

**Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, Bratislava**



**TVORBA A HODNOTENIE POZNATKOV  
O VÝVOJI VLASTNOSTÍ PÔDNEHO KRYTU SR  
PRE EFEKTÍVNU OCHRANU PÔDY  
V POĽNOHOSPODÁRSKEJ KRAJINE  
(priebežná správa za rok 2006)**



**Koordinátor výskumnej úlohy:  
doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.**

*Bratislava, december 2006*



## TITULNÝ LIST

<b>Riešiteľské pracovisko:</b>	Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Bratislava
<b>Štatutárny zástupca:</b>	prof. RNDr. Pavol Bielek, DrSc.
<b>Názov kontraktu:</b>	
<b>Názov výskumnej úlohy:</b>	Tvorba a hodnotenie poznatkov o vývoji vlastností pôdneho krytu SR pre efektívnu ochranu pôdy v poľnohospodárskej krajine
<b>Typ výskumnej úlohy:</b>	priebežná za rok 2006
<b>Zodpovedný riešiteľ:</b>	doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.
<b>Riešiteľský kolektív:</b>	RNDr. Gabriela Barančíková, CSc. Mgr. Rastislav Dodok, PhD. RNDr. Jarmila Makovníková, CSc. Ing. Katarína Nováková, (ÚKSÚP, Bratislava) RNDr. Boris Pálka Ing. Pavel Pavlenda, PhD., (NLC-LVU Zvolen) Ing. Juliana Schlosserová, CSc., (ÚKSÚP, Bratislava) Ing. Ján Styk, PhD. Ing. Miloš Širáň RNDr. Ján Vojtáš, CSc.
<b>Začiatok riešenia:</b>	I. / 2006
<b>Ukončenie riešenia:</b>	XII. / 2006



## OBSAH

1.	STRUČNÝ ÚVOD A ZDÔVODNENIE POTREBY RIEŠENIA PROBLEMATIKY VZHLADOM K SÚČASNÉMU STAVU PROBLEMATIKY V SR A VO SVETE (J. Kobza)	6
2.	PLNENIE CIEĽOV RIEŠENIA ÚLOHY VÝSKUMU A VÝVOJA (J. Kobza)	7
3.	VECNÁ ŠTRUKTÚRA ÚLOHY VÝSKUMU A VÝVOJA (J. Kobza)	8
4.	CHARAKTERISTIKA A ZAMERANIE RIEŠENIA PODĽA VECNEJ ŠTRUKTÚRY ÚLOHY (J. Kobza)	9
5.	SÚČASNÝ STAV RIEŠENIA A POROVNANIE S METODIKOU RIEŠENIA	12
5.1.	Budovanie systému monitoringu pôd SR podľa európskej smernice monitoringu pôd a návrh legislatívnych dokumentov na ochranu pôdy (J. Kobza)	12
5.2.	Vývoj pôd a metódy jeho hodnotenia (J. Kobza., J. Makovníková)	17
5.3.	Acidifikácia, alkalizácia a desertifikácia pôd (J. Makovníková., R. Dodok)	30
5.4.	Difúzna kontaminácia pôd (J. Vojtáš)	52
5.5.	Lokálna kontaminácia pôd (J. Kobza., B. Pálka)	84
5.6.	Obsah makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach (J. Kobza)	89
5.7.	Hodnotenie vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia humusu (G. Barančíková)	100
5.8.	Hodnotenie vývoja kompaktie pôd (M. Širáň)	114
5.9.	Hodnotenie vývoja erózie pôd (J. Styk)	129
6.	PLOŠNÝ PRIESKUM KONTAMINÁCIE POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD (J. Schlosserová, K. Nováková, UKSUP Bratislava)	148
7.	MONITORING LESNÝCH PÔD (P. Pavlenda, NLC-LVU Zvolen)	155
8.	REALIZÁCIA VÝSLEDKOV RIEŠENIA (J. Kobza)	157
9.	EKONOMICKÉ A SPOLOČENSKÉ PRÍNOSY RIEŠENIA (J. Kobza)	157
10.	VECNÝ A ČASOVÝ HARMONOGRAM RIEŠENIA A ODOVZDÁVANIA VÝSLEDKOV (J. Kobza)	158
11.	PREDPOKLADY VYRIEŠENIA ÚLOHY V ZOSTÁVAJÚCOM ČASE RIEŠENIA (J. Kobza)	162
12.	ČERPANIE FINANČNÝCH ZDROJOV A POROVNANIE S PLÁNOM (J. Kobza)	163
13.	ZÁVER (J. Kobza)	163
14.	POUŽITÁ LITERATÚRA	165

## 1. STRUČNÝ ÚVOD A ZDÔVODNENIE POTREBY RIEŠENIA PROBLEMATÍK VZHLADOM K SÚČASNÉMU STAVU PROBLEMATIKY V SR A VO SVETE

Úloha je zameraná na riešenie teoretických a odborných problémov súvisiacich s tvorbou nových poznatkov o vývoji pôdneho krytu SR a jeho udržateľnom využití, ktoré sú podmienkou efektívneho využívania prírodných zdrojov pri eko-sociálnom rozvoji regiónov SR.

Úloha bola v roku 2006 riešená na základe realizácie celoštátneho monitoringu pôd SR podľa konkrétnych ohrození (kontaminácia pôd, acidifikácia, alkalizácia a salinizácia pôd, kompakcia pôd a erózia pôd, pôdna organická hmota a obsah prístupných živín) v súlade s Európskou Tematickou stratégiou pre ochranu pôdy. Uvedené ohrozenia boli v roku 2006 riešené na časti monitorovacej siete SR, a to podľa analyzovaných skupín pôd v danom roku. Jednalo sa o nasledovné predstavitel: pseudogleje a luvizeme pseudoglejové (orné pôdy), pseudogleje (trvalé trávne porasty), hnedozeme a hnedozeme pseudoglejové (orné pôdy), černozeme a černozeme hnedozemné (orné pôdy), fluvizeme modálne a fluvizeme glejové na karbonátových fluviálnych sedimentoch (orné pôdy) a fluvizeme modálne a glejové na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch (orné pôdy). Išlo celkovo o 6 pôdnych skupín (154 lokalít a 320 pôdnych vzoriek). Okrem toho bol doterajší vývoj vlastností pôd hodnotený aj na príklade vybraných kľúčových lokalít (tých, ktoré reprezentujú uvedené pôdne predstavitel – 10 lokalít a 50 pôdnych vzoriek na chemický rozbor a 80 pôdnych vzoriek na fyzikálny rozbor). Uvedený rozsah pôdnych vzoriek bol v roku 2006 analyzovaný na základné pôdne parametre, ktoré charakterizujú uvedené ohrozenia pôdy, a ktoré sú hodnotené v tejto správe.

V rámci kontaminácie pôd sú hodnotené základné a najrizikovejšie prvky (Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, As). Pri lokálnej kontaminácii sme sa zamerali na najaktuálnejší stav fluóru v regióne Žiar nad Hronom a jeho vývoj v najzaťaženejšej oblasti. Súčasťou riešenia úlohy je aj sledovanie acidifikačných tendencií vyplývajúcich zo zmien hodnôt pôdnej reakcie s dôrazom na ekologické riziká toxicky pôsobiacich iónov, ktorých bioprístupnosť je vnútorne regulovaná v prevažnej miere hodnotou pôdnej reakcie (Borůvka a kol., 1997, Mestek a Volka, 1993, Makovníková 2000).

Dôležitou časťou riešenia je aj hodnotenie procesu alkalizácie a salinizácie pôd, ktoré bolo realizované na 8 lokalitách (z toho 6 lokalít je situovaných na Podunajskej rovine, 1 lokalita na strednom a 1 lokalita na Východoslovenskej nížine), kde stabilizovaný režim hladín mineralizovaných podzemných vôd, výparný vodný režim a nastupujúce klimatické zmeny smerom k otepľovaniu vytvárajú reálne podmienky pre postupný vznik, rozvoj a rozšírenie solných pôd.

