviť jednoznačný záver na zmenu živinových režimov v poľnohospodárskych pôdach. Z hľadiska dynamiky živín v pôde je predpokladaná zmena klimatických podmienok príliš mierna na to, aby sa táto charakteristika mohla výrazne zmeniť.

Navyše v dôsledku výraznej heterogenity prostredia by bolo možné uvažovať s niektorými zmenami len na pedologicky rovnomernom území. To znamená, napr. na veľmi ľahkých pôdach môže dôjsť k vyplavovaniu draselných, horečnatých a vápenatých kationov aj v prípade dlhotrvajúceho sucha, ale naopak, na ťažkých pôdach toto nebezpečenstvo nehrozí. Ak vezmeme do úvahy celú výmeru poľnohospodárskych pôd Slovenska, globálne sa na režime pôdných živín nebude meniť prakticky nič.

Väčšie diferencie možno očakávať v priebehu extrémnych, najmä suchých a teplých rokov. V takýchto podmienkach môže dôjsť k väčšej fixácii živín v pôde, čo môže mať za následok menšie množstvo živín prístupných pre pestované rastliny. Najnovšie pokusy však ukázali, že správne hnojenie znižuje závislosť úrod od poveternostných podmienok a zlepšuje využívanie potenciálu prostredia. Rastúci výskyt extrémov v počasí robí zo správneho hnojenia jednu z najdôležitejších podmienok dosahovania stabilných a rentabilných úrod (Jamriška a kol., 2004). Najvýznamnejší pozitívny účinok na tolerantnosť rastlín proti nedostatku vody má aplikovanie organických hnojív v kombinácii s priemyselnými hnojivami, najmä dusíkatými.

Dost' vážnym dôsledkom bude ale posun vegetačných období. Do roku 2075 sa predpokladá predĺženie hlavného vegetačného obdobia (ohraničené  $T \geq 10,0^{\circ}\text{C}$ ) na južnom Slovensku o 43 dní, na severných poľnohospodársky využívaných oblastiach Slovensku až o 84 dní. Podobne sa predpokladá v nižších nadmorských výškach pokles zrážok, vo vyšších nadmorských výškach naopak zvýšenie zrážkovej činnosti, najmä formou miestnych dažďov. Toto bude potrebné eliminovať aj novým prístupom ku všetkým činnostiam na pôde, či už technológiou pestovania rastlín, prepracovaním šľachtiteľských zámerov, prepracovaním agroklimatickej rajonizácie a štruktúry pestovaných druhov a odrôd (so zohľadnením organizačných a ekonomických hľadísk) alebo aj reguláciou vodného režimu pôdy.

### **LITERATÚRA**

- Bedrna, Z., 1977: Pôdotvorné procesy a pôdne režimy. VEDA, vydavateľstvo SAV, Bratislava, 1977, 132 s.
- Druhá národná správa o zmene klímy, 1997: Slovenská republika. SHMÚ Bratislava, 74 s.
- Jamriška, P., Rückschloss, L., Hašana, R., 2004: Hnojenie – významný faktor znižovania závislosti úrod od poveternostných podmienok. <http://www.agroporadenstvo.sk/rv/obilniny/hnojenie.htm>.
- Lapin, M., Melo, M., 2002: Scenáre časových radov 10 klimatických prvkov pre obdobie 2001 – 2090 podľa modelov CCCM2000 a GISS98. In: Zborník abstraktov zo XIV. Čsl. bioklimatologickej konferencie Bioklima-Prostředí-Hospodářství. Lednice, 34 s.

# VPLYV VLNKOSTI PÔDY NA BIOPRODUKCIU LESNÝCH EKOSYSTÉMOV

## Soil water balance and forest ecosystem bioproduction

Ladislav TUŽINSKÝ, Viliam PICHLER, Juraj GREGOR, Ladislav BREZINA

Lesnícka fakulta TU, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, SR

[tuzinsky@vsld.tuzvo.sk](mailto:tuzinsky@vsld.tuzvo.sk)

### Abstrakt

Predmetom práce je štúdium závislostí medzi vlhkostnými pomermi v pôde a hrúbkovým prírastkom duba (*Quercus petraea* [Mattusch] Liebl.). Z viac ako 20 ročného výskumu vyplýva, že vzájomné vzťahy medzi stanovištnými pomermi a produkciou sú veľmi zložité a nemožno ich uzavrieť, ani zovšeobecniť. Preukázaná štatistická významnosť vplyvu množstva vody v pôde na produkčnú schopnosť duba v období s nízkou, resp. nedostatočnou zásobou využiteľnej vody poukazuje na skutočnosť, že voda sa stáva v takomto období limitujúcim faktorom rastu a existencie lesných ekosystémov. Vzhľadom na stále častejší výskyt suchých a teplých období, najmä v letných mesiacoch hydrologického roka, možno okrem zhoršenia biologickej aktivity pôdy očakávať aj fyziologické oslabenie drevín.

**Kľúčové slová:** vlhkosť pôdy, hydrolimity, využiteľná vody, hrúbkový prírastok

### Abstract

Topic of presented paper is evaluation of the soil water regime changing influence on the production, namely diameter increment of durmast oak (*Quercus petraea* [Mattusch] Liebl.). Data were gained during 20 years long lasting research carried out at the research plot in Čifáre in oak ecosystem. Research results do not show clear influence of the water balance on increase or decrease of the diameter increment. During periods with sufficient soil water supply (very good – good supply of available soil water) diameter increment increase. On the other hand, during periods with low or very low supply of available water the diameter increment decreases. Significant mutual relations during the most of the growing season were not observed. We presume that spatial and time distribution of the precipitation is the most influencing factor. Limited supply of available water occurs usually at the end of the growing season – it means after the time when diameter increment culminates. Thus, possible reactions of oak to the existing soil water conditions can be observed in the following years.

**Key words:** soil moisture, diameter increment, growing season

### ÚVOD

Základnou podmienkou existencie a vysokej produkcie lesných ekosystémov je priaznivý vodný režim pôdy. Dodávka potrebného množstva vody a s ňou aj živín je na väčšine lesného pôdneho fondu zabezpečovaná prostredníctvom atmosférických zrážok. Z doterajších údajov o množstve, pohyblivosti a prítomnosti využiteľnej vody pre rastliny vyplýva, že v lesných pôdach sa pohybuje množstvo vody vo veľmi širokých variačných rozpätiach. V prípade priaznivých zrážkových úhrnov, ich normálneho časového a priestorového rozloženia sú lesné porasty zabezpečené vodou prevažnú časť vegetačného obdobia, kedy sa vytvára hrúbkový prírastok. Najmenej priaznivé vlhkostné pomery sú v najnižších lesných vegetačných stupňoch, kde sa v ostatnom období vyskytujú dlhšie trvajúce suché periódy. V takomto prípade dochádza k veľkým stratám vody využívaným pre evapotranspiráciu a jej zásoby môžu klesnúť až do stavu nízkej, resp. nedostatočnej zásoby. Pre vegetáciu to znamená fyziologické oslabenie, stratu väčšiny asimilačných orgánov, obmedzenie rastu a zníženie odolnosti proti škodlivým činiteľom.

## MATERIÁL A METÓDY

K zisteniu množstva vody pôde sme použili gravimetrickú metódu. Pôdne vzorky sme odoberali do kovových vysúšačiek, do hĺbky 100 cm, v 10 cm vrstvách, v 3 až 5 opakovaníach, alebo zo zmiešanej vzorky z 5 odberových miest. Okamžitá vlhkosť pôdy sa určila po vysušení vzoriek pri 105°C.

Hydrofyzikálnu charakteristiku pôdy (tab. 1) sme okrem jej mernej a objemovej hmotnosti hodnotili aj prostredníctvom maximálnej kapilárnej kapacity (MKK) podľa Nováka (in Klika a kol., 1954), najmenšej vodnej kapacity (NV) podľa Dolgova (1959), v prirodzených podmienkach metódou stanovenia poľnej vodnej kapacity (PV), bodom zníženej dostupnosti (BZD), bodom vädnutia (BV) podľa Drbala (1965) a maximálnou hygroskopicitou (MH) podľa Mitscherlicha v Beutelspacherovej modifikácii.

Tab. 1 *Hydrofyzikálne vlastnosti pôdy*

Charakteristika	Hĺbka pôdy v cm					Σ mm
	0 – 10	20 – 30	40 – 50	70 – 80	90 – 100	0 – 100
Mer. hmotnosť (g.cm <sup>-3</sup> )	2,41	2,49	2,54	2,57	2,58	–
Obj. hmotnosť (g.cm <sup>-3</sup> )	1,31	1,40	1,45	1,49	1,52	–
Pórovitosť (obj. %)	50,3	47,8	43,5	41,8	41,6	–
MKK (obj. %)	36,7	36,0	33,8	32,8	30,5	334,2
BZD (obj. %)	30,3	27,7	25,3	24,5	24,0	254,9
BV (obj. %)	11,8	11,0	10,5	10,9	11,0	109,3

Pri stanovení fyziologicky prístupnej vody sme za hranicu medzi fyziologicky prístupnou a mŕtvou vodou použili bod vädnutia (BV). Zásobu využiteľnej vody (tab. 2) sme hodnotili podľa Kutílka (1966), ekologickú klasifikáciu vodného režimu pôd podľa toho istého autora (Kutílek, 1971).

Tab. 2 *Zásoba využiteľnej vody (Kutílek, 1966)*

Zásoba využiteľnej vody v mm			
vo vrstve pôdy 0 – 20 cm		vo vrstve pôdy 0 – 100 cm <sup>(3)</sup>	
dobrá	> 40 mm	veľmi dobrá	> 160 mm
dostatočná	20 – 40	dobrá	130 – 160
nedostatočná	< 20	dostatočná	90 – 130
		nízka	60 – 90
		veľmi nízka	< 60

Hrúbkový prírastok sme zisťovali zo stromových vývrtov Presslerovým nebožiecom z kmeňov vybraných stromov, ktoré z biosociologického postavenia neboli susednými stromami v raste ovplyvňované a javili sa ako zdravé.

Výskumná plocha Čifáre, ktorá sa nachádza na území LHC Čifáre, OLZ Levice, patrí klimaticky do teplej oblasti s počtom 60 až 70 letných dní v roku. Priemerná ročná teplota je okolo 9°C, vo vegetačnom období okolo 16°C, ročný úhrn zrážok sa pohybuje 560 mm, vo vegetačnom období okolo 300 mm (tab. 3).

Tab. 3 *Základné klimatické údaje*

Teplota vzduchu v °C, Nový Tekov 1931 – 1960													
XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Rok	VO
4,7	0,1	-2,5	-1,5	4,2	10,2	15,0	18,1	20,3	19,5	15,6	9,7	9,5	16,4
Zrážky v mm, Čifáre 1931 – 1960													
57	46	38	39	35	35	53	62	56	52	33	48	554	291

Výskumná plocha sa nachádza v 1. lesnom vegetačnom stupni, typologicky patrí do slt *Carpineto-Quercetum*. V drevinovom zložení je dub zimný [*Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl.] zastúpený 100 %. Priemerný vek porastu je 90 rokov (1995), zápoj 90 %, zakmenenie 0,7. Pokryvnosť krovitej, bylinnej etáže a tráv je 90 %. Pôda je fyziologicky hlboká, smerom nadol ílovitohlinitá so strednou textúrnou diferenciáciou, veľmi kyslá, smerom nadol kyslá, v koreňovom priestore duba silno vylúhovaná, oglejená, ilimerizovaná, s malými zásobami humusu zo sprašovej hlíny, so zhoršenými vodnovzdušnými pomermi v hĺbke pod 40 cm. Bohatšie prekorenenie je do hĺbky 45 až 50 cm, ojedinele aj hlbšie. Pôdnym typom je luvizem pseudoglejová.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Problematika existencie a produkčnej schopnosti lesných porastov je veľmi aktuálna, ale zároveň aj veľmi zložitá. Domnievame sa, že z množstva faktorov a činiteľov (teplo, svetlo, živiny a ďalšie), ktoré sa na tomto procese zúčastňujú, patrí významné miesto vodnému režimu pôdy. Z množstva prác a dlhodobých výskumov je známe, že k výrazným zmenám prírastku dochádza pri dlhotrvajúcich suchých obdobiach vplyvom sucha a naopak aj pri dlhšie trvajúcim prevlhčení pôdy. V našom príspevku sme sa pokúsili posúdiť 20 ročný vzťah medzi množstvom vody vo fyziologickom profile pôdy pod dubovým porastom a jeho hrúbkovým prírastkom v klimaticky rozdielnych vegetačných obdobiach.

### *Vlhkosť pôdy*

Z doteraz vykonaného, viac ako 20 ročného výskumu vodného režimu pôdy na trvalej výskumnej ploche v Čifároch (Tužinský, 1998, 2004) vyplýva, že dynamika a periodicitá vlhkosti pôdy je vo fyziologickom profile pôdy (0 – 100 cm) veľmi variabilná. Prevažnú časť hydrologického roka sa jej hodnoty pohybujú v existenčnom intervale vlhkosti pôdy (MKK-BV). Z aspektu produkčných možností, osobitne prírastku stromov, je množstvo vody a následne jej transport v procese transpirácie zvlášť dôležitý vo vegetačnom období, v čase, kedy sa prírastok vytvára. V tejto súvislosti treba upozorniť najmä na množstvo a dynamiku pôdnej vody, osobitne na jej pohyblivosť, stratifikáciu a prístupnosť pre rastliny.

Na začiatku vegetačného obdobia je fyziologicky profil pôdy väčšinou dostatočne nasýtený vodou. V pôde sa nachádza kapilárne pohyblivá a pre rastliny dobrá zásoba využiteľnej vody. V období s vyššími zásobami vody zo zimných mesiacov a pri topení snehu sa v povrchových vrstvách pôdy vyskytuje aj gravitačne presakujúca voda, ktorá sa do hlbších vrstiev pôdy vzhľadom na zhutnený iluviálny horizont (> 40 cm) dostáva len v obmedzenom množstve. V ďalšom priebehu vegetačného obdobia vplyvom zvyšujúcej sa teploty vzduchu a dobrých zásob vody zo zimného, akumuláčného obdobia dochádza k intenzívnemu vysychaniu pôdy. Denné úhrny evapotranspirácie sa často pohybujú v kategórii vysokých hodnôt (okolo 3,0 až 4,0 mm.deň<sup>-1</sup>), ktoré sú takmer porovnateľné s výdajom vody na celkový výpar z lužných lesov (Mráz, 1973).

Najvýraznejšia dynamika vlhkosti pôdy je v povrchových vrstvách pôdy. Vo vrstve 0 – 20 cm varíruje od prevlhčenia (> PVK) až pod kritickú hodnotu BV (obr. 1, 0 – 20 cm) Prítomnosť veľmi nízkej, resp. nedostatočnej zásoby využiteľnej vody v letných mesiac je veľmi častá. Vo vzťahu k vegetácii sa prejavuje zmenou a zložením jednotlivých druhov bylinnej vegetácie.

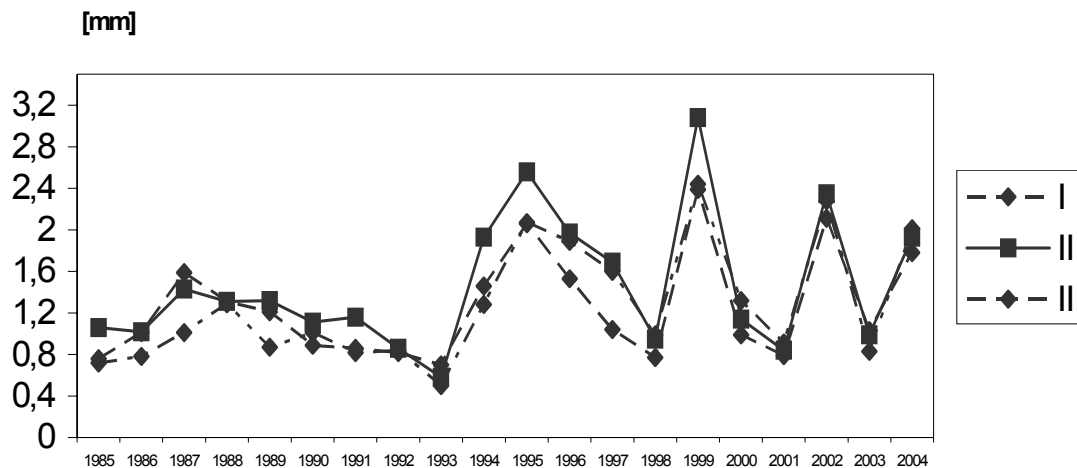
V celom fyziologickom profile pôdy (obr. 1, 0 – 100 cm) sa vlhkosť pôdy v priebehu vegetačného obdobia postupne znižuje. Vlhkostný stav s kapilárne pohyblivou a pre rastliny dobrou zásobou využiteľnej vody trvá približne do konca mája, v prípade veľmi dobrých zásob pôdnej vody zo zimného obdobia a priaznivých poveternostných podmienok, do konca júna. V ďalšom období vegetácie vzhľadom na zvyšujúce sa teploty a deficit zrážok dochádza v relatívne krátkom čase k zmene obsahu pôdnej vody, z kapilárne menej pohyblivej a rastlinám obmedzenej vody až do kategórie nízkej zásoby využiteľnej vody (< 90 mm), ktorá sa stáva často dominantným intervalom vlhkosti pôdy v letných mesiacoch (júl, august). V extrémne suchých obdobiach (2000, 2004) sa môže obdobie s obmedzenou zásobou využiteľnej vody predĺžiť aj do konca vegetačného obdobia.

### *Hrúbkový prírastok*

Najväčšie hodnoty hrúbkového prírastku (> 2 mm) sme analyzovali v rokoch 1995, 1999, 2002 a 2004 (obr. 2). Jednalo sa o roky, kedy vo vegetačných obdobiach vlhkosť vo fyziologickom profile

pôdy varírovala prevažne v hornej polovici existenčného intervalu vlhkosti pôdy. Stav vody predstavoval väčšinou kapilárne pohyblivú vodu, s dobrou až dostatočnou zásobou využiteľnej vody. V priebehu celého vegetačného obdobia neklesla zásoba vody pod kritickú hodnotu hydrolimitu bodu vädnutia (BV). Optimálne zásoby pôdnej vody (60 – 80 % MKK) sa udržali v pôde do konca júna.

Obr. 2 Hodnoty hrúbkového prírastku (mm) duba zimného na TPP v Čifároch



Kapilárne nepohyblivá a pre rastliny obmedzená, resp. nízka zásoba využiteľnej vody sa v najväčšej miere prejavili v rokoch 1998, 2000, 2001 a 2003. Obmedzené zásobenie vody možno pokladať za jedného z činiteľov, ktorý mal podiel na znížení prírastku pod hodnotu 1,0 mm. K analógickým výsledkom dospeli aj iní autori, napr. Mráz a Vinš (1973). Vzťah medzi zásobením vodou a hrúbkovým prírastkom sledovali na sérii výskumných plôch v lužných lesoch na južnej Morave. V priebehu výskumu zistili zníženie prírastkov okrem vlhkového stavu pri nedostatočnom zásobení vodou a prevlhčení pôdy aj vo vegetačných obdobiach, ktoré nasledovali po silných mrazoch.

V ostávajúcich vegetačných obdobiach sa hrúbkový prírastok pohyboval v rozmedzí od 0,8 do 2,0 mm. Vo rokoch 1985 – 1993 je evidentné menšie kolísanie hodnôt hrúbkového prírastku. Kladný vplyv zrážkových pomerov a s tým súvisiaci vplyv stúpajúcich hodnôt zásobenia vody v roku 1987 spočíva okrem zrážkového úhrnu aj od ich časového rozloženia.

## ZÁVER

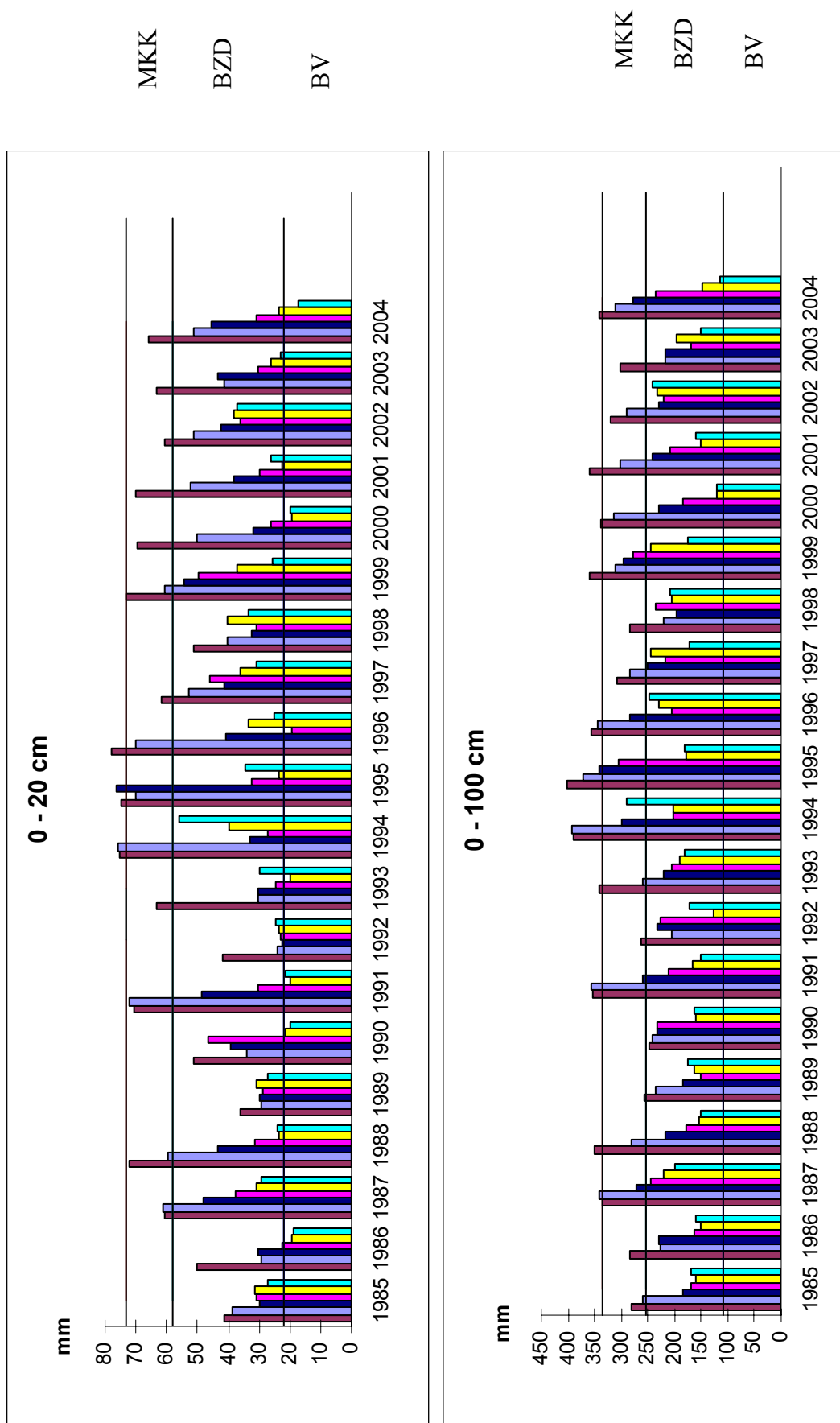
Priebeh hrúbkového prírastku duba zimného možno vysvetliť pôsobením viacerých činiteľov. Napriek tomu, že vplyvom priaznivejšieho vodného režimu lesných pôd dochádza k zvýšeniu prírastku, nemožno na výskumnej ploche v Čifároch hovoriť o jeho rozhodujúcom vplyve. Z doterajších meraní vlhkosti pôdy na trvalej výskumnej ploche v Čifároch vyplýva, že aj v prípade poklesu zásob využiteľnej vody do kategórie nízkej, resp. nedostatočnej zásoby využiteľnej vody, nedochádza k predpokladanému zníženiu hrúbkového prírastku. Tento poznatok možno odôvodniť v období sucha zmenou čerpania vody aktívnymi koreňmi vo fyziologickom profile pôdy.

*Podakovanie: Táto práca bola podporená finančnými prostriedkami z grantov 1/0635/03, 1/2383/05 a 1/2357/05.*

## LITERATÚRA

- Dolgov, S. I., 1948: O davljenijach, uderživajuščich vodu v počve. Dokl. VASCHNIL, Moskva, 2.
- Drbal, J., 1965: Praktikum melioračního půdoznalství. SNTL Praha.
- Klika, J., Novák, V., Gregor, A., 1954: Praktikum fytocenologie, ekologie, klimatologie a půdoznalství. Nakladatelství ČSAV, Praha, 773 s.
- Mráz, K., Vinš, B., 1973: Vliv zásobení vodou na tloušťkový přírůst dubu a jasanu v jihomoravských lužních lesích. Zprávy lesnického výzkumu, svazek XIX, 3/1973, s. 9-13.
- Tužinský, L., 1998: Výskum vody v luvizemi dubového ekosystému vo vzťahu k atmosférickým zrážkam. Lesnícky časopis 44(1 – 2), s. 87-90.
- Tužinský, L., 2004: Vodný režim lesných pôd. TU Zvolen, 101 s.
- Kutílek, M., 1966: Vodohospodářská pedologie. SNTL, Praha, 275 s.
- Kutílek, M., 1971: Ekologická klasifikace půdní vlhkosti. Vodní hospodářství 9, s. 250-256.

Obr. 1 Zásoba vody (mm) v povrchovej 0 – 20 cm vrstve a fyziologickom profile (0 – 100 cm) v Čifároch pod dubovým porastom vo vegetačnom období (IV. – IX.)



# PROTIEROZNÍ OCHRANA V AGROENVIRONMENTÁLNÍCH PROGRAMECH

## Erosion control in the agro-environmental programs

Jana UHLÍŘOVÁ

*Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, Oddělení pozemkových úprav Brno,  
Lidická 25/27, 65720 Brno, ČR  
[uhlirova@vumopbrno.cz](mailto:uhlirova@vumopbrno.cz)*

### Abstrakt

Agroenvironmentální programy (AEP) v horizontálním plánu rozvoje venkova byly vyhlášeny po vstupu ČR do Evropské unie, otevírají možnost využívání finančních prostředků Společné zemědělské politiky. Motivují uživatele zemědělské půdy k realizaci ekologických opatření v krajině, mj. i opatření pro omezení plošné vodní eroze. Pokusili jsme se modelově vyhodnotit vliv protierozních opatření vyprojektovaných podle zásad Agroenvironmentálních programů na experimentálním povodí Kopaninského potoka reprezentujícím svažité, intenzivně zemědělsky využívané oblasti. Agroenvironmentální opatření sice pozitivně přispívají k protierozní ochraně půdy, ale zdá se, že nejsou dostatečně efektivní. Hrubý pilotní průzkum ukázal, že v podmínkách českého krystalinika se agroenvironmentální opatření vztahují na celé pokusné území, ale protierozní ochrana je z 67 % nadbytečná (nejsou překročeny limity odnosu půdy) a na ostatní erozní části území je účinná pouze z 50 %.

**Klíčová slova:** Agroenvironmentální programy HRDP, protierozní ochrana, efektivita

### Abstract

The Agroenvironmental programs (AEP) in the Horizontal rural development plan were proclaimed after the admittance of Czech Republic to the Europe Union. They open possibilities of utilization of the Common agriculture policy fund and they motivate the agricultural land users to realize ecological measures in a country, including water erosion measures. We tried to estimate efficiency of designed erosion measures by the principles of Agroenvironmental programs in the experimental watershed of Kopaninský stream, which represents steep, intensively used agricultural areas. Though agroenvironmental measures positively affect to soil erosion protection, however it seems, that they are not effective enough. Raw pilot survey showed, that agroenvironmental measures, in the conditions of Czech crystalline complex, could be applied to all experimental area, but the erosion measures are redundant from 67 % (soil loss limits are not exceeded) and erosion efficiency on the other area (with higher erosion risk) is only 50 %.

**Key words:** Agro-environmental programs HRDP, erosion control, efficiency

### ÚVOD

Půda je nenahraditelný přírodní zdroj. Její zachování a zúrodnování jsou základní předpoklady dostatečné a kvalitní zemědělské produkce. Odhaduje se, že na území ČR je 40 % výměry zemědělské půdy ohroženo vodní erozí. Dochází při ní k plošnému smyvu především povrchových vrstev půdy, zkracování půdních profilů, v depresích se prohlubují dráhy soustředěného odtoku a dochází zde k vzniku strží. V údolních polohách jsou patrné akumulární procesy, což je důsledek překrývání původního humusového horizontu vrstvami transportovaných splavenin. Při transportu erodované půdy do vodních toků a nádrží dochází k jejich znečištění a zanášení.

Zachování produkční funkce půdy je pouze jedním z hledisek přístupu k hodnocení, plánování a dotváření zemědělské krajiny. V kontextu politicko-ekonomických změn je věnována stále větší

pozornost mimoprodukčním funkcím krajiny českého venkova. Zde hrají důležitou roli i protierozní opatření na ochranu ekologických funkcí půdy, které mají polyfunkční charakter:

- omezují odnos ornice,
- zvyšují retenci vody v krajině,
- přispívají k udržení a rozvoji biodiverzity v krajině,
- patří mezi stěžejní prvky pro obnovu krajinného rázu a zvýšení jejích estetických hodnot.

Realizace protierozních opatření se u nás ubírá dvěma základními směry – jako součást komplexních pozemkových úprav a nebo v rámci prosazování Společné zemědělské politiky Evropské unie.

V komplexních pozemkových úpravách se protierozní opatření projektují v plánu společných zařízení. Návrh jejich parametrů je dán metodicky (Dumbrovský a kol., 2004; Uhlířová, Mazín, 2005) a opírá se o moderní poznatky o vodní erozi (Janeček a kol., 2002). Návrh opatření je zpracováván s ohledem na charakter krajiny, její typické prvky a potřeby zvýšení ekologické stability. Je v souladu s územním plánem a dotváří a integruje v sobě územní systém ekologické stability. Základními typy protierozních opatření v pozemkových úpravách jsou plošné zatravnění, zatravněné pásy, zatravněné průlehy, meze s doprovodnou zelení, specifické jsou cesty s protierozní funkcí, svodné příkopy a poldry. Pro prvky protierozní ochrany se vytvářejí v komplexních pozemkových úpravách samostatné parcely, jejichž vlastnictví je směřováno obcím nebo státu, aby bylo zajištěno zachování jejich účelu a údržba.

Agroenvironmentální programy v horizontálním plánu rozvoje venkova (HRDP) byly vyhlášeny po vstupu ČR do Evropské unie, otevírají možnost využívání finančních prostředků Společné zemědělské politiky. Motivují uživatele zemědělské půdy k realizaci ekologických opatření v krajině, mj. i opatření pro omezení plošné vodní eroze. Protierozní opatření jsou zaváděna podle dvou kategorií sklonu svahu:

- pro svahy v rozmezí 3 – 12° je možné čerpat platby na založení travních pásů v šířce 45 – 55 m se vzdáleností 50 – 200 m mezi nimi,
- svahy nad 12° je možné plošně zatravnit (dotace na plošné zatravnění se vztahuje i na mělké, písčité, a extrémně těžké půdy),
- pěstování meziplojin se dotuje bez ohledu na svažitost pozemku.

Tato opatření se realizují jako dočasná v hranicích hospodářských bloků.

Z řady studií protierozní ochrany (Podhrázská, 2004; Uhlířová, 2005) vyplývá, že erozní ohroženost pozemků (bloků) je velmi problematické kategorizovat pouze na základě jednoho faktoru jako je např. sklonitost. Stejnou měrou ovlivňuje plošný odnos orné půdy i délka pozemku, velký vliv má dále zejména faktor pedologický – náchylnost půdy k erozi. Faktor účinnosti přívalových dešťů  $R$  v různých klimatických podmínkách ČR výrazně kolísá.

## MATERIÁL A METODY

Pokusili jsme se modelově vyhodnotit vliv protierozních opatření vyprojektovaných podle zásad Agroenvironmentálních programů (AEP) na experimentálním povodí Kopaninského potoka reprezentujícím svažité, intenzivně zemědělsky využívané oblasti. V území byly podle metodiky Janečka a kol. (2002) vykresleny odtokové linie a pro každou vypočtena průměrná roční ztráta půdy vodní erozí podle univerzální rovnice (USLE). Výsledky byly porovnány s přípustnou ztrátou půdy, která je dána podle hloubky půdy. Byly vyhodnoceny svažitostní poměry území z hlediska možného nároku na uplatnění agroenvironmentálních opatření protierozní ochrany a porovnány se skutečnou potřebou protierozní ochrany orné půdy. Na plochách, kde průměrná roční ztráta půdy překročila stanovené limity, byly modelově vytvořeny protierozní pásy, tak jak to umožňují Agroenvironmentální programy. Účinnost opatření byla posouzena na základě kontrolního výpočtu ztráty půdy (USLE).

## VÝSLEDKY A DISKUSE

**Kopaninský potok** – okr. Pelhřimov

Přírodní podmínky: Českomoravská vrchovina

Plocha povodí: 713 ha

Orná půda: 328 ha

Trvalé travní porosty: 76 ha

Průměrná svažitost: 4,5°  
 Průměrná délka svahu: 296 m  
 Půdní faktor erodovatelnosti: 0,34  
 Odtokových linií celkem: 37  
 Z toho se sklonem nad 3°: 36  
 Překročený limit smyvu: 8 (na svazích nad 4°)

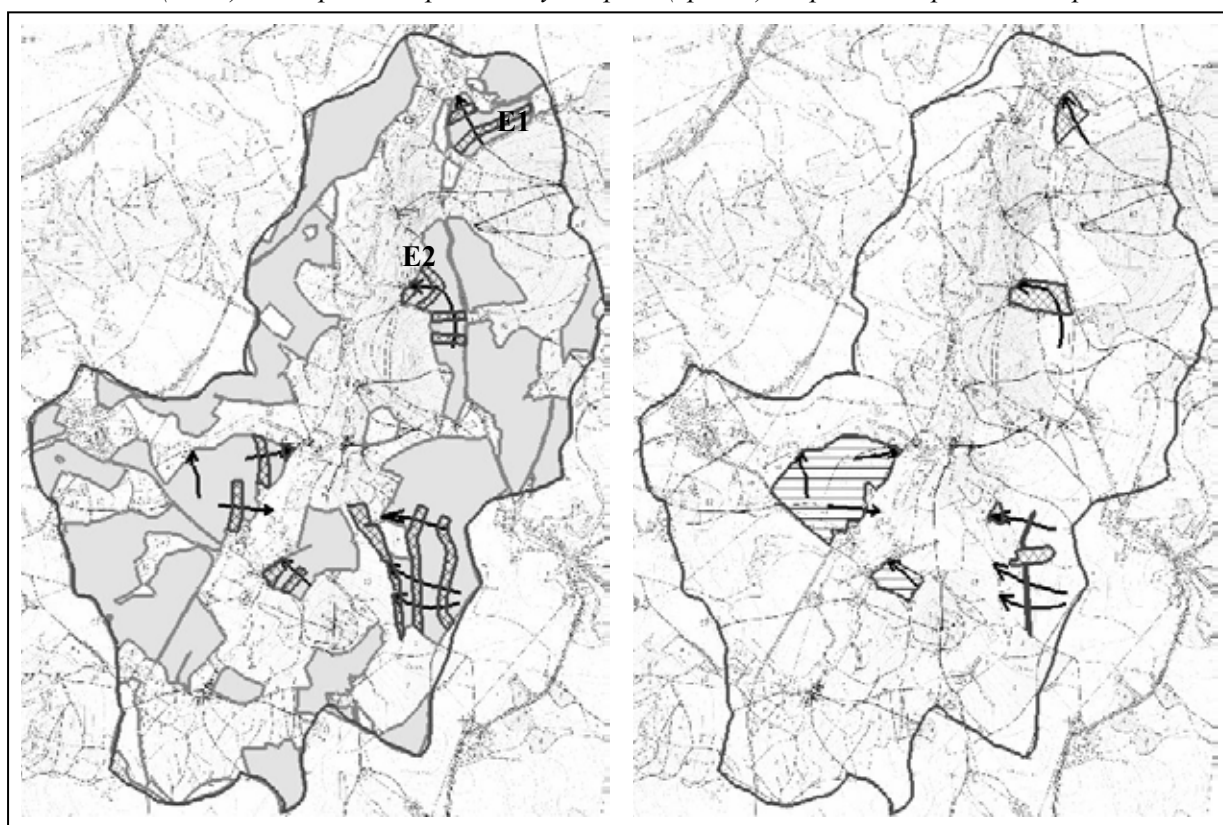
To znamená, že protierozní ochrana svahů nad 3° je v případě 78 % linií nadbytečná.

Řešení protierozní ochrany u 8 „nadlimitních“ linií travními pásy podle AEP:

- 2 linie – snížení smyvu pod limit,
- 4 linie – snížení smyvu těsně k limitu,
- 2 linie – nedostatečné snížení smyvu.

Celkové hodnocení: Pásy podle zásad AEP by určitě pozitivně přispěly k protierozní ochraně povodí, ale mohly by být neefektivní – umístěny nadbytečně na plochách s nižším rizikem eroze a na velmi rizikových svazích nemají dostatečnou intenzitu ochrany.

Obr. 1 Srovnání projektu protierozní ochrany podle zásad agroenvironmentálních programů (vlevo) a komplexních pozemkových úprav (vpravo) na povodí Kopaninského potoka



#### Legenda

Šedé plochy = orná půda se svažitostí 3 – 12°

Šipky = svahy s překročeným limitem erozního smyvu

Kosočtverečně šraf. plochy = protierozní travní pásy

E1, E2 = lokality, kde by AEP bylo nedostačující

#### Legenda

Šipky = svahy s překročeným limitem erozního smyvu

Kosočtverečně šraf. plochy = protierozní zatravnění

Liniové prvky = protierozní meze

Vodorovně šrafované plochy = vyloučení pěstování erozně nebezpečných plodin

Z celkové výměry 328 ha orné půdy je většina (310 ha) v kategorii svažitosti 3 – 12°. To znamená, že protierozní opatření AEP by mohla být realizována v téměř celém povodí. Podle výpočtu odnosu půdy (USLE) je erozně rizikových honů orné půdy pouze 5 a mají úhrnnou plochu 102 ha. Pokud by

se protierozní ochrana AEP uplatnila na těchto silně erozí ohrožených svazích, vyžadovala by pásové zatravnění o výměře 21 ha (obr. 1). Travních pásů musí být většinou více nad sebou (2 až 4), aby měly vyšší účinek. Zhoršují se tím podmínky pro plošné obdělávání honů. Na lokalitách označených na obr. 1 symboly E1 a E2 by realizované pásy nesnížily plošný smyv půdy pod limitní hodnotu 4 t/ha/rok. Protierozní opatření projektovaná podle metodiky KPÚ by zahrnovala zatravnění plochy 10 ha, vyloučení pěstování erozně nebezpečných plodin na ploše 26 ha a vybudování 2 protierozních mezí (obr. 1). Na všech erozně ohrožených blocích by se smyv půdy snížil pod limitní hodnoty.

Agroenvironmentální opatření sice pozitivně přispívají k protierozní ochraně půdy, ale zdá se, že nejsou dostatečně efektivní. Hrubý pilotní průzkum ukázal, že v podmínkách českého krystalinika se agroenvironmentální opatření vztahují na celé pokusné území, ale protierozní ochrana je z 67 % nadbytečná (nejdou překročeny limity odnosu půdy) a na ostatní erozní části území je účinná pouze z 50 %. První výsledky ze stejné analýzy účinnosti protierozních opatření na území Hustopečské pahorkatiny, reprezentující svažité podmínky jižní Moravy, ukazují, že protierozní opatření Agroenvironmentálních programů jsou zcela neúčinná. Limit 10 t/ha/rok je zde překročen několika-násobně (až 67 t/ha/rok) – tak vysoké smyvy travní pásy neomezí, je nutné celoplošné zatravnění nebo rozsekání svahů mezemi.