Jedným z najdôležitejších pôdnych parametrov, ktorý je predmetom sledovania stavu a vývoja pôd je aj obsah organického uhlíka (C<sub>org</sub>) v orníčnom a podorníčnom horizonte, ktorý v podstatnej miere ovplyvňuje chemické, biologické a fyzikálne vlastnosti pôdy a je jedným z najdôležitejších parametrov kvality pôdy (Brejda a kol., 2000., Fageria, 2002). Pôdna organická hmota (POH) je najväčšou zásobárňou živín, nakoľko obsahuje viac ako 95 % dusíka a síry a 20-75 % fosforu z celkového množstva týchto biogénnych prvkov v pôdnom prostredí (Duxbury a kol., 1989, Baldock a Nelson, 1999). Rezervoár pôdneho uhlíka patrí medzi prioritné funkcie pôdy, ktoré definuje rámcová smernica EÚ na ochranu pôdy (European Commission, 2006). V správe sú uvedené aj zmeny v základných kvalitatívnych parametroch POH, ako aj detailné zmeny v chemickom zložení humínových kyselín (HK), ktoré sa monitorujú každé tri roky.

Dôležitým parametrom pôdnej úrodnosti je aj obsah prístupných živín, najmä fosforu a draslíka, predovšetkým v súvislosti s výrazným poklesom úrovne hnojenia po roku 1990. V správe sú hodnotené aj základné mikrobiogénne prvky, a to meď, zinok a mangán.

Okrem chemickej degradácie pôd je potrebné si všímať aj fyzikálnu degradáciu pôd (najmä proces zhutňovania a erózie pôd). Optimálny fyzikálny stav pôdy je neraz dôležitou podmienkou pre dosahovanie ekonomicky rentabilných úrod poľnohospodárskych plodín. V súčasnej dobe sa problémom zhutňovania pôdy dostáva nielen na Slovensku (Eckelmann a kol., 2006) viac pozornosti v dôsledku rastúcej intenzifikácie poľnohospodárskej výroby. Dôsledky zhutňovania pôdy môžu byť značné. Nemusí dôjsť len k obmedzeniu priestoru, odkiaľ rastlina čerpá živiny, ale navyše neraz i k následnej viac, či menej rozsiahlej erózie pôdy. V dôsledku erózie dochádza často k ireverzibilným, alebo pomaly reverzibilným zmenám ako fyzikálnych, tak aj chemických a biologických vlastností pôd. Získané informácie o stave erodovanosti pôdy môžu slúžiť ako odrazový mostík pri uplatňovaní vhodných protieróznych opatrení za účelom zlepšenia ochrany pôdy. A práve efektívna ochrana pôdy pred jej možnou degradáciou predstavuje v súčasnosti vysoko aktuálny problém ako na národnej úrovni, tak aj v rámci EÚ. Jednou z priorít európskej pôdnej politiky je riešenie environmentálneho hodnotenia pôdy členských štátov EÚ práve na základe existujúcich národných pôdnych monitorovacích sietí s cieľom zachovať ju v udržateľnom stave aj pre budúce generácie, kde sa náš ústav – Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy v Bratislave, aktívne zúčastňuje aj v medzinárodnom meradle. Riešenie danej problematiky (obsiahnutej i v tejto správe) dosahuje tak medzinárodné dimenzie, a je teda nanajvýš aktuálne.

## **2. PLNENIE CIEĽOV RIEŠENIA ÚLOHY VÝSKUMU A VÝVOJA**

Hlavné ciele pre rok 2006 zahrňovali:

- 2.1. Hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja vlastností pôdy (pre rok 2006 sa jedná o nasledovné pôdy: pseudogleje a luvizeme, hnedozeme, černozeme a fluvizeme na karbonátových a nekarbonátových fluvialných sedimentoch)
- 2.2. Hodnotenie stavu a vývoja pôd podľa konkrétnych ohrození s ohľadom na spôsob ich využívania
- 2.3. Tvorba výstupov:
  - Podklad pre legislatívny predpis k tvorbe zákona o lokálnej kontaminácii pôd
  - Metodický postup modelovania potenciálnej zraniteľnosti pôd vzhľadom k acidifikácii
  - Vypracovanie metodiky pre určovanie minimálneho limitného obsahu organického uhlíka pre pôdne typy a druhy a mapového výstupu stavu pôdnej organickej hmoty na poľnohospodárskych pôdach Slovenska
  - Vypracovanie review na tému: „Možnosti využitia nukleárnej magnetickej rezonancie ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$ ,  $^{15}\text{N}$  NMR) na prehĺbenie poznatkov o organických formách základných biogénnych prvkov“
  - Metodika plošného vyhodnocovania potenciálnej kompaktie pôd SR

- Mapový výstup ohrozenosti poľnohospodárskych pôd vodnou eróziou pri využití empirického modelu všeobecnej rovnice straty pôdnej hmotnosti (USLE) modifikovanej pre konkrétne pôdno-klimatické podmienky Slovenska v prostredí GIS

2.4. Priebežná aktualizácia databázy

2.5. Aktualizácia www stránky monitoringu pôd SR

2.6. Priebežná príprava podkladov do európskej informačnej databázy v rámci tvorby spoločnej informačnej európskej databázy monitoringu životného prostredia

V rámci plánovaných výstupov došlo k zmene pri prvom uvedenom výstupe, pretože pôvodne plánovaný zákon nebude realizovaný v dôsledku toho, že v budúcom roku 2007 sa pripravuje podobný zákon o environmentálnej zodpovednosti pri prevencii a odstraňovaní environmentálnych škôd a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Preto bol vytvorený nový (náhradný) výstup na tému: „Kritéria pre identifikáciu rizikových oblastí kontaminácie pôd a metodika ich plošného a profilového vyhodnocovania“.

Na základe uvedených cieľov možno konštatovať, že všetky boli za rok 2006 splnené. Uvedené ciele sú navyše v súlade s cieľom vecného smerovania výskumu a vývoja „Podpora trvalo udržateľného rozvoja“ a jeho treťou prioritou zameranou na monitorovanie a analýzy produkčného potenciálu slovenskej krajiny z hľadiska očakávaných zmien a reálnych možností jej ekonomického využívania, sociálnych a environmentálnych funkcií ako aj na nástroje pre vytváranie vhodnej štruktúry poľnohospodárskej krajiny z hľadiska trvalo udržateľného rozvoja.

### **3. VECNÁ ŠTRUKTÚRA ÚLOHY VÝSKUMU A VÝVOJA**

Vecná štruktúra úlohy zahŕňa 9 hlavných odborných okruhov (v zmysle navrhovaných ohrození podľa Európskej stratégie ochrany pôdy):

- 3.1. Budovanie systému monitoringu pôd SR podľa európskej smernice monitoringu pôd a návrh legislatívnych dokumentov na ochranu pôdy (J. Kobza)
- 3.2. Vývoj a metódy jeho hodnotenia (J.Kobza, J. Makovníková)
- 3.3. Acidifikácia, alkalizácia a desertifikácia pôd (J. Makovníková, R. Dodok)
- 3.4. Difúzna kontaminácia pôd (J. Vojtáš)
- 3.5. Lokálna kontaminácia pôd (J. Kobza, B.Pálka)
- 3.6. Obsah makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach (J. Kobza)
- 3.7. Hodnotenie vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia humusu (G. Barančíková)
- 3.8. Hodnotenie vývoja kompaktie pôd (M. Širáň)
- 3.9. Hodnotenie vývoja erózie pôd (J. Styk)



## **4. CHARAKTERISTIKA A ZAMERANIE RIEŠENIA PODĽA VECNEJ ŠTRUKTÚRY ÚLOHY**

### **4.1. Budovanie systému monitoringu pôd SR podľa európskej smernice monitoringu pôd a návrh legislatívnych dokumentov na ochranu pôdy**

Tvorba a hodnotenie nových poznatkov o vývoji vlastností pôdneho krytu SR vychádza z legislatívy SR, ako aj z legislatívy EÚ v súvislosti s efektívnym využívaním a ochranou prírodných zdrojov, kde má práve pôda kľúčové postavenie. Na druhej strane však pôjde aj o trend opačný, t.j. tvorba novej legislatívy na podporu ochrany pôdy na základe zisteného aktuálneho stavu a vývoja našich pôd. Ide o veľmi dôležitý proces ako pružne a flexibilne reagovať na všetky podnety a zmeny zohľadňujúc už uvedené konkrétne ohrozenia pôdy.

Zároveň pôjde o zavedenie doporučených jednotných metodických postupov, najmä používanie ISO noriem pre jednotlivé indikátory a parametre. Tento proces je postupný už aj v nadväznosti na predchádzajúce cykly monitorovania pôd na Slovensku. Tiež ide o proces implementácie dosiahnutých výsledkov do európskej monitorovacej siete, čo sa v súčasnosti už aj realizuje.

### **4.2. Vývoj pôd a metódy jeho hodnotenia**

Zistené a namerané údaje budú podkladom pre ich matematicko-štatistické spracovanie, tvorbu tabelárnych a grafických výstupov aktuálneho stavu a vývoja poľnohospodárskych pôd. Získané informácie budú využiteľné pre tvorbu a uplatňovanie nástrojov príslušnej legislatívy s dôrazom na efektívnejšie využívanie a ochranu pôdy v poľnohospodárskej krajine.

### **4.3. Acidifikácia, alkalizácia a desertifikácia pôd**

Základnou charakteristikou riešenia tejto úlohy je sledovanie stavu a vývoja priamych a nepriamych indikátorov acidifikačných zmien, ako aj sledovanie stavu a vývoja výmenného hliníka a mangánu s dopadom pre decíziu, ako aj užívateľskú sféru.

Proces alkalizácie, resp. slancovania pôd je podmienený prítomnosťou alkalických sodných solí, hlavne uhličitanu, hydrogénuhličitanu a kremičitanu sodného ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ). Indikátorom alkalizácie resp. slancovania pôd je obsah výmenného sodíka (ESP) vyšší ako 5 %, ako aj alkalická pôdna reakcia pH 8 a vyššia. Výsledkom procesu alkalizácie sú slance a ich nižšie vývojové štádiá, slabo a stredne slancované pôdy. Riešenie úlohy spočíva v podchytení tohto procesu ako v primárnom, tak aj v sekundárnom vývoji. S predchádzajúcim procesom alkalizácie a salinizácie úzko súvisí aj proces desertifikácie, ktorým sme povinní sa zaoberať v súlade so štatútom Dohovoru o boji proti desertifikácii. Ide o problém vysušovania (napr. príp. zmena vlhkostného režimu, hladiny a mineralizácie podzemnej vody), ktorý je zatiaľ v polohe metodického riešenia.

#### **4.4. Difúzna kontaminácia pôd**

Charakteristikou riešenia je stanovenie a vyhodnotenie kontaminantov v pôdach SR s dôrazom na ich profilovú distribúciu a možný pôvod znečistenia. Rozsah sledovaných a hodnotených kontaminantov je v súlade so Zákonom č. 220/2004 Z.z., i keď metodicky sú koncentrácie rizikových prvkov zisťované v nadväznosti na predchádzajúce monitorovacie cykly.

#### **4.5. Lokálna kontaminácia pôd**

V zmysle postupného budovania registra kontaminovaných lokalít (regiónov) v krajinách EÚ (na základe doporučenia EEA) pôjde o postupnú identifikáciu a rozsah kontaminovaných lokalít a regiónov v SR. Uvedená problematika je v počiatočnej fáze riešenia pri identifikácii takýchto lokalít (každoročne bude spracovaný jeden rizikový región) a tvorbe registra kontaminovaných lokalít. V roku 2006 bol uskutočnený hygienický prieskum regiónu Žiar nad Hronom v súvislosti s kontamináciou pôd fluórom.

#### **4.6. Obsah makro- a mikroelementov**

Náplňou je sledovanie a hodnotenie obsahu základných makroelementov (P, K), ako aj mikroelementov (Cu, Mn, Zn) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska vo vzťahu k pôdnym typom, pôdotvorným substrátom a ich využívaniu v zmenených spoločensko-ekonomických podmienkach.

#### **4.7. Hodnotenie vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdnej organickej hmoty**

Pôdna organická hmota (POH) plní mimoriadne dôležitú úlohu vo všetkých pôdnych procesoch. V rámci riešenej úlohy sú tu okrem sledovania a vyhodnocovania obsahu organického uhlíka zahrnuté aj ďalšie indikátory POH, ktoré podávajú komplexný pohľad na stav POH na Slovensku. Jedná sa najmä o frakčné zloženie humusu (stanovenie HK/FK, farebný kvocient  $Q_6^4$ ), ako aj chemická štruktúra HK na vybraných lokalitách. V tomto prípade sa úspešne využíva  $^{13}\text{C}$  NMR analýza HK a v súčasnosti testujeme i možnosť priameho štúdia jednotlivých foriem fosforu  $^{31}\text{P}$  NMR v pôdnej organickej hmote. Okrem týchto indikátorov POH úspešne odskúšavame metódu stanovenia labilnej frakcie POH, ktorá sa v súčasnosti využíva ako citlivý indikátor zmien POH a umožňuje komplexné hodnotenie rozdielov medzi POH prirodzeného ekosystému a poľnohospodársky využívannej pôdy. Z tohto pohľadu možno zodpovedne prehlásiť, že v súčasnosti máme jeden z najlepších prepracovaných systémov hodnotenia pôdnej organickej hmoty v krajinách EÚ.

#### 4.8. Hodnotenie vývoja kompaktie pôd

Zhutnenie pôd je vážny degradačný jav, ktorým sú narušené tak produkčné, ako aj ekologické funkcie pôd. Môže ísť o zhutnenie primárne, spôsobené nepriaznivými fyzikálnymi vlastnosťami, alebo sekundárne, technogénne, príp. ich kombinácia. Riešenie zahŕňa monitorovanie stavu a vývoja zhutnenia pôd v závislosti na ich type, príp. druhu a navrhnutie spôsobu regulačných opatrení. Riešenie bude taktiež zahŕňať tvorbu nových, podrobnejších a hlavne reálnych modelov analyzujúcich vplyv rôznych faktorov, čím sa rozšíri poznatková báza, potrebná k poznaniu príčin zhutnenia pôdy a následne zmiernenia jeho dôsledkov.

#### 4.9. Hodnotenie vývoja erózie pôd

Erózia pôdy patrí k významným fyzikálnym pedodegradačným procesom, ktoré sa veľkou mierou podieľajú na znižovaní produkčnej schopnosti poľnohospodárskych pôd (predovšetkým sa jedná o orné pôdy).