## **ZÁVĚR**

Zavádění Agroenvironmentálních programů je u nás novým prvkem ekologické politiky. Byly vypracovány podle obecných zásad Evropské unie. V současné době se jeví potřebné podrobit odborné kritice kritéria programů, zejména programu protierozní ochrany. Specifické podmínky české zemědělské krajiny vyžadují posoudit a navrhnout možnosti zvýšení účinnosti protierozní ochrany v návaznosti na regionální klimatické, pedologické a geomorfologické charakteristiky.

## **LITERATURA**

- Dumbrovský, M. a kol., 2004: Metodický návod pro vypracování návrhů pozemkových úprav. Praha: ČMKPÚ, 190 s.
- Janeček, M. a kol., 2002: Ochrana zemědělské půdy před erozí. 1. vyd. Praha: nakladatelství ISV, 201 s. ISBN 80-85866-86-2.
- Podhrázská, J., 2004: Studie protierozní a protipovodňové ochrany v malých povodích. In Pozemkové úpravy a vodní hospodářství. Sborník IX. konference. Kutná Hora: OSV ČR, 9. – 10. 6. 2004, s. 61-64. ISBN 80-02-01528-2.
- Uhliřová, J., 2005: Integrovaná ochrana půdy a vody v povodí Kopaninského potoka. Soil and Water, 2005, v tisku. ISSN 1213-8673.
- Uhliřová, J., Mazín, V. a kol. 2005: Metodika studie širších územních vazeb ochrany půdy a vody v KPÚ. Praha: VÚMOP Praha, 31 s. ISBN 80-239-4845-8.

# VLIV ÚTLUMU HOSPODAŘENÍ NA VLASTNOSTI RIZIKOVÝCH PRVKŮ V PŮDĚ

## Influence of farming attenuation of on risk elements behaviour in soil

Radim VÁCHA, Markéta VYSLOUŽILOVÁ, Jarmila ČECHMÁNKOVÁ,  
Věra HORVÁTHOVÁ

*Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, Žabovřeská 250,  
156 27 Praha 5 – Zbraslav, ČR*

[vacha@vumop.cz](mailto:vacha@vumop.cz)

### Abstrakt

V rámci etapy výzkumného záměru MZE-M07-99-03 „Komplexní řešení problémů hospodaření s půdou, vodou a krajinou“ byl v roce 2002 výzkum zaměřen na chování rizikových prvků v půdách, v závislosti na jejím způsobu využití. Změny půdních vlastností byly studovány po změně kultury z intenzivně využívané sledovány orné půdy na pastviny s extenzivním charakterem využití. Vzhledem k omezenému rozsahu sledování, pokládáme výstupy za prvotní získání výsledků. Výsledky ukazují, že dlouhodobá absence hospodaření na půdách vede ke změně jejich vlastností, projevující se změnou hodnoty pH a  $C_{org}$ . Na půdě s padesátiletým extenzivním režimem využití půdy byly tyto změny nejvýraznější, byl zde vyvinut diferencovaný humusový horizont s vysokým obsahem  $C_{org}$ , přičemž převahu prokázaly huminové kyseliny nad fulvokyselinami. Byla detekována vazba rizikových prvků na organickou hmotu, a to i v případě Cd v kyselém prostředí. V půdním profilu na lokalitách, které byly převedeny na extenzivní využití před kratší časovou periodou jsou celkové obsahy i jejich vazby na jednotlivé půdní frakce více vyrovnané.

**Klíčová slova:** útlum hospodaření na půdách, rizikové prvky, změna půdních vlastností

### Abstract

Within the period of research project MZE-M07-99-03 „Global solution of soil, water and landscape management problems“ there was the research in 2002 focussed on risk elements behaviour in the soil in dependence on farming use. Soil properties changes were studied after an arable land transformation to grazing ground with extensive use of farming. With respect to a restricted range of observation the findings should be considered as primary results. However, these results show that extensive farming leads to some soil characteristic changes, expressed mainly by pH and  $C_{org}$  value changes. The most marked changes were found in soil with 50 years extensive farming (pasture). There was developed differenced humic horizon with high  $C_{org}$  value whereas the humic acids outweigh the fulvic acids. Intensive risk element bounding on organic matter was detected, Cd in acid soil, as well. The total contents of risk elements and their contents in individual soil fractions were more balanced in soil profile on localities that were transformed to pasture land in near past.

**Key words:** farming attenuation on soil, risk elements, change of soil properties

### ÚVOD

Byly studovány změny půdních vlastností po změně kultury a to z intenzivně využívané sledovány orné půdy na pastviny s extenzivním charakterem využití (etapa výzkumného záměru MZE-M07-99-03 „Komplexní řešení problémů hospodaření s půdou, vodou a krajinou“). Výzkum byl realizován v roce 2002 a zaměřen na chování rizikových prvků v půdách, v závislosti na jejím způsobu využití. Vzhledem k omezenému rozsahu sledování, pokládáme výstupy za prvotní získání výsledků.

## MATERIÁL A METODY

Odběr půdních vzorků byl proveden ze třech půdních horizontů na pěti lokalitách. Charakteristika odběrových míst je uvedena v tabulce 1. Lokalita Jenišov byla zvolena jako představitel kultury, která byla převedena z orné půdy na nevyužívanou plochu před 5ti lety. Další čtyři odběrové body byly vybrány na ploše o přibližné výměře 5x5 km a představují změnu kultury z orné půdy na extenzivně využívané pastviny. Zvolené odběrové body se liší časovou periodou, která uplynula od převodu kultur (převod před 50, 25, 15 a 5ti lety).

Odebrané vzorky byly analyzovány na základní půdní vlastnosti (pH,  $C_{org}$ , zrnitost) a na obsah rizikových prvků (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, V, a Zn). Bylo provedeno stanovení celkových obsahů RP (rozklad směsí kyselin) a jejich stanovení v extraktu 2M  $HNO_3$  a 1M  $NH_4NO_3$  a sekvenční analýza obsahů RP metodou Zeien, Brümmer (1989). V horizontech A (humusové horizonty) byla analyzována kvalita humusu (obsah HK a FK, Q 4/6). Veškeré analýzy byly provedeny v centrální laboratoři VÚMOP Praha.

Tab. 1 Charakteristika odběrových lokalit Jenišov a Pastviny

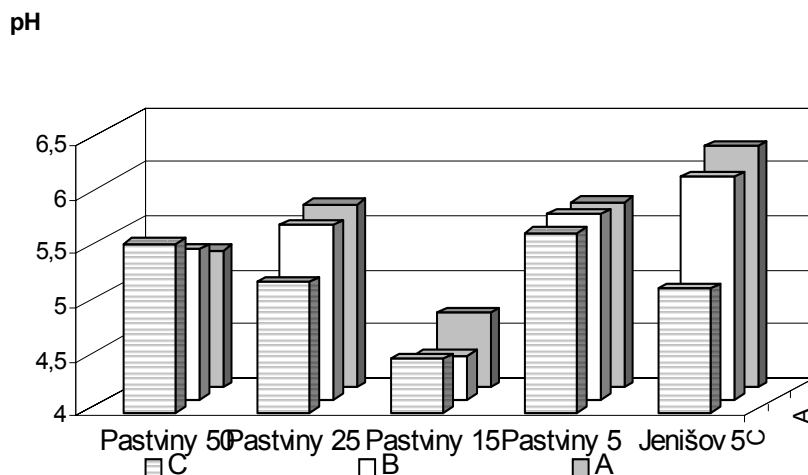
Lokalita	Okres	Půdní typ	Substrát	Hloubka odběru
Jenišov 5	Karlovy Vary	PGm	polygenet. hlíny	A – 15 cm B – 35 cm C – 75 cm
Pastviny 5	Cheb	KAm	svahoviny kys. hornin	A – 15 cm B – 35 cm C – 75 cm
Pastviny 15	Cheb	KAm	svahoviny kys. hornin	A – 15 cm B – 45 cm C – 65 cm
Pastviny 25	Cheb	KAm	svahoviny kys. hornin	A – 15 cm B – 35 cm C – 65 cm
Pastviny 50	Cheb	KAm	svahoviny kys. hornin	A – 15 cm B – 25 cm C – 50 cm

## VÝSLEDKY A DISKUSE

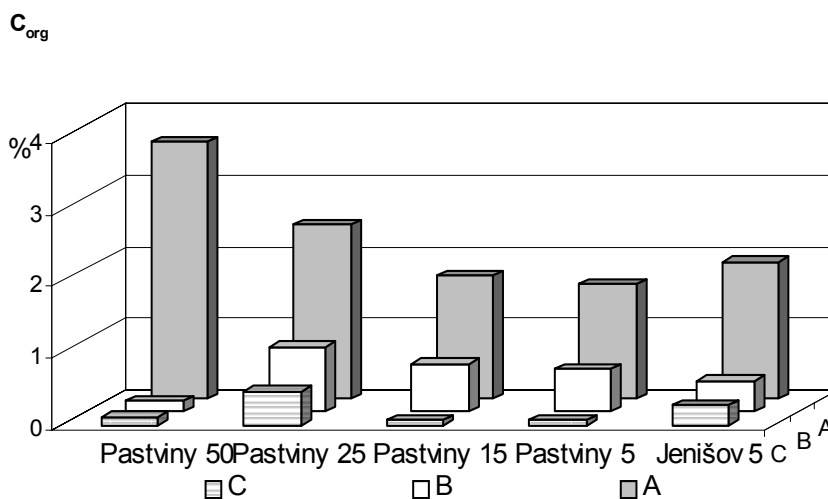
Hodnoty půdní reakce jsou vyjádřeny na obrázku 1. Nápadný pokles půdní reakce je patrný na lokalitě „Pastviny 15“, s nejvýraznějším okyselením v podorničním horizontu. Na lokalitě s nejdelší časovou periodou, od převodu z orné půdy na pastvinu (Pastviny 50), bylo zjištěno nejvýraznější okyselení v humusovém horizontu, směrem do hloubky hodnoty pH vzrůstá. Jev může souviset s dlouhodobou akumulací humusových látek kyselé povahy v humusovém horizontu a výraznější diferenciaci jednotlivých horizontů v průběhu dlouhé časové periody. Na lokalitě „Pastviny 5“ je patrná přetrvávající vyrovnaná hodnota půdní reakce ve všech třech půdních horizontech. Výraznější rozdíly v hodnotě pH vykazuje mezi horizontem C a dalšími dvěma nadložními horizonty pseudoglej modální na lokalitě Jenišov, zřejmě jako důsledek vápnění v nedávné minulosti. Srovnáme-li hodnoty zjištěné na této lokalitě a lokalitě „Pastviny 5“, můžeme usuzovat na pomalejší vyplavování Ca v profilu zrnitostně těžšího pseudogleje.

Hodnoty  $C_{org}$  (obr. 2) dokládají tendenci ke zvýšené kumulaci organické hmoty v humusových horizontech dlouhodobě neobhospodařovaných ploch. Hodnota  $C_{org}$  v humusových horizontech z lokalit „Pastviny“, roste úměrně v závislosti na délce časové periody, od uvedení půdy do režimu extenzivního využití. Stejný jev byl pozorován i u podorničních horizontů, ovšem s výjimkou stanoviště „Pastviny 50“, kde již došlo k radikální diferenciaci mezi humusovým horizontem, tvořeným převážně organickou hmotou trav v různém stupni rozkladu a podorničním horizontem minerálního charakteru.

Obr. 1 Hodnoty pH v půdních horizontech



Obr. 2 Zastoupení celkového uhlíku vázaného v organické hmotě



Kvalitativní ukazatele humusu (tab. 2) nasvědčují růstu podílu humínových kyselin na lokalitách s dlouhodobou akumulací organické hmoty v humusovém horizontu, kde můžeme usuzovat na setrvání stabilnějších humusových látek v horizontu a naopak ochuzení o mobilní humusové látky (migrace v profilu) v průběhu delší časové periody.

Tab. 2 Popis půdních charakteristik v humusovém horizontu

Lokalita	C-FK (%)	C-HK (%)	C-HL (%)	Q4/6	vým. H <sup>+</sup> mmol+/100g	S (ECEC) mmol+/100g	T (CEC) mmol+/100g	V stupeň nasycení (%)
Jenišov 5	0,32	0,39	0,71	4,2	3,5	18,4	21,9	84
Pastvina 50	0,71	0,79	1,50	7,8	10,5	11,1	21,6	51
Pastvina 25	0,62	0,36	0,98	7,0	7,0	13,8	20,8	66
Pastvina 15	0,50	0,19	0,69	4,4	11,0	8,4	19,4	43
Pastvina 5	0,44	0,09	0,53	8,0	4,5	13,2	17,7	75

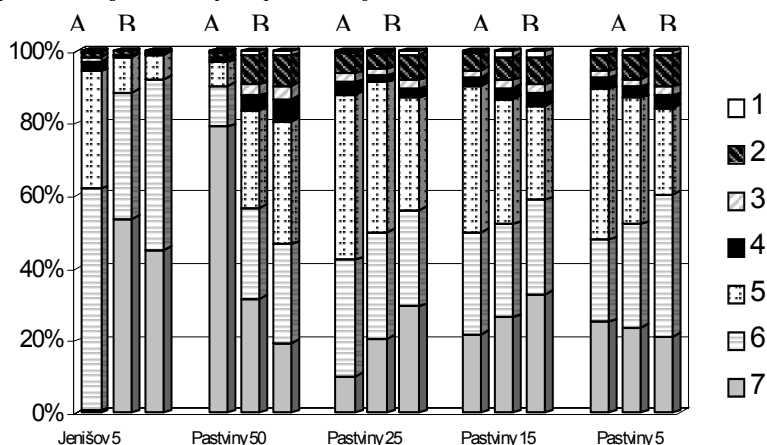
Celkové obsahy a podíly rizikových prvků extrahovatelné 2M HNO<sub>3</sub> jsou uvedeny v tabulce 3. Zvýšení obsahů nad horní hranici požadových hodnot, uvedených v návrhu novelizace vyhl. 13/1994 Sb. (Sánka a kol. 2002), jako tzv. preventivní limit, po přepočtu celkových obsahů na obsahy v lučavce královské, bylo zjištěno v případě As a Be na lokalitě Jenišov (imisní zátěž) a Cr na lokalitě Pastviny (geogenně podmíněné obsahy). V horizontu A na lokalitě „Pastviny 50“ byl mírně překročen

preventivní limit u Zn (imisní zátěž). Kromě uvedených prvků je zřejmé překročení požadované hodnoty u V na lokalitě Jenišov a Pastviny, který se ve většině případů váže na půdotvorný substrát (geogenně podmíněné obsahy).

Diferenciace prvků do jednotlivých horizontů, porovnání celkových obsahů RP a jejich obsahů v 2M HNO<sub>3</sub> a provedená sekvenční analýza rizikových prvků v půdách, vypovídá o dalších charakteristikách výskytu RP v půdách sledovaných lokalit. Následující RP byly vybrány s přihlédnutím k jejich ekotoxikologickému významu.

Obsah As v jednotlivých půdních horizontech dokumentuje jeho antropogenní vstup do půdy (imisní spady), a to především na lokalitě Jenišov. Z poměru celkových obsahů a obsahů As ve výluhu je patrná zvýšená mobilita As v humusových horizontech půd, v podorničních horizontech výtěžnost As v kyselině dusičné klesá (tab. 3). S tímto zjištěním dobře koresponduje sekvenční analýza obsahů As v půdě (obr. 3) v případě lokality Jenišov a „Pastviny 25“, kde pozorujeme pokles reziduálně vázaných obsahů As v humusovém horizontu. Na dalších stanovištích lokality Pastviny shoda mezi extrahovatelností 2M HNO<sub>3</sub> a výsledky sekvenční analýzy není patrná. Nejvýraznější disparitaci vykazuje stanoviště „Pastviny 50“, v menší míře i „Pastviny 5“.

Obr. 3 Zastoupení As v jednotlivých půdních frakcích

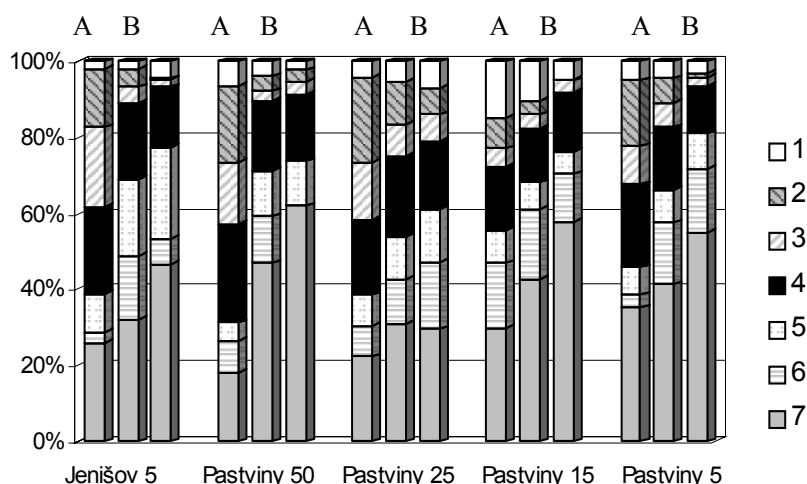


1 – mobilní frakce, 2 – lehce přístupná frakce, 3 – frakce vázaná na Mn-oxidy, 4 – organicky vázaná frakce, 5 – frakce vázaná na nekrystalické formy Fe, 6 – frakce vázaná na krystalické formy Fe, 7 – reziduálně vázaná frakce

Převažující antropogenní zátěži odpovídají také charakteristiky výskytu Cd v půdě (absolutní zátěž na všech lokalitách je nízká). Vyšší výtěžnosti Cd z celkového obsahu extraktem kyseliny dusičné v humusových horizontech odpovídají i výsledky sekvenční analýzy (obr. 4), kde nacházíme vyšší hodnoty mobilních frakcí (1, 2) a naopak nejnižší hodnoty reziduální frakce (7) v humusových horizontech všech sledovaných lokalit. Na stanovišti „Pastviny 50“ v humusovém horizontu je zřetelný nárůst obsahů Cd v organicky vázané frakci (4), korespondující s ukazateli obsahu a kvality humusu v půdě a vedoucí k retenci Cd v humusovém horizontu i ve výrazně kyselém prostředí.

Obsahy Cr v jednotlivých půdních horizontech dokladují převažující geogenní zátěž na všech lokalitách, kromě stanoviště „Pastviny 5“ (zřejmě zvýšená imisní zátěž, vzhledem k expozici stanoviště). Také na stanovišti „Pastviny 50“ můžeme pozorovat trend kumulace Cr v humusovém horizontu, kde se koncentrace pohybují na srovnatelné úrovni s horizontem C (rozpad půdotvorného substrátu), obsahy v kyselině dusičné však klesají v minerálním horizontu C (tab. 3). Zvýšené výtěžnosti Cr v 2M HNO<sub>3</sub> z půdy stanoviště „Pastviny 15“ odpovídá i nižší zastoupení Cr v reziduální frakci, výrazný nárůst extrahovatelnosti Cr v horizontu B, a především pak C, však nelze na základě provedených analýz ničím zdůvodnit.

Obr. 4 Zastoupení Cd v jednotlivých půdních frakcích



1 – mobilní frakce, 2 – lehce přístupná frakce, 3 – frakce vázaná na Mn-oxidy, 4 – organicky vázaná frakce, 5 – frakce vázaná na nekystalické formy Fe, 6 – frakce vázaná na krystalické formy Fe, 7 – reziduálně vázaná frakce

Tab. 3 Celkový a extrahovatelný (2M HNO<sub>3</sub>) obsah rizikových prvků v půdě (mg.kg<sup>-1</sup>)

Celkový obsah		As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	V	Hg
Jenišov 5	A	57,9	5,13	0,24	33,2	66,6	43,0	1 271	24,8	111	111	245	0,104
	B	29,8	2,13	0,16	23,9	78,9	38,4	594	27,3	87,9	87,9	264	0,037
	C	28,1	1,58	0,15	24,4	84,2	43,7	482	24,0	79,8	79,8	270	0,043
Pastviny 50	A	2,82	0,29	0,35	34,0	141	31,3	1 136	41,2	147	147	212	0,071
	B	1,51	0,22	0,22	36,4	103	31,0	815	43,7	81,0	81,0	211	0,014
	C	1,35	0,18	0,22	38,6	140	30,2	1 055	44,5	83,5	83,5	216	0,026
Pastviny 25	A	3,69	0,20	0,27	38,1	178	29,8	1 323	43,6	135	135	216	0,073
	B	3,12	0,22	0,21	41,1	121	33,4	1 356	45,7	132	132	207	0,033
	C	2,14	0,20	0,16	39,6	207	27,3	1 117	52,6	128	128	219	0,036
Pastviny 15	A	2,95	0,18	0,19	36,0	155	21,9	1 436	17,8	124	124	225	0,098
	B	2,06	0,20	0,18	35,7	182	21,5	1 307	23,3	113	113	225	0,063
	C	1,81	0,18	0,17	34,2	189	20,6	1 108	7,74	103	103	218	0,064
Pastviny 5	A	2,84	0,20	0,24	43,2	208	30,2	1 574	61,2	132	132	208	0,060
	B	2,04	0,18	0,19	42,7	200	32,4	1 200	60,6	113	113	181	0,041
	C	1,64	0,20	0,15	40,9	130	31,4	968	37,0	87,1	87,1	171	0,065
extrahovatelný		As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn		
Jenišov 5	A	5,06	3,1	0,15	12,83	5,49	14,8	700	4,93	17,2	19,4		
	B	< 0,5	1,45	0,07	6,31	3,73	5,6	167	2,08	5,2	8,8		
	C	< 0,5	0,9	0,08	2,66	4,12	6,1	71	1,6	3,9	8,8		
Pastviny 50	A	0,5	0,15	0,27	7,96	12,45	14,5	450	6,45	5,7	56,4		
	B	< 0,5	< 0,1	0,08	3,23	4,89	4,3	61	2,18	< 1	5,4		
	C	< 0,5	< 0,1	0,07	1,9	4,3	3,5	41	1,94	< 1	4,7		
Pastviny 25	A	0,73	0,12	0,21	8,83	13,3	10,5	559	4,49	8,4	28,8		
	B	< 0,5	0,11	0,11	6,48	14,4	8,7	346	4,45	9,1	24		
	C	< 0,5	0,15	0,06	6,97	15,31	6,7	213	5,05	2,7	28,6		
Pastviny 15	A	0,5	0,13	0,17	8,56	19,59	8,5	499	4,54	2,5	30,1		
	B	< 0,5	0,12	0,11	6,03	28,16	6,6	257	4,27	< 1	23,1		
	C	< 0,5	0,15	0,08	3,98	43,31	6,4	96	6,25	< 1	23,7		
Pastviny 5	A	0,53	0,17	0,17	9,78	22,49	8,7	693	5,7	3,4	23		
	B	< 0,5	< 0,1	0,1	6,77	14,89	8	263	4,16	< 1	16,8		
	C	< 0,5	0,17	0,06	3,62	8,76	7,2	87	2,56	< 1	12,3		

Obsahy Cu v jednotlivých půdních horizontech jsou vyrovnané na všech lokalitách, zvýšená rozpustnost Cu v 2M HNO<sub>3</sub> v humusovém horizontu je patrná především na stanovišti „Pastviny 50“ a Jenišov (tab. 3). Předpokládáme, že po rozkladu vzorku kyselinou dusičnou došlo k destrukci orga-

nické hmoty a uvolnění Cu do extraktu. Tomu nasvědčují i výsledky sekvenční analýzy, kde byl detekován vyšší podíl Cu v organicky vázané frakci v humusovém horizontu tohoto stanoviště. Obtížněji lze již zdůvodnit z výsledků sekvenční analýzy, výraznější pokles rozpustnosti Cu v 2M HNO<sub>3</sub> v podorničních horizontech stanoviště „Pastviny 50“, ve srovnání s dalšími stanovišti této lokality.

Zátěž půd Pb je velmi nízká v případě lokality „Pastviny“, na lokalitě Jenišov je zřejmá imisní zátěž, která se projevuje kumulací Pb v humusovém horizontu (tab. 3) a nižším podílem reziduálně vázaného Pb v humusovém horizontu, ve srovnání s horizonty B a C. Z dalších výsledků je patrná tendence k ukládání Pb v humusovém horizontu stanoviště „Pastviny 50“ a „Pastviny 25“. Vzhledem k nízkým celkovým obsahům Pb v půdě lokality „Pastviny“, nelze výraznější rozdíly ve výsledcích sekvenční analýzy mezi jednotlivými stanovišti této lokality očekávat.

V případě Zn byly jeho nejvyšší celkové obsahy, ale také obsahy v extraktu 2M HNO<sub>3</sub>, zjištěny na stanovišti „Pastviny 50“, kde se opět potvrzuje výrazná diferenciací mezi humusovým horizontem a horizonty B a C (tab. 3). Zjištění odpovídají i výsledky sekvenční analýzy, s vyšším podílem mobilního organicky vázaného Zn v humusovém horizontu tohoto stanoviště. Ve všech sledovaných vzorcích byl sekvenční analýzou zjištěn v podorničních horizontech (především C) zvýšený podíl lehce přístupného Zn, oproti humusovým horizontům. Z hlediska celkových obsahů je patrná sestupná tendence ve směru do hlubších půdních horizontů (vliv imisní zátěže).

## ZÁVĚR

Získané výsledky jsou pouze informačním náhledem do uvedené problematiky a je možno z nich odvodit tyto závěry:

- dlouhodobá absence hospodaření na půdách vede ke změně jejich vlastností, projevujících se změnou základních pedologických charakteristik (změna hodnoty pH a C<sub>org</sub>), nejvýraznější změny byly zjištěny na lokalitě s dlouhodobým extenzivním režimem využití půdy (50 roků),
- na této lokalitě byl zaznamenán vznik výrazně diferencovaného humusového horizontu s vysokým obsahem C<sub>org</sub> z biomasy vegetačního pokryvu,
- ukazatele kvality humusu prokázaly převahu huminových kyselin nad fulvokyselinami, byla detekována intenzivní vazba RP na organickou hmotu, a to i v případě Cd v kyselém prostředí,
- v podorničním horizontu došlo na této lokalitě k výraznému ochuzení zrnitostní frakce o nejjemnější zrnitostní podíl, zřejmě jeho migrací v půdním profilu, což mělo za následek i redukcí vazebných míst pro RP,
- pedologické charakteristiky, včetně obsahu a vlastností RP jsou více vyrovnané v půdním profilu na lokalitách, které byly převedeny na extenzivní využití před krátkou časovou periodou.

## LITERATURA

- Sáňka, M., Němeček, J., Podlešáková, E., Vácha, R., Beneš, S., 2002: Vypracování kritických hodnot obsahů rizikových prvků a organických cizorodých látek v půdě a jejich příjem rostlinami z hlediska ochrany kvality a kvantity zemědělské produkce. Zpráva MŽP ČR, 2002, 60 s.
- Zeien, H., Brümmer, G. W., 1989: Chemische Extraktionen zur Bestimmung von Schwermetallbildungformen in Böden. Mitt. Dtsch. Bodenk. Gesell., 59, 1989 (1): 505-510.

# DOPORUČENÉ OBSAHY POP V KALECH ČOV PRO APLIKACI NA ZEMĚDĚLSKOU PŮDU

## Recommended contents of persistent organic pollutants in sludge from wastewater factories for farmland application

Radim VÁCHA, Věra HORVÁTHOVÁ, Markéta VYSLOUŽILOVÁ,  
Jarmila ČECHMÁNKOVÁ

*Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, Žabovřeská 250,  
156 27 Praha 5 – Zbraslav, ČR*

[vacha@vumop.cz](mailto:vacha@vumop.cz)

### Abstrakt

Byl odebrán soubor 45 vzorků kalů z čistíren vod z území ČR. Byly zastoupeny spádové oblasti okresních a krajských měst, spádové oblasti se zvýšeným podílem průmyslu a spádové oblasti obcí do 15 000 obyvatel. Ve vzorcích kalů se stanovily požadované hodnoty vybraných perzistentních organických polutantů (POP) ze skupiny monocyklických a polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU), dále sumy šesti kongenerů polychlorovaných bifenylů (PCB6), DDT a reziduí jeho rozkladu. V šestnácti vzorcích byl stanoven obsah polychlorovaných dibenzo-p-dioxinů a dibenzofuranů (PCDD/F). Dva vybrané vzorky kalů s nejvyšší zátěží se použily pro založení nádobových a mikroparcelkových pokusů, které sledovaly osud POP v půdním prostředí a jejich přestup do testovacích plodin. Na základě dosažených výsledků, a s přihlédnutím k návrhu legislativy EU, byly navrženy doporučené maximální koncentrace vybraných sloučenin ze skupiny POP pro kaly ČOV, aplikované na zemědělskou půdu.

**Klíčová slova:** kaly ČOV, perzistentní organické polutanty, zemědělská půda

### Abstract

The set of 45 samples of the sludge from wastewater factories in the area of Czech Republic was completed. The selection of wastewater factories reflected the extent of observed area (district towns and smaller settlements) as well as the occurrence of the industrial wastewater. The background values of selected persistent organic pollutants (POPs) from the group of polyaromatic hydrocarbons (PAHs), PCB6, DDT and DDT residues were processed in the set of samples. The content of polychlorinated dibenzo-p-dioxines and dibenzofurans (PCDD/F) was measured in 16 samples of the sludge. Two selected samples of the sludge with maximal load by POPs were used for pot trial and field trial where the fate of POPs and their transfer into plants was observed. Recommended maximal values of selected POPs in the sludge for the application on agricultural soil were proposed on the base of obtained results and the proposal of EU directive (Working document on sludge).

**Key words:** sludge, persistent organic pollutants, agricultural soil

### ÚVOD

Aplikace kalů ČOV na zemědělskou půdu je v ČR legislativně upravena vyhláškou MŽP 504/2004 Sb., která je novelizací vyhlášky 382/2001 Sb. Vyhláška stanoví podmínky aplikace kalů ČOV na zemědělskou půdu, včetně přehledu limitních koncentrací rizikových látek a patogenních organismů, obsažených v kalech. Z rizikových látek se jedná o obsahy osmi rizikových prvků (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb a Zn) a obsahy organicky vázaných halogenů (AOX) a sumy šesti kongenerů PCB (28+52+101+138+153+180).

V rámci EU se aplikace kalů na zemědělskou půdu řídí směrnicí 86/278/EEC, udávajících doporučené maximální rozpětí obsahů šesti rizikových prvků (Cd, Cu, Hg, Ni, Pb a Zn). Pro potřeby této, již značně letité směrnice, která neodpovídá požadavkům na snižování vstupu rizikových látek do kalů ČOV a zemědělských půd, byl vypracován návrh novelizace vyhlášky, který byl ve formě pracovního dokumentu („Working document on sludge“) přístupný i odborné veřejnosti. Tento návrh zpřísnil dosavadní kritéria platné směrnice a zároveň zavedl kritéria nová, a to především v oblasti perzistentních organických polutantů. Stanovil maximální koncentrace pro sedm skupin POP, sumu organicky vázaných halogenů (AOX), lineární alkylbenzeny vázané na síru (LAS), Di (2 ethylhexyl)ftaláty (DEHP), nonylfenoly a nonylfenoloxyláty (NPE), sumu devíti polyaromatických uhlovodíků (PAH) a sumu sedmi kongenerů PCB (28 + 52 + 101 + 118 + 138 + 153 + 180). Dále byla stanovena maximální hodnota mezinárodního toxického ekvivalentu (I-TEQ) pro polychlorované dibenzo-p-dioxiny a dibenzofurany (PCDD/F). Porovnání legislativy ČR a EU, včetně návrhu novelizace, uvádí tabulka 1. Přijetí pracovního dokumentu legislativou EU bylo komplikováno zájmy různých skupin a finančními omezeními, souvisejícími s vysokou cenou analýz POP. V konečné fázi nebyl předložený návrh akceptován a v platnosti zůstává i nadále původní verze směrnice 86/278/EEC.

Hnojivé účinky kalů ČOV a jejich kladný dopad na půdní strukturu (vstup organické hmoty do půd), popř. i další půdní charakteristiky nelze zpochybnit. Také výzkumu potenciálně rizikových prvků byla věnována značná pozornost v zahraničí i v České republice (Melcer et al. 1988, Balík et al. 1999). S rozvojem výzkumu perzistentních organických polutantů, které jsou v životním prostředí sledovány již v globálním měřítku, dochází ke snahám o omezení jejich vstupu do prostředí různými cestami, ke kterým se řadí především legislativní omezení, vycházející např. z mezinárodních dohod. Příkladem je Stockholmská konvence, ke které přistoupila i Česká republika, která se nachází v současné době ve fázi implementace, opírající se o národní inventuru POP v prostředí (Holoubek et al. 2003). V rámci inventury je věnována pozornost i problematice kalů ČOV.

Výzkumem POP v kalech ČOV se dlouhodobě zabývá již řada zahraničních pracovišť (Markard 1988, Starke et al. 1991, Webber and Singh 2001, Witte 1988). V rámci výzkumů byla věnována pozornost obsahům jednotlivých skupin POP v kalech a jejich vstupu do půd, případně i zemědělských plodin. Bylo konstatováno, že kaly ČOV jsou významným zdrojem POP a jejich dlouhodobá aplikace může vést k významnému nárůstu koncentrací POP v půdách. Z tohoto důvodu je legislativní úprava, vedoucí k limitaci obsahu POP v kalech ČOV, považována v dlouhodobé perspektivě za nutnou, a to i při respektování značných finančních nároků, které analýzy POP v kalech a půdách vyžadují.

Tab. 1 Porovnání vyhlášky MŽP ČR 504/2004 a směrnice EU 86/278/EEC, koncentrace RL v kalech

Parameter	504/2004 ČR (mg/kg suš.)	86/278 EU (mg/kg suš.)	Návrh EU (mg/kg suš.)
As	30	–	–
Cd	5	20 – 40	10
Cr	200	–	1 000
Cu	500	1 000 – 1 750	1 000
Hg	4	16 – 25	10
Ni	100	300 – 400	300
Pb	200	750 – 1 200	750
Zn	2 500	2 500 – 4 000	2 500
AOX	500	–	500
PCB	0,6	–	0,8
LAS	–	–	2 600
DEHP	–	–	100
NPE	–	–	50
PAH	–	–	6
Dioxiny (ng TE/kg suš.)			
PCDD/F	–	–	100

## MATERIAL A METODY

Návrh doporučených limitních koncentrací POP v kalech ČOV byl realizován na základě:

- šetření obsahů POP v souboru 45 vzorků kalů z čistíren odpadních vod z území ČR;
- výsledků nádobového a mikroparcelkového pokusu, zaměřeného na sledování POP v půdách a rostlinách, po aplikaci kalů ČOV;
- využití návrhu novelizace směrnice EU (Working document on sludge).

### *Sledování obsahu POP v souboru 45 vzorků kalů ČOV*

Byly vybrány čistírny odpadních vod, které reprezentovaly spádové oblasti:

- krajských a okresních měst;
- měst se zvýšeným zastoupením průmyslu;
- obcí do 15000 obyvatel.

Dále byly zahrnuty většinově ČOV, využívající anaerobní mezofilní stabilizace kalů, menší počet vzorků byl odebrán v ČOV, které využívají starší technologie vyhnívání kalů na kalových polích. Vzorky byly odebírány do uzavřených skleněných nádob, po transportu byly až do vlastní laboratorní analýzy zamrazeny. Seznam sledovaných POP uvádí tab. 2.

V šestnácti vzorcích kalů byly navíc stanoveny obsahy PCDD/F, obsahy byly stanoveny pro 17 kongenerů a byla vypočtena hodnota I-TEQ PCDD/F. Odběry vzorků kalů ČOV byly provedeny v roce 2001 a 2002.

Tab. 2 *Přehled sledovaných analýz*

Stanovení
pH, Cox, Ca, Mg, P, K
As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, V, Zn ve výluhu lučavky královské
<b>Monoaromatické uhlovodíky</b> benzen, toluen, xylen, ethylbenzen
<b>Polyaromatické uhlovodíky</b> naftalen, anthracen, pyren, fluoranthen, fenantren, chrysen, benzo(b)fluoranthen, benzo(k)fluoranthen, benzo(a)anthracen, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, benzo(ghi)perylene
<b>Chlorované uhlovodíky</b> PCB, HCB, $\alpha$ -HCH, $\beta$ -HCH, $\gamma$ -HCH
<b>Pesticidy</b> DDT, DDD, DDE
<b>Ostatní</b> styren, nepolární extrahovatelné látky (ropné znečištění)
<b>Anionaktivní tenzidy</b>
<b>PCDF</b> 2,3,7,8 TeCDF, 1,2,3,7,8 PeCDF, 2,3,4,7,8 PeCDF, 1,2,3,4,7,8 HxCDF, 1,2,3,6,7,8 HxCDF, 1,2,3,7,8,9 HxCDF, 2,3,4,6,7,8 HxCDF, 1,2,3,4,6,7,8 HpCDF, 1,2,3,4,7,8,9 HpCDF, OCDF PCB 189, PCB 170, PCB 180
<b>PCDD</b> 2,3,7,8 TeCDD, 1,2,3,7,8 PeCDD, 1,2,3,4,7,8 HxCDD, 1,2,3,6,7,8 HxCDD, 1,2,3,7,8,9 HxCDD, 1,2,3,4,6,7,8 HpCDD, OCDD
<b>PCB</b> PCB 77, PCB 126, PCB 169, PCB 105, PCB 114, PCB 118+123, PCB 156, PCB 157, PCB 167

### *Nádobový a mikroparcelkový pokus*

Tyto dva experimenty byly založeny na jaře roku 2003 a probíhaly ve vegetačním období roku 2003 a 2004. V obou pokusech byly využity dva identické kaly z oblasti severomoravského regionu, charakteristické především vyšším obsahem PAU a PCB<sub>6</sub>. Kaly byly použity v souladu s podmínkami vyhlášky 382/2001 Sb., v dávkách přepočítaných na 5t sušiny . ha<sup>-1</sup>.

V nádobovém pokusu, založeném v Mitcherlichových pokusných nádobách (6 kg zeminy) ve třech opakováních, byly použity tři půdní typy (černozem modální, kambizem modální a kambizem arenická), mikroparcelkový polní pokus byl založen na kambizemi modální na rulách, v oblasti Českomoravské vysočiny. Mikroparcelkový pokus byl realizován ve třech opakováních a dvou

variantách (oraná a neoraná), které sledovaly vliv agrotechniky na osud POP v půdě. Oraná varianta byla každých 14 dní přerýta v mocnosti orničního horizontu (cca 25 cm).

Nádobový pokus byl v roce 2003 oset ředkvičkou setou, polní pokus hořčicí bílou. V roce 2004 byly oba pokusy osety pastinákem setým. Po sklizni plodiny byl stanoven výnos plodin, byly odebrány vzorky půd a rostlin, ve kterých byly stanoveny obsahy POP.

Vyhodnocení experimentů bylo provedeno s využitím základních statistických metod.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Z výsledků rozborů vzorků ze 45 ČOV byly vypočítány požadové hodnoty obsahů POP v kalech, jako 90 % percentila po vyloučení odlehlých hodnot. Výsledky jsou prezentovány v tabulce 3. Vypočtené hodnoty jsme porovnali s referenčními hodnotami pro sloučeniny POP v půdách ČR (Němeček et al.1996). Ve třetím řádku tabulky je uveden násobek koncentrace dané sloučeniny v kalech ČOV, ve srovnání s jejich hodnotami v půdě. Z těchto výsledků je patrné, že nejvýraznější nárůst byl zjištěn u toluenu ve skupině MAU, phenantrenu a B(ghi)perylenu ve skupině PAU a PCB<sub>6</sub> u chlorovaných sloučenin. V případě DDT a jeho reziduí bylo v kalech relativně nejvíce zastoupeno DDE.

Při srovnání požadových koncentrací souboru vzorků kalů s legislativními normami, vyhovují s rezervou obsahy PCB<sub>6</sub> vyhlášce 504/2004 Sb. To se týkalo i návrhu novelizace legislativy EU. Problematická je v tomto směru skupina PAU, kde hodnota 9,371 mg . kg<sup>-1</sup> překračuje o více než 30 % navržený limit EU. Požadová hodnota I-TEQ PCDD/F v souboru vzorku odebraných kalů zcela bezpečně splňuje původně navržený limit EU. Pouze v jednom případě byla hodnota I-TEQ v kalu překročena, a to více než dvojnásobně, zvýšená hodnota byla dána do souvislosti s výskytem průmyslu, zaměřeného na výrobu kartonu a obalových materiálů. Tato hodnota byla analýzou odlehlých hodnot ze souboru vyloučena.

Z výsledků nádobového a mikroparcelkového pokusu jednoznačně vyplynulo, že aplikace kalů v dávce 5 t sušiny.ha<sup>-1</sup> významně neovlivnila obsahy sledovaných POP v půdách a plodinách. U rostlin byl srovnáním nadzemní a kořenové části zjištěn značný rozdíl v obsahu sledovaných POP, především u PAU, MAU a PCB<sub>6</sub> dosahovaly vyšších hodnot koncentrace v nadzemní části rostlin. Srovnáním obsahů uvedených sloučenin v omytých a neomytých rostlinách byla potvrzena hypotéza o povrchové kontaminaci rostlin (imísni spady, prašnost z půdy), která významně převyšuje vstup těchto látek do rostlin transferovou cestou půda-rostlina. Pouze v případě MAU byl v prvním roce trvání pokusu zjištěn mírný nárůst koncentrací v půdě i rostlině na variantě, hnojené kalem s vyšší zátěží MAU. V druhém roce byl nárůst koncentrací již málo patrný. Nebyly konstatovány významnější rozdíly v obsahu POP v půdě a rostlinách na oraných a neoraných variantách mikroparcelkového pokusu.

Konečný návrh doporučených maximálních koncentrací vybraných POP v kalech ČOV, aplikovaných na zemědělskou půdu, který je prezentovaný v tabulce 4, byl odvozen z následujícího:

- Byly stanoveny požadové hodnoty v souboru 46 vzorků kalů ČOV z celého území ČR, které reprezentovaly spádové komunální oblasti velkých aglomerací, obcí na úrovni okresních měst i obcí menších a dále oblasti se zvýšeným výskytem průmyslu.
- Vegetační pokusy neprokázaly, že by čistírenské kaly se zvýšenými obsahy POP, aplikované v souladu s vyhláškou MŽP ČR č. 382/2001 Sb., významně ovlivnily v průběhu dvou let obsahy POP v plodinách, které byly zvoleny jako testovací. Zároveň však respektujeme vlastní zjištění, vycházející z monitoringu POP v půdách ČR i zjištění zahraničních autorů, o prokázané kumulaci některých POP v půdách s opakovanou a dlouhodobou aplikací kalů ČOV.
- Byly sledovány návrhy obsahu POP pro kaly ČOV v rámci EU.
- Provedená bilance vstupu POP do půd aplikací kalů ČOV, dle norem vyhlášky 382/2001 Sb., prokázala, že teoretický nárůst koncentrací POP v půdě vede ke zdvojnásobení požadové koncentrace POP v půdách ČR v časovém horizontu cca 300 let.
- Navržené hodnoty zahrnují sloučeniny, které jsou sledovány v půdách ČR a jejichž hodnoty jsou obsaženy i v legislativě (vyhláška MŽP ČR č.13/1994 Sb.)

V případě PAU byla navržena vyšší hodnota, ve srovnání s původním návrhem EU, který nepovažujeme za relevantní vůči skutečné zátěži kalů PAU, ale především vůči navrženým limitním hodnotám ostatních sloučenin (PCB, PCDD/F).

## ZÁVĚR

Spektrum sledovaných sloučenin ze skupiny POP bylo přizpůsobeno současné legislativě ČR, zabývající se ochranou zemědělského půdního fondu. V rámci ČR počítáme s pokračujícím výzkumem v oblasti POP a aplikace odpadních látek do půd, který bude zaměřen na další sloučeniny této závažné skupiny rizikových látek. Případné legislativní využití získaných výsledků závisí na konfrontaci potřeb ochrany půdního fondu a reálnosti využití kalů ČOV v zemědělství, z hlediska finančních nároků na chemickou analýzu vzorků, tlaku zájmových skupin zpracovatelů kalů atd. Složitost uvedeného procesu byla dokumentována v rámci EU zamítnutím návrhu novelizace směrnice 86/278/EEC.

## LITERATURA

- Balík, J. Tlustoš, P., Szaková, J., Hanc, A., Blahník, R., 1999: The distribution of heavy metals in plants growing in soils treated by sewage sludge. 5<sup>th</sup> International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, 11. – 15. July, Vienna, Austria, Proceedings of extended abstracts, p. 290-291.
- Holoubek I. et al., 2003: Národní inventura perzistentních organických polutantů v České republice. Project GF/CEH/01/003 Enabling activities to facilitate early action on the implementation of the Stockholm Convention on Persistent organic pollutants (POPs) in the Czech Republic. TOCOEN REPORT No. 249.
- Markard, C., 1988: Organic contaminants in sewage sludge – do they constitute a danger for the food chain. *Korrespondenz Abwasser*, 35 (5): 449-452.
- Melcer, H., Monteith, H., Nutt, S. G., 1988: Variability of toxic trace contaminants in municipal sewage treatments plants. *Water Science and Technology*, 20 (4/5): 275-284.
- MŽP ČR, 1994: Vyhláška MŽP ČR, č. 13/94 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu.
- MŽP ČR, 2001: Vyhláška MŽP ČR 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě.
- Němeček, J., Podlešáková, E., Pastuszková, M., 1996: Návrh limitních hodnot kontaminace půd perzistentními organickými xenobiotickými látkami pro ČR. , *Rostl. Výr.*, 42: 49-53.
- Starke, U., Herbert, M., Einsele, G., 1991: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in Boden und Grundwasser, Teil I Grundlage zur Beurteilung von Schadenfällen. 1680 BOS 9 Lfg., 10: 1-38.
- Webber, M. D., Singh, S. S., 2001: Contamination of agricultural Soils. Agriculture and Agri-Food Canada. <http://sis.agr.gc.ca/cansis/publications/health/chapter09.html>. 2001.
- Witte, H., 1988: Study of the input of organic pollutants to soil and plants as a result of the agriculture utilization of sludge: part A: Level of sludge contamination with organics. *Korrespondenz Abwasser*, 35 (5): 440-448.

Tab. 3 Srovnání požadových hodnot obsahů POP v kalech a jejich referenčních hodnot v půdách

	PAU													Σ PAU
	FI	P	Ph	B(b)F	B(a)A	A	B(a)P	I(cd)P	B(k)F	B(ghi)P	Ch	N		
	300	200	150	100	100	50	100	100	50	50	100	50	1 000	
Referenční hodnota – půda	2 412	1 626	2 407	1 316	759	433	949	535	572	686	1 148	132	9 371	
Pozadřová hodnota – kaly	804	813	1 605	1 316	759	866	949	535	1 144	1 372	1 148	264	937,1	
Rozdíl v %														
	MAU						ChIU						PCDD/F (ng.kg <sup>-1</sup> )	
	B	T	X	Eb	PCB	HCB	DDT	DDE	DDD					
	30	30	30	40	20	20	15	10	10	10	1			
Referenční hodnota – půda	50	7 300	150	37	183	18	20	36	10	10	10	37,7		
Pozadřová hodnota – kaly	167	24 333	500	92	917	89	130	361	98	98	98	3 770		
Rozdíl v %														

Tab. 4 Doporučené mezní koncentrace POP v kalech ČOV

Ukazatel	μg.kg <sup>-1</sup>							ng.kg <sup>-1</sup>
	Σ PAU	Σ MAU	PCB <sub>6</sub>	HCB	DDT	DDE	DDD	
Doporučený limit	10 000	10 000	600	60	60	60	30	80
Původní návrh EU	6 000	–	800	–	–	–	–	100
Referenční hodnoty v půdách ČR	1 000	130	20	20	15	10	10	1

# SOIL CONSERVATION STRATEGY IN AN EXTENDED EUROPE AND IN HUNGARY

## Stratégia ochrany pôdy v rozšírenej Európe a v Maďarsku

György VÁRALLYAY

*Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, H-1022 Budapest, Herman Ottó út 15., Hungary*

[g.varallyay@rissac.hu](mailto:g.varallyay@rissac.hu)

### Abstract

The three most important life quality criteria are: healthy and good-quality food, clean water and pleasant environment. All three are closely related to the sustainable management of natural resources; conservation of soil and water resources; rational land use and landscape preservation. Soils are conditionally renewable natural resources, consequently, their rational use, conservation, and the maintenance of their multipurpose functionality have particular significance both in the national economy and environment protection. The main soil functions are: integrator (transformer) of other natural resources; most important media for biomass production; storage of heat, water, nutrients, pollutants; buffer of various natural and human-induced stresses; huge natural filter (preventing groundwater pollution); detoxication media of various harmful substances; habitat for soil biota, gene-reservoir, media of biodiversity; conservator of the natural and human heritage. The maintenance of these functions is the key-element of sustainable development on all levels of the decision-making process: globe → continent → region → country → subregion → settlement → farm → field. The EU Strategy for soil protection focuses attention on 8 environmental threats, for their prevention, elimination or moderation: water and wind erosion; decrease in organic matter resources; compaction and structure destruction; soil sealing; the increasing frequency, duration and degree of extreme moisture events: flood, waterlogging – drought; point and non-point (diffuse) soil pollution; salinization/alkalization/sodification; decline in biodiversity (decreasing number and activity of soil organisms, narrowing their species spectra). The EU-conform Soil Conservation Strategy of Hungary was elaborated during the last decades on the basis of long-term soil survey, soil analyses, soil mapping and soil monitoring activities. It comprises three main tasks: the prevention, elimination or moderation of soil degradation processes; the reduction of the unfavourable economic, ecological, environmental and social consequences of extreme moisture regimes; the control of the biogeochemical cycle of elements: optimum nutrient supply of plants; prevention of harmful soil pollution and contamination of the „food chain”. The Soil Conservation Strategy includes the following elements: (i) assessment of soil threats and natural and human-induced stresses (environmental monitoring and assessment), (ii) the exact description, characterization and quantification of the mechanisms of various soil processes as reasons of the present situation (process analysis), (iii) determination of the possibilities of soil process control and the prediction of their potential impacts (impact analysis, prognosis), (iv) prevention of side-effects and harmful environmental consequences (prevention), (v) reduction of the existing damages (e.g. amelioration, improvement etc.). The Soil Conservation Strategy can only be implemented efficiently with all-society cooperation.

**Key words:** life quality, soil conservation strategy, threats of soil, EU, Hungary

### Abstrakt

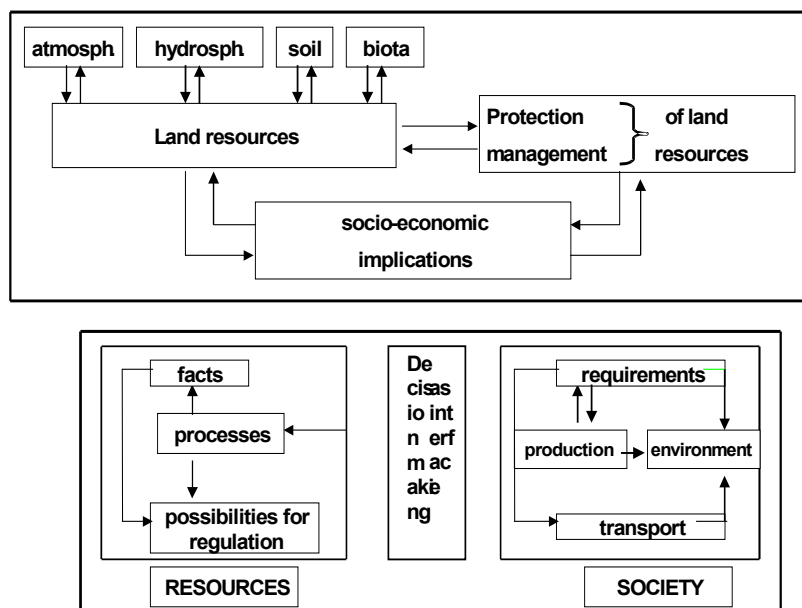
Tri najdôležitejšie kritériá kvality života sú: zdravie a kvalitná strava, čistá voda a príjemné životné prostredie. Všetky kritériá sú tesne späté s udržateľným manažmentom prírodných zdrojov, s ochranou pôdných a vodných zdrojov, s racionálnym využitím krajiny a jej ochrany. Pôdy sú prirodzene

obnoviteľný prírodný zdroj a ich racionálne využitie, ochrana a udržateľnosť ich multifunkčnosti má zvláštny význam v národnej ekonomike a v ochrane životného prostredia. Hlavné pôdne funkcie sú: integrátor (transformátor) ostatných prírodných zdrojov, najdôležitejšie médium pre produkciu biomasy, uskladnenie tepla, vody, živín, polutantov, nárazník rôznych prírodných a človekom vyvolaných stresov, ohromný prírodný filter (zabraňujúci znečisteniu podzemných vôd), detoxikačné médium rôznych škodlivých látok, habitat pre pôdnú biotu, rezervoár génov, médium pre biodiverzitu, konzervátor prírodného a kultúrneho dedičstva. Udržať tieto funkcie je kľúčovým prvkom udržateľného rozvoja na všetkých úrovniach rozhodovacích procesov: zemeguľa – kontinent – región – krajina – subregión – dedina – farma – pole. EÚ stratégia pre ochranu pôdy sa sústreďuje na 8 environmentálnych ohrození z hľadiska ich prevencie, eliminácie alebo zmiernenia: vodná a veterná erózia, zníženie zdrojov organickej hmoty, kompakcia a deštrukcia štruktúry, zastavanie pôd, zvýšenie frekvencie trvania a stupňa extrémnych vlhkostných udalostí: záplavy, zamokrenie – sucho, bodové a nebodové (difúzne) znečistenie pôdy, salinizácia, alkalizácia, sodifikácia, zníženie biodiverzity (zníženie počtu a aktivity pôdných organizmov, zníženie spektra špecií). EÚ podriadená stratégia ochrany pôdy Maďarska sa vypracovala v priebehu poslednej dekády na základe dlhodobého pôdneho prieskumu, pôdných analýz, pôdneho mapovania a monitoringu. Rieši tri hlavné úkony: prevencia, eliminácia alebo zmiernenie pôdných degradačných procesov, redukcia nepriaznivých ekonomických, ekologických, environmentálnych a sociálnych následkov extrémnych vlhkostných režimov riadenia biochemického cyklu prvkov: optimálna zásoba rastlín živinami, prevencia znečistenia pôdy škodlivými látkami v potravinovom reťazci. Stratégia ochrany pôdy zahŕňa tieto prvky: (i) hodnotenie ohrozenia pôdy prírodných a človekom spôsobených stresov (environmentálny monitoring a hodnotenie), (ii) presný opis, charakteristika a kvantifikácia mechanizmov rôznych pôdných procesov ako súčasť stav (analýza procesov), (iii) určenie možností riadenia pôdných procesov a predpoveď ich potenciálneho dopadu (analýza dopadov, prognóza), (iv) prevencia vedľajších účinkov a škodlivých environmentálnych následkov (prevencia), (v) redukcia existujúcich poškodení (meliorácia, zúrodnenie...). Stratégiu ochrany pôdy možno účinne implementovať na všetkých úrovniach spoločnosti.

**Kľúčové slová:** kvalita života, stratégia ochrany pôdy, EÚ, Maďarsko

The three most important “life quality criteria” are: healthy and good quality food, and food security; clean water; pleasant environment. All are closely related to **rational land use** and the **sustainable soil management** (Várallyay, 2003, 2005).

Fig. 1 *Relationships between resources and the society*



The given resources (geological formations, relief, atmosphere, surface and subsurface water resources, soil biota, vegetation) are used, managed and – hopefully – protected by the society according

to its requirements, depending on the given socio-economic conditions, modified by the historical background and formulated by the various level decision-makers (Figure 1) (Várallyay, 2005).

### ***The significance of soils – necessity of a strategy for soil protection***

Land (soil-water-near surface atmosphere continuum, with its geology, relief and biota) represents a considerable part of the natural resources. It is been recognized long ago that society must protect air and water, because we have a clear identification of the role of air and water in our lives: *air* should be fit for breathing (→ Framework Directive on Air Quality); *water* should be fit for drinking (→ Water Framework Directive). *Soil*, however, is a forgotten member of the „trio"! Why? Because:

- (a) The composition of soil is not simple. The four broad components – the mineral part, organic matter, soil water and soil air – are exceedingly varied and complex, behave in different and complex ways, interact with each other and show very high spatial and temporal variabilities.
- (b) Soil is multifunctional. The main ***soil functions*** in the biosphere are as follows (Várallyay, 2005):
  - conditionally renewable natural resource;
  - reactor, transformer and integrator of the combined influences of other natural resources (solar radiation, atmosphere, surface and subsurface waters, biological resources), place of „sphere-interactions”;
  - medium for biomass production, primary food-source of the biosphere;
  - storage of heat, water and plant nutrients;
  - natural filter and detoxication system, which may prevent the deeper geological formations and the subsurface waters from various pollutants;
  - high capacity buffer medium, which may prevent or moderate the unfavourable consequences of various environmental stresses;
  - significant gene-reservoir, an important element of biodiversity;
  - conservator and carrier of the heritage of natural and human history.

Society utilizes these functions in different ways (rate, method, efficiency) throughout history, depending on the given natural conditions and socio-economic circumstances. In many cases the character of the particular functions is not properly taken into consideration during the utilization of soil resources, and the misguided management results in their over-exploitation, decreasing efficiency of one or more soil functions, and – over a certain limit – serious environmental deterioration.

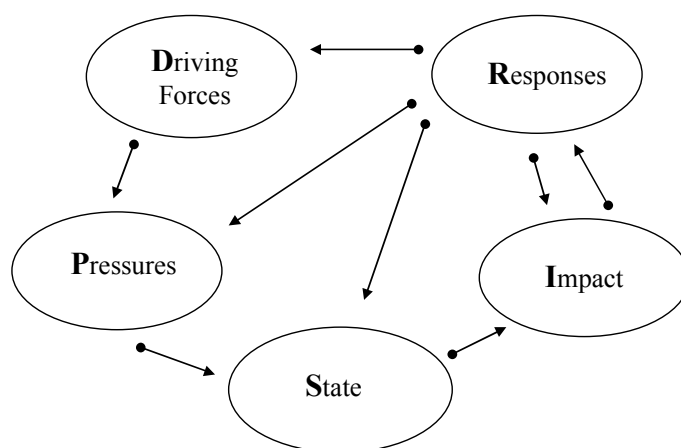
It can be stated that **soil/land** represent a unique and important part of the natural resources, consequently, their rational utilization, conservation, and the maintenance of their multipurpose functionality have particular significance in the national economy (biomass production for food, fodder, industrial, raw material and energy) and in environment protection (soil-water-biota-biosphere-biodiversity conservation).

The explanatory statement of the “**Thematic strategy for soil protection**” was formulated on the basis of these facts, as follows (Montaneralla, 2003):

”Soil is a fundamental integral part of the earth’s environment and as such, the quality of life enjoyed by European citizens largely depends on its state of conservation. Soil also has a feature which distinguishes it from the two remaining major compartments of the earth’s environment (air and water): resilience. This means that degradation processes in response to pressures are not noticed immediately but only after a certain amount of time has elapsed. That is why environmental protection measures initially focused on air and water protection, where the signs of degradation became apparent at an earlier stage.

Soil is exposed to many risks, owing either to natural degradation or the effects of human activities or the climate. Soil supports vegetation and the production systems and must be seen in all its facets – topography, the structure of the soil, the countryside and its value as a landscape which should be preserved – in the same way as the natural areas, coasts and rivers which form part of an integrated system of land use.”

Fig. 2 *The DPSIR Framework applied to soils*

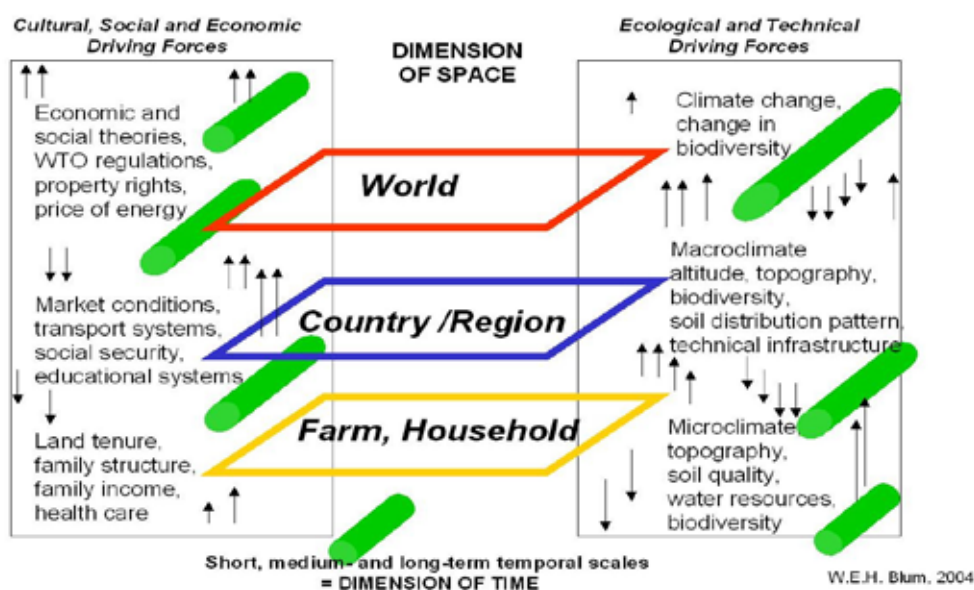


### ***Thematic strategy for soil protection***

The conceptual basis of the strategy is the DPSIR approach (driving forces → pressures → state → impact → responses), applied to soils (Figure 2) (Montanarella, 2003).

The concept has to be applied on each spatial and temporal scale, on all decision-making levels, as it is shown in Figure 3.

Fig. 3 *The spatial and temporal scales of DPSIR application in the strategy of soil protection*



### ***Threats to soil in Europe and the possibilities of their control***

An efficient soil protection/conservation strategy should be ready and applicable

- to prevent (or at least minimize/reduce) undesirable changes in the soil processes or in their integrated „products”: soil properties;
- to modify soil characteristics according to our given requirements;
- to control the soil-related human interventions and their environmental impacts.

The main steps of the control of soil processes are illustrated in Figure 4.

The starting point of the strategy was the establishment of a comprehensive **soil database** for European soil resources, including soil degradation processes:

- European Soil Database (scale 1:1 000 000) (Soil Survey and Monitoring..., 2002);

- European Soil Resources (CEC, Nature and Environment No. 71. (van Lynden, 1995);
- Land degradation (EC JRC, Ispra, 2003) (Jones & Montanarella, 2003).

In these publications the current status of soil degradation in Europe and the practical counter measures were summarized, including an analysis/synthesis on the *present* factors and on the forecasted *future* changes. The most important 8 threats for European soils are shown in the Figure 5 (Montanarella, 2003).

For each threat an expert group was established to collect and analyze all available data (causative factors; nature and extent of the process; environmental, economic and social consequences) and to give technological alternatives for their efficient control (prevention, elimination, reduction, management) Because the analysis printed out that – at European scale – information are scattered, non-harmonized, sometimes incomplete and imprecise, and the data accessibility is not effective, the problem-related thematic working groups have been completed with a Monitoring (parameters and indicators, harmonization, legal aspects) and a Research and Education (public awareness, networking, capacity building, cooperation) Working Group (WG). On the basis of the WG proposals integrated recommendations have been formulated on soil mapping–monitoring–modeling activities and submitted to the responsible EU offices. These may serve as a good scientific basis for rational land use, soil management and soil protection.

In the Soil Conservation Strategy Programme the new EU-members (the Czech Republic, Hungary, Lithuania, Poland, the Slovak Republic, Slovenia) play an important (sometimes decisive) role and considerably contribute to the success of the joint efforts for the efficient and sustainable use of European soil resources (Jones & Montanarella, 2003; Michéli et al., 2003; Soil Survey and ..., 2002; Várallyay, 2002).

Fig. 4 Stages of soil process control

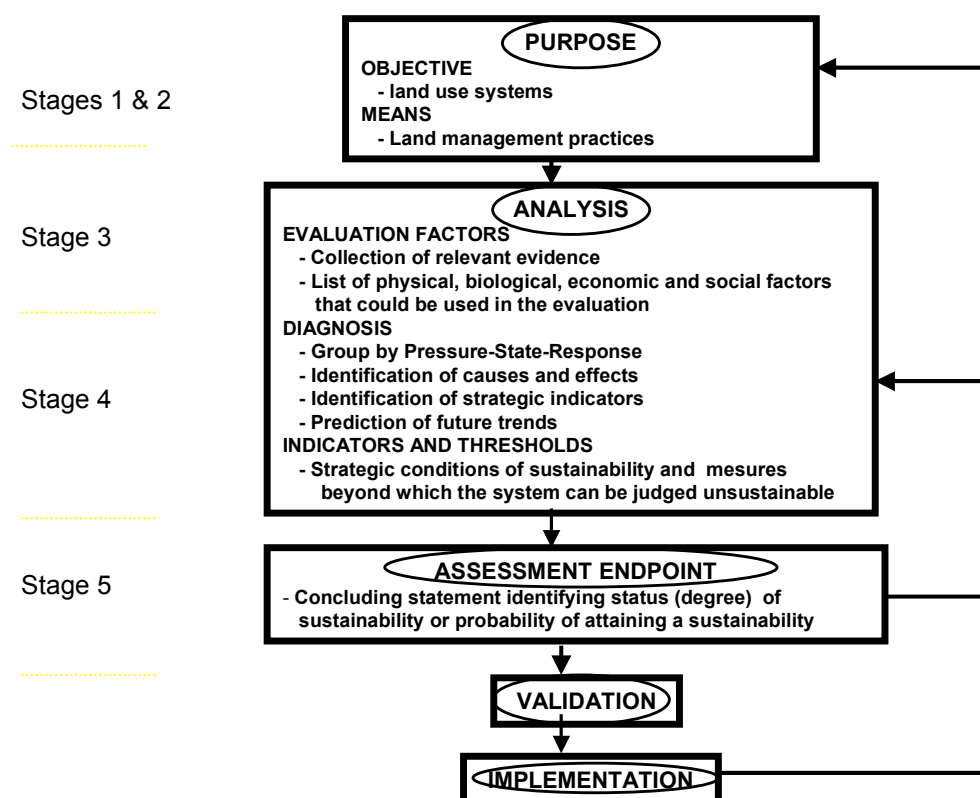
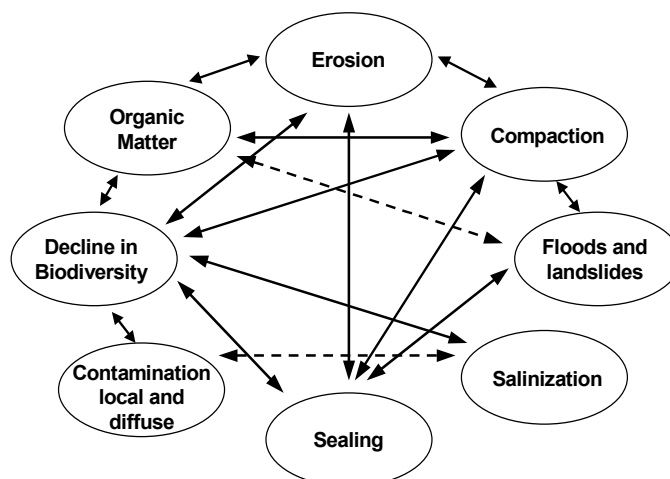


Fig. 5 Land degradation problems in Europe



### Soil conservation strategy in Hungary

In spite of the fact that Hungarian natural conditions are *relatively* favourable for rain-fed **biomass production** more than half of the soils are faced with various **ecological constraints**. Among these the following four are the most significant:

- (a) *Soil degradation processes*. The main soil degradation processes are: soil erosion by water or wind; soil acidification; salinization and/or alkalization; physical degradation (structure destruction, compaction); extreme moisture regime: drought sensitivity and waterlogging hazard; biological degradation; unfavourable changes in the plant nutrient regime; decrease of natural buffering capacity, soil (and water) pollution (Michéli et al., 2003; Várallyay, 1989, 1998).
- (b) *Extreme moisture regime*. The annual precipitation (especially in the Hungarian plains) shows extremely high spatial and temporal variability – even in micro-scale. Non-uniform rainfall distribution, the heterogeneous microrelief of the „flat” Hungarian Plain, and the unfavourable hydrophysical properties of soils are the main reasons of extreme moisture regime: the simultaneous hazard of waterlogging or over-moistening and drought-sensitivity in extensive areas, sometimes on the same places within a short period (Várallyay, 2004a, b).
- (c) *Nutrient stresses*. Deficiency or accumulation and/or toxicity of one or more elements in the biogeochemical cycle are strongly increasing environmental threats, mainly due to the non-scientifically based and improperly controlled biomass production and waste management.
- (d) *Environmental pollution*. Accumulation or mobilization of various, potentially harmful (or even toxic) elements (or compounds) in air, in water, in soil; or in the biomass of various organisms within the soil-water-plants-animals-human beings „food chain”.

The efficient **control** of these **stresses** necessitates the following consecutive steps:

- registration of *facts and consequences* (information on land and soil characteristics, land use, cropping pattern, applied agrotechnics, yields, with their spatial and temporal variability);
- evaluation of *potential reasons* (definition and quantification of soil processes, analysis of influencing factors and their mechanisms);
- assessment of the theoretical, real, rational and economic *possibilities for the control* of soil processes (including their risk-assessment and impact analysis);
- elaboration of *efficient technologies* for the „best” control alternatives (best management practice).

### The main elements of the Hungarian soil conservation strategy

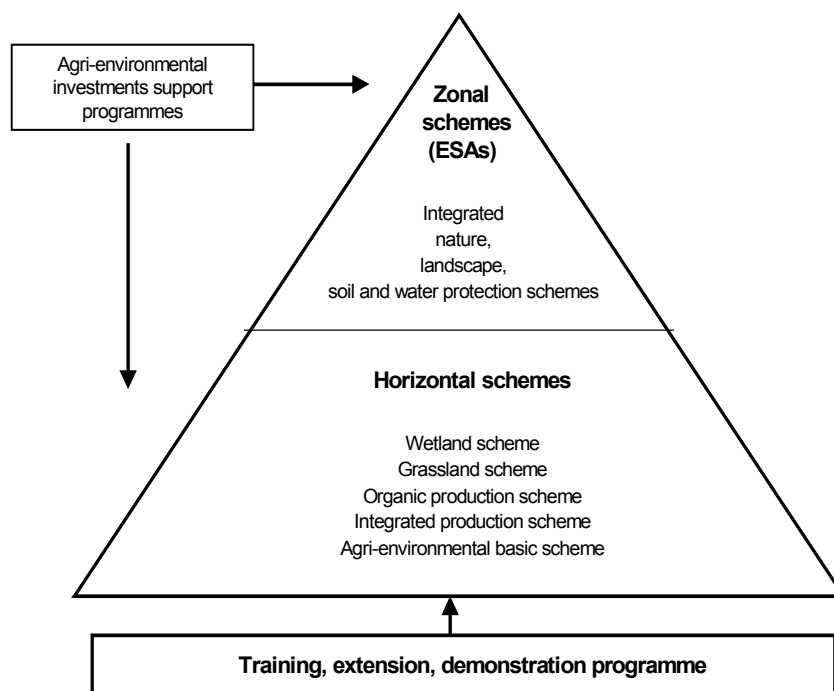
1. Territorial co-ordination of agro-ecological conditions and land-site characteristics, as well as the agro-ecological requirements of cultivated crops, taking into consideration both production and the environmental aspects in the short-, mid- and long-term scales.
2. Rationalization of the structure of agricultural fields, particularly under new ownership structures.

3. Reduction to a minimum of production wastes with promotion of efficient recycling with no harmful environmental side-effects.
4. Prevention or control of unfavourable soil degradation processes.
5. Improvement of the efficiency of agricultural water management and soil moisture control. Increase of the water storage within the soil in plant available form with no unfavourable environmental consequences.
6. Precision plant nutrient management.
7. Prevention and control of soil pollution.
8. Integrated pest management.

The EU membership requires substantive changes in agricultural policy in Central and Eastern Europe (CEE) to redirect it towards a new European model of **multifunctional agriculture**. Farming should combine food production with environmental and social objectives.

**The Hungarian National Agri-environment Programme (AEP)** supports environmental-friendly agricultural production ensuring the protection of nature and the preservation of landscape. The structure of the EAP is pyramidal (Figure 6). Its base is formed by several horizontal schemes that apply to all areas in agricultural use. The schemes provide support for environment-friendly production methods (reduced inputs of fertilizers and pesticides, ecological/organic farming plans) and nature-oriented land use systems (e.g. protection forests, wetlands, extensive grasslands etc.). Horizontal measures combine environmental protection (soil, water) with nature conservation goals.

Fig. 6 *The structure of the Hungarian National Agri-environment Programme*



Higher up the pyramid are area-specific zonal schemes where the focus is on nature conservation and landscape protection.

All these actions are joint tasks of the state, decision makers on various levels, the land owners, the land users, and – to a certain extent – of each member of the society. Only their joint efforts can be efficient towards a sustainable agricultural production harmonized with successful environment protection, ensuring a pleasant environment and a promising future.

## REFERENCES

- Jones, R. J. A., Montanarella, L. (Eds.), 2003: Land Degradation. EC JRC. Ispra. 324 p.
- Lynden, G. W. J. van, 1995: European Soil Resources. Nature and Environment No. 71. Council of Europe Press.
- Michéli, E., Várallyay, Gy., Pásztor, L., Szabó, J., 2003: Land degradation in Hungary. In: Jones, R. J. A., Montanarella, L.: Land Degradation (The JMRC Enlargement Action, Workshop 10 – B) pp. 198-206. European Commission, Joint Research Centre, Ispra.
- Montanarella, L., 2003: The EU Thematic Strategy on Soil Protection. In: Land Degradation. EC JRC. Ispra. pp. 15-29.
- National Agri-environment Programme. 1999: Ministry of Agriculture and rural Development, Budapest, November 1999. 174 p.
- Soil Survey and Soil Monitoring in Europe, 2002: ESB Research Report No. 9.
- Várallyay, Gy., 1989: Soil degradation processes and their control in Hungary. Land Degradation and Rehabilitation, 1. pp. 171-188.
- Várallyay, G., 1998: Soil degradation processes and their control in Hungary. In: Filep, Gy. (Ed.): „Soil Pollution”. Agric. Univ. Debrecen. pp. 1-19.
- Várallyay, Gy., 2002: Soil survey and soil monitoring in Hungary. European Soil Bureau. Research Report No. 9. pp. 139-149.
- Várallyay, Gy., 2003: Role of soil multifunctionality in future sustainable agricultural development. Acta Agronomica. 51. (1) pp. 109-124.
- Várallyay, Gy., 2004a: [Agro-ecological aspects of soil moisture regime] (In Hungarian) AGRO-21 Füzetek. No. 37. pp. 50-70.
- Várallyay, Gy., 2004b: Extreme soil moisture regime as reason and/or consequence of soil degradation processes. In: Int. Slovak Pedological Days, Mojmirovce, 22 – 24 June, 2004. (CD ROM).
- Várallyay, Gy., 2005: Soil Conservation Strategies in Europe and in Hungary (In Hungarian) Agrokémia és Talajtan. 54. pp. 1-2.

# HYDROLOGICKÉ ARMATURY ZEMĚDĚLSKÉ KRAJINY

## Hydrological armatures of agricultural land

Zdeněk VAŠKŮ

*Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, Žabovřeská 250,  
156 27 Praha 5 – Zbraslav, ČR*

[vasku@vumop.cz](mailto:vasku@vumop.cz)

### Abstrakt

Půda je z hydrologického hlediska mimořádně významnou složkou krajiny, která v první řadě rozhoduje o příjmu, tranzitu a distribuci vody z atmosférických srážek a tím o tvorbě podzemních vod. Nejvýznamnější fází těchto procesů je průnik vody přes topografický povrch půdy. Diametrálně odlišnou schopnost přijímat vodu přitom vykazují půdy kultivované orbou (Kamposoly) v porovnání s půdami stejného texturálního složení jiných přírodních blízkých stanovišť, a to i v případě, vyskytují-li se tyto v zemědělsky intenzivně obhospodařované krajině. Hydrologicky vysoce účinné strukturní útvary jsou v zemědělské krajině představovány především zasakovacími dřevino-bylinnými pásy, zasakovacími průlehy, remízy, háji ale i širokými polní protierozními mezemi apod. Od polních stanovišť se jejich půdy odlišují především přítomností horizontů nadložního humusu, mohutným prokořeněním povrchových půdních horizontů a bohatou druhovou diverzitou společenstev půdních organismů, s mimořádně početným zastoupením tubulárních pedohydatod. Především v důsledku těchto rozdílů vykazují vysoké zastoupení velmi stabilních pórů, které málo podléhají destrukci, rozplavení a kolmataci, vykazují malé odporové výšky na vtok do půdy a do makropórů a disponují celkově vysokou schopností distribuce a tranzitu vody.

**Klíčová slova:** pedologie; hydropedologie; vodní režim krajiny; infilukčně infiltrační schopnost půdy; kulturně-technické inženýrství; protipovodňová opatření v krajině

### Abstract

Soil is from hydrological point of view very significant compound of landscape, which primarily determines receiving, transit and distribution of water from atmospheric precipitation and thereby controls groundwater creation. The most important stage of these processes is water infiltration through topographic soil surface. Diametric different ability for water reception show soils cultivated by ploughing (Kamposols) comparing with soils of the same textural composition of other natural sites occurring in intensively managed landscape. Hydrologically highly effective structure shapes in farmland are first of all soaking tree-herbaceous green belts, fallows, agricultural forest and also wide-spanning field anti-erosion lames. Their soils are characterized first of all by litter organic matter presence, massive rooting of surface soil horizons by rich variety diversity of soil organisms communities with numerous abundance of tubular pedohydatods. Respecting these differentiation, soils keeps high abundance of very stabile pores, which are resistant against destruction, leaching and colmatation, having low resistance values in soil infiltration and macro-pores, disposed by generally high ability for water distribution and transit.

**Key words:** pedology, hydropedology, water regime of landscape, influx infiltration, soil ability, culture-technical engineering, anti-flood measures in landscape

Armatura: (z lat. armatura – výzbroj, zbroj, ozbrojený); zpevnění exponovaných částí zařízení (výztuž) a nebo příslušenství zařízení, které zajišťuje jejich správnou činnost, obsluhu, kontrolu, bezpečnost chodu a ochranu proti poškození; odtud např. přídavné zařízení a výstroj na rozvodech s průtokem tekutin apod.
---

Z hydrologického hlediska půdní povrch představuje především vstupní bránu pro vznik téměř veškerých podpovrchových vod, přirozeně s výjimkou vod juvenilních, ve smyslu pojetí Suesse, (1903). Voda z hydrometeorů nebo voda irigační, která se neodpaří a která nepronikne do půdy, se v hydrologickém cyklu účastní především na povrchovém odtoku. Z hlediska suchozemské vegetace a především z hlediska zemědělské výroby má půdní voda zcela rozhodující význam. Hlavní hydrologické funkce půdy proto spočívají především:

1. v příjmu, tranzitu a distribuci srážkové (závlahové) vody
2. v retenci, akumulaci a drenáži vody, která se dostane do půdně litologického prostředí
3. do značné míry v zabezpečování kontinuálního přítoku a rovnoměrného zásobování kořenové zóny rostlin

Distribuce vlhkosti v půdě je značně dynamická. Je ovlivněna především hydrotermickým režimem stanoviště (srážkové úhrny, teplotní režim, výpar, transpirací, antropogenní vstupy jako např. závlahy a pod.), podmínkami na povrchu půdy (vegetační pokrývka, zhutnění, kultivační vlivy a způsoby zpracování půdy, výživa rostlin), fyzikálními vlastnostmi a stavem půdy (textura a struktura půdy, systém půdních pórů a dutin a jejich rozdělení, humóznost, přítomnost a vlastnosti horizontu nadložního humusu – Šály a kol. 2000, kvalitativní a kvantitativní vlastnosti rhizosféry, zastoupení edafonu a především makroedafonu a jeho aktivita) a hladinou podzemní vody, v případě, že tato hladina je blízko pod povrchem (viz např. Drbal, 1969).