Náplňou riešenia sú viaceré prístupy (metódy):

- porovnávanie rozdielov v hrúbke diagnostických horizontov
- stanovenie koncentrácie (aktivity) rádioaktívneho izotopu cézia ( $^{137}\text{Cs}$ ), ktorý využívame ako značkovací prvok (profilová distribúcia cézia) v profiloch sond lokalizovaných po spádnici svahu
- využitie empirického modelu všeobecnej rovnice straty pôdnej hmoty (USLE) modifikovanej pre podmienky Slovenska v prostredí GIS na vyjadrenie ohrozenosti poľnohospodárskych pôd vodnou eróziou

## 5. SÚČASNÝ STAV RIEŠENIA A POROVNANIE S METODIKOU RIEŠENIA

### 5.1. Budovanie systému monitoringu pôd SR podľa európskej smernice monitoringu pôd a návrh legislatívnych dokumentov na ochranu pôdy

#### 5.1.1. Aktivity v európskom meradle

##### A. Tématická stratégia pôdy vo vzťahu k monitoringu a ochrane pôd

Jednou z najdôležitejších aktivít, dotýkajúcich sa monitoringu pôd v európskom meradle bolo schválenie Tématickej stratégie ochrany pôdy Európskym parlamentom v septembri 2006. Ide o významný a možno konštatovať, že i o prvý európsky dokument dotýkajúci sa pôdy, na príprave ktorého sa podieľal i Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy v Bratislave. Už v decembri 2006 nadobudne tento dokument účinnosť v členských krajinách EÚ. Od členských krajín EÚ sa tak očakáva, že prijmu špecifické opatrenia vo vzťahu ku konkrétnym ohrozeniam, ako je erózia pôd, kompakcia pôd, úbytok pôdnej organickej hmoty, kontaminácia pôd a salinizácia pôd, ktoré sú predmetom aj nášho systému monitorovania pôd.

Na základe prijatého Dokumentu bude prijatá v dohľadnej dobe Smernica k ochrane pôdy, na základe ktorej každá členská krajina EÚ bude povinná najneskôr do 8 rokov po jej prijatí vyčleniť zaťažené územia. Tieto budú musieť byť presne definované vo vzťahu ku konkrétnym už predom uvedeným ohrozeniam. V súčasnosti sa u nás už s určitým predstihom spracovávajú metodické riešenia pre identifikáciu týchto ohrozených území (regiónov) podľa druhu ohrozenia (threats to soil).

Na základe Direktívy Európskeho parlamentu zo dňa 22.9.2006 boli navrhnuté nasledovné spoločné prvky pre identifikáciu rizikových oblastí nasledovne:

##### Spoločné prvky pre identifikáciu rizikových oblastí erózie pôd

- Pôdna typologická jednotka (pôdny typ)
- Textúra pôdy
- Hustota pôdy, hydraulické vlastnosti
- Topografia vrátane svahovitosti a dĺžka svahu
- Rastlinná pokrývka
- Využitie krajiny
- Klíma (vrátane distribúcie zrážok a charakteristík vetra)
- Hydrologické podmienky
- Agro-ekologická zóna

### Spoločné prvky pre identifikáciu rizikových oblastí úbytku pôdnej organickej hmoty

- Pôdna typologická jednotka
- Textúra pôdy / obsah ílu
- Pôdny organický uhlík (celkový obsah a koncentrácia humusu)
- Pôdny organický uhlík (zásoba)
- Klíma (vrátane distribúcie zrážok a charakteristík vetra)
- Topografia
- Rastlinná pokrývka
- Využitie krajiny

### Spoločné prvky pre identifikáciu rizikových oblastí kompaktie pôd

- Pôdna typologická jednotka
- Textúra vrchnej a spodnej časti pôdy
- Objemová hmotnosť vrchnej a spodnej časti pôdy
- Pôdna organická hmota
- Klíma
- Rastlinná pokrývka
- Využitie krajiny
- Topografia

### Spoločné prvky pre identifikáciu rizikových oblastí salinizácie pôd

- Pôdna typologická jednotka
- Textúra pôdy
- Hydraulické vlastnosti pôdy
- Zavlažované oblasti (chemické vlastnosti závlahovej vody a typ zavlažovania)
- Informácie o pôdnej vode
- Klíma

### Kontaminácia pôd a jej identifikácia

- Inventarizácia kontaminovaných lokalít
- Postup identifikácie (v zmysle Direktívy 2006/0086 (COD))
- Správa stavu pôd
- Remediácia

Proces remediácie má zahrňovať aj národnú remediačnú stratégiu vrátane remediačných zámerov a priorít s ohľadom na ľudské zdravie. Tam, kde sú znečisťujúce látky aplikované do pôdy, vývoj rizík ohrozenia na ľudské zdravie alebo na životné prostredie má byť permanentne monitorované.

V súčasnosti sa postupne spracúvajú metodické riešenia identifikácie zaťažených oblastí podľa už uvedených konkrétnych ohrození. Ďalšie ohrozenia, ako napr. zosuvy, biodiverzita sú predmetom ostatných čiastkových monitorovacích systémov (ČMS) životného prostredia.

#### *B. Environmentálne hodnotenie pôd EÚ na základe monitoringu ako podklad pre tvorbu a zdokonaľovanie legislatívy ochrany pôdy*

V súčasnosti prebiehajú práce v medzinárodnom meradle na environmentálnom hodnotení pôd na základe monitoringu. Spracúvajú sa dôležité informácie z monitoringu pôd členských krajín EÚ podľa už spomínaných ohrození pôd. Predmetom je integrácia existujúcich metadát nasledovne:

- výber metadát
- harmonizácia metadát
- spracovanie metadát

Cieľom je hodnotenie aktuálneho stavu pôd v EÚ podľa jednotlivých ohrození (tvorba mapových výstupov, matematicko-štatistických výstupov meraných indikátorov a parametrov a zhodnotenie min. detekčných zmien). Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy v Bratislave sa v roku 2006 aktívne podieľal a podieľa na tvorbe metadát a pripravovaných výstupov krajín EÚ. Tieto budú slúžiť jednak k lepšiemu poznaniu pôd EÚ z hľadiska environmentálneho hodnotenia a jednak k tvorbe a zdokonaľovanie národných legislatív v rámci lepšej ochrany pôdy.

#### *C. Aktivity v rámci EEA (Európska Environmentálna Agentúra so sídlom v Kodani)*

V roku 2006 bol prejednávaný a pripomienkovaný Ročný pracovný program (EEA 2006) s výhľadom na roky 2007 – 2008. Dôraz bol kladený na výkon monitorovacieho systému a tvorbe informačného systému monitoringu životného prostredia. Medzi priority patria pôda, ovzdušie, voda, biodiverzita a klimatická zmena. Systém bude vyvíjaný v spolupráci s JRC Ispra (Taliansko).

V roku 2006 bol informačný systém EEA /Eionet zameraný na zlepšenie toku dát uvedených 5-tich tématických oblastí. V našom prípade ide o poskytovanie metadát monitoringu pôd SR podľa požiadaviek Slovenskej agentúry životného prostredia (SAŽP) v Banskej Bystrici, ktorá je gestorom a koordinátorom pre informačný systém monitoringu životného prostredia.

#### *D. Ďalšie medzinárodné aktivity v rámci budovania monitoringu pôd*

13. Konferencia šéfov vlád Pracovného spoločenstva Podunajských krajín schválila 11. októbra 2002 v Bukurešti „Bodenschutzdeklaration“ der ARGE Donauländer, ktorú vypracovala Pracovná skupina Ochrana pôd na svojich zasadaniach ešte v období rokov 1999 – 2001. V preambule Deklarácie o ochrane pôdy sa Konferencia šéfov vlád Pracovnej skupiny Podunajských krajín zaväzuje k ochrane pôdy v povodí Dunaja (Podunajské štáty) a v zmysle celkovej politiky i k ochrane a trvalému rozvoju podunajskej oblasti.

V článku 2 Deklarácie Koordinácia a spolupráca sa okrem iného uvádza: členovia chcú dosiahnuť spoluprácu zvlášť pri zhotovovaní súpisov pôdy, pri trvalom monitorovaní pôdy, v preukazovaní a kontrole oblasti ochrany a zaťaženia pôdy, ako i zón nebezpečenstva (ohrozenia), pri príprave a zosúladení údajových podkladov, pri koordinovaní výskumu ochrany pôdy vzťahujúce sa na Podunajské krajiny, ako i pri vzájomnom podávaní správ.