Lze zcela oprávněně konstatovat, že z hlediska tvorby podpovrchových vod je nejvýznamnější fází tohoto procesu průnik vody přes topografický povrch půdy. Tato hydrologická (hydropedologická) fáze pohybu vody rozhoduje o tom, zda se voda bude podílet na tvorbě podpovrchových vod (především vody půdní a podzemní vody) anebo zda se stane součástí povrchového odtoku případně povrchové akumulace vod.

Půda představují porézní prostředí s množstvím prostor mezi zrny a půdními agregáty a s množstvím průlin různých stereometrických vlastností a spojitostí, které nejsou zaplněny tuhou fází a které jsou různého tvaru a velikosti a původu (viz tab. 3).

Tab. 1 Schematické znázornění definičního vymezení pórů (Vašků, 1974)

Dutiny - póry (1) + (2) + (3)	Prostory různého tvaru, velikosti a původu v půdně litologickém prostředí, nezaplňené tuhou fází
(1) mikropóry	PF nad 4,18 *
(2) mezopóry	PF 4,18 až 0,77 *
(3) makropóry	PF pod 0,77 *
Makropóry	Komorové makropóry + pedohydatody
Komorové makropóry	Výrazně trojrozměrné půdní dutiny
Pedohydatody	Planární pedohydatody + tubulární pedohydatody
Planární pedohydatody (planární pedohydatody I. řádu – šířka 2 a více cm, II. řádu – 0,3 až 2,0 cm, III. řádu – 0,1 až 0,3 cm, IV. řádu – pod 0,1 cm)	Makropóry, které mají dva rozměry výrazně přesahující rozměr třetí (pukliny a praskliny, technoturbační štěrby, ploché nespojitosti v pedonu)
Tubulární pedohydatody	Makropóry, které mají jeden rozměr výrazně větší než rozměry zbývající (ruptické tubulární interpedální průliny, kanálky, dutiny po kořenech rostlin, chodbičky zoogeobiontů)

\* pF – dekadický logaritmus sacího tlaku podle Schofielda

Proto k průniku vody přes topografický povrch půdy a jejímu dalšímu pohybu dochází několika hydraulicky odlišně definovatelnými způsoby, např.:

- a) vsakem neboli infiltrací, jejíž rozhodujícím znakem je laminární proudění, které lze hydraulicky definovat Darcyho zákonem:

$$v = k \cdot I,$$

kde „k“ je nasycená hydraulická vodivost (dříve méně správně filtrační součinitel) a „I“ je hydraulický sklon neboli hydraulický gradient ( $\Delta h/L$  – pokles celkového potenciálu, v hydraulické praxi vyjadřovaný nejčastěji jako poměr ztráty na tlakné výšce k délce dráhy vodní částice);

- b) vtékáním neboli influkcí do planárních pedohydatod (do puklin a trhlin v půdně-litologickém prostředí), kde již dochází k turbulentnímu proudění a proto rychlost proudění vody je již nutno vyjadřovat Castanyho rovnicí:

$$v = k \cdot I^{1/m}, \text{ kde } m = 1,75 \text{ až } 2,$$

- c) vtokem neboli influkcí do tubulárních pedohydatod a dutin, ve kterých je proudění vody charakterizovatelné Chézyho rovnicí:

$$v = c \cdot (R \cdot I)^{0,5},$$

kde „c“ je součinitel drsnosti stěn pedohydatod, závislý na druhu a drsnosti jejich omočeného obvodu, „R“ je hydraulický poloměr určený poměrem průtočného profilu pedohydatody a jejím omočeným obvodem a „I“ je hydraulický spád;

- d) průtokem tabulárními pedohydatodami při laminárním proudění, kdy je podle Hagen–Poissevillova zákona průtok vody v  $m^3/s$  při kruhovém průřezu:

$$Q = 0,2407 \cdot D^4 \cdot r^{-1} \cdot I,$$

kde „D“ je průměr tubulární pedohydatody (m), „g“ zrychlení zemské tíže ( $m/s^2$ ), „r“ – kinematická viskozita ( $m^2/s$ ) a nebo podle obdobného vztahu:

$$Q = 0,2407 \cdot D^4 \cdot \mu^{-1} \cdot \rho \cdot I,$$

kde „μ“ je dynamická viskozita ( $kg/m.s$ ) a „ρ“ je měrná hmotnost vody ( $kg/m^3$ ).

Výše uvedené hydraulicky odlišné způsoby pronikání vody do půdního prostředí se obvykle zjednodušují na řešení infiltrace, které je většinou založeno na vztazích, které z matematického hlediska popisují vstup vody do půdy pomocí regresních rovnic, které byly kalibrovány na základě měření „in situ“ nebo v laboratoři. Používané regresní rovnice jsou většinou exponenciálního tvaru takže zjišťovaná závislost vsakovací rychlosti na čase se narůstajícím časem asymptoticky blíží hydraulické vodivosti v nasyceném půdním prostředí.

Současně se při řešení procesu infiltrace používají především vztahy a modely např. podle Holtána, Kostjakova (1932), Mezenceva (1948), Hortona (1940), Velikanova (1948), Befaniho (1957), Philipa (1957), Benetina (1966), Greena a Ampta (1911) a Richardse (1931).

### ***Terénní měření vsakovací schopnosti***

Použití výrazů pro výpočet rychlosti nebo velikosti infiltrace vyžaduje znalost parametrů závislých na daných podmínkách nebo podkladů pro jejich objektivní určení. Jestliže nejsou tyto předpoklady splněny, je třeba rychlost infiltrace určit přímo v terénu měřením. Průběh vsaku je zjišťován nejčastěji dvěma způsoby: postřikem pokusné měrné plochy, kdy je regulována intenzita postřiku během měření, aby se na povrchu půdy nevytvářely louže (intenzita postřiku se snižuje v souladu se snižováním vsakovací schopnosti půdy) a nebo výtopou pokusné měrné plochy, nejčastěji pomocí kruhových válců zaražených do půdy, např. podle postupu Wilma (1941), Klyčnikova (1952) a Dvořáka (1961).

V našich podmínkách se měření vsakovací schopnosti půdy čili infiltrace provádí nejčastěji pomocí infiltrměřů Dvořákova konstrukčního provedení. Jedná se o soupravu soustředných vsakovacích válců, z nichž průměr vnitřního válce je podle Dvořáka volen 35,683 cm, aby bylo dosaženo průřezové plochy 1 000  $cm^2$ , což znamená, že spotřeba 1 l vody ve vnitřním válci odpovídá sloupci vody o výšce 10 mm. Průměr vnějšího válce je volen 61,804 cm (plocha 3 000  $cm^2$ ) nebo 71,366 cm (plocha 4 000  $cm^2$ ).

### ***Influkčně infiltrační schopnost půdy***

Influkčně infiltrační schopnost půdy je definována jako maximální možná rychlost pronikání vody do půdního prostředí všemi existujícími dutinami, bez ohledu na jejich původ, velikost a tvar v půdně-litologickém prostředí (viz tab. 3), dosažená bez tlakové výšky vody na povrchu terénu.

Influkčně infiltrační schopnost půdy ovlivňuje významně podíl srážek na povrchovém odtoku, hypodermickém odtoku a odtoku do podzemních vod. Jako taková je ovlivňována především fyzikálními vlastnostmi půdy (struktura a stabilita půdních agregátů, textura a pórovitost), vegetačním krytem (ochrana půdního povrchu před destrukcí), vlhkostí půdně litologického prostředí, intenzitou a trváním srážek, agrochemickými vlastnostmi půdy a především biologickými vlastnostmi půdy, především oživení půdy mezogeobionty a makrogeobionty.

Influkčně infiltrační schopnost půdy je výsledkem dvou skupin hydraulicky diametrálně odlišných procesů, kterými jsou:

- a) influkce (= vtoky do půdy nebo horninového prostředí pedohydatodami (viz tab. 3), kdy je rychlost vody proporcionální k mocninnému vyjádření hydraulického spádu)
- b) infiltrace (= vsakování, to je vnikání vody ze zemského povrchu do půdního nebo horninového prostředí, kdy pohyb vody lze charakterizovat jako Darcyovské laminární proudění).

Hlavními nositeli influkčně infiltrační schopnosti půdy jsou pedohydatody (z řeckého pedon, hydor, hodos = půda, voda, cesta). Jde o souhrnné označení kategorie hydrologicky nejúčinnějších pórů v půdním nebo litologickém prostředí, které jsou představovány různými ruptickými dutinami nebo plochými prvky diskontinuity půdního prostředí, které vznikají např. v důsledku objemových změn při vysychání (planární pedohydatody) a především kanálkovitými a trubičkovitými hrubými póry biogenního původu (dutiny po kořenech rostlin, chodbičky zoogeobiontů apod.), to jsou tzv. tubulární pedohydatody.

Existující semipermanentní systémy převážně vertikálních tubulárních pedohydatod jsou zejména ve středně těžkých a těžkých půdách rozhodujícími preferenčními cestami pro vodu a to od všech účinných půdních pórů, např. od stereometricky uzavřených komorových makropórů a tubulárních pedohydatod, které vznikají činností bezobratlých (např. hypogeických máloštětinateců) a jiných živočichů až po planární pedohydatody.

Pro neustálé obnovování, zpevňování a vytváření nových tubulárních pedohydatod je velice významná migrace žížalovitých. Tak např. anektické druhy žížal putují ze spodních vrstev půdně-litologického prostředí až na povrch půdy, zde vyprazdňují ze střevo trávícími pochody pozměněnou půdu (tzv. žížalince), vyhledávají potravu a páří se. Do větších hloubek se hromadně stěhují zejména v důsledku nepříznivých vnějších podmínek, např. v období přísušků a v zimě, tehdy s oblibou zejména do aeračních pásem drénů (cirkulanční migrace). Hydrologicky velice významná je jejich spontánní předdešťová migrace do svrchních vrstev půdy, kterou se tak bezprostředně připravují a otevírají rozhodující cesty srážkové vodě (*Plinius Starší, Naturalis historia: „Dešťovky vylézající z půdy předvídají změnu počasí...“*).

Zatímco prosté měření infiltrace bývá zpravidla ještě únosné při hydropedologických hodnoceních v inženýrské pedologii a v mechanice zemin, případně u většiny agrikosolů a především u kamposolů (viz tab. 2), pro ekohydrologická šetření a hodnocení stanovišť hydrologicky účinných strukturních útvarů krajiny (např. zasakovací dřevinobylinné pásy, protierozní meze, travinné zasakovací pásy, zasakovací průlehy, remízy, háje, singularitní lesíky, lesní porosty apod.) lze prosté infiltrační měření označit za politováníhodný nonsens. U influkčních pedohydatod nelze totiž pohyb vody charakterizovat již jako laminární proudění s platností Darcyho zákona, ale rychlost vody je zde již proporcionální k mocninnému vyjádření hydraulického spádu.

Tab. 2 Hierarchický klasifikační systém nejvyšších půdních taxonů

<u>Říše</u> - regnum (nejvyšší základní kategorie, zahrnující veškeré půdy)	<u>Pedosféra</u> (soubor všech půd na styku litosféry s atmosférou nebo litosféry s hydrosférou)
<u>Kmen</u> - phylum (druhá nejvyšší základní kategorie, obsahující dva nižší taxony pedosféry, podle hlavních podmínek vzniku půd na zemském povrchu)	<u>Terestrické půdy</u> , též suchozemské půdy, aerogenní půdy (půdy vyvíjející se na zemském povrchu v suchozemských podmínkách) Subhydrické půdy, též akvatické půdy (půdy vyvíjející se trvale pod vodní hladinou)
<u>Oddělení</u> – divisio (dodatečná kategorie v pedologii, rozdělující terestrické půdy podle míry ovlivnění člověkem)	Virgosoly, též panenské půdy či přírodní půdy (půdy neovlivněné činností člověka) Saltosoly, též lesní půdy (půdy pod lesními porosty) <u>Agrikosoly</u> , též zemědělské půdy (orná půda a půdy chmelnic, vinic, zahrad, luk a pastvin) Antroposoly – půdy vznikající na člověkem nakupených substrátech při těžební, stavební a skládkové činnosti
<u>Pododdělení</u> – infradivisio (další dodatečná kategorie, podrozdělující agrikosoly (zemědělské půdy) na půdy kultivované orbou a půdy trvale využívané jako louka)	<u>Kamposoly</u> – půdy kultivované orbou Sempervirentipratosoly – půdy trvalých luk
<u>Třída</u> , též referenční třída – classis (hlavní kategorie oddělení (pododdělení), představující velké skupiny půd, seskupované podle hlavních znaků a geneze)	Referenční třídy se označují koncovkou –sol, která se připojuje za substantivem, které vychází z nejrozšířenějších mezinárodních morfémů: (leptosoly, regosoly, fluvisoly, fluvisols, vertisols, černosoly, luvisols, kambisols, andosols, podzosols, stagnosols, glejsols, salisols natrisols, organosols, antroposols)

Příčiny pronikavých rozdílů ve schopnosti přijímat a vést vodu u podstatné části zemědělských půd a u půd přírodě blízkých stanovišť spočívá v odlišnosti jejich rozhodujících fyzikálních vlastností. Agrikosoly jsou v podstatě více méně odpřírodněnými artefakty, s výrazně pozměněnou řadou vlastností. Jsou pravidelně ovlivňovány nejenom základními agrotechnickými operacemi, především orbou, hnojením statkovými organickými a minerálními hnojivy, ale i neživinnými toxickými rezidui strojených hnojiv a jinými xenobiotiky, jako jsou např. herbicidy (látky používané při ochraně rostlin proti plevelům), fungicidy (látky proti houbovým chorobám a fungicidní mořidla), insekticidy (látky proti hmyzu), moluskocidy (látky proti měkkýšům), rodenticidy (látky proti hlodavcům), nematocidy (látky proti hádátkům), akaricidy (látky proti roztočům), morforegulátory (látky ovlivňující růst rostlin), desikanty (látky, které způsobují uschnutí rostlin) a další látky (např. různá aditiva, adheziva a repelenty), zhutňováním těžkými mechanizačními a dopravními prostředky – což vede k výraznému ovlivnění genetických půdních procesů, nepříznivému ovlivnění složení a početnosti půdní flóry a fauny, zhoršení fyzikálních vlastností, k zatemování vstupních půdních pórů, ke tvorbě půdního škraloupu (kornatění půd – viz obr. 1) a rozplavování půdní struktury (obráz. 2), což jsou hydrologicky značně nepříznivé jevy, které jsou rozhodující pro příjem vody půdou, s nimiž úzce souvisí často zcela nepostačující schopnost těchto půd přeměňovat povrchový odtok na odtok podpovrchový.

Obr. 1 Kornatění půdy (foto Vašků)



Obr. 2 Širokořádkové plodiny vykazují nejnižší ochranný účinek na půdu (foto Vašků)



Hlavními mechanismy vyvolávající destrukci půdních agregátů přitom jsou (Le Bissonnais, 1996 a Kozák, 2005):

1. roztržení vzduchem stlačeným uvnitř agregátů při prudkém ovlhčení
2. rozrušení objemovými změnami, ke kterým dochází při ovlhčování a vysoušení
3. fyzikálně chemická dispergace zmenšení přitažlivých sil mezi koloidními částicemi při ovlhčování (vliv jednomocných kationtů, zvláště Na)
4. mechanické rozrušení dešťovými kapkami
5. rozplavení půdních agregátů při zátopě

Hydrologicky účinné strukturní krajinné útvary, jako jsou zasakovací dřevino-bylinné pásy, zasakovací průlehy, remízy, háje ale i široké polní a protierozní meze, se od polních stanovišť odlišují především přítomností horizontů nadložního humusu, mohutným prokořeněním povrchových půdních horizontů – viz obr. 3 (srovnej s výstižnými odbornými ruskými pedologickými termíny: *vojlok* = „plstnatý diagnostický horizont“ – *lesní, stepní, kořenová*...) a bohatou druhovou diverzitou společenstev půdních organismů s mimořádně početným zastoupením tubulárních pedohydatod (obr. 4).

Obr. 3 Silné prokořenění půdy (foto Vašků)



Obr. 4 *Mimořádný ekologický a hydrologický význam žížal*



V důsledku toho půdy těchto strukturních krajinných útvarů vykazují existenci mohutného povrchového kavernózního pásma s mimořádně vysokým podílem prakticky stabilních makropórů a pórů, které málo podléhají destrukci, rozplavení a kolmataci, vykazují vysokou efektivní pórovitost, malé odporové výšky na vtok do půdy a do makropórů a disponují celkově vysokou schopností distribuce a tranzitu vody (viz obr. 5 a obr. 6).

Obr. 5 *Mohutné epipedonální infilukční kavernózní pásmo (Foto Vašků)*



Obr. 6 *Vysoká influkčně infiltrační schopnost, distribuce a tranzit vody v epipedonální zóně*



Pro influkčně infiltrační měření je nutno dodržovat některá zcela specifická opatření a postupy. Jako nejvhodnější způsob měrného zařízení lze doporučit dvourámové měřicí zařízení. Místo vnějšího rámu lze ve vhodných podmínkách použít zahrázkování. Nejvhodnější konstrukce měrného rámu je ze sestavitelných dílů, které dovolují značné přizpůsobení jednak tvaru měřeného objektu (např. na protierozní mezi, uvnitř dřevino-bylinného vsakovacího pásu, ve vsakovacím průlehu, záchytnému drénu, podmínkám uvnitř lesních dřevinných společenstev, či pro zjištění influkční schopnosti prasklinovitých planárních pedohydatod I. řádu). Především dovolují dodržet potřebnou reprezentativní měrnou minimální plochu, která může být u každého měření různě velká, pohybující se v průměru od 2 m<sup>2</sup> do 8 m<sup>2</sup>. Výpočet návrhové influkčně infiltrační rychlosti (tedy hodnoty, která má v inženýrské praxi zcela zásadní význam např. pro dimenzování parametrů vsakovacích pásů, protierozních mezí, vsakovacích průlehů, vsakovacích drénů) se provádí podle následujícího vztahu:

$$V_N = 1,44 \exp. \left[ - \frac{\sum_{i=1}^n \ln^2 v \cdot \sum_{i=1}^n \frac{1}{H} - \sum_{i=1}^n \ln v \cdot \sum_{i=1}^n (\ln v \cdot \frac{1}{H})}{n \sum_{i=1}^n (\ln v \cdot \frac{1}{H}) - \sum_{i=1}^n \ln v \cdot \sum_{i=1}^n \frac{1}{H}} \right]$$

kde:  $V_N$  - influkčně infiltrační rychlost (m.den<sup>-1</sup>)

$v$  - vyrovnaná influkčně infiltrační rychlost vypočítaná z experimentálně stanovených rychlostí (mm.min<sup>-1</sup>)

$H$  - vyrovnaná kumulativní influkčně infiltrační výška vypočítaná z experimentálně získaných hodnot (mm)

$N$  - počet dvojic „ $v$ “ a „ $H$ “ uplatněných ve výpočtu

V dále uvedeném tabelárním přehledu (tab. 3) jsou uvedeny charakteristické hodnoty vsakovací schopnosti jednotlivých skupin půd, které jsou příznačné především pro zemědělské půdy. Oproti tomu v tab. 4 jsou prezentovány hodnoty měření influkčně infiltračních rychlostí, které byly zjištěny měřením na půdách hydrologicky účinných strukturních krajinných útvarů, jako jsou remízy, háje, zasakovací dřevinné a dřevino-bylinné pásy, zasakovací průlehy a protierozní meze, s vazbou na určitou skupinu biotopů, to je s ohledem na typ prostředí chápaný z hlediska rostlinných a půdních organismů, které jej obývají (Sádlo, Storch, 2000).

Pro ilustraci a srovnání výše uvedených influkčně infiltračních rychlostí jsou v následující tabulce (tab. 5) uvedeny u nás nejčastěji používané charakteristiky přívalových dešťů. Hydrologicky je velmi významné, že zjišťované influkčně infiltrační rychlosti uvedené v tab. 4 potvrzují, že v našich přírodních podmínkách na těchto biotopech nemůže prakticky žádný u nás se vyskytující přívalový déšť vyvolat povrchový odtok (viz tab. 4 a tab. 5).

Tab. 3 *Rozdělení půd a zemin podle vsakovací schopnosti a podle hydraulické vodivosti (Gardner, et al.: Soil physical constraints to plant growth and crop production. FAO publication, Land and Water Development Division. Rome 1999)*

Označení skupiny půd	Popisná charakteristika skupiny půd	Vsakovací schopnost (mm.min <sup>-1</sup> )	Vsakovací schopnost (m.den <sup>-1</sup> )	Hydraulická vodivost (mm.min <sup>-1</sup> )	Hydraulická vodivost (m.den <sup>-1</sup> )
<b>A</b>	Hluboké písky a šterkopísky	5,0 – 2,5	7,2 – 3,6	nad 0,25	nad 0,36
<b>B</b>	Hlinitopísčité hluboké půdy a zeminy s propustným podložím a lehké spraše na písku	2,5 – 0,85	3,6 – 1,22	0,25 – 0,12	0,36 – 0,17
<b>C</b>	Strukturní hlinité půdy nebo středně těžké půdy s těžší spodinou	0,85 – 0,25	1,22 – 0,36	0,12 – 0,05	0,17 – 0,07
<b>D</b>	Jílovitohlinité půdy a zeminy	0,25 – 0,08	0,36 – 0,12	0,05 – 0,025	0,07 – 0,036
<b>E</b>	Těžké jílovité půdy a zeminy, jily	pod 0,008	pod 0,12	pod 0,025	pod 0,036

Tab. 4 *Maximální influkčně infiltrační rychlosti (mm.min<sup>-1</sup>)*

Krajinný útvar	Půda (biotop)	Influkčně infiltrační rychlost (mm.min <sup>-1</sup> )
Remízy, háje, zasakovací dřevinné pásy	Acidofilní bučiny a květnaté bučiny na kambizemích vyvinutých na lehkých skeletovitých půdotvorných substrátech	6 – 12
Protierozní meze, zasakovací pásy, záchytné svahové průlehy, široké meze	Kambisoly s vyvinutými horizonty nadložního humusu, mohutným prokořeněním, s dřevinno-bylinnými porosty (např. s <i>Vaccinium myrtillus</i> a <i>Rhodococcus vitis-idaea</i> a travinno-bylinnými přírodně blízkými porosty)	4 – 9
Remízy, háje, zasakovací dřevinné pásy	Dubohabřiny, lipové doubravy a sprašové doubravy na černozemích a luviselech s horizonty nadložního humusu, hlubokým prokořeněním, na sprašových a prachovicových substrátech	3 – 7
Travino-dřevinné meze, zasakovací pásy a průlehy, neorané zatravněné pásy	Hluboké anhydromorfní půdy s vyvinutými horizonty nadložního humusu a mohutnou rhizosférou a bylino-travní mezoxerofytní porosty (naměřeno též na polních stanovištích s vojtěškou)	1 – 5
Polní stanoviště	Středně těžké až těžší anhydromorfní půdní představitele	0,1 – 1,0

Tab. 5 *Charakteristiky přivalových dešťů v mm*

Trvání deště (min)	5	10	15	20	25	30	40	60	120
Minimální úhrn srážek (podle L. S. Berga)	2,5	3,8	5,0	6,0	7,0	8,0	9,6	12,0	18,0
Úhrn srážek (pro p = 1,0)*	6,93	9,42	10,89	11,93	12,5	13,07	13,87	14,98	16,85
Úhrn srážek (pro p = 0,5)	8,55	11,94	13,95	15,36	16,16	16,97	18,12	19,55	22,10
Úhrn srážek (pro p = 0,1)	12,75	18,78	22,32	24,72	26,20	27,72	30,00	32,65	37,30
Úhrn srážek (pro p = 0,05)	14,64	22,02	26,28	29,40	31,25	33,12	35,76	38,88	44,50
Úhrn srážek (pro p = 0,01)*	18,96	29,76	36,00	40,44	43,20	46,08	49,92	54,72	62,64
Maximální úhrn srážek (podle J. Haeusera)	35,0	54,0	67,0	77,0	85,0	92,0	105,0	125,0	

\*p – pravděpodobnost výskytu

## LITERATURA

- Drbal, J., 1969: Meliorační pedologie. VŠZ Praha 1969.
- Dvořák, J., 1961: Měření vsakovací schopnosti půdy. Věd. práce VÚZIM Praha 1961.
- Gardner, C. M. K. et al., 1999: Soil physical constraints to plant growth and crop production. FAO publication, Land and Water Development Division. Rome 1999.
- Chytrý, M., Kučera, T., Kočí, M., 2001: Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR Praha 2001.
- Kozák, J. a kol., 2005: Kvalita a funkce půd ve vztahu k udržitelnému vývoji a ochraně půdního pokryvu (závěrečná zpráva o řešení výzkumného záměru). ČZÚ v Praze 2005.
- Pižl, V., 2003: Vybrané aspekty interakce žíhal s fyzikálními parametry prostředí. Fyzikální vlastnosti půdy a jejich interakce s půdními organismy a kořeny rostlin. Ústav půdní biologie AV ČR 2003, s. 33-39.
- Sádlo, J., Storch, D., 2000: Biologie krajiny. Vesmír 2000.
- Suess, F. E., 1903: Bau und Bild der Böhmischen Masse, (Bau und Bild Österreichs). Wien 1903.
- Šály, R., Sobocká, J., Bedrna, Z., Čurlík, J., Juráni, B., Šurina, B., 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. VÚPOP Bratislava 2000.
- Vašků, Z., 2005.: Inženýrské změny krajinné struktury jako základní soubor opatření pro vyrovnávání extrémů vodního režimu. Sb. příspěvků ke konferenci Tvář naší země – krajina domova, svazek 4 - Naše krajina v přírodní krajině Evropy. Studio JB 2005, s. 46-54.

# SROVNÁNÍ EDATOPU A PŘIROZENÉ VEGETACE 7. LVS SE SKARIFIKOVANÝMI PLOCHAMI V PLO KRUŠNÉ HORY

## A comparison of edatope and natural vegetation at 7th LVS-level with scarification areas in Krušné Hory Mt.

Dušan VAVŘÍČEK, Pavlína ŠIMKOVÁ

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta,  
Ústav geologie a pedologie, Zemědělská 3, Brno, 613 00, ČR,  
[dusvav@mendelu.cz](mailto:dusvav@mendelu.cz), [phs0504@mendelu.cz](mailto:phs0504@mendelu.cz)

### Abstrakt

Specifické podmínky byly vytvořeny skarifikací v PLO Krušné hory po celoplošném odlesnění v letech 1972 – 1989. Celoplošná dozerová příprava vedla k významné degradaci edatopu. Holorganické horizonty a část minerálních horizontů byly přemístěny za použitím dozerové technologie. Velmi intenzivní letecké vápnění vedlo k vytvoření nových paraklimaxových společenstev. Ty mohou být diagnostikovány výskytem SLT 7S (*Fageto-Piceetum mesotrophicum*) na místo původních 7K (*Fageto-Piceetum acidophilum*). Přemístění organických horizontů vedlo k velkým ztrátám celkového C a současně k významnému snížení celkového N. Ca a Mg byly na úrovni vysokých zásob jako důsledek vápnění. Hodnoty pH ve svrchních horizontech zůstaly na přirozených stanovištích na úrovni 7K i po provedeném leteckém vápnění.

**Klíčová slova:** skarifikace, odlesnění, Krušné hory, degradace edatopu

### Abstract

The specific conditions were modelled by soil scarification within the area of the Ore Mountains plateau after whole-area deforestation during 1972 – 1989. The whole-area soil preparations by dozer technology led up to a significant degradation of the edatope. The organic horizons and part of the mineral horizons were removed by excessive use of dozer technology. The very intense over ground air liming led to formation of new paraclimax communities. Those could be diagnosed as enriched habitant of 7S (*Fageto-Piceetum mesotrophicum*) instead of original 7K (*Fageto-Piceetum acidophilum*). Removal of organic horizons resulted in total C high losses, conjoined by significant total N decrease. Ca and Mg were at the level of high supply as the consequence of liming. The pH values of the uppermost horizons remained on natural sides with original horizons sequence of the 7K level even after over ground liming.

**Key words:** scarification, deforestation, Krušné hory Mt., edatope degradation

### ÚVOD

Přírodní lesní oblast Krušné hory je tvořena převážně horninami krystalinika (ruly, svory a fylity). Dle Quitta náleží polohy nad 800 m do CH6. Průměrná roční teplota kolísá mezi 2,7°C a 5,0°C a srážky se pohybují mezi 900 – 1 200 mm (cf. Culek, 1996). V minulosti byla oblast příznačná velmi vysokým a dlouhodobým imisním tlakem, především její okrajové jižní až jihovýchodní svahy a zarovnaná část vrcholové plošiny v 6. a 7. LVS. V komplexu s klimatickými vlivy a změnami ve způsobu hospodaření došlo k procesům celoplošného odlesňování a vytváření rozsáhlých holin zejména v oblasti náhorní plošiny, kde lesnatost velmi rychle a výrazně klesala. Kubelka (1992) uvádí, že počátek a vzestup imisních škod se datuje do let 1970 – 1977, s prvním snížením lesnatosti o 23,9 %. Následuje období kritického výrazného poškozování lesních porostů až do roku 1983, od

roku 1987 nastává období poměrné stagnace. Ardo et al. (1997) studoval rozměr a míru odlesnění, ke kterému došlo od roku 1972 do 1989 včetně prostorové distribuce na výrazně znečištěných lokalitách. Výsledky ukazují, že během tohoto období zmizelo přes 50 % jehličnatých lesů. Zvláště ovlivněné oblasti byly mezi 600 a 1 000 m n.m. a to zejména na jižních a jihovýchodních svazích.

Probíhající degradační procesy v jednotlivých ekosystémových složkách vedly k návrhu specifického opatření podle stavu půd a charakteru degradačního stadia porostů. Vedle melioračního vápnění, hnojení, odvodnění, ochrany a ošetřování kultur, byla do operací zajišťujících obnovní procesy zahrnuta i celoplošná příprava půdy.

Buldozerová příprava půdy byla široce používaným opatřením v rámci obnovy lesních porostů postižených imisemi. Uplatňována byla především v oblasti náhorní plošiny Krušných hor, neboť terénní a půdní podmínky neumožňovali její aplikaci v jiných horských pohořích. Podrázský (2001) uvádí, že používání buldozerů při obnově lesa bylo založeno na několika úvahách a podmíněno různými faktory. Z technologického hlediska skýtalo několik výhod: následné zásahy, jako výsadba, ochrana, vápnění a hnojení byly úpravou terénu značně usnadněny, skarifikace umožňovala rychlý postup při obnově lesa a prakticky maximálně v odstupu několika let opětovné zalesnění ploch, postižených odumíráním porostů. „Ekologicky“ bylo používání buldozerové přípravy zdůvodňováno nutností odstranit svrchní, imisemi „intoxikovanou“ vrstvu s výhodností výsadby sazenic do zeminy spodních, zachovalejších horizontů.

Na celoplošně upravených stanovištích však dochází k velkým a rizikovým ztrátám humusu. To dokládají i Ballard a Hawkes (1989), kteří stanovili, že po odstranění humusového horizontu z paseky po těžbě dospělého smrkového porostu v nadmořské výšce okolo 1000 m v Britské Kolumbii byla ztráta N 475 kg.ha<sup>-1</sup>. Odklizením každého centimetru nadložního humusu dochází k úbytku 150 kg.ha<sup>-1</sup> N, 15 kg.ha<sup>-1</sup> P, K, Ca a Mg a 20 kg.ha<sup>-1</sup> Fox et al., (1989) na JV USA konstatuje, že při přesunutí značného množství organického materiálu a minerální půdy dochází k přesunutí N do valů v množství až 672 kg.ha<sup>-1</sup>. Moris et al. (1983) uvádí na základě bilance živin 40-letého porostu *Pinus elliotii Engelman*, že odstranění N pouhou těžbou je šestkrát menší než jeho odstranění shrnováním. Pro P, K, Ca a Mg je úbytek způsobený těžbou prakticky roven úbytku způsobenému shrnováním. S narůstající intenzitou přípravy, koncentrace organického C a celkového N výrazně klesá (Burger a Pritchett, 1988). Odstraněním nadložního humusu se omezuje tedy nejen okamžitý obsah, ale i potenciální produkce přístupných dusíkových forem (NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N) (Vitousek a Matson, 1985).

Problematickou mechanizovanou přípravu ploch pro obnovu lesa popisuje i Šach (1995). Uvádí, že při buldozerové přípravě bylo přemístěno do valů cca 800 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup> půdního svršku, při přípravě bagrem cca pouze 422 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup>. Výrazná redukce organické hmoty ve vrstvě 0 – 15 cm měla za následek snížení obsahu celkového N a zmenšení bazické saturace. Důležitým degradačním jevem bylo ve spojitosti s odstraněním půdního svršku snížení maximální sorpční kapacity (T). Za nejzávažnější změny v půdní úrodnosti lze považovat redukci organického materiálu a s ní úzce související snížení obsahu celkového N. Podíl humusu v hloubce 0 – 15 cm se u přípravy buldozerem, bagrem a pluhem podstatně neliší, byl však prakticky poloviční oproti kontrolním nenarušeným horizontům; stejný stav redukce existoval i pro celkový obsah N. Čím větší množství a na větší vzdálenost je svrchní půda s vrstvou organického materiálu (15 – 20 cm) přesunuta, tím výraznější redukce úrodnosti půdy může nastat. Na růstu kultur se pak výrazně projevuje vzdálenost od valů, nebo od nenarušeného půdního povrchu.

## MATERIÁL A METODY

Porosty s celoplošnou přípravou se nacházejí na LS Klášterec v nadmořské výšce 880 – 890 m (porost 186 A2, 418 B2, 403 E2). Plochy s původním edatopem byly vyčleněny na LS Horní Blatná, cca 940 m n.m., porost 943 A11, 916 B11 a LS Klášterec 222 A4 a 230 B4. Sekvence a stratigrafie jednotlivých horizontů byla podrobně hodnocena z půdních sond. Půdní profily byly zařazeny do příslušných půdních typů, subtypů dle Taxonomického systému půd ČR (Němeček a kol. 2001).

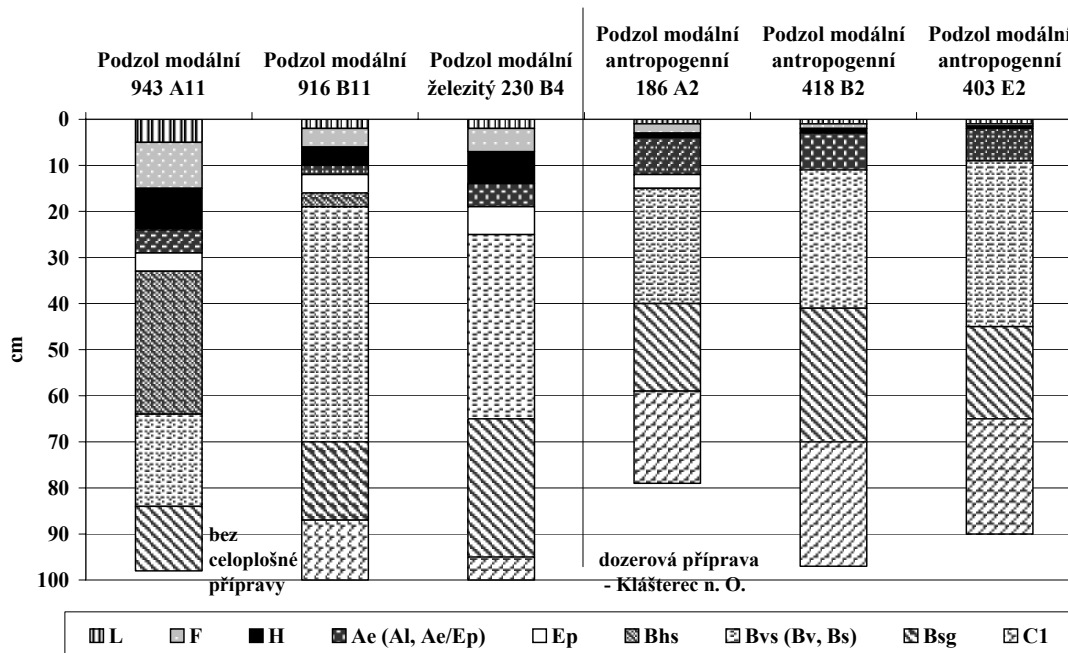
Stanovení přístupných živin v organické hmotě humifikačního horizontu H bylo provedeno v Göhlerově výluhu. Na principu extrakce a současné kationtové výměny se vytěsnil K, Ca, Mg, případně i P ze vzorku do roztoku v kyselém prostředí vyluhovadla směsi CH<sub>3</sub>COONa a koncentrované CH<sub>3</sub>COOH. Pro stanovení přístupných živin (P, Mg, Ca a K) v organominerálních a minerálních frakcích byla využita metoda Mehlich II. Půda se extrahuje kyselým roztokem za

přítomnosti  $\text{NH}_4\text{F}$  a  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Kyselá reakce vyluhovacího roztoku je nastavena  $\text{CH}_3\text{COOH}$  a  $\text{HCl}$ . Charakteristiky sorpčního komplexu byly stanoveny dle Kappena: obsah výměnných bazí (S) titračně roztokem  $\text{NaOH}$  po vytěsnění 0,1 M  $\text{HCl}$  v přebytku, maximální sorpční kapacita (T) ze sumy obsahu výměnných bazí a hydrolytické acidity (Ha) titračně stanovené roztokem  $\text{NaOH}$  po působení roztoku  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Bazická saturace – V (%) byla stanovena z poměru obou veličin (S, T). Kvalita humusu byla vyhodnocena stanovením poměru humínových a fulvokyselin (HK:FK) na základě spektrofotometrického stanovení dle absorbancí disperzity humínových látek (Zbiral, 2002).

## VÝSLEDKY A DISKUSE

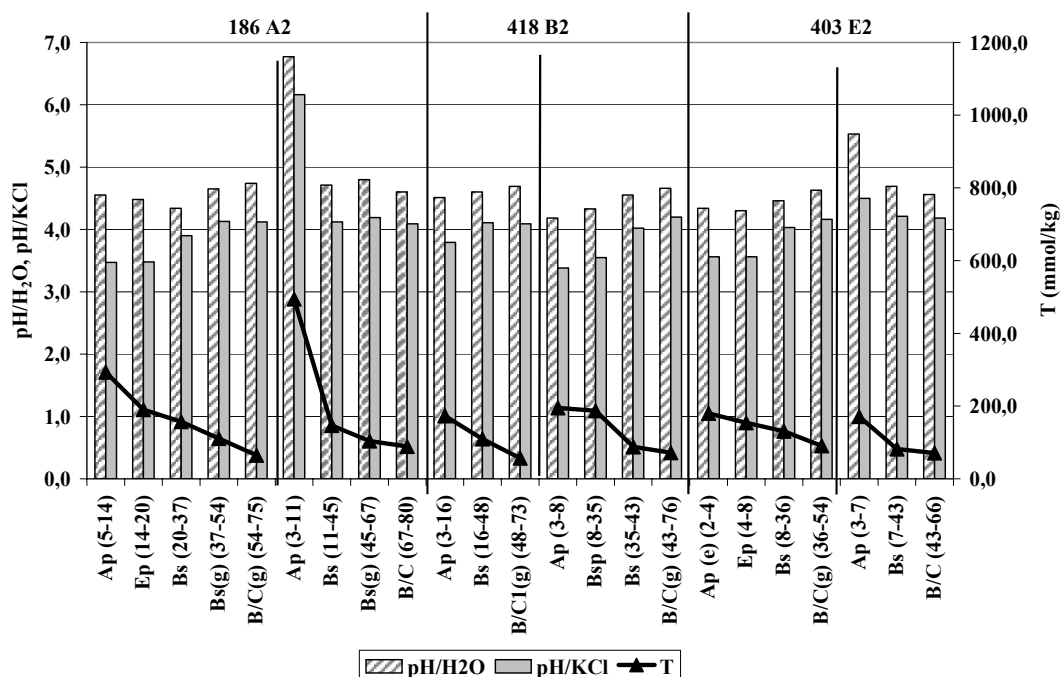
Provedená opatření celoplošné úpravy půdy na základě technologie klučící a shrnovací radlice měla výrazně degradační vliv na existenci a mocnost svrchních půdních horizontů. Současný stav je definován iniciálním stadiem humusové formy s cca 4 – 7 krát menší vrstvou humifikační frakce H než na stanovištích s přirozeným a celoplošnou úpravou v minulosti nepoškozeným profilem, tj. cca o 60 – 90  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  organického materiálu méně. Organo-minerální horizont je především v důsledku úpravy a dále vlivem bohatého kořenového systému travní sukcese s gravitačně pronikajícími humusovými látkami navýšen až na průměrnou hloubku cca 3 – 6 cm, ojediněle a to sporadicky při hlubším narušení a převrstvení dozerovou radlicí až 10 cm. Dle stratigrafie a případných ojediněle se vyskytujících zbytků diagnostických horizontů, lze šetřené půdy zařadit do půdních typů podzolů modálních antropogenních. Na plochách s přirozenou sekvencí horizontů byly rovněž diagnostikovány podzoly modální (obr. 1).

Obr. 1 Hloubky a sekvence horizontů na plochách s celoplošnou přípravou půdy a bez zásahu



Půdní reakce je pro převažující půdní typy podzolů modálních železitých příznivá (obr. 3). Ve svrchních vrstvách i na jedné porostní ploše značně rozkolísaná, především v důsledku nepravidelné aplikace materiálu při leteckém vápnění. Hodnoty v  $A_p$ -horizontech se pohybují v kategorii silně kyselých půd s hodnotami cca 3,2 – 3,7 pH/KCl (obr. 2). V komparaci s hodnotami pH na přirozených stanovištích jsou to významné rozdíly. Vysoká pufrovitost a intenzivní vliv nízkomolekulárních humusových kyselin, převážně fulvokyselin, má na stanovištích s přirozenou sekvencí horizontů půdního profilu vliv i na dynamiku půdní reakce. Ve svrchních vrstvách na rozdíl od ploch s celoplošnou úpravou klesají až na úroveň extrémně kyselých půd, což je při daných podmínkách podzolů modálních zrašeliněných až železitých obvyklé. S tím souvisí i výskyt indikačně vázaných acidofilních taxonů. Na plochách s celoplošnou úpravou jsou tyto překryty z části oligomezo až mezotrofními druhy.

Obr. 2 Potencionální a výměnná půdní reakce a maximální sorpční kapacita na plochách s celoplošnou přípravou



Ze zjednodušeného fytoecologického zápisu vyplývá posun rostlinných taxonů od SLT 7K (*Fageto-Piceetum acidophilum*) spíše k 7S (*Fageto-Piceetum mesotrophicum*), edafické kategorie uvedeny dle Ambros, Štykar (1999). Plochy s celoplošnou mechanizovanou přípravou: LS Klášterec: Revír Špičák – porost 186 A2, A-1: *Calamagrostis villosa* Jf.Gmel. 50 % (A), *Calamagrostis epigeos* Roth 30 % (B~), *Deschampsia flexuosa* Trin. 25 % (A!), *Oxalis acetosella* L. 20 % (B~), *Hieracium schmidtii* L. +(B~). A-2: *Calamagrostis villosa* Jf.Gmel. 90 % (A), *Deschampsia flexuosa* Trin. 30 % (A!), *Trifolium repens* L. +(B), *Cirsium vulgare* Ten. +(B~), *Epilobium montanum* L. 5 % (B), *Tusilago farfara* L.+(BD).

Revír Nádraží – porost 418 B2, B-1: *Calamagrostis villosa* Jf.Gmel. 65 % (A), *Deschampsia flexuosa* Trin. 55 % (A!), *Luzula pilosa* L. +(B~). B-2: *Calamagrostis villosa* Jf.Gmel. 50 % (A), *Deschampsia flexuosa* Trin. 50 % (A!), *Luzula pilosa* L. +(B~), *Carex pilulifera* L. +(A)

Revír Suchdol – porost 403 E2, C-1: *Calamagrostis villosa* Jf.Gmel. 40 % (A), *Calluna vulgaris* L. 30 % (A!), *Vaccinium myrtillus* L. +(A). C-2: *Calamagrostis villosa* Jf.Gmel. 50 % (A), *Deschampsia flexuosa* Trin. 40 % (A!), *Vaccinium myrtillus* L. 15 % (A), *Achillea millefolium* L. – (B~), *Potentilla erecta* Raeusch. +(AB), *Thymus pulegioides* L.+(B), *Carex pilulifera* L. 5 % (A), *Galium saxatile* L. +(A)

Plochy s přirozeným edatopem 7.LVS: LS Horní Blatná, revír Český Mlýn-porost 943A11: *Vaccinium myrtillus* L. 50 % (A), *Deschampsia flexuosa* Trin. 25 % (A!), *Calamagrostis villosa* Jf.Gmel. 25 % (A).

Revír Potůčky – porost 916 B11: *Vaccinium myrtillus* L. 60 % (A), *Deschampsia flexuosa* Trin. 20 % (A!), *Calamagrostis villosa* Jf.Gmel. 10 % (A), *Trientalis europea* L. 5 % (A).

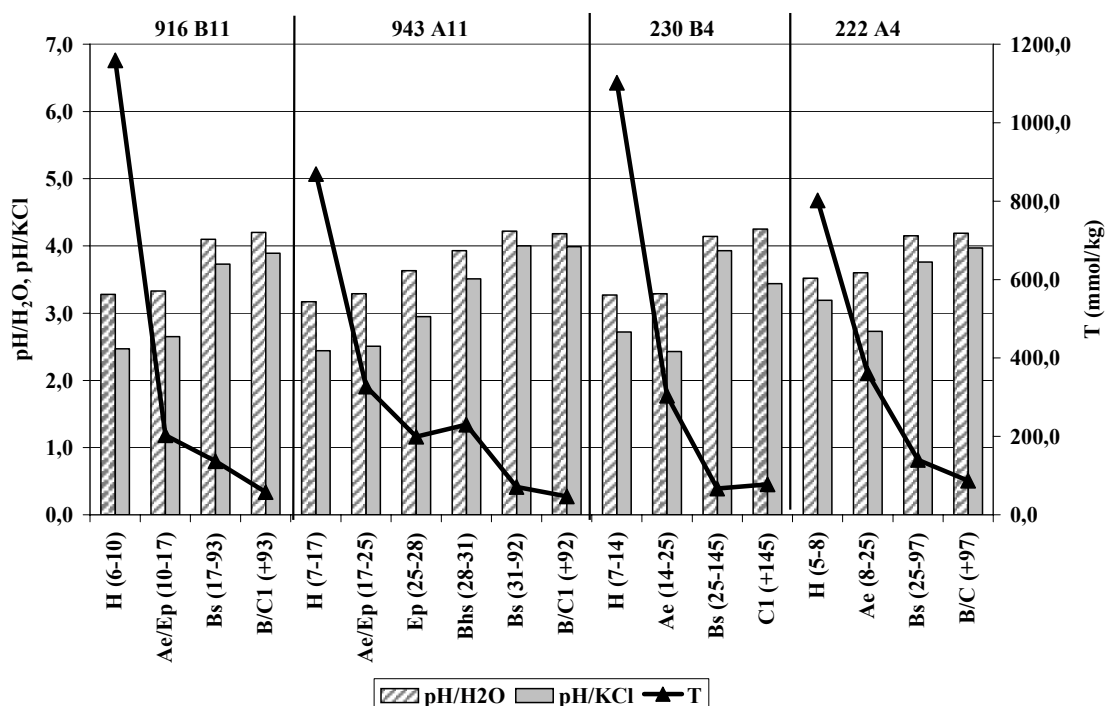
LS Klášterec, revír Kovářská – porost 222 A4a: *Calamagrostis villosa* Jf.Gmel. 20 % (A), *Deschampsia flexuosa* Trin. 5 % (A!), *Maianthemum bifolium* Schmidt 5 % (AB).

Porost 230 B4: *Deschampsia flexuosa* Trin. 30 % (A!), *Calamagrostis villosa* Jf.Gmel. 10 % (A)

Odstranění humusové vrstvy holo-organických horizontů při dozerové přípravě půdy nepříznivě působí na pufrovací schopnosti půdního tělesa, které jsou dány mimo jiné i hodnotou T. Šach (1991) udává, že v důsledku přípravy došlo k významnému snížení KVK ve svrchních vrstvách. Na LS Klášterec se již při srovnání jednotlivých technologií přípravy projevuje významný rozdíl v hodnotách T. Při jemnější přípravě s radlicí opatřenou hroty (revír Špičák) zůstávají hodnoty T v organo-minerálních horizontech na úrovni přirozených ekosystémů v rozmezí 300 – 350 mmol.kg<sup>-1</sup>. Chybí-li

však zbytky humifikačního horizontu H, který zajišťuje pufovací zónu na přirozených stanovištích, nepřesahují  $200 \text{ mmol.kg}^{-1}$  (obr. 2, 3).

Obr. 3 *Potencionální a výměnná půdní reakce a maximální sorpční kapacita na plochách se zachovanou sekvencí horizontů*



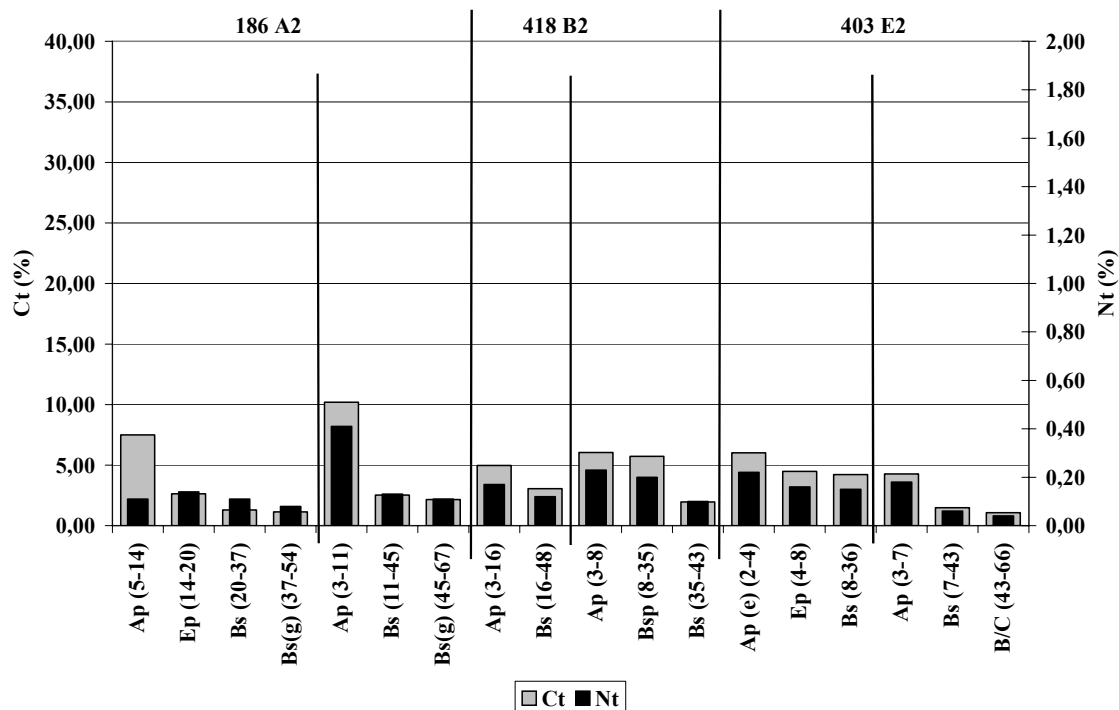
Na stanovištích s extrémní přípravou půdy – radlicí s rovným břitem, jsou hodnoty T podstatně nižší (cca o 40 %) a pro A horizonty víceméně neobvyklé ( $150 - 200 \text{ mmol.kg}^{-1}$ ). Podrázský (1992) uvádí, že pokud bylo vápnění spojeno s mechanizovanou přípravou půdy došlo vždy k poklesu hodnoty T. V důsledku vápnění se na těchto plochách dostávají hodnoty bazické saturace (BS) na úroveň mezobazických variet. V humusovém iniciálním horizontu Ap a zvláště pak v horizontu Bs překračují limit 20 % nasycení a s hodnotami cca 30 – 38 % BS se řadí do charakteru stanoviště mezotrofních kambizemí detekovaných i fytoindikací, pro dané polohy nepřírozené. Dochází k tzv. progresivní degradaci s vytvářením dočasné formy paraklimaxového stanoviště (Vavříček, 2004).

Humus je důležitou součástí půdního tělesa. Ztráty humusu a tím i dusíku jsou i při šetřené celoplošné přípravě půdy klíčící radlicí vysoké a mohou způsobit výrazné poškození nutriční stability. Morris (1983) uvádí, že ztráty humusu a N jsou povrchovou těžbou 6 krát menší než při odstranění svrchních organických horizontů shrnováním. Navíc N obsažený v humusových látkách v obnažené minerální půdě je špatně mineralizovatelný a v poměrech výživy těžko přístupný (Fox et al., 1986). Bilanční zásoba C po celoplošné úpravě výrazně klesá a po odstranění humifikačního horizontu H, která obsahuje na stratigrafických přirozených půdách podzolů cca 30 – 40 % C (55 – 70 % humusu) je stav humusových poměrů výrazně nepříznivý. Na přirozených stanovištích jsou hodnoty nízké v důsledku vyšší eluviace nízkomolekulárních humusových látek. Při těchto hodnotách je nutné uvážit výrazný bilanční rozdíl organické hmoty v přirozených podzolech  $80 - 100 \text{ t.ha}^{-1}$  oproti plochám s celoplošnou přípravou půdy, kde iniciální forma humusové vrstvy ( $15 - 20 \text{ t.ha}^{-1}$ ). Nelze však zohlednit pouze kritérium koncentrace určitého parametru v daném horizontu, ale i celkovou bilanční zásobu aktivní ekologické vrstvy půdy (obr. 4, 5).

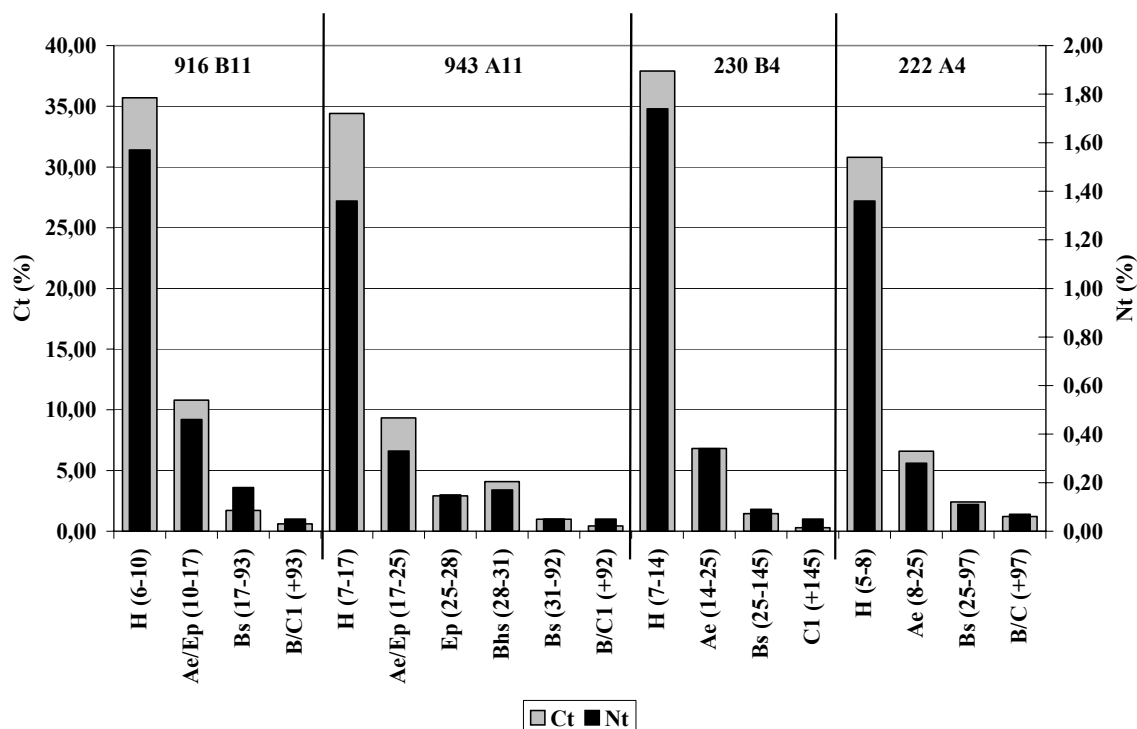
Obsah dusíku, zvláště jeho celková zásoba a obsah v jednotlivých horizontech úzce souvisí s množstvím a obsahem C v jednotlivých půdních horizontech. Mění se i bilanční zásoba dusíku. Při přibližně stejném obsahu zastoupení C v A-horizontech ploch s přípravou i bez přípravy půdy, je hodnota celkového dusíku menší na stanovišti s celoplošnou přípravou, která klesá až na hodnoty nízkých zásob pod 0,25 % N<sub>t</sub> (obr. 4). Současně se v nepříznivém trendu zvyšuje i poměr C : N. Ve vrstvách spodických horizontů jsou si hodnoty N<sub>t</sub> na obou variantách podobné a pohybují se v rozmezí

0,08 – 0,12 % N<sub>t</sub>. Bilanční zásoba dusíku je však v důsledku odstranění nadložní vrstvy surového humusu a části horizontu A velmi odlišná. U ploch s celoplošnou přípravou půdy je ve výrazné deficienci. Chybějící horizont humifikační frakce H významně ovlivňuje N-poměry na stanovišti. Přirozené plochy dosahují hodnot 1,3 – 1,8 % N<sub>t</sub> v H-horizontech.

Obr. 4 Obsah N a C na plochách s celoplošnou přípravou půdy



Obr. 5 Obsah N a C na plochách přirozenou sekvencí horizontů



Aplikace vápence v porostech s celoplošnou úpravou navýšila hodnoty Ca až na úroveň velmi vysokých zásob (700 – 900 mg.kg<sup>-1</sup>). Na srovnávacích plochách původních sekvenčně zachovalých

profilů holorganických horizontů se výsledky analýz pro Ca pohybují v rozmezí 80 – 150 mg.kg<sup>-1</sup>. I tyto hodnoty lze řadit pro 7. LVS kyselých edafických kategorií na úroveň střední zásoby. Tyto hodnoty jsou pro přirozené podmínky skupin typů geobiocenóz dostačující (cf. Vavříček, 2003). Při vápnění dochází k výrazné mobilizaci N i P a při vyšších dávkách může mít i vliv na snížení přístupnosti Zn, Mn, Cu a B a zvýšení toxicity Mo (Němeček, 1990).

Hořčík, který úzce souvisí s melioračním materiálem dolomitického vápence ukazuje na úzký vztah k obsahu a dynamice Ca. Hodnoty Mg jsou závislé a korelují s hodnotami Ca vždy dle dílčích ploch na jednotlivých stanovištích. Hodnoty v A-horizontech narůstají na hodnoty velmi vysoké (150 mg.kg<sup>-1</sup> Mg) až luxusní zásoby (250 – 300 mg.kg<sup>-1</sup>), které mohou mít za následek vytváření antagonistických vztahů, zvláště mezi jednovalentními bazickými kationy. Hořčík na přirozených stanovištích se zachovalou sekvencí horizontů těchto hodnot nedosahuje. Horizont-A zde vykazuje převážně střední zásobu (40 mg.kg<sup>-1</sup>). Rozdíly s porosty s celoplošnou úpravou půdy jsou podmíněny především vlivem výrazné pufrovací zóny morových až zrašeliněných humusových forem zde se vyskytujících podzolů.

Draslík, který je důležitý svou funkcí v rostlině se na plochách s celoplošnou přípravou pohybuje v limitech střední zásoby. Nejvyrovnanější a přitom i relativně nejvyšší jsou hodnoty K na stanovištích bez současného výraznějšího vlivu vápnění. Střední zásoba (60 – 80 mg.kg<sup>-1</sup>) je pro daný ekosystém příznivá. Obsah K v A-horizontech je na ostatních plochách rozkolísaný, ale není projevem antagonismu jiných bází.

## ZÁVĚR

Plochy s celoplošnou dozerovou přípravou vytváří stanoviště s edatopem a horizonty výrazně sekvenčně a kvantitativně odlišné od profilů s přirozeným vývojem půdy.

Ve skarifikovaných půdách probíhá s výše uvedeným vývojem, proces tzv. progresivní degradace na bázi zvyšování některých půdních parametrů na úroveň hodnot trofnostně nadřazených jednotek. Tato reakce (BS, pH) je také podmíněna povrchově aplikovaným vápněním.

Maloplošně vzniká jiný typ přirozené vegetace společně se změnou indikačních půdních parametrů, který nekonvertuje s charakteristikami původního SLT 7 K – kyselých bukových smrčín horských poloh na náhorních plošinách, ale inklinuje k živnějšímu stanovištím 7 S – svěžích bukových smrčín. Je to však prozatímní otázka tzv. progresivní degradace.

Obohacování minerální půdy na dozerových plochách vápněním, vede až k nepřirozenému navyšování základní makrobioelementů, které dosahují u draslíku úrovně pouze středních, ale u dvojvalentních makroprvků (Ca, Mg) až vysokých zásob.

Oproti stanovištím s přirozenou sekvencí a zastoupením půdních horizontů se na pracovních polích mezi liniovými valy výrazně projevuje nízký obsah Ct a také bilančně menší zásoba N<sub>t</sub> v přepočtu cca o 700 kg.ha<sup>-1</sup>.

*Poděkování: Tato studie byla podpořena výzkumným záměrem VZ MSM 6215648902.*

## LITERATURA

- Ambros, Z., Štykar, J., 1999: Geobiocenologie I. Ediční středisko MZLU v Brně, 63 s.
- Ardo, J., Lambert, N., Henzlík, V., Rock, B., N., 1997: Satellite-based estimations of coniferous forest cover changes: Krusné Hory, Czech Republic 1972 – 1989. In: Ambio, 26: 3, 158-166; 56 ref.
- Ballard, T. M., Hawkes, B. C. 1989: Effects of burning and mechanical site preparation on growth and nutrition of planted white spruce. In: Inform. Rep. BC-X-309. Victoria, B.C., For.Canada, Pacif. and Yukon Region, Pacif.For.Cent, 19 p.
- Burger, J. A., Pritchett, W. L., 1988: Site preparation effects on soil moisture and available nutrients in a pine plantation in the Florida flatwoods. In: Forest Sci., 34, 1988, č. 1, pp. 77-88.
- Culek, M., 1996: Biogeografické členění České republiky, ENIGMA s r.o., Praha, s. 347.
- Fox, T. R., et al., 1986: Effects of site preparation on nitrogen dynamics in the southern Piedmont. In: Forest Ecol. and Mgmt. 15, 1986, č. 4, pp. 241-256.
- Fox, T., R., et al., 1989: The impact of windrowing on the productivity of rotation age loblolly pine plantation. In: Proc. of the Fifth Bien. Sth. Silf. Res. Conf. Ed J.H. Miller. Gen.Tech.Rep. SO-74. New Orleans, LA, Sth. Forest Esp. Stat. 1989, pp. 133-140.

- Kubelka, L., 1992: Zhodnocení vlivu chemické meliorace půd degradovaných imisemi v lesní oblasti Krušné hory za období 1973 – 1991. Závěrečná zpráva NAZV d.ú. 06.91 – 04.92, Teplice, s. 69.
- Morris, L. A., et al., 1983: Displacement of nutrients into windrows during site preparation of a flatwood forest. In: Soil Sci. Amer. J., 47, 1983, č.3, pp. 591-594.
- Němeček, J., a kol., 1990: Pedologie a paleopedologie, ČSAV Praha, Polygrafia Praha, 552 s.
- Němeček, J., a kol., 2001: Taxonomický systém půd České republiky, ČZU Praha, 68 s.
- Podrázský, V., 2001: Humusové formy a jejich význam v revitalizaci lesních stanovišť v závislosti na vegetační stupňovitosti. In: Problematika lesnické typologie III, Kostelec nad Č. L., s. 99-103.
- Šach, F., 1995: Mechanized site preparation in the Krušne Mountains and soil erosion. In: Práce Výzkumného Ústavu Lesního Hospodářství a Myslivosti, No. 80, 1995, 65 – 80; 28 ref.
- Vavříček, D., 2003: Současný stav na stanovištích s celoplošnou dozerovou a bagrovou přípravou půdy z aspektu jejich revitalizace v 7. LVS Krušných hor. In: Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách, VÚHLM, Teplice, s. 9-24.
- Vavříček, D., 2004: Současné půdní charakteristiky dozerových ploch mezi liniovými valy v komparaci s přirozeným vývojem edatopu 7. LVS náhorní plošiny Krušných hor – progresivní degradace. In: Problematika lesnické typologie VI. Praha: ČZU, 2004, s. 25-29.
- Vitousek, P. M., Matson, P. A., 1985: Intensive harvesting and site preparation decrease soil nitrogen availability in young plantations. In: J.Appl.For., 9, 1985, pp. 120-125.
- Zbíral, J., 2002: Analýza půd I. Jednotné pracovní postupy. Brno, ÚKZUZ: 197 s.

# REGIONALIZÁCIA POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD Z HĽADISKA ICH PRODUKČNÝCH A EKONOMICKÝCH PARAMETROV

(kľúčový referát témy II. „Poľnohospodárska produkcia vo vzťahu ku pôde a regiónom“)

## Regionalization of agricultural soils in aspect of their production and economic parameters

Jozef VILČEK

*Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy Bratislava, Regionálne pracovisko Prešov,  
080 01 Prešov, Raymanova 1, SR*

[vilcek@vupop.sk](mailto:vilcek@vupop.sk)

### Abstrakt

V príspevku sa zaoberáme regionalizáciou poľnohospodárskych pôd podľa účelovo zvolených parametrov a kritérií. Takto zvolené regióny charakterizujeme z pohľadu potenciálnych produkčných možností poľnohospodárskych pôd i predpokladanej miery rentability dosahovanej pri pestovaní poľnohospodárskych plodín. Produkčný potenciál je vyjadrený množstvom fytomasy (hlavný i vedľajší produkt) prepočítanej na sušinu pripadajúcu na jeden hektár. Miera rentability je vyjadrená v percentách ako podiel zisku a nákladov. Najviac fytomasy v prepočte na jeden hektár sa vyprodukuje na pôdnych typoch čiernica, černoze, hnedozem a fluvizem, na rovinách, pôdach bez skeletu, hlbokých a stredne ťažkých. Z jednotlivých regiónov je najvyššie zastúpenie takýchto pôd v kukuričnej výrobní oblasti, pôdno-ekologických podoblastiach nížin (Podunajská, Záhorská a Východoslovenská nížina), kraji Trnavskom, Nitrianskom a Bratislavskom, ako aj v regiónoch nezaraďovaných do znevýhodnených oblastí. Nakoľko miera rentability sa prevažne odvíja od pôdnych parametrov, má efektívnosť pestovania plodín podobné plošné rozšírenie ako je tomu v prípade produkcie fytomasy. Konkrétne naturálne i ekonomické hodnoty sú uvedené v príslušných obrázkoch a tabuľkách.

**Kľúčové slová:** regionalizácia, produkcia fytomasy, produkčný materiál

### Abstract

In the article we concern on regionalization of agricultural soils according to selected parameters and criteria. We characterize regions that were delimited by this way from the viewpoint of potential production capabilities of agricultural soils and predicted profitability rate, achieved by crop planting. Production potential is expressed by the weight of phytomass (main and side), re-counted as dry matter of phytomass per hectare. Profitability rate is expressed in percents as a share of profits to expenses. The highest amount of phytomass per hectare can be produced on Mollic Fluvisols, Chernozems, Haplic luvisols and Fluvisols, at plains, at deep and medium-textured soils without soil skeleton. From all regions, the highest proportion of these soils is within corn producing region, soil-ecological subregions of lowlands (Danube, Zahorska and East-Slovak lowlands), in region Trnava, Nitra and Bratislava, as well as in regions that are not included into less favoured areas. Because the profitability rate is usually dependent on soil parameters, the effectiveness of crop production has similar spatial distribution as phytomass production. Concrete natural and economic values are shown in tables and graphs.

**Key words:** regionalization, phytomass production, production potential

Pod regionalizáciou sa všeobecne chápe proces v priebehu ktorého človek vedome vytvára účelové regióny, pričom podľa Mičiana (1984) je regiónom časť zemského povrchu či krajinskej sféry vyhraničená na základe zvoleného kritéria. Voľba kritéria je subjektívnou záležitosťou človeka. Ovplyvňujú ju profesné zameranie, účelnosť kategorizácie, dostatok potrebných poznatkov a informácií, ale aj politické, lobistické i individuálne záujmy ľudí.

Z takýchto pohľadov je možné pristupovať aj k regionalizácii poľnohospodárskych pôd. Pri tvorbe regiónov poľnohospodárskych pôd sa uplatňujú predovšetkým nasledujúce prístupy:

- **pedologický:** skupiny pôd, pôdne typy, druhy, svahovitosť, skeletovitosť, hĺbka ...
- **geografický:** územnosprávne členenie: republika, kraj, okres, katastrálne územie ...
- **zonálnosť:** pôdy nížin, kotlín, pohorí ...
- **agronomický:** produkčný potenciál, výrobné oblasti, vhodnosť pôd pre pestovanie plodín ...
- **ekologický:** ohrozený a ochranný pôdny fond, zraniteľné oblasti ...
- **ekonomický:** znevýhodnené oblasti, efektívnosť pestovania plodín ...

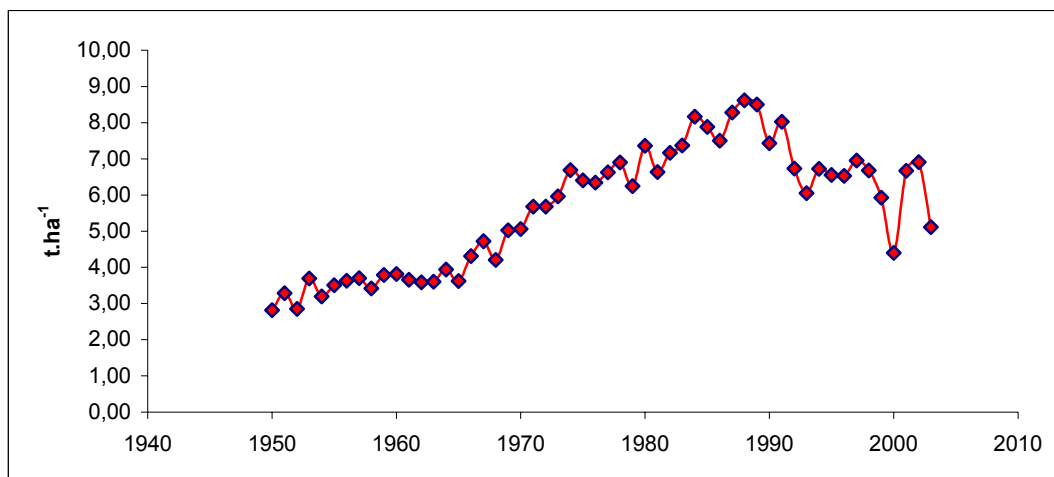
Kombinácia:

- pedogeografický prístup: pôdno-ekologická oblasť, podoblasť, región, subregión ...
- agronomicko-pedologický prístup: typologicko-produkčná kategorizácia ... a pod.

Uvedené prístupy je možné využiť aj pri kategorizácii poľnohospodárskych pôd podľa reálnych i potenciálne možných produkčných i ekonomických parametrov. Z tohto pohľadu a pre účely tohto príspevku chápeme produkčné parametre ako celkovú produkciu fytomasy vyprodukovanú na konkrétnom pôdnom stanovišti. Nejedná sa teda len o tzv. hlavný produkt poľnohospodárskych plodín (zrno, buľvy a pod.), ale aj o produkty vedľajšie (korene, steblá, listy) a tiež sme počítali s možným zaburinením porastov. Do celkovej produkcie je totiž potrebné započítať aj iné rastliny ako poľnohospodársky využiteľné, rastúce na danom stanovišti. Pri hodnotení ekonomických parametrov sme zvolili kategorizáciu podľa nákladovej miery rentability pestovania poľnohospodárskych plodín.

Vývoj produkcie fytomasy na poľnohospodárskych pôdach Slovenska sme hodnotili za obdobie rokov 1950 – 2003. Až po rok 1989 je vo vývojovej rade preukázateľný nárast produkcie fytomasy. Po tomto roku je naopak badateľný pokles sledovaného parametra.

Obr. 1 Vývoj produkcie biomasy (v sušine) na poľnohospodárskych pôdach Slovenska

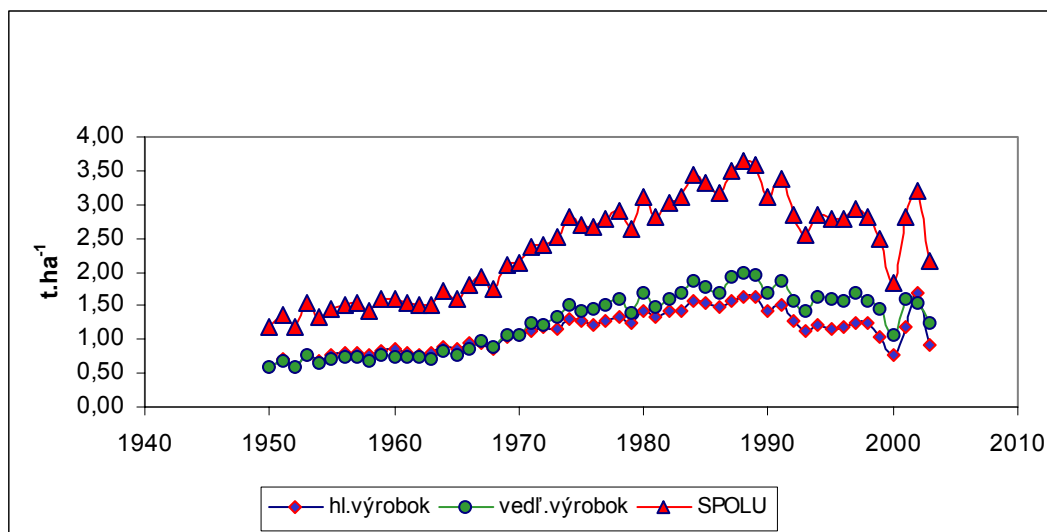


Uvedené platí aj v prípade produkcie fytomasy prepočítanej na uhlík a to tak pri hlavnom, ako aj vedľajšom produkte.

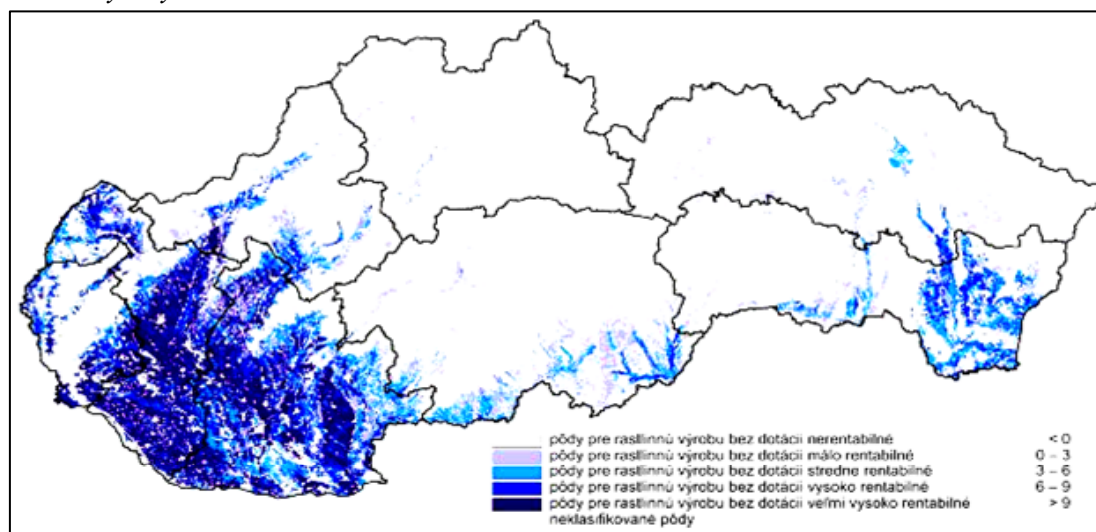
Pôda má okrem produkčných a mimoprodukčných aj ekonomické parametre, ktoré úzko súvisia s jej produkčnou schopnosťou a spôsobom využitia. Príčinou rozdielnych ekonomických výsledkov v pestovaní poľných plodín je aj heterogenita pôdnych vlastností. Tento fenomén by preto mal zohrávať jednu z rozhodujúcich úloh pri plánovaní výroby na pôde. Poznaním reálnych nákladových i výnosových predpokladov je možné pre konkrétnu lokalitu (o ktorej sú známe pôdne charakteristiky) odvodiť jej potenciálne možný ekonomický potenciál. Takýmto postupom môžeme odvodiť napr. aj

regióny nákladovej rentability poľnohospodárskych pôd. Miera rentability uvedená v tomto príspevku je vyjadrená bez štátnych dotácií.

Obr. 2 Vývoj produkcie uhlíka na poľnohospodárskych pôdach Slovenska



Obr. 3 Kategorizácia poľnohospodárskych pôd z hľadiska potenciálnej rentability rastlinnej výroby



Využitím geografických informačných systémov a príslušných údajových databáz je možné mieru rentability vyjadriť pre jednotlivé pestované plodiny a následne ju aj plošne kvantifikovať.

Tab. 1 Zastúpenie pôd z pohľadu ekonomickej rentability pestovaných plodín v %

Kategória rentability	Pšenica ozimná	Kukurica na zrno	Cukrová repa	Repka ozimná	Zemiaky	RV spolu
Pôdy nerentabilné	36,3	59,5	61,0	31,3	74,9	54,4
Pôdy málo rentabilné	15,8	3,1	1,3	31,2	4,9	13,9
Pôdy stredne rentabilné	13,7	12,9	3,4	17,3	6,1	7,3
Pôdy vysoko rentabilné	21,4	15,4	22,4	13,6	9,3	10,6
Pôdy veľmi vysoko rentabilné	12,8	9,1	11,9	6,6	4,8	13,8

Všeobecne za celú rastlinnú výrobu môžeme konštatovať, že bez dotácií je pre pestovanie rastlín na Slovensku pri súčasných ekonomických pravidlách 54,4 % pôd nerentabilných, 13,9 % málo rentabilných, 7,3 % stredne rentabilných, 10,6 % vysoko rentabilných a 13,8 % pôd veľmi vysoko rentabilných.

### ***Regionalizácia poľnohospodárskych pôd podľa základných pedologických charakteristík***

Základnou pedologickou i kategorizačnou charakteristikou pôd je pôdny typ. Ukazuje sa, že okrem morfológických a genetických diferenciácií sú medzi pôdnymi typmi výrazné aj produkčné i ekonomické rozdiely. Tieto rozdiely, samozrejme v závislosti od plošného rozšírenia pôdných typov, jednotlivé oblasti determinujú. Potenciálne produkčné i ekonomické predpoklady hlavných pôdných typov na Slovensku prezentuje nasledujúca tabuľka.