V roku 2006 bol vypracovaný a predložený medzinárodný dokument „Využitie dokumentu EÚ o monitoringu pôd pre Pracovné spoločenstvo Podunajských krajín“ ústredie Arbeitsgemeinschaft Donauländer (pracovné spoločenstvo podunajských krajín) v St. Pölten (Rakúsko). Predložený materiál bol vypracovaný na základe schváleného návrhu na predchádzajúcich zasadnutiach expertov Pracovnej skupiny Ochrane pôdy v rokoch 2004 vo Viedni a v roku 2005 v Brne k vypracovaniu a predloženiu materiálu o využití Dokumentu EÚ o monitoringu pôd aj pre Pracovné spoločenstvo Podunajských krajín. Na základe vypracovaného Dokumentu je možné získať v budúcnosti kompatibilné a relevantné údaje, ktoré bude možné využiť pri spoločnej interpretácii skutkového stavu a vývoja pôd, ako aj pri návrhoch ďalších opatrení na zvýšenie účinnosti pri ochrane pôdy pracovného spoločenstva Podunajských krajín, čo je kľúčovou problematikou Pracovnej skupiny Ochrana pôdy.

#### **5.1.2. Aktivity v rámci SR pri tvorbe a zdokonaľovaní environmentálnej legislatívy**

Poľnohospodárstvo je plošne najrozsiahlejšou ľudskou aktivitou, kde sa uplatňujú dva najdôležitejšie záujmy človeka: výroba potravín a ochrana a tvorba životného prostredia. Obidve sú podmienkou ovplyvňujúce život človeka. Preto je potrebné dosiahnuť udržateľný vývoj ekonomiky v súlade so zachovaním sociálnych dimenzií poľnohospodárstva. Udržateľné využívanie pôdy musí teda rešpektovať komplexný záujem o ochranu a trvalú udržateľnosť všetkých funkcií pôdy.

V súlade so zákonom č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy predmetom celoplošného záujmu je ochrana vlastností a funkcií poľnohospodárskej pôdy v takom rozsahu, aby sa zachovala jej biologická rozmanitosť. Monitorovanie priebehu zmien vlastností poľnohospodárskej pôdy, rozhodujúcich z hľadiska jej ekologických funkcií má významné postavenie. Získané poznatky využíva Pôdna služba (zriadená pri VÚPOP Bratislava na základe už uvedeného zákona č. 220/2004 Z.z.) pre návrh preventívnych a regulačných opatrení. V snahe zlepšiť výkon tohto zákona pre jeho aplikáciu v poľnohospodárskej praxi, bol preto v roku 2006 vydaný pri VÚPOP Bratislava Návrh regulačných pôdoochranných opatrení z výsledkov monitoringu pôd SR. Tieto sa dotýkajú konkrétnych ohrození ako je acidifikácia pôd, erózia pôd, kompakcia pôd, obsah pôdnej organickej hmoty a kontaminácia pôd. Zistené poznatky sú podkladom pre výkon Pôdnej služby a dôsledný výkon legislatívy v oblasti ochrany a využívania pôdy, najmä už pre spomínaný výkon niektorých ustanovení Zákona č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní

poľnohospodárskych pôd (pri praktickej aplikácii ustanovení § 3 až 8), ako aj o zmene Zákona č. 245/2003 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov týkajúce sa riešenia hrozby poškodenia poľnohospodárskej pôdy a skutočného poškodenia vlastností a funkcií poľnohospodárskej pôdy.

Publikovaný materiál bude ďalej slúžiť ako podklad k niektorým pripravovaným zákonom, ako napr. Zákon o environmentálnej zodpovednosti pri prevencii a odstraňovaní environmentálnych škôd, ktorý by mal nadobudnúť účinnosť od 1.4.2007, ako aj o zmene a doplnení niektorých ďalších zákonov. Uvedený zákon bol z našej strany pripomienkovaný. V pripravovanom zákone sa zohľadňuje poľnohospodárska, lesná aj ostatná pôda.

Pripravovaný zákon upravuje:

- zodpovednosť za environmentálnu škodu
- práva a povinnosti prevádzkovateľov pri prijímaní a vykonávaní opatrení na predchádzanie vzniku environmentálnych škôd a na zmiernenie a napravenie ich následkov vrátane znášania s tým spojených nákladov
- úlohy orgánov štátnej správy pri prevencii, zmiernovaní a náprave environmentálnych škôd
- zodpovednosť za porušenie povinností podľa tohto zákona

Okrem uvedených aktivít boli spracované podklady do správy o stave životného prostredia za rok 2006 pre MŽP SR a MP SR. Bolo tiež vypracované stanovisko k indikátorovej a sektorovej správe „Poľnohospodárstvo a jeho vplyv na životné prostredie“.

Na základe uvedených aktivít v našom i medzinárodnom meradle možno konštatovať, že okrem riešenia teoretických a odborných problémov súvisiacich s tvorbou nových poznatkov o súčasnom stave a vývoji pôdneho krytu SR je súčasťou a značným prínosom riešenia úlohy aj prínos pri tvorbe a zdokonaľovaní legislatívy, čo je podmienkou efektívneho využívania prírodných zdrojov, ku ktorým pôda nesporne patrí.



## 5.2. Vývoj pôd a metódy jeho hodnotenia

Sledovanie a poznanie vývoja pôd má čoraz väčšie opodstatnenie, a to najmä v súvislosti s ochranou pôdy v krajinách EÚ. Výkon tohto procesu spočíva práve v realizácii takého monitorovacieho systému, ktorého pozorovacie stanovišťa poskytujú objektívny obraz o charaktere a vývoji vlastností pôd. Monitorovací systém pôd Slovenska tým, že je založený na **ekologickom princípe** (zahŕňa všetky hlavné pôdne predstavitel, geologické substráty, klimatické regióny, znečistené aj nekontaminované oblasti, oblasti ochrany vodných zdrojov, špeciálne kultúry – vinice, chmeľnice) môže poskytovať objektívne informácie podľa uvedených faktorov, ale aj podľa konkrétnych meraných parametrov, ktoré sa sledujú vo vzťahu ku konkrétnym ohrozeniam (threats to soil) tak, ako ho navrhuje EK pre výkon monitoringu pôd v členských krajinách EÚ.

V roku 2006 bola schválená a prijatá už spomínaná Koncepcia Tematickej stratégie pre ochranu pôdy Európskym parlamentom, na vypracovaní ktorej sa podieľal aj Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy v Bratislave. V dohľadnej dobe má byť na základe tohto dokumentu prijatá Smernica pre ochranu pôdy v krajinách EÚ. Bude to záväzný dokument pre všetky členské krajiny EÚ pre správny výkon ochrany pôdy. Po schválení a prijatí tohto dokumentu bude vyplývať pre každú členskú krajinu EÚ vyčlenenie rizikových oblastí, a to do 8 rokov od termínu jeho schválenia. Preto už v súčasnosti kolektív autorov tejto výskumnej úlohy pracuje na vypracovaní metodických postupov vyčlenenia rizikových oblastí, v rámci samostatných výstupov. Tieto metodické výstupy budú zahŕňať konkrétny postup zhodnocovania rizikových oblastí v rámci Slovenska vo vzťahu ku konkrétnym ohrozeniam pôdy ako ich navrhuje EK a ako sú aj sledované v monitorovacej sieti pôd Slovenska. Jedná sa o kontamináciu pôd, acidifikáciu, alkalizáciu a salinizáciu pôd, úbytok pôdnej organickej hmoty, ale aj prístupných živín, kompakcia a erózia pôdy. Výsledky dosiahnuté vo vybraných pôdach Slovenska (za rok 2006) sú hodnotené v tejto správe práve podľa týchto ohrození.