Tab. 2 *Produkcia sušiny fytomasy a miera rentability pestovaných plodín podľa pôdných typov*

<b>Pôdny typ</b>	<b>Produkcia sušiny fytomasy v t.ha<sup>-1</sup></b>	<b>Miera rentability v %</b>
Čiernice	12,83	7,10
Černozeme	13,60	8,99
Hnedozeme	11,55	4,86
Fluvizeme	10,97	3,80
Luvizeme	9,53	1,74
Pseudogleje	9,34	0,51
Regozeme	10,26	-3,75
Gleje	2,55	-1,82
Organozeme	2,71	-4,75
Kambizeme	5,45	-3,81
Rendziny	4,47	-3,97
Podzoly	2,97	-2,95
Slance	2,82	-4,00

Produkciu sušiny fytomasy, ako aj mieru rentability pestovania plodín výrazne ovplyvňuje aj konfigurácia terenu. Kým na pôdach nachádzajúcich sa na rovine (do 3°) je predpokladaná produkcia sušiny 11,6 t.ha<sup>-1</sup> a miera rentability 5,1 %, na svahoch nad 17° je tomu len 2,8 t.ha<sup>-1</sup>, resp. -3,7 % (strata). Podobné výsledky sme dosiahli pri kategorizácii pôd podľa skeletovitosti. Pôdy bez skeletu sú v priemere schopné vyprodukovať 11,8 t.ha<sup>-1</sup> sušiny fytomasy a dosiahnuť mieru rentability 4,7 %, kým silne skeletovité pôdy len produkciu 2,4 t.ha<sup>-1</sup> a rentabilitu -3,9 % (strata). Logické diferenciácie v sledovaných ukazovateľoch sme zaznamenali tiež pri kategóriách hĺbky pôd, zrnitosti i skupinách pôd.

### ***Regionalizácia poľnohospodárskych pôd podľa výrobných oblastí***

Aj keď existujú novšie a exaktnejšie členenia poľnohospodárskych pôd ako sú tzv. výrobné oblasti, v praxi sa ešte stále táto terminológia a regionalizácia používa. Vzhľadom na uvedené sme pre jednotlivé výrobné oblasti stanovili potenciálne produkčné i ekonomické parametre. Výrazný a preukázny je najmä rozdiel v produkcii fytomasy medzi kukuričnou a ostatnými oblasťami. Bez dotácií je rentabilná len oblasť kukuričná, repárska oblasť je na hrane rentability.

Tab. 3 *Produkcia sušiny fytomasy a miera rentability pestovaných plodín podľa výrobných oblastí*

<b>Výrobná oblasť</b>	<b>Produkcia sušiny fytomasy v t.ha<sup>-1</sup></b>	<b>Miera rentability v %</b>
Kukuričná	12,09	6,15
Repárska	8,37	-0,07
Zemiakárska	6,00	-3,15
Horská	4,70	-3,97

### **Regionalizácia poľnohospodárskych pôd podľa pôdno-ekologických podoblastí**

Z porovnania pôdno-ekologických podoblastí Slovenska (Džatko, 2002) vyplýva, že najviac biomasy vyprodukujú pôdy nížin (Záhorská, Podunajská a Východoslovenská nížina). Od stredne položených kotlín vyššie je bez dotácii rastlinná výroba stratová.

Tab. 4 *Produkcia sušiny fytomasy a miera rentability pestovaných plodín podľa pôdno-ekologických podoblastí*

<b>Pôdno-ekologická podoblasť</b>	<b>Produkcia sušiny fytomasy v t.ha<sup>-1</sup></b>	<b>Miera rentability v %</b>
Borská rovina	11,07	3,97
Chvojnická pahorkatina	12,12	5,86
Podunajská rovina	12,84	7,63
Podunajská pahorkatina	12,51	6,49
Východoslovenská rovina	9,59	2,32
Východoslovenská pahorkatina	10,11	0,98
Kotliny nižšieho stupňa	9,87	1,20
Kotliny stredne výškového stupňa	7,94	-2,16
Vysoko položené kotliny	6,76	-3,47
Pohoria a vrchoviny flyšového pásma	5,47	-3,43
Sopečné pohoria	5,92	-2,91
Nížšie pohoria	5,84	-2,71
Vysoké pohoria	4,28	-3,49

### **Územno-správna regionalizácia poľnohospodárskych pôd**

V súvislosti s regionálnou politikou na Slovensku sa zväčša porovnávajú a spomínajú kraje a okresy, t.j. územno-správne jednotky. Z pohľadu nášho rozboru môžeme konštatovať, že najproduktívnejšie (vo vyjadrení na jednotku plochy) sú kraje Trnavský, Nitriansky a Bratislavský. Oproti týmto krajom je potenciál kraja Žilinského nižší o viac ako polovicu. Hospodáriť rentabilne (bez dotácií) je možné prevažne v spomínaných troch krajoch.

Tab. 5 *Produkcia sušiny fytomasy a miera rentability pestovaných plodín podľa krajov Slovenska*

<b>Kraj</b>	<b>Produkcia sušiny fytomasy v t.ha<sup>-1</sup></b>	<b>Miera rentability v %</b>
Bratislavský	11,47	5,26
Trnavský	12,45	6,94
Nitriansky	12,35	6,30
Trenčiansky	7,63	-0,67
Žilinský	5,39	-3,69
Banskobystrický	7,12	-1,66
Prešovský	6,10	-3,04
Košický	8,42	-0,02

### **Regionalizácia poľnohospodárskych pôd podľa znevýhodnených oblastí**

Po vstupe do Európskej únie sa najmä v súvislosti s diferenciáciou finančných podpôr do poľnohospodárstva čoraz viac diskutuje aj o tzv. znevýhodnených oblastiach (LFA). Oblasti boli vyčlenené na základe všeobecne známych kritérií. Vychádzajúc z hodnotenia našich parametrov sme aj pre tieto oblasti napočítali produkčný i ekonomický potenciál poľnohospodárskych pôd. Je logické, že v hodnotených ukazovateľoch dominujú regióny ktoré medzi znevýhodnené zaradené neboli.

Tab. 6 *Produkcia sušiny fyto­masy a miera rentability pestovaných plodín podľa znevýhodnených oblastí*

<b>Znevýhodnené oblasti (LFA)</b>	<b>Produkcia sušiny fyto­masy v t.ha<sup>-1</sup></b>	<b>Miera rentability v %</b>
Horské oblasti	5,19	-3,59
Ostatné znevýhodnené oblasti	8,45	-0,53
Špecificky znevýhodnené oblasti	9,03	0,79
Oblasti nezara­dené medzi znevýhodnené	12,57	6,93

## ZÁVER

Kým zákonitosti geografického rozšírenia pôd sú určené prírodnými podmienkami a faktormi pôdotvorného procesu v celej svojej vzájomnej podmienenosti, ich regionalizácia v sebe skrýva prvky subjektivity. Pri tvorbe akýchkoľvek regionálnych programov a strategických zámerov využitia krajiny nie je možné neprihliadať na stav, kvalitu, potenciál i mimoprodukčné funkcie pôd, ako jednej zo základných zložiek prírody. Regionálny rozvoj je a bude priamo podmienený rozvojom nášho vzťahu k pôde.

## LITERATÚRA

- Demo, M. a kol., 1998: Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine. Nitra: SPU, 1998, 302 s. ISBN 80-7137-525-X.
- Džatko, M., 1980: Vypracovanie sústav členenia a hodnotenia agroekosystémov SSR (záver. správa) Bratislava: VÚPVR, 1980, 39 s.
- Džatko, M., 2002: Hodnotenie produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd a pôdno-ekologických regiónov Slovenska. Bratislava: VÚPOP, 2002, 88 s. ISBN 80-85361-94-9.
- Korbíni, J., Facuna, J., 1978: Zóny vhodnosti pestovania hlavných poľnohospodárskych plodín v SSR. Bratislava: Príroda, 1978, 111 s.
- Kováč, K. a kol., 2003: Všeobecná rastlinná výroba. Nitra: SPU, 2003, 335 s. ISBN 80-8069-136-3.
- Kromka, M., 2001: Vplyv predpokladaných klimatických zmien na mineralizáciu pôdnej organickej hmoty. In: Bull. Slov. meteorol. spoloč. SAV, - roč. 12, 2001, č. 2, s. 21-25.
- Linkeš, V., Pestún, V., Džatko, M., 1996: Príručka pre používanie máp bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek. Bratislava: VÚPÚ, 1996, 43 s. ISBN 80-85361-19-1.
- Vilček, J., 1999: Pôdnoekologické parametre usporiadania a využívania poľnohospodárskej krajiny (záver. správa) Bratislava: VÚPOP, 1999, 113 s.

# LEGAL ASPECTS OF PHOSPHORUS RELATED PROBLEMS IN FARM PRACTICE AT E.U. MEMBER STATES LEVEL

## Právní aspekty fosforu ve vztahu k problémům zemědělství na úrovni členských států EU

Karel VOPLAKAL, Jitka LAGOVÁ

*Research Institute for Soil and Water Conservation Prague*

*Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5 – Zbraslav, ČR*

[voplakal@vumop.cz](mailto:voplakal@vumop.cz)

### Abstract

The Soil Service of Belgium sent the questionnaire to the current member states of the European Union as part of a wider study being carried out by the Soil Service of Belgium on behalf of the European Commission's DG ENV. Its aim is to gather information on the legal measures and policy actions initiated, taken or planned by the member states in order to address existing or potential problems arising from unbalanced use of phosphorus in farm practice. Apart from questions on legal matters this document contained a few complementary items of a more technical nature, too.

**Key words:** phosphorus, farm practice, EU countries

### Abstrakt

Půdní služba Belgie poslala dotazník současným členským státům EÚ jako součást velké studie realizované Půdní službou Belgie pro Evropské komise DG ENV. Cílem je shromáždit informace o právních opatřeních a politických rozhodnutích implementovaných, zaváděných, uplatňovaných anebo plánovaných členskými státy, aby se definovali existující anebo potenciální problémy vznikající z nevyváženého používání fosforu v zemědělství. Nehledě na otázky o legálních aspektech, tento dokument obsahuje několik doplňujících poznámek víc technické povahy.

**Klíčová slova:** fosfor, zemědělství, EU krajiny

### REGULATIONS

#### *Standardized methodologies for analyzing phosphorus*

**P-content in soil:** (mg P. kg<sup>-1</sup>)

Determination according Mehlich-III method (1984) has obligatory been used.

Methodology standardized by „Codes of good practice“ using Olsen method (1954) (according to the Czech norms ČSN ISO 11263),

**P-content in ground and surface waters** (expressed in mg P.l<sup>-1</sup>)

Determination of phosphate in the water according to standard No. ČSN EN 1189 equal to the European standard EN 1189 (from 1996).

Determination as orthophosphates:

1/ direct spectrophotometric determination

2/ after extraction with extractant (1-hexanol or with ethanol)

3/ hydrolyzable phosphates (with help of sulphuric acid)

4/ as total diluted P and P-total after decomposition with peroxodisulphate or with a mixture of HNO<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**P-content in crops:** (mg P. kg<sup>-1</sup> in dry matter)

Determination of phosphate according to the standard ČSN 46 7092 – 11 using a spectrophotometric method (colorimetric agent /NH<sub>4</sub>/<sub>2</sub> MoO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O + NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub>).

For more concentrated extracts the gravimetric method with chinoline is used.

**P-content in a manure** (mg P. kg<sup>-1</sup> of a dry matter). Decomposition of the dry matter-sample with aqua regia and the final determination of P is done in a gravimetric way – according to the Czech standard ČSN EN 13346; /see Law about fertilizers No.156/1998 Sb.

### ***Existing water quality norms with respect to phosphorus levels***

Critical concentration of phosphorus in the surface water:

- 1) for a water supply engineering purposes: max. 0.15 mg P.l<sup>-1</sup>
- 2) for the other purposes: max. 0.40 mg P.l<sup>-1</sup> (according to the Laws Collection No. 82/1999) Appendix No.3 to the Governmental public notice No. 82/1999 Sb.

### ***Control mechanisms:***

Czech Normalization Institute  
Agricultural Hydrologic Control  
State Amelioration Control.

### ***Norm for the drinking water***

See Public Notice No. 376/2000 of the Czech Ministry of Public Health (IX. 2000). Minimum quantity of the annual water samples uptake and frequency of their analyses is determined by the Appendix No. 2 to the above-mentioned promulgation No. 376/2000 (depending on the volume of the produced drinking water).

The permissible concentration of phosphorus should be less than 0.05 mg P. l<sup>-1</sup>.

Nevertheless, it does not exist any limitation for the permissible P-concentration for the irrigation water, for the swimming and fishing water.

### ***Classification of a surface water quality***

is done by the Norm ČSN 75 7221. According to that norm a following general limit values of diluted phosphates (P-concentration) has been stated:

- 1) non-polluted water (max. 0.05 mg P. l<sup>-1</sup>)
- 2) slightly polluted water (max. 0.15 mg P. l<sup>-1</sup>)
- 3) polluted water (max. 0.40 mg P. l<sup>-1</sup>)
- 4) very polluted water (max. 1.0 mg P. l<sup>-1</sup>)
- 5) extremely polluted water (> 1.0 mg P. l<sup>-1</sup>).

### ***Principles of phosphates determination in the fertilizers***

Determination of P-total is based on the decomposition of fertilizer samples with use of hot mineral acids (HNO<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) in a Kjeldahl bottle. The final determination is done on the base of gravimetric way as molybdate-phosphate of chinolinium. This method comes from the Analytical methodology of Central Institute for Supervising and Testing, Brno.

Other analytical methods are based on:

- 1) decomposition with mineral acids
- 2) extraction of phosphates with formic acid
- 3) extraction of phosphates with citric acid
- 4) extraction of phosphates with basic sodium citronate
- 5) extract. of phosphates with basic solution of Na<sup>+</sup>-citronate
- 6) extraction of phosphates with water

The final determination on the photometric or gravimetric (as phosphomolybdate-chinoline) principles.

### ***Restrictions and fertilizers application rules done due to "Law about fertilizers" No. 156/1998 Sb***

The undertakers in agriculture have to utilize the fertilizers, farmyard manure and supporting material consistently with the rules given by the "Law about fertilizers"; they must strictly avoid the contamination of the soil by incorporation of the risk elements into the soils with fertilizers, sewage sludge or farmyard manure; all the fertilizers must be spread uniformly and regularly on the soil surface. Undertakers (farmers) must strictly avoid the diffuse emission of the nutrients and namely prevent possible detriment of the waters.

#### ***Control mechanisms***

**Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture (ÚKZÚZ) Brno** provides the regular Agricultural Soil Survey and Examination (soil sampling and their chemical, physical and microbiological analyses). That institute ensures and supports the fertilizers registration, gives rules for their adequate storage, provides the control and supervision whether the undertakers (farmers) really follow the instructions for the adequate fertilizers storage and use – mainly in the vulnerable regions (according to the Public notices edited by the Ministry of Agriculture). It also ensures a competent evaluation of the data obtained in the Agrochemical Soil Survey and Examination.

#### ***Penalties for non-compliance***

According to the "**Law about fertilizers**" the owners of the agricultural farms, the producers and importers of fertilizers can be punished by financial penalties for breaking the "Law about fertilizers". The height of penalties for different cases ranges from fifty thousand Czech Crowns (CzK) up to 5 millions CzK:

*Penalty 50 000 CzK* can be a punishment for the farmers who refuse or make it impossible the soil sampling for the Agricultural Soil Survey and Examination and also for the non-adequate keeping records concerning the fertilizers and sewage sludge application;

*Penalty of 100 thousand CzK* can be laid for not proper storage of fertilizers and farmyard manure or sewage sludge;

*Penalty of 500 thousand CzK* can be a punishment for the fertilizers producers and importers if they do not keep the conditions of a proper marking and denotation of fertilizers and their packing and/or default of legal enactments connected with the fertilizer use of EU with a serious immediate consequence;

*Penalty of 5 millions CzK* for setting afloat of fertilizer that had not been registered before - according to § 3 part 1 and 3 of the "Law about fertilizers".

#### ***Restrictions on P-production at farm level***

In contrast to certain western countries no restrictions on phosphorus production at farm level exist in our country; neither such restrictions can be implemented – regarding to the very low proportion of cattle units to the agricultural area in our agriculture:

Mean proportion of Cattle Units (CU) per hectare is 0.42 CU per 1 ha only. The mean total production of phosphorus is 31 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> .year<sup>-1</sup>.CU<sup>-1</sup> and so it exists no surplus of phosphates; in the contrary, the contribution of farms to the phosphorus content is desirable, but very low. From the same reasons no manure treatment is being practiced in our country as a way to eliminate the excess of phosphorus.

#### ***Financial regulatory policy concerning phosphorus pollution from agriculture***

Regarding to very low level of phosphate fertilization both with the mineral fertilizers and with the manure (with respect to the low proportion of CU to the area) in the Czech Republic it exists almost a negligible risk of P-pollution due to agriculture.

#### ***Regulations regarding the management of phosphorus in agriculture***

All the regulations regarding phosphorus management (and not only phosphorus) is under the control of the "Law about fertilizers" No. 156/1998.

It deals with the fertilizers, supporting materials, substrates and it ensures control on the Agrochemical Soil Survey and Examination. Certain changes have been done by the following laws: No. 308/2000 Sb., No. 147/2002 Sb., No. 317/2004 Sb.

**Most important public notices (promulgations)** influencing the phosphorus management in the agriculture:

Public notice No. 474/2000 Sb. deals with the requirements for fertilizers; certain changes were introduced by the Public notice No. 475/2000 Sb.

Public notice No. 273/1998 Sb. deals with the sampling and with the chemical analyses of fertilizers; certain changes were introduced by the Public notice No. 475/2000 Sb.

Public notice No. 274/1998 deals with the fertilizer storage and how to use them (certain changes were introduced by the Public notice No. 476/2000 Sb.).

Public notice No. 275/1998 deals with the Agrochemical Soil Examination and Testing and with the examination of the soil properties in the forest regions (certain changes were introduced by the Public notice No. 477/2000 Sb. and No. 400/2004 Sb.).

#### ***Availability of specific P-fertilizer recommendations***

**Evaluation of the fertilization necessity** determined on base of phosphorus content categorization in agricultural soils (plant available phosphorus content determined according to Mehlich III-method)

<b>P (mg. kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>P-content category</b>	<b>Evaluation of the necessity of P-fertilization and its rules</b>
< 50	low	distinct necessity for starting of the P-saturation process
51 – 80	sufficient	need for moderate saturation with phosphorus
81 – 115	good	favourable content; for its maintenance only substitutive fertilization is needed to be used
116 – 185	high	fertilization with phosphorus is needed to be omitted until the category “good” is needed reached
> 186	very high	increasing of P-content is improper from the ecological point of view: fertilization would be superfluous and non permissible

Previously the fertilization advice provided mostly the State extension service of advisers on the base of the data obtained from the every year made (in the spring time) Agrochemical Soil Examination and Testing. In the soil samples the determinations of pH/KCl, CO<sub>3</sub>, plant available nutrients concentration (P, K, Mg, Ca) and CEC value have been executed. The analyses are performed by the Central Institute for Supervising and Testing in Brno using its own analytical methodology.

Presently there are mostly the private advisers who provide the recommendations – on the base of the above mentioned soil analyses (or more detailed analyses), as well as on the leaf analyses and expected nutrients uptake by crops.

#### **REFERENCES**

- Mehlich, A., 1984: Mehlich-3 soil test extractant-a modification of Mehlich-2 extractant. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 15, 1409-1416.
- Olsen, S.R., Cole, C.A., Watanabe, F.S., Dean, R., 1954: Estimation of available phosphorus in soil by extraction with a sodium bicarbonate. US Dept. of Agriculture Circ. 939, 1954.
- Law about fertilizers No. 156/1998 Sb.
- Public notice No. 474/2000 Sb. (requirements for fertilizers); revision by the Public notice No. 475/2000 Sb.
- Public notice No. 273/1998 Sb. (sampling and the chemical analyses of fertilizers); revision by the Public notice No. 475/2000 Sb.
- Public notice No. 274/1998 (fertilizer storage and their utilization); revision by the Public notice No. 476/2000 Sb.).
- Public notice No. 275/1998 (Agrochemical Soil Examination and Testing and with the examination of the soil properties in the forest regions); revision by the Public notice No. 477/2000 Sb. and No. 400/2004 Sb 275/1998.

# ZMĚNY PŮDNÍCH VLASTNOSTÍ VLIVEM ODVODNĚNÍ NA MODELOVÉM ÚZEMÍ V ČESKÉ REPUBLICE

## Changes of the soil properties as influenced by dewatering on the model region in the Czech Republic

Jan VOPRAVIL, Tomáš KHEL, Kamila KUCHAROVÁ, Monika ČERMÁKOVÁ

*Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha*

*Žabovřeská 250, Praha 5 Zbraslav, ČR*

[jan@vumop.cz](mailto:jan@vumop.cz)

### Abstrakt

Při zpracovávání výzkumných úkolů, které se zabývají změnami vlastností půdního pokryvu ČR, jsme pro ověření jejich výsledků zvolili a detailněji zpracovali také některá vybraná modelová území. Tento článek přináší shrnutí výsledků z modelového území nacházejícího se v podhorské oblasti Českého lesa. Toto modelové území (cca 360 ha) leží u státních hranic s Německem a spadá do katastrálního území obce Železná v okrese Domažlice. V 80. bylo zájmové území odvodněno systematickou trubní drenáží. Obec Železná měla počátkem 30. let minulého století 1138 obyvatel. Po válce obec ze 2/3 zanikla, nyní má jen okolo 40 stálých obyvatel. Značně se měnilo i využití půdy. Před válkou se hospodařilo na malých políčkách a pastvinách. V 50. letech byla značná část půd nechána ladem. Po odvodnění v 80. letech bylo území využíváno jako orná půda, od 90. let je na celém území trvalý travní porost převážně využívaný k pastvě skotu. V rámci řešení výzkumného projektu jsme provedli srovnání chemických a fyzikálních vlastností půdních sond odebraných při podrobném hydropedologickém průzkumu lokality před odvodněním s nově námi odebranými půdními sondami odebranými z totožných míst, tedy cca 30 let po provedeném odvodnění.

**Klíčová slova:** podhorská oblast, modelové území, odvodnění, využití půdy, půdní vlastnosti

### Abstract

For the solving of research projects dealing with the changes of the properties of the soil cover of the Czech Republic we used in order to check the results selected model territories. One of them is situated in the sub-mountainous region and it has been explored in detail. That model region (area of about 360 hectares) is near to the state boundary to Germany and it falls within the cadastral region of the village Zelezná in district Domazlice. In the course of eighties has been region of interest drained by the pipe drainage. The village Zelezná counted 1,138 habitants at the beginning of the thirties of the last century. After the 2<sup>nd</sup> World War that village almost perished; now it has not more than 40 permanent habitants. Even the land use has been changed considerably there: before the 2<sup>nd</sup> World War the people managed mostly small fields and pastures whereas during the fifties the considerable part of the area was left wasted. After the drainage was performed in the eighties, the region was used as an arable land, nevertheless since the nineties the whole area is covered by the permanent grassland and it has been used for the grazing of the cattle. In the frame of the research project we compared the soil chemical and soil physical properties using the samples taken up both during the detailed hydropedological survey before the draining and also now, using our new soil samples taken up from the same site, from the same soil pits but thirty years after the drainage had been performed.

**Key words:** sub-mountainous region, model region, drainage, land use, soil properties

Modelové území (cca 360 ha) leží u státních hranic s Německem a spadá do katastrálního území obce Železná v okrese Domažlice. Průměrná nadmořská výška území je 530 m n.m., průměrná roční teplota 6,1°C, za rok zde spadne 753 mm srážek. Geomorfologicky řadíme území do Českoleské oblasti, celku Český les. Vodní toky na území patří do povodí Dunaje. V 80. bylo zájmové území odvodněno systematickou trubicí drenáží.

Obec Železná měla počátkem 30. let minulého století 1138 obyvatel. Po válce obec ze 2/3 zanikla, nyní má jen okolo 40 stálých obyvatel. Značně se měnilo i využití půdy. Před válkou se hospodařilo na malých políčkách a pastvinách. V 50. letech byla značná část půd nechána ladem. Po odvodnění v 80. letech, bylo území využíváno jako orná půda, od 90. let je na celém území trvalý travní porost převážně využívaný k pastvě skotu.

Z hlediska geologické rajonizace náleží území Železně krystaliniku Českého lesa, a sice jeho moldanubické části, tj. moldanubiku Českého lesa. Dominující horninou je cordieritická rula a sillimanit-biotitická migmatizovaná pararula, místy s turmalínem. Pouze v severozápadní části se v malém úseku objevují čočkovitá tělesa leukokratní žuly. Dále jsou zde zastoupeny fluvialní a deluviální sedimenty a rašeliny.

Území řadíme bonitačně do klimatického regionu 8, mírně chladného a vlhkého. Půdní pokryv zájmového území je rozmanitý. Přibližně 40 % rozlohy zájmového území pokrývají kambizemě dystrické slabě oglejené, 25 % pseudogleje modální, kolem 18 % rozlohy zaujímají gleje modální, 9 % pokrývají pseudogleje glejové a zbytek půdního pokryvu tvoří gleje histické, kambizemě dystrické a stagnogleje. V rámci řešení výzkumného projektu jsme provedli srovnání chemických a fyzikálních vlastností půdních sond odebíraných při podrobném hydropedologickém průzkumu lokality před odvodněním a nově námi odebraných půdních sond z totožných míst cca 30 let po provedeném odvodnění. První zjištěné výsledky jsou znázorněny v tabulkách.

Tab. 1 *Pseudogleje – zhodnocení změn hodnot*

PSEUDOGLEJE	ornice	průměr – staré	%	podorní	průměr – staré	%	3. horizont	průměr – staré	%
pH(H <sub>2</sub> O)	▲	5,2	12,8	Ø	/	/	Ø	/	/
pH(KCl)	▲	4,0	26,6	Ø	/	/	Ø	/	/
HUMUS	Ø	/	/	Ø	/	/	Ø	/	/
T	▼	31,1	42,9	Ø	/	/	▼	16,5	34,8
S	▼	11,5	7,3	Ø	/	/	Ø	/	/
V	Ø	/	/	Ø	/	/	Ø	/	/
P	▼	65,4	20,4	Ø	/	/	▲	36,1	12,9
ρ <sub>z</sub>	▲	2,4	5,1	Ø	/	/	Ø	/	/
OHR	▲	0,8	47,3	Ø	/	/	Ø	/	/

Ø – neprůkazná změna, ▼ – průkazné snížení hodnoty, ▲ – průkazné zvýšení hodnoty

V orničním horizontu došlo k průkaznému zvýšení pH (stále však kyselé až slabě kyselé). Tuto skutečnost si vysvětlujeme melioračním vápněním, které bylo po provedeném odvodnění a v dalších letech na sledovaném území realizováno. Pokles kationtové výměnné kapacity (T), respektive obsahu výměnných bází (S), mohl být způsoben erozí – odnosem jemné zrnitostní frakce a vyluhováním bází z ornice během využívání pozemku jako orné půdy. Pokles pórovitosti (P) a zvýšení měrné hmotnosti (ρ<sub>z</sub>) a objemové hmotnosti redukované (OHR) indikují utužení půdy, způsobené pojezdy těžkých mechanismů. Odvodněné půdy touto způsobu degradace, podle našich zjištění, snadněji podléhají.

Tab. 2 Kambizemě – zhodnocení změn hodnot

KAMBIZEMĚ	ornice	průměr – staré	%	podorničí	průměr – staré	%	3. horizont	průměr – staré	%
pH(H <sub>2</sub> O)	Ø	/	/	▲	5,4	17,6	▲	5,3	16,5
pH(KCl)	▲	4,3	17,5	▲	4,1	15,8	▲	4,2	8,7
HUMUS	▲	2,4	46,1	Ø	/	/	Ø	/	/
T	▼	25,8	39,7	▼	18,3	49,5	Ø	/	/
S	Ø	/	/	Ø	/	/	Ø	/	/
V	▲	36,9	40,2	Ø	/	/	▲	42,3	70,4
P	Ø	/	/	Ø	/	/	▼	44,1	5,6
p <sub>z</sub>	Ø	/	/	Ø	/	/	Ø	/	/
OHR	Ø	/	/	Ø	/	/	Ø	/	/

Ø – neprůkazná změna, ▼ – průkazné snížení hodnoty, ▲ – průkazné zvýšení hodnoty

V ornici kambizemí došlo též k průkaznému zvýšení hodnoty výměnného pH. Dále poklesu kationtové výměnné kapacity, to koresponduje se zvýšením hodnoty sorpčního nasycení. Při neprůkazné změně S muselo tedy dojít ke snížení obsahu jedné ze složek sorpčního komplexu, pravděpodobně odnosem jemné zrnitostní frakce z ornice v době zemědělského využívání půd. Také Bv horizont byl ovlivněn mnohaletým vápněním a vykazuje průkazné zvýšení hodnoty půdní reakce. Pokles hodnoty T lze vysvětlit, podle našeho názoru, posunem jemné zrnitostní frakce profilem po odvodnění Bv-horizontu. Tomu by odpovídalo i snížení pórovitosti ve třetím horizontu. V něm došlo také ke zvýšení pH a stupně sorpčního nasycení (V).

*Poděkování: Tato prezentace vychází z řešení výzkumného projektu Mze NAZV QF 3094 – Změny vlastností odvodněných a dlouhodobě zavlažovaných půd s dopady na ochranu půdy a vody.*

# REKULTIVACE PŮD NA MOSTECKU

## The land reclamation in the Most area

**Jaroslava VRÁBLÍKOVÁ, Miroslav HLÁVKA, Milan ADÁMEK**  
*Fakulta životního prostředí, Univerzita J.E. Purkyně, Králová Výšina 7,  
400 96 Ústí nad Labem, ČR*  
[Vrablikova@fzp.ujep.cz](mailto:Vrablikova@fzp.ujep.cz)

### Abstrakt

Zásahy člověka do krajiny jakými bylo nadměrné odlesňování, nevhodné způsoby zemědělského využívání pozemků a zejména rozvoj průmyslové výroby spojený s potřebou energie a nerostných surovin vedly ke vzniku antropogenní degradace až destrukce krajiny. Pomocí vhodně zvolených způsobů rekultivace se daří postižená území regenerovat a revitalizovat. Příspěvek je zaměřen na vliv antropogenní činnosti, zejména těžby uhlí na krajinu v Podkrušnohoří a na zkušenosti dosažené při výzkumu obnovy krajiny.

**Klíčová slova:** Ústecký kraj, rekultivace, půda, těžba hnědého uhlí, sanace, krajina

### Abstract

Human intervention on the landscape, such as excessive deforestation, unsuitable methods of agricultural usage of land plots and especially the development of industrial production connected with the need for energy and mineral raw materials, leads to the creation of anthropogenic degradation up to destruction of the landscape. With the help of suitably selected methods of recultivation, there is success in regenerating and revitalizing the damaged territories. The article is focused on effect anthropogenic activity, in particular effect coal mining on landscape in Podkrušnohoří and experiences achieved in reclamation research.

**Key words:** the Usti region, reclamation, soil, brown coal mining, remediation, landscape

### ÚVOD

Region Severozápad, označovaný jako NUTS II., se rozkládá se na 8.649 km<sup>2</sup> a zaujímá tak zhruba 11 % území České republiky. V regionu Severozápad se nachází největší koncentrace půd, které byly nebo jsou postiženy důlní činností.

Nachází se zde Chebská pánev a Sokolovská pánev (SP), obě s výskytem ložisek hnědého uhlí. Doupovské hory oddělují tyto pánve od Mostecké pánve, nacházející se ve střední části Podkrušnohoří. V této pánvi se nachází na části jejího území Severočeská hnědouhelná pánev (SHP), nejrozsáhlejší ložisko hnědého uhlí České republiky.

Zábor území pro těžbu hnědého uhlí představuje v severočeské hnědouhelné pánvi zhruba 295 km<sup>2</sup>, tj. 5,5 % rozlohy Ústeckého kraje. Přitom značná část území postižených důlní činností (cca 54 %) byla již rekultivována a začleněna do okolní krajiny.

V návaznosti na Usnesení vlády ČR 272/02 byla pro celou oblast Severozápad v r. 2003 zpracována „Koncepce řešení ekologických škod vzniklých před privatizací hnědouhelných těžebních společností v Ústeckém a Karlovarském kraji“, která podle jednotlivých oblastí a územních celků hodnotí dokončené a rozpracované rekultivace, navrhuje rozsah rekultivací pro období od r. 2003 – 2012 a zejména pro období 2003 – 2012 navrhuje revitalizační opatření v báňském i navazujícím území a kvantifikuje potřebnou částku na řešení ekologických škod v této oblasti.

Do řešení jsou zahrnuty návrhy sanace, rekultivace a revitalizace nejenom aktivních dobývacích prostorů velkolomů a hlubinných dolů, ale i dobývacích prostorů se zastavenou těžbou, i vnějších

výsypek. V rámci výzkumných aktivit FŽP a řešení diplomových prací studentů byla v letech 1999 – 2004 sledována území SHP, zejména v oblasti Mostecku.

## CÍL

V návaznosti na výzkumný záměr FŽP UJEP č.MŠMT 13520001 „Výzkum antropogenních zátěží v severočeském regionu“ ukončený v r. 2004 a nově zahájený projekt MPSV 1J 056/05-2 „Zkušenosti z využití antropogenně postižené krajiny ke strategii rozvoje venkova“ v r. 2005 jsou hodnoceny výsledky dosažené v regionu Severních Čech při obnově území po těžbě a postupující revitalizace území a možnosti jeho využití.

### *Stav rekultivací a jejich výhled na Mostecku*

Mostecká těžební oblast byla v rámci koncepce řešení ekologických škod rozdělena s ohledem na těžební aktivity a ekologické škody do následujících 5 územních celků (viz tab. 1). V rámci těchto celků byl hodnocen stav rekultivací do 31. 12. 2002, zpracován návrh nově zahajovaných rekultivací na období 2003 – 2012, odhadnut rozsah rekultivací zahajovaných v období od r. 2013 až do vyuhlení.

Tab. 1 *Koncepce řešení ekologických škod – rozloha rekultivací Mostecká oblast (v ha)*

Územní celek Mostecko – komořansko	Rekultivace dokončení a rozpracované do 31. 12. 02	Rekultivace nově zahajované v období od 2003 do 2012	Rekultivace nově zahajované v období od 2013 do vyuhlení	Rozloha rekultivace celkem od 2003 do vyuhlení
Komořansko	901,34	573,00	1 486,50	2 960,83
Slatinicko	1 461,83	607,27	2 154,10	4 223,19
Mostecko	919,41	940,49	–	1 859,90
Most – jihoz.	767,99	–	–	767,99
Litvínov – jih	1 683,02	314,55	–	1 997,57
celkem okr. Most	5 733,59	2 435,3	3 640,60	11 809,49

Z uvedeného přehledu je patrné, že podíl antropozemí na Mostecku je velmi významný a že problematice rekultivačního a revitalizačního procesu je třeba věnovat mimořádnou pozornost jak z hlediska zemědělské půdy, tak i kvality prostředí pro život tamních obyvatel.

Údaje o struktuře území na Mostecku k 1. 1. 2005 dokumentuje následující tab. 2.

Tab. 2 *Struktura území na Mostecku (v ha)*

Celková plocha	Zemědělská půda	Lesní pozemky	Vodní plochy	Zastavěné plochy	Ostatní plochy
46 715	13 550	15 486	984	829	15 866

Tab. 3 *Předpoklad podílu rekultivovaných ploch z celkového území okresu zemědělské půdy*

Předpoklad rekultivované půdy po ukončení těžební činnosti (ha)	Celková plocha okresu	Půda		
		Zeměd.	Ostatní plocha	Zem + ostatní
11 809,49	46 715	13 550	15 866	29 416
% podíl rekultivovaných ploch	25,3	88,5	74,4	40,1

Z uvedeného přehledu vyplývá, že zrekultivovaná plocha je v současném období řazena do ostatních ploch, přesto je podíl 25,3 % zrekultivovaných ploch z celkové rozlohy okresu významný a tato skutečnost vyžaduje klást důraz na konkrétní formy a kvalitu revitalizačních akcí.

I když podle současných trendů není zájem budoucích uživatelů o zemědělskou půdu, přesto je nutno věnovat kvalitě obnovovaného území mimořádnou pozornost a využívat ložiska a zdroje zúrodnitelných hornin na Mostecku.

### ***Kvalita a využitelnost svrchního horizontu hornin pro rekultivační účely***

Na výsypky oblasti Mostecka byly zakládány skryvkové horniny lomu Most, lomu Vršany, lomu Jan Šverma a lomu Československé armády. Sedimenty mají charakter písčito-jílovitých zemin, dále se vyskytují jíly, jílovce, písky, pískovce a spraše. Horniny vyskytující se v povrchových horizontech výsypek Mostecka lze charakterizovat z hlediska rekultivační využitelnosti jako poměrně příznivé. Zejména jde o:

- Horniny kvartéru – v oblasti MUS, a.s. jde zejména o ornice, hlíny a sprašové hlíny. Ty jsou výborně využitelné pro rekultivační účely, takže dochází k jejich selektivní těžbě. Vyskytují se při povrchu terénu (0,3 – 0,5 m).
- Terciérní žluté jíly – vyskytují se prakticky výhradně v nadloží 1. sloje na lomu Vršany. Jsou zpravidla homogenní, silně vazké a slité. Vzhledem k extrémně nepříznivým fyzikálním vlastnostem a vodnímu režimu nejsou pro rekultivační využití vhodné. V jejich minerálně-logickém složení převládá kaolinit, montmorillonit, křemen a illit.
- Terciérní šedé jíly a jílovce – na lokalitách MUS jsou časté. Při větrání vytvářejí lístkovité struktury, současně dochází k postupnému uvolňování přístupných živin, což je z hlediska rekultivací příznivé. Vývoj fyzikálních vlastností rekultivovaných zemin závisí především na rychlosti rozpadu lístkovité struktury. Často hrozí intenzivní zhutnění a výrazné snížení vodopropustnosti. Ze zrnitostního hlediska je lze považovat za spíše jemnozrnné a pro rekultivační účely využitelné.
- Písky – mohou být značně heterogenní, často obsahují i značný podíl jílovitých příměsí. V minerálním složení výrazně převládá křemen. Mají velmi nízký obsah přijatelných živin, velmi nízkou sorpční schopnost půdy, jsou bezkarbonátové a ve většině případů neobsahují toxické příměsi. Půdní reakce může být neutrální až silně kyselé (v případě poloh vyskytujících se nad uhelnou slojí).

### ***Zdroje zúrodnitelných hornin na Mostecku***

Zúrodnitelné horniny využitelné pro rekultivaci lokalit MUS, a.s. se nacházejí zejména v kvartérních vrstvách, objevují se však též v souvrství uhelných slojí.

#### ***Ornice***

Ornice tvoří v předpolí lomu Vršany polohy o mocnosti 0,2 – 0,5 m. S ohledem na postup těžby jsou již její zásoby dosti omezené. Tato kategorie zúrodnitelných zemin představuje nejcennější rekultivační aditivum kvartérního geologického původu, které by mělo být využíváno výhradně pouze pro zemědělské rekultivační účely. Ornice je zpravidla zrnitostně vyrovnaná.

#### ***Spraše a sprašové hlíny***

Spraše a sprašové hlíny tvoří nespojitě, ale významné polohy v předpolí lomu Vršany. Polohy spraší dosahují mocnosti několika metrů. Spraš z tohoto ložiska je velmi kvalitní a její zásoby jsou stále dostatečné. Je využívána jako rekultivační aditivum zejména při lesnické rekultivaci. Při vyhledávání jejich akumulací a následné selektivní těžbě nelze prakticky oddělit spraše od sprašových hlín.

Sprašové hlíny tvoří nejrozšířenější kategorii kvartérních půdních substrátů, která je v současné době využitelná pro potřeby lesnických rekultivací. Od pravých spraší se liší zejména nižším obsahem  $\text{CaCO}_3$ , zrnitostním složením a zastoupením jílových minerálů (převažuje kaolinit). Texturně těžší sprašové hlíny (převažuje podíl jílovitých částic) se vyznačují již nepříznivými fyzikálními i hydrofyzikálními půdními vlastnostmi. Ve většině případů se jedná o zeminy jílovitohlinité.

#### ***Organické hmoty***

Jedinou zemědělsky využitelnou doprovodnou surovinou ze souvrství uhelných slojí jsou v severočeské hnědouhelné pánvi oxyhumolity. Důležité ložisko se nachází ve výchozových partiích uhelné sloje na lomu Vršany.

Humitany získávané ze suroviny mají v zemědělství velký význam jak samostatně, tak i ve směsi s dalšími hnojivy. V rámci technické rekultivace se však nemohou uplatnit s ohledem na relativně vysokou cenu při obrovském objemu používaných aditiv.

V poslední době naopak stále roste význam směsi odpadních krátkých celulóзовých papírenských vláken a biologických kalů SEPAPu a.s. Štětí, doplněné kůrou ze suchého odkornění. Uvedená směs je

využívána jako základní organické hnojivo před výsadbou. V rámci výzkumných prací FŽP je tento substrát dlouhodobě ověřován a výsledky při jeho aplikaci jsou pozitivní jak pro růst biomasy, zlepšení struktury půdy, vodního režimu, ale i při ochraně území proti erozi.

## ZÁVĚR

Rekultivované území Mostecka bude tvořit 25 % z celkového území okresu. Je to významný podíl, proto je třeba provádět rekultivace tak, aby půda dávala předpoklady pro produkci a využití.

Možností pro využití antropozemí umožňuje usměrňování procesu pedogeneze po rekultivacích, které sledují úpravy půdních vlastností pro zemědělské, lesnické a rekreační využití.

Pro zlepšení území jsou i významné i revitalizační opatření, která budou směřována do rekultivované, nově obnovované krajiny. Jde zejména o :

- řešení sanační činnosti a havarijních stavů (jako např. sanace svahů rekultivované výsypky),
- rekonstrukce lesních porostů,
- úpravy vodní složky krajiny (revitalizace původních koryt, revitalizace potoka, odvodnění)
- výsadba krajinné zeleně (např. ochranné zelené pásy),
- využití území pro účely využití volného času (např. dětský lyžařský svah, obora, revitalizace prostorů, cyklostezka, pěší stezky ),
- vytváření ekologicky a přírodovědně orientovaných území (obnova USES, biocenter, biokoridorů, rekonstrukce porostů např. v Arboretu),
- příprava území pro ekofarmu,
- revitalizačními zásahy využít rekultivované území pro obnovu funkčního venkovského prostoru včetně výstavby rodinných zemědělských farem,
- příprava území pro výstavbu rodinných domků,
- rekonstrukce či rozšíření komunikací na obnoveném území.

Přestože hornická činnost měla převážně negativní vliv na krajinu, rekultivační a revitalizační postupy dávají člověku možnost se spolupodílet na vytváření nových krajinných struktur a tak v pozitivním slova smyslu ovlivňovat stav životního prostředí ve svém okolí.

## LITERATURA

- Dimitrovský K., 1999: Zemědělské, lesnické a hydričké rekultivace území ovlivněných báňskou činností. ÚZPI, Metodiky pro zemědělskou praxi č. 14, 1999.
- Statistická ročenka půdního fondu ČR, Český úřad zeměměřičský a katastrální, Praha, 2005.
- Štýs S., 1992: Proměny měsíční krajiny, Praha, 1992.
- Valeš J. a kol., 2003: Koncepce řešení ekologických škod vzniklých před privatizací hnědouhelných těžebních společností v Ústeckém a Karlovarském kraji. Výzkumný ústav hnědého uhlí a.s. Most, 2003.
- Vráblík P., 2003: Charakteristika mikroklimatu na rekultivovaných lokalitách výsypek jako významná podmínka volby postupu rekultivací. FSv ČVUT Praha, 2003.
- Vráblík P., 2002: Monitoring mikroklimatu na antropogenních půdách. Zborník referátov „Monitorovanie a hodnotenie stavu životného prostredia IV.“ Fakulta ekológie a environmentalistiky TU Zvolen, Zvolen, 2002.
- Vráblíková J., Vráblík P., Jeništa J., Vysoký J., 2003: Zkušenosti s obnovou krajiny po těžbě uhlí. Druhé pôdoznalecké dni v SR, Stará Lesná, 2003.
- Vráblíková J., Vráblík P., 2002: Zkušenosti s revitalizací antropogenně postižené půdy. Zborník z 3. mezinárodní konference „Život v podě.“ Ústav krajinnej ekologie SAV Bratislava, 2002.

# ANTROPOGENNÍ PŮDY A JEJICH VYUŽÍVÁNÍ V REGIONU SEVERNÍCH ČECH

## The anthropogenic soils and its exploitation in the North Bohemia

Jaroslava VRÁBLÍKOVÁ, Petr VRÁBLÍK, Miroslav HLÁVKA  
*Fakulta životního prostředí, Univerzita J.E. Purkyně, Králová Výchova 7,  
400 96 Ústí nad Labem, ČR*  
[Vrablikova@fzp.ujep.cz](mailto:Vrablikova@fzp.ujep.cz)

### Abstrakt

V důsledku antropogenní činnosti, zejména těžby uhlí, dochází k destrukci půdního povrchu, ke změnám morfologie území, mikroklimatu, hydrologického režimu, ovlivnění všech složek prostředí, i výskytu bioty. Těžbou uhlí v Podkrušnohoří byla narušena oblast v rozsahu cca 250 km<sup>2</sup>. Příspěvek je zaměřen na oblast Radovesické výsypky. Po odeznění těžby se devastovaná území úspěšně rekultivují s cílem zapojit je do okolní krajiny a obnovit jejich základní funkce i ekologickou stabilitu.

**Klíčová slova:** Severní Čechy, antropogenní půdy, těžba uhlí, rekultivace, výsypka

### Abstract

As a result of anthropogenic activity, especially the extraction of coal, destruction of the soil surface and changes in the morphology of the territory, microclimate, hydrological regime, the influencing of all components of the environment and the occurrence of biota occurs. By the extraction of coal in the Podkrušnohoří region, an area in the extent of approx 250 km<sup>2</sup> was damaged. The paper is focused on the area Radovesice. After the end of coal extraction, devastated territories are being successfully recultivated with the target of integrating them into the surrounding landscape and renewing their basic functions and ecological stability. With the help of suitably selected methods of recultivation, there are successes in regenerating and revitalizing the damaged territories.

**Key words:** North Bohemia, anthropogenic soils, coal mining, reclamation, dump-site

### ÚVOD

Antropogenními půdami je v souladu s novým klasifikačním systémem půd České republiky (Němeček J. a kol. 2001) nazývána referenční třída Antroposoly. Jedná se o půdy vzniklé buď výraznou modifikací půdních horizontů kultivačními, melioračními opatřeními, pohřbením původních půdních horizontů, nebo půdy vzniklé z přemístěných materiálů, půdy překryté či půdy kontaminované. Půdními typy této referenční třídy jsou kultizem (KU) a antropozem (AN).

Kultizem je typem půdy, který vzniká kultivační činností člověka a která svým vlivem přesahuje vytvoření ornice a běžné zlepšování půdy z hlediska hnojení, zpracování půdy, přesahují vliv úprav vodního režimu odvodněním, drenáží či závlahou.

Antropozem je půdou vytvářenou či vytvořenou z člověkem nakupených substrátů získaných při těžební a stavební činnosti. Charakter antropozemí je dán jednak vlastnostmi původního materiálu, jednak antropogenním vrstvením či míšením materiálu, nebo usměrněním procesu pedogeneze po rekultivacích, sledujících úpravy půdních vlastností pro zemědělské, lesnické či jiné (např. rekreační) využití. Pouhé navršení materiálů vytváří pouze antropické substráty (haldy, deponie, výsypky).

Subtypů podmíněných antropogenní činností je celá řada (14). S ohledem na podmínky v oblasti Severních Čech nutno připomenout humózní subtypy (překryv materiálu z humusových horizontů o mocnosti 0,30 m), nebo antropozem hlubokohumózní (překryv nad 0,3 m) nebo antropozem

kontaminovaná, s obsahem persistentních kontaminantů překračujícím svrchní hranici variability pozadí, či intoxikovaná (s obsahem persistentních kontaminantů překračujících sanační limity).

Antropozemě dominují na území, které je rekultivováno po těžbě hnědého uhlí, zejména v Podkrušnohoří.

## CÍL

V návaznosti na výzkumný záměr FŽP UJEP č.MŠMT 13520001 „Výzkum antropogenních zátěží v severočeském regionu“ ukončený v r. 2004 a nově zahájený projekt MPSV 1J 056/05-2 „Zkušenosti z využití antropogenně postižené krajiny ke strategii rozvoje venkova“ v r. 2005 jsou hodnoceny výsledky dosažené v regionu Severních Čech při obnově území po těžbě a postupující revitalizaci území a možnostmi jeho využití. Na příkladu největší vnější výsypky v ČR – Radovesické výsypky je demonstrován způsob obnovy území, které navazuje na Chráněnou krajinnou oblast České Středohoří a tvoří významný antropogenní útvar nejen v okrese Teplice, ale v celé České republice.

## VÝSLEDKY

### *Analýza území a projekt výsypky*

Od r.1969 byla z nadložních vrstev uhelných slojí lomu Maxim Gorkij(v současnosti lom Bílina) sypaná vnější výsypka. Budoucí Radovesické výsypce muselo ustoupit 5 obcí: Dříněk, Hetov, Radovesice, Lýskovice a Chotovenka. Původní projekt předpokládal v Radovesickém údolí vznik zemního tělesa o rozloze 1100 ha o kapacitě 1 miliardy m<sup>3</sup> skrývkových hmot, převážně jílů s plánovanou dobou výstavby do r. 2010. Z důvodu vysokých tlaků výsypkových zemin (220 – 450 t/m<sup>2</sup>) na původní terén a problematického odvodnění byl původní projekt upraven (např. realizován centrální odvodňovací kanál pod výsypkou) a sypaní tělesa bylo ukončeno již v r. 2003.

### *Základní údaje o výsypce*

Rozloha výsypky je uváděna 10 km<sup>2</sup>, nachází se v nadmořské výšce 420 m, objem zemin výsypky nepřesáhl 500 mil m<sup>3</sup>, rozkládá se na 4 katastrálních územích (Hrobčice, Světec, Bílina, Kostomlaty).

Tab. 1 *Ukončené rekultivace na Radovesické výsypce do r. 2002, celkem je ukončeno rekultivací (v ha)*

Rekultivace lesnické	Rekultivace ostatní	Rekultivace zemědělské	Rekultivace hydričké	Rozpracováno celkem
206,08	13,88	448,81	0,00	668,77

Tab. 2 *Rozpracované rekultivace na Radovesické výsypce k r. 2002, celkem je rozpracováno rekultivací (v ha)*

Rekultivace lesnické	Rekultivace ostatní	Rekultivace zemědělské	Rekultivace hydričké	Rozpracováno celkem
234,06	170,13	15,64	9,52	429,35

V období do r. 2012 se předpokládá v oblasti Radovesic s nově zahajovanými rekultivacemi o rozloze 701,50 ha a s náklady 1 002,970 mil Kč.

Tab. 3 *Předpoklad struktury půdního fondu po ukončení rekultivací na výsypce (ha, %)*

Rekultivace lesnické	Rekultivace ostatní	Rekultivace zemědělské	Rekultivace hydričké	Celkem
556,56	45,14	635,36	20,62	1 257,68 ha
44,25	3,59	50,52	1,64	100,00 %

Dominujícími půdními kategoriemi na Radovesické výsypce budou v konečné fázi půdy lesní a zemědělské, nižší zastoupení budou tvořit vodní plochy (vodní nádrže, „nebesáčky“) a ostatní plochy (infrastruktura, silnice, stezky).

### ***Posouzení současných přírodních podmínek na Radovesické výsypce***

- Půdní poměry – původními půdami v území výsypky (obdobně jako v okolí) byly kambizemě s kambickým hnědým (braunifikovaným) horizontem. Jsou to hlinité, středně těžké půdy s kyselou půdní reakcí.
- Hydrické poměry – odvodňovací osou území je řeka Bílina do které ústí potoky z Krušných hor i Českého Středohoří. Důlní činnost i sypání výsypek způsobilo zásadní změny v hydrologické struktuře celého území. Před sypáním zemin bylo nutné provést přeložky toků i menších vodotečí. V současnosti leží výsypka v území, které je zásobováno pouze srážkami.
- Klimatické podmínky – průměrná roční teplota vzduchu 7,6°C, průměrný roční úhrn srážek 510 mm, průměrná relativní vlhkost vzduchu 76 %. Výši srážek ovlivňuje dešťový stín Krušných hor.

### ***Posouzení rekultivací***

- rekultivace zemědělské - v současnosti dominují trvalé travní porosty: výsev 2 typů jetelotravních směsek. Složení (u č.1: v kg na 1 ha, u č.2 % z 60 kg):
  1. Jílek vytrvalý (10 kg), kostřava červená (22 kg), kostřava ovčí (7 kg), lipnice luční (8 kg), čičorka pestrá (3 kg), jetel plazivý (2 kg), štírovník růžkatý (5 kg), tollice dětelová (3 kg).
  2. jetel plazivý (10 %), jetel švédský 10 %, štírovník růžkatý 15 %, bojíněk luční 5 %, jílek vytrvalý 5 %, jílek italský 5 %, kostřava červená 10 %, kostřava luční 10 %, kostřava luční 10 %, ovsík vyvýšený 10 %, srha laločnatá 10 %.
- rekultivace lesnické – převrstvení výsypkového materiálu melioračními zeminami, např. sprašovými hlínami do minimálně 0,3 m. Pro úpravu fyzikálních a chemických vlastností výsypkových zemin se využívají sprašové hlíny, bentonity a slínovce do celkové mocnosti 0,5 m. Meliorační zeminy se s výsypkovými mísí (homogenizují) případně se jimi výsypkové zeminy převrstvují. Cílové dřeviny použité na Radovesické výsypce: dub letní, d. zimní, javor mléč, j. klen, j. babyka, modřín opadavý. Pomocné dřeviny (upravují půdní podmínky pro pěstování dřevin) jsou olše, jeřáb, bříza, akát, lípa, habr. Z keřů ptačí zob, brslen evropský, zimolez obecný, pámelník, svída.
- hydrické rekultivace – vodní složka je podporována budováním vodních nádrží a udržováním „nebesáček“, retenčních nádrží a poldrů.
- ostatní rekultivace – rozptýlená zeleň (v minulém období řazeno i mezi lesnické rekultivace) s řadou funkcí a různým využitím, parky, rekreační a sportovní plochy, podnikatelské plochy, skládky a zejména komunikace.

### ***Předpoklad využití území v rámci ostatních rekultivací:***

- ostatní veřejná zelen pro klidovou rekreaci (podmínky pro pěší turistiku, cykloturistiku a krátkodobou rekreaci)
- ostatní veřejná zelen pro sportovní aktivity
- ostatní veřejná zelen pro ochranu přírody – lokální biokoridor, USES
- ostatní rekultivace pro komunikační propojení a průmyslové využití jako obslužné komunikace
- obnova zaniklé části obce Hetov
- agroturistika a koňské stezky
- tvorba naučných stezek a cyklostezek,
- vytváření podmínek pro myslivost a rybářství,
- výstavba kempu u obce Kostomlaty
- vytváření sportovních ploch, výstavba střelnice, možnosti rozvoje motokrosu, autokrosu a painbalu

### ***Návrh ekofarmy Hetov***

Ekofarma je plánovaným projektem zaměřeným na obnovu tehdejšího „panského statku“ v Hetově, který byl zbourán v důsledku výstavby výsypky. Předpokládá se realizace ekologického zemědělství jak v rostlinné tak i živočišné produkci.

## DISKUSE A ZÁVĚR

Radovesická výsypka je v ČR největším útvarem tvořeným antropozemí. Je útvarem, který je významnou součástí celkové sanace oblasti po těžbě uhlí. Součástí obnovy území je řešení sesuvné devastace svahů i rekultivační a revitalizační opatření. V rekultivační praxi bude v dalším období preferována obnova lesních pozemků – lesní rekultivace, jako lesů ochranných, jejichž prvořadým účelem jsou mimoprodukční funkce, zejména funkce půdoochranná – protierozní a funkce půdotvorná – meliorační. Dobře založený rekultivační porost plní řadu dalších funkcí – zadržování vody v krajině, klimatickou, hygienickou, rekreační, ekologickou a v neposlední řadě i estetickou, kdy zapojený porost dokáže novotvary začlenit do okolí a zmírnit ostré přechody mezi rostlým terénem a výsypkou. Při zemědělské rekultivaci bude kladen důraz na ekologické formy a extenzivní způsoby hospodaření, zakládání a trvalých travních porostů a případně využít území pro nepotravinářské využití, např. formou energetických rostlin.

Postupně se bude zvyšovat i význam ostatních rekultivací, které umožní různé rekreační a sportovní aktivity. Do této kategorie spadají např. menší parkové úpravy, rozsáhlejší lesoparky, ochranné zelené pásy, remízky a jiná rozptýlená zeleň v krajině, plochy umožňující rekreaci, ale i plochy věnované ochraně přírody (USES, významné krajinné prvky, stanoviště cenných ekotopů, a pod.).

Velmi důležitou složkou krajiny je obnova hydrické sítě včetně různých vodních ploch, nádrží, poldrů, mokřadů, které plní funkci zadržování vody v krajině.

Účelné rozložení a napojení vytvářené cestní sítě umožní lepší budoucí využití území. Síť lze později využít i pro cyklostezky i pěší montánní turismus.

Na rekultivace postupně navazují revitalizační opatření. Jde např. o zakládání pastevních areálů, podporu vzniku farem či statků. Revitalizace vodních složek krajiny se soustřeďuje na úpravu koryt, zakřivení tras vodotečí, i na výsadbu břehových porostů. Součástí revitalizace je obnova historických propojení obcí v okolí Radovesic a využití volných ploch i při výstavbě rodinných domků.

Využití výsypky výše uvedenými aktivitami je ale i příležitostí pro vytváření nových pracovních míst a celkové zlepšení životních podmínek v regionu.

## LITERATURA

- Němeček J. a kol., 2001: Taxonomická klasifikace půd, Praha 2001.
- Valeš J., a kol., 2003: Koncepce řešení ekologických škod vzniklých před privatizací hnědouhelných těžebních společností v Ústeckém a Karlovarském kraji. Výzkumný ústav hnědého uhlí a.s. Most, 2003.
- Vráblík P., 2003: Charakteristika mikroklimatu na rekultivovaných lokalitách výsypek jako významná podmínka volby postupu rekultivací., FSv ČVUT Praha, 2003.
- Vráblíková J., Vráblík P., Jeništa J., Vysoký J., 2003: Zkušenosti s obnovou krajiny po těžbě uhlí. Druhé půdoznalecké dni v SR, Stará Lesná, 2003.
- Vráblíková J., Vráblík P., Jeništa J., Švec J., 2004: Studium revitalizačních postupů. Konference „Monitorovanie a hodnotenie stavu životného prostredia V.“ Fakulta ekológie a environmentalistiky Technická univerzita vo Zvolene, 2004.
- Vráblíková J., Vráblík P., 2002: Zkušenosti s revitalizací antropogenně postižené půdy. Zborník z 3. mezinárodní konference „Život v podě.“ Ústav krajinné ekologie SAV Bratislava, 2002.

# VYHODNOTENIE DOPADOV ROZORANIA PRIRODZENÉHO LÚČNEHO PORASTU NA PÔDNE VLASTNOSTI V LOKALITE ČERNACHOV

## Assessment of natural grassland community cultivation impact on soil properties in Černachov locality

Anton ZAUJEC, Rudolf HOLÚBEK

*Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR*  
[Anton.Zaujec@uniag.sk](mailto:Anton.Zaujec@uniag.sk)

### Abstrakt

Základným cieľom projektu je identifikovať pôdne vlastnosti, ktoré možno považovať, za indikátory pôvodného stavu pôd prirodzene kyslých lúčnych spoločenstiev, a tie pôdne vlastnosti, ktoré sa menia v dôsledku zmien vegetácie zásahom poľnohospodárskeho obhospodarovania. Bežným ochranárskym opatrením sú pokusy podporiť návrat krajiny z poľnohospodárskeho využívania do prírodných alebo približne prírodných podmienok. Je tu príležitosť identifikovať pôvodný stav prírody a smerovanie zmien pôdných vlastností pri riadenom návrate krajiny. V tomto ohľade je kľúčová otázka: Môže sa pôda a pôdne vlastnosti vrátiť do podmienok prírodných lúčnych porastov?

**Kľúčové slová:** trávny porast, návrat krajiny, obhospodarovaná vegetácia

### Abstract

The principal aim of the project is to identify soil properties that can be recognized as indicators of the original nature of the soils of natural acid grassland communities, and those soil properties that change in response to changes in vegetation cover through the intervention of management practices. As current conservation practices involve attempts to encourage reversion of landscapes from managed vegetation to natural or near-natural conditions there is also the opportunity to identify the nature and direction of the change in soil properties in response to these managed reversions. In this respect a key question is 'do the soil and soil properties revert to the conditions under natural grassland?'

**Key words:** grassland, reversion of landscape, managed vegetation

### ÚVOD

Ľudia už od pradávna označovali pôdy bohaté na humus za úrodné, poskytujúce najvyššie úrody. Klčovali lesy a rozorávali lúky, na ktorých potom pestovali rastliny pre obživu seba i domácich zvierat. Humus, jeho obsah a kvalita, priamo i nepriamo ovplyvňuje fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti pôd a tým i pôdnu úrodnosť. Cez priaznivú pôdnu štruktúru sa zabezpečuje vytváranie optimálnych podmienok pre príjem vody a živín, pre rastliny a pôdne organizmy. Bola potvrdená výrazná pozitívna lineárna závislosť medzi obsahom humusu a fyzikálnymi vlastnosťami určujúcimi úrody plodín. Pôdna organická hmota sa podieľa na schopnosti pôdy odolávať erózii – zadržiavaním väčšieho množstva vody, pozitívnym vplyvom na pôdnu štruktúru, stabilitu agregátov, atď. Má výrazný priamy aj nepriamy vplyv na chemické vlastnosti pôdy, taktiež biologická funkcia humusu v pôdach často i v súčasnosti nie je docenená (Kováč a kol., 2000, Spsychaj-Fabisiak a kol., 2004, Szombathová, Zaujec, 1997, Szombathová a kol., 2001).

Environmentálne funkcie pôdnej organickej hmoty sú úzko spojené s kolobehom pôdneho uhlíka a kde sa často spoločenský záujem sústreďuje len na vybrané oblasti. Zmenou vegetácie sa mení výrazne i pôda, či už ako dôsledok ľudských aktivít, alebo nie. Tomu korešpondujú zmeny v obsahu

a kvalite organickej hmoty pôdy. Tým, že sa menia ako ročné vstupy organickej hmoty do pôd a tak i rýchlosť, ktorou sa rozkladá. Nie je možné oddeliť od seba tieto dva aspekty, ak analyzujeme výsledky nášho hospodárenia a jeho dopady na pôdne prostredie. Na obsah a kvalitu organickej hmoty v pôde má výrazný pozitívny vplyv hlavne organické hnojenie, ktoré sa za súčasného stavu hospodárskych zvierat u nás minimalizuje. Pokles obsahu humusu v pôdach bol a je i v súčasnosti úzko spojený s ich obrábaním, to potvrdili výsledky pokusov u nás i v zahraničí (2,7,8).

Naturálne ekosystémy sa vyznačujú uchovávaním živín, pričom imobilizačné a mineralizačné procesy sú synchronizované s ich príjmom rastlinami, a výsledkom sú minimálne straty živín. Rastlinné produkčné systémy, imitujúce prírodné systémy v prípadoch nevýrazného narušenia pôd zabezpečujú návrat rastlinných zvyškov do pôdy, pomáhajú riadiť synchronizáciu procesov kolobehu živín a minimalizujú straty živín a organickej hmoty. Dobrým hospodárením je udržiavaná vysoká úroveň rastlinnej produkcie, ktorá zároveň zabezpečuje podmienky k preukaznému vylepšeniu pôdnych vlastností a rastu produkčnej schopnosti pôd. Vysoká úroveň rastlinnej produkcie ponúka vstupy veľkých množstiev organického uhlíka do pôd. V poslednom období sa hlavne poukazuje na rozdiely existujúce medzi orbou a bezorbovým obrábaním, vo vzťahu k časovaniu a priestorovému uloženiu vstupov uhlíka. To vplýva na kolobehy a bilancie živín v pôde. Množstvo a kvalita organických vstupov ovplyvňuje zastúpenie živín v pôdnom roztoku a tiež minerálnu silu pôdy. Pôdna organická hmota a kolobehy živín (N, P a S) jednoznačne zdôrazňujú centrálnu úlohu uhlíka pri kolobehu živín a keďže hospodárenie mení dobu a kvalitu vstupov organickej hmoty, tak i hospodárenie s pôdnym humusom sa podieľa na manipulácii s prístupnosťou živín v pôde (Kováč a kol., 2000, Tobiašová, Zaujec, 1999, Zaujec, Tomar, 1990, Zaujec, 1995, 1996a, 1996b, 1998a, 1998b, 2001, Zaujec, a kol., 2002). Veľa prác sa v súčasnosti zaoberá technológiami, od znižovanie strát organickej hmoty z pôd až po konverziu obrábaných pôd na lúky, či zalesňovanie a chce tak riešiť sekvestráciu uhlíka v pôdach a rastlinných spoločenstvách (Zaujec, Kováč, 2000, Zaujec 2001, Zaujec a kol., 2002).

V našej práci sa nejedná o preferovanú konverziu ekosystému preto si môžeme overiť hypotézu o negatívnom vplyve zorania lúky na kvalitu a kvantitu pôdnej organickej hmoty i na sorpčné vlastnosti pôdy. Rozoraním prirodzeného lúčneho porastu a následným pestovaním vybraných krmovín, za účelom skvalitnenia výživy poľovnej zveri, došlo preukazne k zmenám pôdnych vlastností, už v krátkej dobe po začiatku experimentu a tie sme sa pokúsili zistiť a vyhodnotiť.

## MATERIÁL A METODIKA

Výskumný projekt „Zvyšovanie kvality prírodného prostredia poľovnej zveri v antropogénne ovplyvnenej leso-poľnohospodárskej krajine“ VEGA 1/0603/3 nadväzuje na projekt z roku 2000 v lokalite Černachov. Projekt je zameraný na zlepšenie úživnosti poľovných revírov najmä prístupmi k riešeniu krmovínovej a krmivovej základne pre poľovnú zver v konfrontácii pôda-rastlina-zviera a kvalita produkcie. Realizácia získaných poznatkov prispeje k zníženiu škôd na poľnohospodárskych kultúrach, zlepšeniu podmienok biotického prostredia, výživy poľovnej zveri, jej reprodukcie, zdravotného stavu, trofejovej hodnoty a produkcie kvalitnej diviny na jednotku plochy.

Experimentálna plocha bola vytýčená a ohradená na jeseň 1999 a rozoraná, výsev testovaných krmných zmesí bol na jar 2000. Pôdne vzorky sme odobrali 6. 4. 2001 z dvoch sond, vzdialených od seba 10 m : sonda 1 – na rozoranej lúke a sonda 2 – na pôvodnej nenarušenej lúke, vzorky sme odoberali po vrstvách 0,1 m od povrchu do hĺbky 0,6 m a z vrstvy 0,6 – 1,0 m. Okrem stanovenia pôdnej textúry pipetovacíou metódou sme v pôdnych vzorkách stanovili hodnoty pôdnej reakcie (pH v H<sub>2</sub>O, 1M KCl a 0,01 M CaCl<sub>2</sub>) parametre pôdneho sorpčného koloidného komplexu (H, S, T a V). Hlavnú pozornosť sme zamerali na pôdnu organickú hmotu, a tak sme stanovili ako obsahy celkového a labilného uhlíka a dusíka, a taktiež frakčné zloženie humusových látok metódou Kononovej-Beľčikovej (Zaujec, 2001, Zaujec a kol, 2002).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Aj napriek malej vzdialenosti medzi sondami, asi 10 metrov, zistili sme pomerne výrazné rozdiely v zastúpení jednotlivých frakcií (tab. 1). Prekvapujúco v Bv-horizonte, v hĺbke 0,3 – 0,6 m bol stanovený vyšší obsah ílovej frakcie v zoranej lúke (až 21,5 %, t.j. o 8 % viac než pod lúčnym porastom). Napriek preukaznému rozdielu v obsahoch ílovej frakcie, tento viac pripisujeme

heterogenite prostredia ako zvýšenej eluviácii ílových častíc po zoraní lúky. Rozdiely v zrnitostnom zložení sa prejavili i v uložení pôdy – hlinitej kambizeme, čo potvrdili i vypočítané hodnoty objemovej hmotnosti redukovanej ( $\zeta_d$ ), ktoré sa menili v rozpätí od 1 370 do 1 540 kg/m<sup>3</sup>. Údaje o objemových hmotnostiach sme využili na výpočty obsahov foriem uhlíka a dusíka v jednotlivých pôdnych vrstvách.

Tab. 1 Zastúpenie zrnitostných frakcií (pipetovacia metóda)

Sonda	Hĺbka (m)	% zastúpenie zrnitostných frakcií					
		2 – 0,25mm	0,25 – 0,05	0,05 – 0,01	0,01 – 0,001	< 0,001	< 0,01mm
S1 orná pôda	0 – 0,30	1,07	27,59	28,88	35,75	6,71	42,46
	0,30 – 0,60	0,49	26,92	22,01	29,06	21,52	50,58
	0,60 – 1,00	6,41	24,84	22,47	28,96	17,32	46,28
S2 lúka	0 – 0,30	0,98	29,76	22,95	38,54	7,77	46,31
	0,30 – 0,60	0,2	27,44	20,77	38,12	13,47	51,59
	0,60 – 1,00	12,41	28,48	18,83	25,87	14,41	40,28

Rozoranie lúky sa podľa takto stanovených a vypočítaných údajov neprejavilo na priemernej hodnote obsahu organického uhlíka poklesom za vrstvu 0 – 1 m, ale naopak nárastom z 1,56 na 1,6 %. Iná je realita, ak analyzujeme zmeny v obsahu a kvalite pôdnej organickej hmoty po vrstvách. V ornej pôde oproti lúke sme vo vrstve 0 – 0,3 m humusovom horizonte prepočítaním zistili pokles o 4,2 t C/ha a vrstve 0 – 0,6 m pokles o 2 t C/ha (tab. 2).

Najvýraznejšie boli pozorovateľné zmeny v obsahu a kvalite pôdnej organickej hmoty v najvrchnejšej vrstve 0 – 0,1 m (tab.3 a 4), kde došlo k najväčšiemu poklesu zastúpenia celkového organického uhlíka a to zo 4,01 % na 3,42 %, čo možno vyjadriť i stratou 8,68 t C/ha čo je viac než 14 % z východiskového obsahu. Obdobne môžeme vyčíslit i straty labilného uhlíka, ktoré boli až 2,56 t C/ha, až 26 % z východiskového stavu. Menej výrazné straty sme zaznamenali u celkového dusíka len 250 kg N/ha, ale výrazný pokles obsahu potenciálne mineralizovateľného dusíka až o 78,4 kg N/ha, t.j. o 30 %. Obdobné, aj keď nie tak výrazné poklesy, hore uvádzaných parametrov, sme zaznamenali aj vo vrstve 0,1 – 0,2 m. Profilovú distribúciu celkového i labilného uhlíka v oboch sondách preukazuje potvrdili i exponenciálne rovnice vyjadrujúce vzťah medzi narastajúcou hĺbkou a klesajúcimi obsahmi celkového i labilného C.

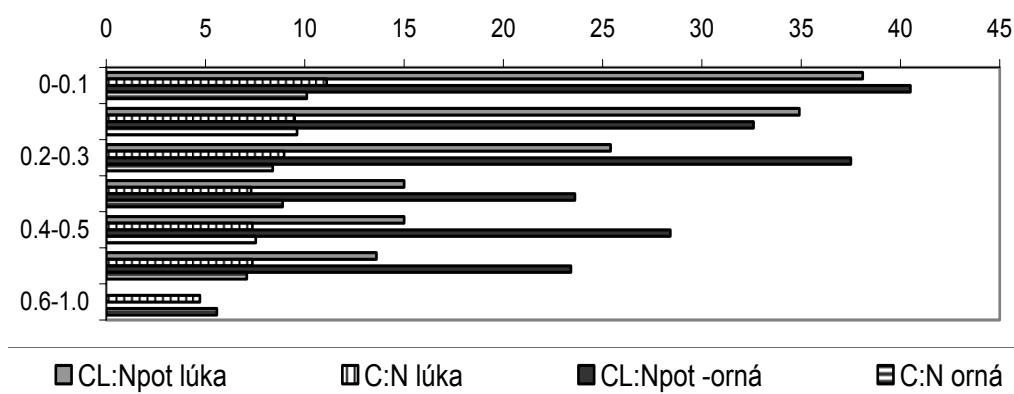
Tab. 2 Obsahy organického uhlíka, ílovej frakcie a objemovej hmotnosti redukovanej

Sonda	Hĺbka (m)	< 0,001mm (%)	$\rho_d$ (kg/m <sup>3</sup> )	Cox (%)	C(t/ha)	tC/ha/vrstva
S1 orná pôda	0 – 0,30	6,7	1 540	2.80	129,4	129,4
	0,30 – 0,60	21,5	1 370	1.21	49,7	179,1
	0,60 – 1,00	17,3	1 410	0.78	44,0	223,1
S2 lúka	0 – 0,30	7,8	1 530	2.91	133,6	133,6
	0,30 – 0,60	13,5	1 440	1.10	47,5	181,1
	0,60 – 1,00	14,4	1 460	0.66	38,5	219,6

Odlišné zmeny v hodnotách obsahov C a N sme zistili v pôdnej vrstve 0,2 – 0,3 m. V zoranej lúke sme oproti kontrole zistili nárast uhlíka až o 10 t C/ha, súčasne s nárastom obsahu dusíka o 1 t N/ha. Taktiež obsah labilného uhlíka vzrástol výrazne o 2,2 t/ha, ale len o 13 kg/ha sa zvýšil obsah potenciálne mineralizovateľného dusíka (tab. 3, 4). Práve tento rozpor v zmenách parametrov charakterizujúcich kvantitu, ale i kvalitu pôdnej organickej hmoty (pomery C:N, graf.1), je pravdepodobne najpresvedčivejšie možné vysvetliť zvýšenou mobilitou organických látok v pôdnom profile. Toto konštatovanie potvrdili aj zmeny pôdnej reakcie, a to nárastom acidity a poklesom zastúpenia bázičných kationov a sorpčnej kapacity, ku ktorým došlo po rozoraní lúky. Pôdne vzorky z oboch sond, z lúky i zoranej lúky, sa vyznačovali do hĺbky 0,6m kyslou pôdnou reakciou. Hodnoty aktívnej ale i výmennej pôdnej reakcie boli najnižšie v povrchovej vrstve a hĺbkou rástli, čiže acidita

pôdy klesala, a v hĺbke okolo 1m už bola neutrálna pôdna reakcia, s vysokým obsahom výmenného vápnika a horčíka.

Graf 1 Vypočítané hodnoty pomerov C:N a  $C_L:N_{pot}$



Tab. 3 Zoraná lúka – obsahy celkového a labilného C, N

S1 – Orná pôda (m)	Cox (%)	C (t/ha)	N (t/ha)	N <sub>pot</sub> (kg/ha)	C <sub>L</sub> (t/ha)
0,0 – 0,1	3,42	52,67	5,26	177,1	7,17
0,1 – 0,2	2,69	41,43	4,24	172,5	5,62
0,2 – 0,3	2,43	37,42	4,40	154,0	5,77
0,3 – 0,4	1,51	20,7	2,38	89,1	2,10
0,4 – 0,5	1,13	15,5	2,04	50,7	1,44
0,5 – 0,6	0,99	13,6	1,90	48,0	1,12

Tab. 4 Lúka – obsahy celkového a labilného C, N

S2 – lúka (m)	C (t/ha)	Cox (%)	N (t/ha)	N <sub>pot</sub> (kg/ha)	C <sub>L</sub> (t/ha)
0,0 – 0,1	61,35	4,01	5,51	255,5	9,74
0,1 – 0,2	44,98	2,94	4,74	206,6	7,20
0,2 – 0,3	27,39	1,79	3,08	140,8	3,58
0,3 – 0,4	17,86	1,24	2,50	113,8	1,70
0,4 – 0,5	14,83	1,03	1,99	90,7	1,36
0,5 – 0,6	14,83	1,03	1,99	97,9	1,33

Rozoranie pôvodného porastu a pestovanie krmovín pre lesnú zver sa prejavilo až nečakane veľmi rýchlo v pôdnom profile výrazným zvýšením pôdnej acidity, čo potvrdili hodnoty ako aktívnej pôdnej reakcie tak i výmennej pôdnej reakcie, hlavne meranej v 0,01M CaCl<sub>2</sub> ale i hodnoty hydrolytickej acidity vo vrstve 0 – 0,3 m, ktoré vzrástli (zo 45,6 na 70,5 mmol(p<sup>+</sup>).kg<sup>-1</sup>).

Tab. 5 Lúka – pôdna reakcia, obsahy celkového a labilného C, N

Hĺbka (m)	pH			Humus (%)	N (mg/kg)	N <sub>pot</sub> (mg/kg)	C <sub>L</sub> (mg/kg)
	H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>				
0 – 0,10	5,51	4,24	4,85	6,91	3 604	167	6 363
0,1 – 0,2	5,80	4,39	4,95	5,07	3 100	135	4 706
0,2 – 0,3	5,95	4,48	5,02	3,09	2 015	92	2 340
0,3 – 0,4	5,88	4,40	5,03	2,14	1 735	79	1 182
0,4 – 0,5	5,93	4,57	5,18	1,78	1 385	63	944
0,5 – 0,6	6,15	4,66	5,43	1,78	1 385	68	925
0,6 – 1,0	7,59	6,83	7,10	1,14	1 450	–	279

Tab. 6 Zoraná lúka – pôdna reakcia, obsahy celkového a labilného C, N

Hĺbka (m)	pH			Humus (%)	N (mg/kg)	N <sub>pot</sub> (mg/kg)	C <sub>L</sub> (mg/kg)
	H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>				
0 – 0,10	5,06	4,00	4,36	5,90	3 415	115	4 659
0,1 – 0,2	5,35	4,05	4,55	4,64	2 750	112	3 648
0,2 – 0,3	5,38	4,12	4,61	4,19	2 855	100	3 750
0,3 – 0,4	5,58	4,13	4,80	2,60	1 735	65	1 535
0,4 – 0,5	5,66	4,24	4,92	1,95	1 490	37	1 051
0,5 – 0,6	5,96	4,92	5,52	1,71	1 385	35	818
0,6 – 1,0	7,24	6,57	6,95	1,34	1 350	–n–	375

Sorpčné vlastnosti pôd sú najvýraznejšie ovplyvnené množstvom a kvalitou pôdnej organickej hmoty ale i ílovými koloidmi. Popísané rozdiely v obsahoch humusu ale i v pôdnej textúre a pôdnej reakcii sa prejavili v ornej pôde výrazným poklesom hodnôt sumy bázičných kationov vo vrstvách 0 – 0,6m, a zvýšením hodnôt hydrolytickej acidity pri miernom poklese hodnôt sorpčnej kapacity. Zvýšenie acidity potvrdené nielen hodnotami hydrolytickej acidity ale i výmennej pôdnej reakcie plne potvrdili i znížené hodnoty stupňa nasýtenosti sorpčného komplexu (tab. 7).