Čo sa týka metód hodnotenia získaných výsledkov, tieto sú značne rôznorodé, a to i samostatnom spoločenstve krajín EÚ. Príčina spočíva vo veľkej rôznorodosti rozsahu, ako aj spôsobu získavania údajov. Podľa Tematickej stratégie ochrany pôdy (Van-Camp et al., 2004) variabilné a heterogénne informácie vyplývajú práve z rozdielnych informácií, ktoré sú zahrnuté v troch hlavných triedach:

- mapovanie pôd a tvorba mapových výstupov
- inventarizácia pôd (vrátane pedologických prieskumov)
- pôdne monitorovacie systémy

Medzi uvedenými triedami sú však značné rozdiely v chápaní princípu a vyhodnocovania získaných údajov. Tak napr. podľa Hubera, et al. (2001) rozdielny prístup v chápaní prieskumu pôd a monitoringu pôd je uvedený v nasledovnej tabuľke 1.

**Tab. 1** Hlavné rozdiely medzi monitoringom pôd a pôdnym prieskumom

Základná charakteristika	Monitoring pôd	Prieskum pôd
Výber lokalít	Založený na reprezentatívnom výbere lokalít, ktoré charakterizujú využitie krajiny, zastúpenie pôd, rozdielne znečistenie a pod.	Založený na pravidelnej sieti
Početnosť lokalít	Nízka	Vysoká
Spôsob sledovania	Intenzívne sledovanie zahrňujúce environmentálne indikátory a parametre	Značne obmedzený počet sledovaných parametrov
Interval	Často ročné sledovanie, v niektorých prípadoch i v kratších intervaloch	Vo všeobecnosti nie je požadovaný, obyčajne jedno sledovanie za viac rokov

V krajinách EÚ je zaužívaný časový interval meraných parametrov prevažne v rozpätí 1-10 rokov (v našom prípade 5 rokov pri základnej sieti a v 1-ročnom vyhodnocovaní pri vybraných parametroch v sieti kľúčových lokalít). Závisí od charakteru správania sa určitej vlastnosti v pedosystéme. V súvislosti s hodnotením vývoja a možnými predpokladanými zmenami možno tieto rozdeliť nasledovne:

### 1. Nesystematické (náhodné) zmeny

Tieto zmeny sa vyskytujú len v náhodnej priestorovej a časovej distribúcii. Sem možno zaradiť:

- početné krátkodobé zmeny (napr. denný priebeh vlhkosti pôdy v závislosti od zrážok, denný priebeh teploty pôdy, aktuálna mikrobiálna aktivita a pod.)
- niektoré strednodobé zmeny (napr. vlhkosť režim)
- čiastočne i niektoré dlhodobé zmeny
- prevažná časť zmien ovplyvnená činnosťou človeka (kultivácia, agrotechnika, meliorácie a pod.)

Modelovanie takýchto zmien je často značne obtiažne, často až nemožné (Arnold et al., 1990).

### 2. Systematické (pravidelne periodické, cyklické) zmeny

Tieto zmeny sú prevažne vzťahované k cyklickým zmenám pedogénnych faktorov (klíma a jej sezónnosť, úhrn zrážok v určitých klimatických zónach, sezónna fluktuácia hladiny vodných tokov a hladiny podzemných vôd, vegetačný kryt (a jeho rotácia). Frekvencia cyklických zmien môže variovať rádovo od niekoľkých hodín až po niekoľko rokov. Môže ísť o krátkodobé zmeny, ale aj o zmeny dlhodobejšieho charakteru (sezónne zmeny pôdných režimov, prirodzené zmeny pôdnej organickej hmoty a prístupných živín, sezónna a ročná fluktuácia hladiny podzemnej vody a pod.).

Spoločnou črtou týchto zmien je, že po ukončení monitorovacieho cyklu, zaznamenaná (nameraná) hodnota daného parametra je tá istá, alebo podobná ako bola iniciálna (východzia) hodnota na začiatku sledovaného obdobia (cyklu). Z tohto dôvodu dobre

známe cyklické zmeny môžu byť pomerne dobre predikované s vysokou pravdepodobnosťou preukaznosti.

Okrem členenia na nesystematické a systematické (pravidelné) zmeny, niektorí autori (Arnold et al., 1990) zaraďujú možné zmeny pôd do 5-tich nasledovných kategórií:

- ireverzibilné (nevratné) zmeny, ako napr. vodná a veterná erózia, soliflukcia, fyzikálne a chemické zvetrávanie
- mierne reverzibilné (vratné) zmeny (vývoj diagnostických horizontov s ich charakteristickou sekvenciou, rozklad organickej hmoty a pod.)
- stredne reverzibilné zmeny (deštrukcia a rozpad pôdnych agregátov, obsah výmenného  $Al^{3+}$ , vylúhovanie)
- prevažne reverzibilné zmeny (kompakcia pôd, akumulácia solí v zrnitostne ľahkých pôdach, kationová výmenná kapacita, fixácia P a K v hlinitých pôdach)
- reverzibilné (vratné) zemny (teplota pôdy, redox podmienky, zmeny v zastúpení pôdneho vzduchu)

Reverzibilita pôdnych zmien má svoj špeciálny význam pri formovaní pôdnych procesov indikovaných človekom. Rôzne ľudské aktivity výrazne ovplyvňujú vlastnosti pôd (pôdnu reakciu, obsah prístupného fosforu a draslíka, obsah pôdnej organickej hmoty, ale aj negatívne – napr. kontaminácia a erózia pôd). Tieto aktivity ovplyvňujú rýchlosť pôdnych zmien, ako aj priestorovú variabilitu. My sme preto v našej monitorovacej sieti zohľadnili aj spôsob využitia pôdy (napr. orná pôda a pôda pod trvalými trávnyimi porastami), i keď sa jedná o ten istý pôdny typ. Tento aspekt výrazne ovplyvňuje hodnotenie viacerých vlastností pôd ako v priestore, tak aj v čase.

V nasledovnej časti je uvedené porovnanie niektorých základných parametrov v nadväznosti na vyššie uvedené princípy hodnotenia pôd v priestore a v čase.

**Tab. 2** Štatistické porovnanie vybraných parametrov pôd podľa ich využitia v tom istom roku odberu (2002)

Parametre	Základná monitorovacia sieť – všetky pôdne typy							
	Orná pôda (n=223)			TTP (n = 95)				
	Xmin	Xmax	X	V	Xmin	Xmax	X	V
Cox (%)	0,45	4,21	1,29	0,27	0,75	14,48	2,73	6,12
pH/KCl	3,89	7,92	6,46	0,75	3,56	7,16	5,24	1,29
Cd (mg/kg) ( $2mol.dm^{-3}$ $HNO_3$ )	0,02	7,90	0,19	0,30	0,03	1,20	0,24	0,04
Parametre	Základná monitorovacia sieť - pseudogleje							
	Orná pôda (n=37)			TTP (n=12)				
	Xmin	Xmax	X	V	Xmin	Xmax	X	V
Cox (%)	0,50	2,34	1,03	0,10	0,85	3,66	1,94	0,75
pH/KCl	4,47	7,42	5,96	0,62	4,59	7,04	5,83	0,68
Cd (mg/kg) ( $2mol.dm^{-3}$ $HNO_3$ )	0,02	0,74	0,10	0,01	0,06	0,22	0,12	0,01

TTP – trvalé trávne porasty, Xmin. – minimálna hodnota, Xmax. – maximálna hodnota, X – aritmetický priemer, V – variačný koeficient, n – početnosť súboru

V tab. 2 je uvedené základné štatistické porovnanie vybraných parametrov pôdy podľa spôsobu využitia (orná pôda a pôdy pod trvalými trávnyimi porastami), a to pri hodnotení všetkých pôdných monitorovacích lokalít s rôznym zastúpením pôdných typov a pri pseudoglejoch. najvýraznejšia variabilita sledovaných pôdných parametrov bola logicky zistená pri súhrnom hodnotení všetkých pôdných typov, a to či sa jednalo o orné pôdy alebo trvalé trávne porasty. Pokiaľ hodnotíme konkrétny pôdny typ (v tomto prípade pseudogleje), variačné rozpätie sa znižuje, pretože prichádzame do styku s oveľa užšie ohraničenými pôdnymi vlastnosťami, ktoré sú charakteristické pre pôdny typ a ktoré sú dané jeho genézou na rozdiel od hodnotenia viacerých pôdných typov. V tab. 2 sa jedná o priestorové hodnotenie (v rámci územia Slovenska), t.j. na veľkoplošnom území v danom roku (2002).