Tab. 7 Parametre pôdneho sorpčného koloidného komplexu

Sonda	Hĺbka (m)	H	S	T	V (%)
		(mmol p <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup> )			
S1 zoraná lúka	0 – 0,3	70,5	142,8	213,2	66,9
	0,3 – 0,6	38,6	161,3	200,0	80,6
	0,6 – 1,0	1,47	498,0	499,5	99,7
S2 lúka	0 – 0,3	45,6	175,1	220,7	79,3
	0,3 – 0,6	28,3	179,2	207,5	86,4
	0,6 – 1,0	1,18	498,5	499,7	99,8

Rozoranie lúky okrem zníženia obsahov celkového uhlíka a dusíka vo vrstve 0 – 0,2 m sa prejavilo aj znížením extrahovateľnosti humusových látok a tiež výrazným zvýšením pomerov HK:FK, čo hovorí o zvýšení kvality extrahovaných humusových látok, čo bolo spôsobené výrazným poklesom extrahovateľnosti fulvokyselín. Je zaujímavé, že toto konštatovanie nie je potvrdené hodnotami farebných koeficientov HK a FK z vrchnej vrstvy 0 – 0,1 m kde vzrástli, ale v ostatných vrstvách už boli nižšie ako pod lúkou, čo hovorí o kondenzovanejších štruktúrach (tab. 8).

Tab. 8 Optické vlastnosti a frakčné zloženie humusových látok

	Hĺbka (m)	%C <sub>ox</sub>	%C <sub>HL</sub>	%C <sub>HL</sub> z C <sub>ox</sub>	%C <sub>HK</sub>	%C <sub>HK</sub> z C <sub>ox</sub>	%C <sub>F</sub> <sub>K</sub>	%C <sub>FK</sub> z C <sub>ox</sub>	HK:FK	Q <sup>HL</sup> <sub>4/6</sub>	Q <sup>HK</sup> <sub>4/6</sub>
Sonda 1 zoraná lúka	0 – 0,1	3,42	1,07	31,3	0,40	11,7	0,67	19,6	0,60	4,95	4,29
	0,1 – 0,2	2,69	1,00	34,2	0,31	11,5	0,69	25,7	0,52	5,00	4,03
	0,2 – 0,3	2,43	1,02	42,0	0,35	14,4	0,67	27,6	0,52	4,68	3,99
	0,3 – 0,6	1,00	0,43	43,0	0,12	12,0	0,31	31,0	0,39	4,59	5,04
Sonda 2 lúka	0 – 0,1	4,01	1,58	39,4	0,47	11,7	1,11	27,7	0,42	4,66	4,00
	0,1 – 0,2	2,94	1,10	37,4	0,29	9,86	0,81	27,6	0,36	5,56	4,32
	0,2 – 0,3	1,79	0,67	37,4	0,16	8,94	0,51	28,5	0,31	5,30	5,20
	0,3 – 0,6	1,07	0,36	33,6	0,12	11,2	0,24	22,4	0,50	5,66	6,95

## ZÁVERY

V práci poukazujeme na zmeny viacerých parametrov charakterizujúcich chemické vlastnosti pôd, ktoré zároveň výrazne vplyvajú na fyzikálne i biologické vlastnosti pôd. Zmena pôvodného lúčneho pokryvu a rozoranie lúky s následným výsevom iných krmovín sa však prejavila výraznými zmenami už v krátkom čase, jedného roka, a to zmenami obsahov celkového uhlíka a dusíka, ale i ich labilných foriem v povrchovej vrstve 0 – 0,2 m. Zmeny kvality humusu, ale i pôdnej reakcie a parametrov sorpčného komplexu dokonca vo vrstve 0 – 0,6 m. Z hľadiska sekvestrácie uhlíka sa vlastne potvrdili poznatky prezentované i inými autormi doma i v zahraničí, že rozklad a straty organickej hmoty pri zmene vstupov ale i podmienok pre ich transformáciu sú rýchlejšie ako opačný, žiaduci proces sekvestrácie uhlíka v pôde i rastlinách. Degradačné procesy prebiehajú rýchlejšie ako procesy obnovy pôdnej úrodnosti, akumulácie a stabilizácie organickej hmoty v pôdach.

*Podakovanie: Riešenie problematiky bolo finančne podporené a je súčasťou riešenia projektov VEGA 1/0603/3 a 1/1341/04.*

## LITERATÚRA

- Kováč, K., Antal, J., Zaujec, A., 2000: Environmental indicators relation to crop and soil conservation management. In: *Súčasnosť a perspektívne smery v obrábaní pôdy*", 2000, SPU Nitra, s. 114.
- Paračková, A., Zaujec, A., 2001: Evaluation of human impacts on soils of Borská nížina lowland. *Ekológia (Bratislava)*, Vol.20, Supplement 3/2001, p. 299-304.
- Spychaj-Fabisiak, E., Murawska, B., Janowiak, J., Zaujec, A., 2004: Changes in hydrolytic acidity and available phosphorus forms in different cultivation systems. In: *Macro and Trace Elements*. (Eds. Anke, M. et al.), 22<sup>nd</sup> Workshop, September, 24<sup>th</sup> and 25<sup>th</sup> 2004, Friedrich Schiller University Jena, p. 211-216.
- Szombathová, N., Zaujec, A., 1997: Dôležitosť regulácie chemických vlastností pôd ako predpoklad trvale udržateľného rozvoja. In: *"ENVIRO Nitra"*, SPU Nitra, 1997, s. 111-115.
- Szombathová, N., Zaujec, A., Paračková, A., 2001: Differences in some soil properties between cultivated and natural soils. *Ekológia (Bratislava)*, Vol.20, Supplement 3/2001, p. 292-298.
- Tobiašová, E., Zaujec, A., 1999: Možné dopady globálnych zmien na kolobeh uhlíka. In: *Atmosféra 21. storočia, organizmy a ekosystémy*. TU Zvolen, 1999, s. 234-236.
- Zaujec, A., Tomar, N.K., 1990: Características del humus de suelos de zonas climáticas muy diferentes, en la India. *Ciencias de la Agricultura (Cuba)*. 1990, 40. p. 107-113.
- Zaujec, A., 1995: Soil organic matter in modern agriculture. *Ved. práce VÚPÚ Bratislava*, 19/1,1995, p. 193-197.
- Zaujec, A., 1996a: Organická hmota pôdy a ochrana pôdy. In: *"ENVIRO NITRA"*, VES VŠP Nitra, 1996, p. 216-219.
- Zaujec, A., 1996b: Ochrana chemických vlastností pôd ako predpoklad trvale udržateľného vývoja pri hospodárení na pôde. In: *"Ochrana pôdy výzva pre budúcnosť"*, Tále, 1996, p. 83-93.
- Zaujec, A., 1998a: Pôdna organická hmota – základný princíp úrodnosti pôdy. In: *Trvalo udržateľná úrodnosť pôdy a protierózna ochrana*. Sielnica, Nitra, 1998, s. 125-130.
- Zaujec, A., 1998b: Organická hmota pôdy a jej funkcie v prírode. In: *ENVIRO. Nitra: Agrokomplex*, 1998, s. 57-60.
- Zaujec, A., Kováč, K., 1999: Changes in soil organic matter under different tillage and crop rotation. In: *Humic substances as factor of the terrestrial and aquatic ecosystems*. University of Technology and Agriculture, Bydgoszcz, 1999, p. 46.
- Zaujec, A., Kováč, K., 2000: Vplyv oševného postupu, obrábania a hnojenia pôdy na obsah organického uhlíka v pôde. In: *"Využití různých systémů zpracování půdy při pěstování rostlin"*. VÚRV v Praze, 7. – 8. 6. 2000, s. 57-62.
- Zaujec, A., 2000: Indikátory kvality pôdy – stabilita agregátov a pôdna organická hmota. In: *ENVIRO NITRA 2000*. FZKI SPU Nitra a MŽP SR Bratislava, 2000, s. 261-264.
- Zaujec, A., 2001: Soil organic matter as indicator of soil quality and human influences on agroecosystem and natural forest. *Ekológia (Bratislava)*, Vol.20, Suppl. 2/2001, p. 133-139.
- Zaujec, A., Tobiašová, E., Szombathová, N., Chlpík, J., 2002: Human influences on soil organic matter of ecosystems. *Poľnohospodárstvo*, Vol.48, 2002 (6), p. 319-323.

# DYNAMIKA ZMIEN KOEFICIENTA ŠTRUKTÚRNOSTI PÔDY VPLYVOM SYSTÉMOV HOSPODÁRENIA

## Soil structure coefficient dynamics rate affected by farming systems

Štefan ŽÁK<sup>1</sup>, Karol KOVÁČ<sup>2</sup>, Marta KLIMEKOVÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany, Bratislavská cesta 122, 921 68 Piešťany, SR

<sup>2</sup>SPU Nitra, KUPH, FAZP, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR

### Abstrakt

V poľnom experimente uskutočnenom v rokoch 2002 – 2004 bol sledovaný vplyv dvoch poľnohospodárskych systémov (integrovaný a LIS) na koeficient pôdnej štruktúry. Experiment bol založený na veľmi úrodnej černoze vo vodoochrannom pásme (Borovce pri Piešťanoch), JZ Slovenska. Toto územie má kontinentálny charakter klímy s priemernými ročnými zrážkami 593 mm, 358 mm počas vegetácie a s priemernou teplotou 9,2°C za rok, 15,5°C počas vegetačnej doby. Experiment sa skladá z dvoch poľnohospodárskych systémov: Integrovaný (IAFS), ktorý reprezentuje bezorebnú produkciu plodín s riadením pozberových zbytkov. Low-input obhospodarovanie (LAFS) predstavuje konvenčný systém s použitím konvenčnej orby. Pôdne vzorky boli odobraté z 3 vrstiev pôdneho profilu 0,05 – 0,10; 0,10 – 0,20; a 0,20 – 0,30 m v troch obdobiach: jar, leto a jeseň. Koeficient pôdnej štruktúry (SSC) bol vypočítaný po laboratórnom preosiatí suchých pôdnych vzoriek na zariadení s 9 silami (elektromagnetický prístroj Analysette 3), kaliber otvorov bol od 0,045 – 8 mm. Testované typy obhospodarovania v daných pôdno-ekologických podmienkach vplyvajú na SSC, ktorý bol vyšší v integrovanom systéme v porovnaní s LAFS systémom. Z hľadiska vegetačnej doby SSC v IAFS sa nepatrne zvýšilo z jari do leta a znížilo z leta do jesene. SSC v LAFS sa zvýšilo z jari do leta a na tej istej úrovni bolo v období leto – jeseň. Bolo zistené, že zvýšená hodnota SSC závisí od hĺbky určitej vrstvy. Významný vzťah medzi SSC a objemovou hmotnosťou, póroznosťou a maximálnou kapilárnou kapacitou sa zistil v oboch poľnohospodárskych systémoch.

**Kľúčové slová:** integrované a konvenčné obhospodarovanie, koeficient pôdnej štruktúry, veľkosť rozloženia pôdnych agregátov, vzťah SSC a pôdno-fyzikálnych vlastností

### Abstract

In a field experiment conducted during years 2002 and 2004, the influence of two arable farming systems (integrated farming system and low input one) on the soil coefficient structure were observed. The experiment was founded on a very fertile Chernozem soil in the water protected areas (Borovce near Piešťany, south – western part of the Slovak Republic). This territory has continental character of climate with mean annual precipitation 593 mm per year, 358 mm per vegetation period and with the temperature average 9.2°C per year, 15.5°C per vegetation period. The experiment consists of two arable farming systems: Integrated arable farming system (IAFS) which represents no-till crop production with crop residue management. Low input arable farming (LAFS) system represents conventional cropping system which using of conventional tillage. The soil samples were taken from 3 layers of the soil of profile 0.05 – 0.10; 0.10 – 0.20; and 0.20 – 0.30 m in 3 following time periods: spring – summer and autumn. The soil structure coefficient (SSC) was calculated after laboratory dry sieving of the soil samples on the sieve shaker with nine sieves (electromagnetic sieving apparatus Analysette 3), calibre of the holes was from 0.045 up to 8 mm. Tested types of farming system in the given soil – ecological conditions affected the SSC which was higher in integrated system comparing with low-input one. From the point of view of vegetation period the SSC in IAFS increased gently from spring to summer period and declined from summer to autumn ones. SSC in LAFS was increased from spring to summer period and SSC was at the same level at summer-autumn period. The

increasing value of SSC depends of depth of layer was ascertain. The significant relation between SSC and soil bulk density, soil porosity and maximal capillary capacity was ascertain in both farming systems.

**Key words:** Integrated and low-input farming, coefficient of soil structure, soil aggregate size distribution, relation of SSC and soil physical properties

## ÚVOD

V najširšom slova zmysle je pôda viac fázová-sústava rozličných látok, ktorá sa skladá z tuhej, kvapalnej a plynnej fázy a ktorá môže byť stanovišťom rastlín. Z hľadiska poľnej rastlinnej výroby (v užšom slova zmysle) je pôda časť kôry zemského povrchu, ktorá sa môže stať stanovišťom kultúrnych rastlín (Kováč a kol., 2003).

Pôdna štruktúra je dôležitým činiteľom pri vytváraní priaznivých podmienok pri pestovaní kultúrnych rastlín. Je dôležitým činiteľom udržiavania i zvyšovania pôdnej úrodnosti, pretože zabezpečuje rastlinám dostatočné množstvo fyziologicky prístupnej vlahy, prevzdušnenie a neustále uvoľňovanie živín v prijateľnej forme.

Štruktúrne pôdy sú schopné intenzívne prijímať zrážkovú i závlahovú vodu a znižovať neproduktívny výpar vody z pôdy. Z hľadiska regulácie teplotného režimu štruktúrna pôda znižuje hodnotu teplotného gradientu. Z mechanického hľadiska pôdna štruktúra zabraňuje rozplavovaniu agregátov pôdy vo vode a vytváraniu prísušku. Povrch pôdy zložený z vodostálych agregátov je odolnejší proti vodnej i veternej erózii.

Tebrügge, Eichhorn (1992) pri skúmaní ekonomických a ekologických aspektov obrábania pôdy porovnávali tri systémy spracovania pôdy, pričom veľkosti a stabilite pôdných agregátov pripisovali rozhodujúcu funkciu pri formovaní pôdnej štruktúry. Miština, Kováč, (1993) uvádzajú, že obrábanie pôdy môže nepriaznivo ovplyvniť stabilitu pôdných agregátov s následnou tvorbou pôdneho prísušku, redukciu infiltrácie a vzhádzania rastlín. Van Ouwerkerk (1992) považuje za najdôležitejšiu štruktúru pôdy v mieste, ktoré je najcitlivejšie z hľadiska rozvoja koreňovej sústavy rastliny t.j. v oblasti osivového lôžka.

Z agronomického hľadiska je podľa Dema (Demo, 1995) významný podiel makroagregátov, za ktoré považujeme obyčajne zhluky, ktoré pozostávajú z viacerých vzájomne scementovaných častíc. Za dolnú hranicu pre rozmer makroagregátov sa prijalo 0,25 mm, kým ich horná hranica má viacmenej relatívnu hodnotu. Väčšina autorov považuje za takúto hranicu rozmer do 7 mm, niektorí až 10 mm i viac. Zhoda je však v tom, že za agronomicky najcennejšie sa považujú agregáty, ak ich rozmer je medzi 0,5 – 3 mm.

Veľkosť pôdných agregátov môžeme teda považovať za faktor určujúci charakter pôdnej štruktúry. Meranie veľkosti pôdných agregátov a ich zastúpenie v jednotlivých veľkostných skupinách predstavuje preto metódu, ktorou môžeme charakterizovať či už účinky konkrétnych pracovných orgánov strojov, ako aj vplyv jednotlivých technológií obrábania pôdy (Nozdrovický, Abelsová, 1998).

Predkladaný príspevok je zameraný na porovnanie štruktúry pôdy vyjadrenej koeficientom štruktúrnosti pôdy a obsahom jednotlivých frakcií pôdných agregátov vo dvoch systémoch hospodárenia a to v integrovanom systéme s využitím priamej sejby a low-input systéme s konvenčným spracovaním pôdy.

## MATERIÁL A METÓDY

Stacionárny poľný pokus bol založený v roku 1995 na Výskumnom pracovisku VÚRV Piešťany v Borovciach, v kukuričnej výrobnnej oblasti na černoze hnedozemnej. Dlhodobý priemer teplôt na pokusnom stanovišti je 9,2°C za rok, 15,5°C za vegetačné obdobie a zrážok za rok 593 mm a 358 mm za vegetačné obdobie. Pokusný pozemok leží v oblasti pásma ochrany vôd. V príspevku hodnotíme roky 2002 – 2004.

**Integrovaný systém rastlinnej výroby (IS)** predstavuje systém hospodárenia bez živočíšnej výroby. Využíva všetky ekonomické a ekologicky prijateľné metódy k regulácii škodlivých činiteľov s prednosťou využívania prirodzených autoregulačných mechanizmov. Z týchto mechanizmov a metód sme využili oševný postup s medziplodinami (facélia + horčica), tolerantné odrody, bezorbové technológie,

integrované hnojenie a výživa rastlín, priama cielená ochrana rastlín a pod. V integrovanom systéme je 4 honový oševný postup s 1 bôbovitou (tab. 1):

Tab. 1 *Striedanie plodín v oševnom postupe a použité odrody*

Plodina	Odroda/Organické hnojenie
Hrach siaty	Svit
Pšenica letná (f. o.)	Balada (+ medziplotina)
Kukurica siata	Jozefína + 30 t.ha <sup>-1</sup> kompostu
Jačmeň siaty jarný	Atribút (+ medziplotina)

Využívame kompost, zelené hnojenie, pozberové zvyšky, bezorbové technológie, integrovanú výživu a ochranu rastlín. Úroveň hnojenia NPK bola ako v low-input systéme. Kompost po rozhodnutí nebol v bezorbovom systéme zapravený do pôdy.

**Low-input systém pestovania rastlín (LIS)** predstavuje systém klasického spracovania pôdy s použitím pluhu, s využitím pesticídov a priemyselných hnojív. Pri tomto systéme (LIS) sme odstránili slamu a pozberové zvyšky z poľa a spotrebované živiny sme doplnili iba priemyselnými hnojivami.

V low-input systéme (LIS) je podobne ako v integrovanom systéme (IS) 4 honový oševný postup s 1 bôbovitou, kompost, NPK z priemyselných hnojív, obrábanie pôdy pluhom, chemická ochrana rastlín a regulácia burín herbicídmi. V rokoch 2002 – 2004 na IV. hone sme pestovali jačmeň jarný siaty (2002) – hrach siaty (2003) – pšenicu letnú f. ozimnú (2004).

#### **Stanovenie štruktúry pôdy a výpočet koeficienta štruktúrnosti pôdy**

V každom hodnotenom systéme pestovania sme v poľných podmienkach rýľom odobrali vzorky pôdy na stanovenie pôdnej štruktúry. Vzorky sme odobrali z vrstiev 0,0 – 0,1 m, 0,1 – 0,2 m a 0,2 – 0,3 m vždy na jar (apríl, máj), v lete (jún, júl) a v jeseni (september, október) podľa stavu počasia a charakteru pestovanej plodiny v oševnom postupe, na stálom mieste (na hone IV).

Po prirodzenom vysušení pôdnych vzoriek atmosférickým vzduchom sme odobrali zo vzorky cca 250 g, odvážili a podrobili pôdu preosievacej analýze tzv. „suchou cestou“. Použili sme laboratórny preosievací vibračný prístroj Analysette 3, ktorý je vybavený sústavou 9 sít s okami od 0,045 po 8 mm. Pôdu sme rozdelili do 3 skupín agregátov a to  $a$  = súčet hmotností agregátov nad sitami 0,25; 0,5; 1,0; 2,8; 4; a 6,3 mm,  $b$  = hmotnosť agregátov nad sitom 8 mm a  $c$  = súčet hmotností agregátov nad sitami 0,125; 0,045 mm a zvyšok.

Koeficient štruktúrnosti pôdy sme stanovili z výsledkov získaných preosievacou analýzou za sucha zo vzťahu

$$K_s = \frac{a}{b + c}$$

kde  $K_s$  – koeficient štruktúrnosti pôdy,  $a$  – hmotnosť agregátov veľkých 0,25 – 8 mm,  $b$  – hmotnosť agregátov väčších ako 8 mm,  $c$  – hmotnosť agregátov menších ako 0,25 mm.

Získané výsledky sme spracovali graficky a metódou analýzy variancie.

#### **VÝSLEDKY A DISKUSIA**

Snaha o vytvorenie pevnej a vodostálej štruktúry pôdy nie je samoúčelná, pretože reguluje termodynamické podmienky rizosféry. Optimálna veľkosť štruktúrnych agregátov je 0,5 – 3,0 mm. Na štruktúrnych pôdach je významne obmedzená evapotranspirácia, je zabezpečená difúzia kyslíka a oxidu uhličitého z pôdy a je udržiavaný na povrchu pôdy adiabatický stav. Štruktúrne pôdy veľmi intenzívne prijímajú zrážkovú a závlahovú vodu (Kudrna, 1979).

Koeficient štruktúrnosti pôdy v rokoch 2002 – 2004 dosiahol v priemere pokusu hodnotu 2,27, keď sa pohyboval podľa rokov (priemer termínov, systémov a vrstiev) v roku 2002 = 1,45, v roku 2003 = 2,28 a v roku 2004 = 3,09 a teda stúpal. Všetky rozdiely medzi rokmi boli vysoko preukazné. Toto stúpanie sa zachovalo aj v systémoch hospodárenia, keď v integrovanom systéme sa

v rokoch dosiahli hodnoty 1,71 – 2,51 – 3,00 a v low-input systéme 1,18 – 2,05 – 3,17 (priemer termínov a vrstiev). Z výsledkov je zrejmé, že štruktúra pôdy v low-input systéme na začiatku hodnotenia bola horšia, ale v priebehu rokov dosiahla hodnoty integrovaného systému (graf 1).

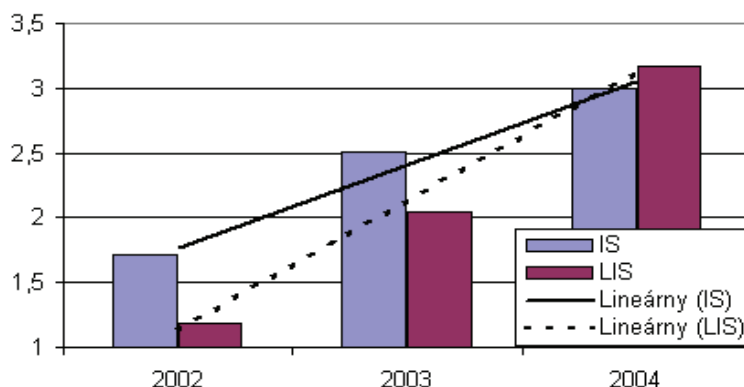
Vypočítané hodnoty koeficienta štruktúrnosti pôdy v období 2002 – 2004 a ich štatistické vyhodnotenie sú uvedené v tabuľke 2.

Tab. 2 Štatistické vyhodnotenie koeficienta štruktúrnosti pôdy analýzou variancie

Systém		Integrovaný				Low input				Celkový Ø
Vrstva		0,0 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,0 – 0,3 (Ø)	0,0 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,0 – 0,3 (Ø)	
Rok	Termín									
2002	T1	2,81	1,25	2,99	<b>2,35</b>	1,00	0,87	0,93	<b>0,93</b>	<b>1,64</b>
	T2	1,86	1,55	1,27	<b>1,56</b>	1,30	1,42	1,35	<b>1,35</b>	<b>1,46</b>
	T3	0,92	1,11	1,67	<b>1,23</b>	1,57	1,10	1,07	<b>1,24</b>	<b>1,24</b>
Termíny		<b>1,86</b>	<b>1,30</b>	<b>1,98</b>	<b>1,71</b>	<b>1,29</b>	<b>1,13</b>	<b>1,11</b>	<b>1,18</b>	<b>1,45</b>
Hd	Termíny	0,05 0,63				0,01 1,05				
	Systémy	0,05 0,51 +				0,01 0,86				
	Vrstvy	0,05 0,63				0,01 1,05				
Preukaznosť	medzi termínmi	T1 – T2 -; T1 – T3 -; T2 – T3 -								
	medzi systémami	IS – LIS +								
	medzi vrstvami	0,0 – 0,1 a 0,1 – 0,2 -; 0,0 – 0,1 a 0,2 – 0,3 -; 0,01 – 0,02 a 0,02 – 0,03 -								
2003	T1	1,93	2,10	1,81	<b>1,95</b>	2,75	1,32	1,16	<b>1,74</b>	<b>1,85</b>
	T2	3,45	4,96	1,89	<b>3,43</b>	3,65	1,88	1,65	<b>2,39</b>	<b>2,91</b>
	T3	2,85	1,92	1,71	<b>2,16</b>	2,05	2,01	2,02	<b>2,02</b>	<b>2,09</b>
Termíny		<b>2,74</b>	<b>2,99</b>	<b>1,80</b>	<b>2,51</b>	<b>2,81</b>	<b>1,73</b>	<b>1,61</b>	<b>2,05</b>	<b>2,28</b>
Hd	Termíny	0,05 0,44				0,01 0,73 ++				
	Systémy	0,05 0,36 +				0,01 0,60				
	Vrstvy	0,05 0,44				0,01 0,73 ++				
Preukaznosť	medzi termínmi	T1 – T2 ++; T1 – T3 -; T2 – T3 ++								
	medzi systémami	IS – LIS +								
	medzi vrstvami	0,0 – 0,1 a 0,1 – 0,2 -; 0,0 – 0,1 a 0,2 – 0,3 ++; 0,01 – 0,02 a 0,02 – 0,03 +								
2004	T1	2,92	3,11	2,55	<b>2,86</b>	2,89	2,89	3,00	<b>2,92</b>	<b>2,89</b>
	T2	2,88	3,26	2,80	<b>2,98</b>	2,55	3,37	3,35	<b>3,09</b>	<b>3,04</b>
	T3	2,98	3,29	3,20	<b>3,16</b>	2,83	3,33	4,37	<b>3,51</b>	<b>3,34</b>
Termíny		<b>2,93</b>	<b>3,22</b>	<b>2,85</b>	<b>3,00</b>	<b>2,75</b>	<b>3,19</b>	<b>3,57</b>	<b>3,17</b>	<b>3,09</b>
Hd	Termíny	0,05 0,80				0,01 1,34				
	Systémy	0,05 0,66				0,01 1,09				
	Vrstvy	0,05 0,80				0,01 1,34				
Preukaznosť	medzi termínmi	T1 – T2 -; T1 – T3 -; T2 – T3 -								
	medzi systémami	IS – LIS -								
	medzi vrstvami	0,0 – 0,1 a 0,1 – 0,2 -; 0,0 – 0,1 a 0,2 – 0,3 -; 0,01 – 0,02 a 0,02 – 0,03 -								
2002 – 2004	T1	2,35	1,95	2,86	<b>2,38</b>	0,93	1,74	2,92	<b>1,86</b>	<b>2,12</b>
	T2	1,56	3,43	2,98	<b>2,66</b>	1,35	2,39	3,09	<b>2,28</b>	<b>2,47</b>
	T3	1,23	2,16	3,16	<b>2,18</b>	1,24	2,02	3,51	<b>2,26</b>	<b>2,22</b>
Termíny		<b>1,71</b>	<b>2,51</b>	<b>3,00</b>	<b>2,41</b>	<b>1,18</b>	<b>2,05</b>	<b>3,17</b>	<b>2,13</b>	<b>2,27</b>
Hd	Roky	0,05 0,30				0,01 0,40 ++				
	Termíny	0,05 0,30 +				0,01 0,40				
	Systémy	0,05 0,24 +				0,01 0,33				
	Vrstvy	0,05 0,30				0,01 0,40				
Preukaznosť	medzi rokmi	2002 – 2003 ++; 2002 – 2004 ++; 2003 – 2004 ++								
	medzi termínmi	T1 – T2 +; T1 – T3 -; T2 – T3 -								
	medzi systémami	IS – LIS +								
	medzi vrstvami	0,0 – 0,1 a 0,1 – 0,2 -; 0,0 – 0,1 a 0,2 – 0,3 -; 0,01 – 0,02 a 0,02 – 0,03 -								

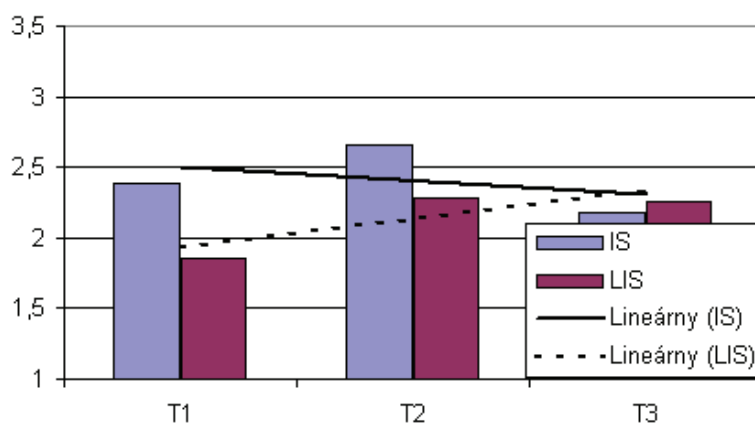
Koeficient štruktúrnosti pôdy v integrovanom systéme bol v priemere rokov preukazne vyšší ako v low-input systéme, keď v rokoch 2002 a 2003 bol v integrovanom systéme preukazne vyšší a v roku 2004 bol rozdiel nepreukazný (tab. 2). Hodnoty koeficienta štruktúrnosti pôdy mali vyššie hodnoty v integrovanom systéme prakticky v celom hodnotenom období. Na celkovej variabilite sa podieľali roky 40 %, termíny 2 %, systémy 2 % a vrstvy 1 %. Na dôležitosť štruktúry pôdy upozornil Křen (2002). Nozdrovický – Abelsová (1998) zistili, že technológia priamej sejby umožňuje dosiahnuť najvyššiu hodnotu koeficienta štruktúrnosti pôdy a najväčší podiel agregátov veľkých 0,25 – 8,0 mm (skupina a) čo svedčí o najlepšej štruktúre pôdy. Naše výsledky sú podobné, keď v integrovanom systéme (s využitím bezorbovej technológie) sme dosiahli vyššiu hodnotu koeficientu štruktúrnosti pôdy ako v low-input systéme (s konvenčným spracovaním pôdy).

Graf 1 Koeficient štruktúrnosti pôdy v rokoch 2002 – 2004



V grafe 2 je znázornený vývoj koeficienta štruktúrnosti pôdy podľa systémov v rokoch 2002 – 2004 a termínoch odberu. Z grafu vidíme, že dynamika zmien koeficienta štruktúrnosti pôdy v systémoch bola rôzna. V integrovanom systéme vidíme mierny nárast hodnôt od jarného termínu po letný a pokles k jesennému termínu, pri low-input systéme od jarného po letný hodnoty stúpali a medzi letným a jesenným termínom boli na rovnakej úrovni. Pri štatistickom hodnotení sme zistili preukazne vyššie hodnoty v letnom termíne v porovnaní s jarným termínom. Ostatné rozdiely neboli významné (tab. 3).

Graf 2 Koeficient štruktúrnosti pôdy v rokoch 2002 – 2004 podľa termínov

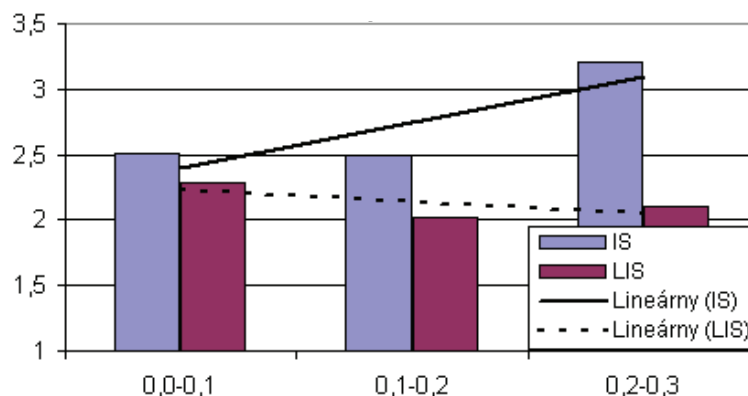


Z hľadiska sledovaných systémov a vrstiev pôdy (graf 3) vidíme rozdielnú dynamiku zmien koeficienta štruktúrnosti spôsobenú rozdielnym spracovaním pôdy. Kým v integrovanom systéme hodnoty koeficienta štruktúrnosti pôdy majú po hodnotenú hĺbku stúpajúci charakter, v low-input systéme vidíme mierny pokles hodnôt. Je pravdepodobné, že pokles možno pripísať prirodzenému uľahnutiu poranej pôdy, ale aj nepoužitiu pozberových zvyškov a medziplodín na zelené hnojenie v low-input systéme. V priemere rokov 2002 – 2004, podobne ako v rokoch 2002 a 2004 sme nezistili

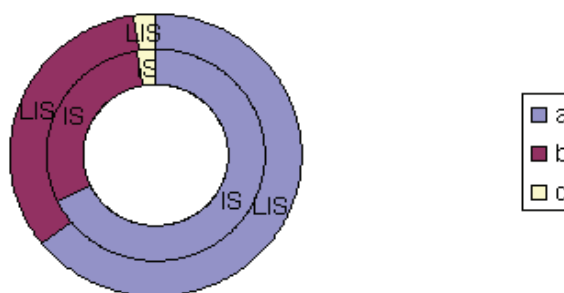
štatisticky významné rozdiely medzi hodnotenými vrstvami. Iba v roku 2003 sme pozorovali vo vrstve 0,2 – 0,3 m vysoko preukazne nižší koeficient štruktúrnosti pôdy v porovnaní s vrstvou 0,0 – 0,1 m a preukazne nižší koeficient štruktúrnosti pôdy v porovnaní s vrstvou 0,1 – 0,2 m.

Pomer frakcií agregátov pôdy (*a*, *b* a *c*) je znázornený v grafe 4, z ktorého vyplýva ich výhodnejšie zloženie v integrovanom systéme (*a* = 67,7 %) v porovnaní s low-input systémom (*a* = 64,1 %), pričom frakcia agregátov *c* je v oboch systémoch na rovnakej úrovni.

Graf 3 Koeficient štruktúrnosti pôdy v rokoch 2002 – 2004 podľa vrstiev



Graf 4 Pomer frakcií agregátov pôdy v systémoch hospodárenia v rokoch 2002 – 2004



Interakcia rokov s termínmi a rokov s vrstvami bola vysoko preukazná a interakcia rokov so systémami hospodárenia preukazná. Znamená to, že priebeh počasia (ročník) významne ovplyvňoval všetky ostatné faktory. Potvrdzuje to aj preukazná trojprvková interakcia rok x systém x vrstva.

Tab. 3 Prehľad interakcií

Roky	R x T	R x S	R x V	T x S	T x V	S x V	R x T x S	R x T x V	R x S x V	T x S x V
2002	XXXX	XXXX	XXXX	-	-	-	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	-
2003	XXXX	XXXX	XXXX	-	-	+	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	+
2004	XXXX	XXXX	XXXX	-	-	-	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	-
2002 – 2004	++	+	++	-	-	-	-	-	+	-

Vysvetlivky: R – roky; T – termíny; S – systémy; V – vrstvy

## ZÁVER

Pri hodnotení koeficientov štruktúrnosti pôdy, obsahu jednotlivých frakcií pôdných agregátov v integrovanom a low-input systéme hospodárenia sme zistili:

Koeficient štruktúrnosti pôdy v integrovanom systéme bol v priemere rokov vyšší ako v low-input systéme. Vyššie hodnoty v integrovanom systéme boli prakticky v celom hodnotenom období.

Z hľadiska vegetačného obdobia bola dynamika zmien štruktúrnosti pôdy kvantifikovaná koeficientom štruktúrnosti v systémoch rozličná. V integrovanom systéme sa hodnoty koeficienta štruktúrnosti pôdy od jari do leta zvýšili. Pri low-input systéme sa zvýšili hodnoty medzi jarným a letným termínom. V letnom termíne v porovnaní s jarným termínom boli hodnoty koeficienta štruktúrnosti pôdy preukazne vyššie.

Rozdielny je tiež trend hodnôt koeficienta štruktúrnosti pôdy v systémoch vyvolaný rôznym spôsobom a intenzitou obrobena pôdy. V integrovanom systéme hodnoty koeficienta štruktúrnosti pôdy majú po hodnotenú hĺbku stúpajúci charakter, v low-input systéme sme zaznamenali mierny pokles hodnôt. Medzi vrstvami pôdy však štatisticky významný rozdiel nebol zistený.

*Podakovanie: Práca vznikla z finančnej podpory projektu Ekologická a ekonomická racionalizácia primárnej rastlinnej produkcie (2003 SP 27/028 0D 01/028 0D 01).*

## LITERATÚRA

- Demo, M. a kol., 1995: Obrábanie pôdy, vydanie I., Nitra –VŠP, 1995, 315 s., ISBN 80-7137-255-2.
- Dexter, A. R., Birkás M., 2004: Prediction of the soil structures produced by tillage. In: Soil Till. Res., roč 79, 2004, č. 2, s. 221-231.
- Fulajtár, E., 1986: Fyzikálne vlastnosti pôd Slovenska, ich úprava a využitie In: Poľnohospodárska veda 1/86 Sériá A poľnohospodárstvo, vydanie prvé, Bratislava: VEDA, vydavateľstvo SAV, 1986, 156 s.
- Horák, L., 2004: Změny půdních vlastností v závislosti na zpracování půdy. In: Agro, roč. 9, 2004, č. 8, s. 59-61.
- Kováč, K. a kol., 2003: Všeobecná rastlinná výroba, vydanie prvé, Nitra: SPU, 2003, 335 s., ISBN 80-8069-136-3.
- Křen, J., 2000: Poznámky k současným trendům ve zpracování půdy., In: Súčasť a perspektívne smery v obrábaní pôdy, zborník z vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou, Nitra: SPU, 2000, s. 69-77, ISBN 80-7137-764-3
- Kudrna, K., 1985: Zemědělské soustavy, vydanie druhé, doplnené, Praha: SZN, 1985, 720 s.
- Kubík, L. a kol., 2001: Fraktálna analýza pôdnej štruktúry vytvorenej vplyvom obrábania, In: Poľnohospodárstvo, roč. 47, 2001, č. 7, s. 505-519.
- Mišťina, T., Kováč, K. a kol., 1993: Ochranné obrábanie pôdy, vydanie prvé, Piešťany: VÚRV, 1993, 167 s., ISBN 80-7137-125-4.
- Nozdrovický, L., Abelsová, J., 1998: Vplyv variantov obrábania pôdy na koeficient štruktúrnosti, In: Poľnohospodárstvo, roč. 44, 1998, č. 7, s. 489-502.
- Tebrügge, F., Eichhorn, H., 1992: Die ökologischen und ökonomischen Aspekte von Bodenbearbeitungssystem. In: Friebe B.: Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungs – system auf das Ökosystem den Boden (Beiträge zum 3. Symposium vom 12. – 13. Mai 1992 in Giesen), Wiss. Fachverlag Dr. Fleck, 1992, S. 7-20.
- Van Ouwerkerk, C., 1992: Soil structure and soil strenght directly lelow the seedbed, In: Problems in Modern Soil Management (proc. Internat. Conf.) VÚEA Hrušovany u Brna, 1992, p. 172-183.

## **Štvrté pôdoznalecké dni v SR**

Zborník referátov z vedeckej konferencie pôdoznalcov SR, Čingov, 14. – 16. jún, 2005

Societas pedologica slovacae

Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Bratislava

Zodpovedný editor: Jaroslava Sobocká

Recenzenti: Doc. Ing. Juraj Gregor, CSc.  
Prof. Ing. Bohdan Juráni, CSc.  
Doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.  
Doc. Ing. Viliam Pichler, PhD.  
RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.  
Prof. Ing. Bořivoj Šarapatka, PhD.  
Doc. Ing. Anton Zaujec, CSc.

Výtvarný redaktor: Štefan Moro

Forma: A4, CD ROM

Počet strán: 434

**ISBN: 80-89128-18-1**

**© Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Bratislava, 2005**





9 788089 128181

**ISBN 80-89128-18-1**