**Tab. 3** Štatistické porovnanie vybraných parametrov pôd podľa ich využitia v časovom intervale 5 rokov

Parametre	1. cyklus (všetky pôdne typy)							
	Orná pôda (n=223)			TTP (n=95)				
	Xmin	Xmax	X	V	Xmin	Xmax	X	V
Cox (%)	0,61	4,54	1,67	0,44	0,92	13,70	3,23	3,92
pH/KCl	3,76	7,67	6,45	0,72	3,36	7,61	5,28	1,33
Cd (mg/kg) (2mol.dm <sup>-3</sup> HNO <sub>3</sub> )	0,01	6,85	0,20	0,23	0,04	1,30	0,30	0,06
Parametre	2. cyklus (všetky pôdne typy)							
	Orná pôda (n=223)			TTP (n=95)				
	Xmin	Xmax	X	V	Xmin	Xmax	X	V
Cox (%)	0,45	4,21	1,29	0,27	0,75	14,48	2,73	6,12
pH/KCl	3,89	7,92	6,46	0,75	3,56	7,16	5,24	1,29
Cd (mg/kg) (2mol.dm <sup>-3</sup> HNO <sub>3</sub> )	0,02	7,90	0,19	0,30	0,03	1,20	0,24	0,04

V nasledovnej tab. 3 je uvedené štatistické porovnanie vybraných pôdných parametrov v časovom intervale 5 rokov všetkých pôdných typov, na ktorých sa nachádzajú monitorovacie lokality. Podobne sme zohľadnili využitie pôdy (orná pôda a pôdy pod trvalými trávnyimi porastami).

**Tab. 4.** Štatistické porovnanie vybraných parametrov pseudoglejov podľa ich využitia v časovom intervale 5 rokov

Parametre	1. cyklus							
	Orná pôda (n=37)			TTP (n=12)				
	Xmin	Xmax	X	V	Xmin	Xmax	X	V
Cox (%)	0,66	4,08	1,46	0,48	0,92	4,36	2,37	0,99
pH/KCl	4,83	7,39	6,16	0,50	4,25	7,12	5,54	0,83
Cd (mg/kg) (2mol.dm <sup>-3</sup> HNO <sub>3</sub> )	0,02	0,68	0,12	0,01	0,07	0,20	0,14	0,01
Parametre	2. cyklus							
	Orná pôda (n=37)			TTP (n=12)				
	Xmin	Xmax	X	V	Xmin	Xmax	X	V
Cox (%)	0,50	2,34	1,03	0,10	0,85	3,66	1,94	0,75
pH/KCl	4,47	7,42	5,96	0,62	4,59	7,04	5,83	0,68

Cd (mg/kg) (2mol.dm <sup>-3</sup> HNO <sub>3</sub> )	0,02	0,74	0,10	0,01	0,06	0,22	0,12	0,01
--	------	------	------	------	------	------	------	------

Ukazuje sa prevažne výraznejšia variabilita niektorých hodnotených parametrov (najmä Cox a pH) na pôdach pod trvalými trávnyimi porastami oproti orným pôdam. V časovom horizonte nebola zistená výraznejšia zmena vo variabilite sledovaných vlastností, a to ani na orných pôdach a v podstate ani na pôdach pod trvalými trávnyimi porastami.

Podobné hodnotenie je uvedené aj v tab. 4, avšak tu hodnotíme konkrétny pôdny typ (pseudogleje) v časovom horizonte a podľa spôsobu jeho využívania (orné pôdy a pôdy pod trvalými trávnyimi porastami). Zistené zmeny vo variabilite vybraných pôdnych vlastností sú podobné ako pri predchádzajúcom hodnotení rôznych pôdnych typov, i keď variačné rozpätie je pri hodnotení konkrétneho pôdneho typu i v časovom horizonte preda len nižšie.

**Tab. 5.** Štatistické porovnanie hodnôt pôdnej reakcie a Cox na 2 kľúčových lokalitách pseudogleja podľa ich využitia

Parameter	Orná pôda				TTP n = 5			
	Xmin.	Xmax.	X	V	Xmin.	Xmax.	X	V
pH/KCl	4,92	5,13	5,05	0,02	5,42	5,68	5,46	0,02
Cox	1,91	2,18	2,04	0,04	1,48	2,36	1,94	0,22

Najnižšia variabilita vybraných pôdnych vlastností bola zistená na ploche monitorovacej lokality (300 m<sup>2</sup>). Potvrdila sa tak správnosť nášho rozhodnutia ešte pred založením monitorovacej siete o určení veľkosti plochy monitorovacej lokality, ktorá by mala byť na úrovni prípustnej variability väčšiny sledovaných vlastností pôdy. Jedine v takýchto bodoch (plochách) je možné monitorovať vývoj dôležitých vlastností pôd v určitom časovom horizonte. Priestorová variabilita sa totiž znižuje od celoplošného hodnotenia rôznych pôdnych predstaviteľov cez celoplošné hodnotenie konkrétneho pôdneho predstaviteľa až po maloplošné hodnotenie konkrétneho pôdneho typu, ktorým je monitorovacia lokalita. Preto hodnotenie vývoja pôd prostredníctvom konkrétnych monitorovacích lokalít a podľa konkrétnych pôdnych predstaviteľov monitorovacej siete a ich spôsobu využívania má svoje opodstatnenie.

## ***Vývoj ekologických funkcií pôd z pohľadu ich zraniteľnosti***

Udržanie kvality ľudského života a zdravia je neoddeliteľné od zachovania zdravia a kvality pôdy. Pôda je živý a neustále sa vyvíjajúci systém. Kritická záťaž pôdy je definovaná ako maximálne zaťaženie jej jednotlivých zložiek, ktoré nevyvoláva zmeny vedúce k dlhodobému negatívnemu dopadu na štruktúru a funkcie agroekosystému, nevyvoláva ireverzibilné zmeny v štruktúre a funkciách pôdy. Z hľadiska trvalo udržateľného rozvoja môžeme rozdeliť funkcie pôdy na produkčné a mimoprodukčné, a to ekologické funkcie a socio-ekonomické funkcie (Barančíková, Madaras, 2002). Rozvoj socio-ekonomických funkcií pôdy je často v protiklade s ekologickými funkciami. V zmysle trvalo udržateľného využívania pôdy ide o potenciálne zosúladenie oboch skupín funkcií pôdy avšak s dôrazom na prioritu ekologických funkcií pôdy.

Pôda je schopná vyrovnáť sa so zaťažením, ale len do určitej miery jej zaťaženia. Táto schopnosť pôdy (natural attenuation) je výsledkom fyzikálnych, chemických a biologických vlastností pôdy. Miera zaťaženia pôdy spolu s prirodzenou vnútornou remediálnou schopnosťou pôdy predstavuje komplexnú informáciu v preventívnom systéme starostlivosti o zdravie pôdy. Mieru zaťaženia pôdy monitorujú indikátory zraniteľnosti pôdy z pohľadu jej ekologických funkcií vzhľadom na stanovenú skupinu prvkov, ktoré zahrňujú parametre, vzájomné korelácie týchto parametrov, ako aj pomerné vzťahy týchto parametrov, ktoré majú vzťah k distribúcii týchto prvkov v pôde, k ich potenciálnemu prieniku do potravinového reťazca a do podzemných vôd (Makovníková, Kanianska 2000). Monitorovanie vývoja indikátorov ekologických funkcií pôdy, ktoré sú súčasťou existujúcej databázy, dáva podklady pre stratégiu pôdneho manažmentu v zmysle trvalo udržateľného využívania pôdy a ochrany pôdy a jej funkcií.

V rámci ČÚ sledujeme vývoj indikátorov zraniteľnosti vybraných ekologických funkcií pôd (Barančíková, Madaras, 2002) to pufráčnej, akumuláčnej, filtračnej a transportnej vzhľadom na skupinu anorganických kontaminantov, ktoré sa vyznačujú vysokou ekotoxicitou a schopnosťou akumulácie (Makovníková, 2000).

## ***Materiál a metóda***

Ako materiál sme použili pôdne vzorky vybraných skupín pôd odobraté v rámci základnej siete ČMS-P ako aj pôdne vzorky kambizemí z oblasti Banská Bystrica a Brezno (trvalé trávne porasty). V získaných vzorkách bola stanovená pôdna reakcia, obsah a kvalita humusu, kationová výmenná kapacita (Fiala, 1999), mobilné formy Cd, Zn a Al podľa Zeiena a Brümmera (Zeien a Brümmer, 1989).

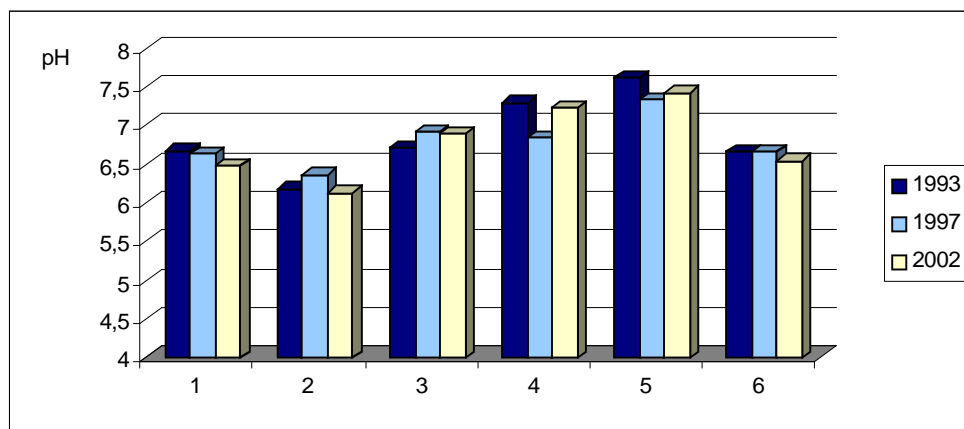
## ***Výsledky a diskusia***

## I. Vývoj vybraných indikátorov ekologických funkcií pôd v rámci hodnotených skupín základnej siete – pseudogleje, hnedozeme, černoze, fluvizeme

Minimálny súbor indikátorov vzhľadom na ekologické funkcie pôd spĺňa nasledovné podmienky: indikátory sú súčasťou existujúcej databázy ČMS- pôda a majú priamy alebo nepriamy vplyv na sledované ekologické funkcie pôd.

Na základe faktorovej analýzy aplikovanej na súbor kľúčových lokalít a na základe súčasného poznania pôdnych procesov a faktorov, ktoré ovplyvňujú ekologické funkcie pôdy vzhľadom na anorganické kontaminanty sme zvolili nasledovný minimálny akceptovateľný súbor indikátorov ekologických funkcií pôd: priame indikátory – mobilný obsah ťažkých kovov (prijateľný rastlinou, možný transfér v rámci pôdneho profilu), celkový akumulovaný obsah ťažkých kovov, hodnota pôdnej reakcie, obsah a kvalita organickej hmoty v pôde a nepriame indikátory – hrúbka humusového horizontu, celková pórovitosť a obsah ílových častíc menších ako 0,01 mm. Jednotlivé indikátory ovplyvňujú ekologické funkcie rôznou mierou. Akceptovateľný rozsah indikátora predstavuje určitý interval, v ktorom sa hodnota daného indikátora môže pohybovať, aby si pôda plne zabezpečovala svoje ekologické funkcie. Ak pôda nie je schopná plne zabezpečovať všetky svoje funkcie, dochádza k jej degradácii.

**Obr. 1** Vývojové trendy priameho indikátora - pôdnej reakcie pH v H<sub>2</sub>O vo vybraných skupinách pôd v rokoch 1993, 1997 a 2002 (hĺbka 0-10 cm)



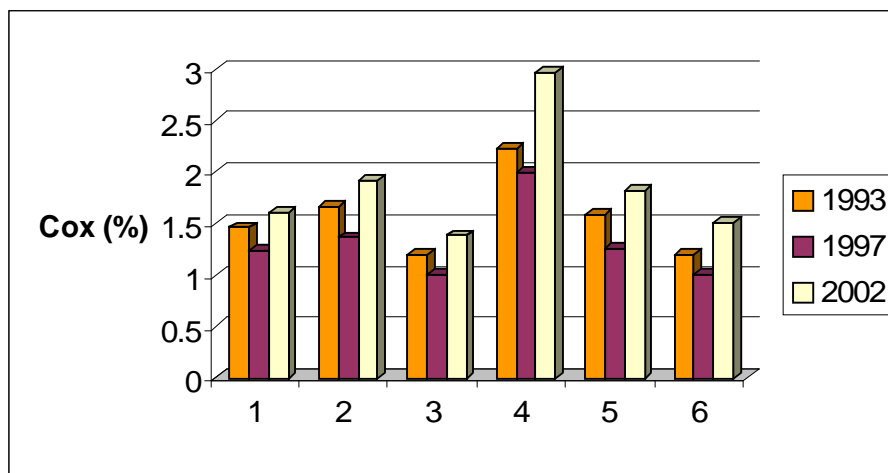
1 - pseudogleje na polygetických sprašových hlinách – OP, 2 - pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách – TTP, 3 - hnedozeme na sprašiach – OP, 4 - černoze a černoze degradované na sprašiach – OP, 5 - fluvizeme na karbonátových aluviálnych sedimentoch – OP, 6 - fluvizeme na nekarbonátových aluviálnych sedimentoch - OP

Aktuálna hodnota pôdnej reakcie pH je priamym indikátorom acidifikácie pôd. Odolnosť rôznych typov pôd voči acidifikácii závisí od kapacity a reakčnej rýchlosti pufrujúcich systémov. Podľa delenia pôd na rezistentné, menej rezistentné a nerezentné voči acidifikácii (Bedrna, 1994) z hodnotených skupín pôd černoze, hnedozeme, fluvizeme na karbonátových aluviálnych sedimentoch patria do skupiny rezistentných pôd voči acidifikácii. Ich dominantnými pufrujúcimi systémami sú prevažne karbonáty až silikáty. Porovnanie vývoja hodnôt pôdnej reakcie v rámci rokov 1993 až 2002 potvrdzuje rezistentnosť týchto skupín pôd. Výraznejšie kolísanie hodnôt medzi rokmi 1993, 1997 a 2002 môžeme pozorovať v skupine pseudoglejov využívaných ako orné pôdy, v skupine černozeí využívaných ako orné pôdy a v skupine fluvizemí vyvinutých na karbonátových aluviálnych sedimentoch využívaných ako orné pôdy. Nakoľko sa jedná o orné pôdy, zmeny hodnôt pôdnej reakcie môžu súvisieť s agrotechnickými opatreniami spojenými s pestovaním

plodín. Malé výchylky smerom k zakysleniu v rokoch 1997 aj 2002 sme zaznamenali len v skupine pseudoglejov na polygetických sprašových hlinách využívaných ako trvalý trávny porast. Fluvizeme na nekarbonátových sedimentoch a pseudogleje patria do skupiny menej rezistentných pôd voči acidifikácii. Dominuje u nich pufrujúci systém silikátov, výmenných katiónov až hliníka (Kanianska, 2000).

Akumulačná funkcia je ovplyvnená hlavne obsahom a kvalitou organickej hmoty, súvisí s filtračnou a pufráčnou funkciou pôd. Skupina molických pôd ku ktorým patria černoze má najvýraznejšie rozvinutú schopnosť akumulácie organickej hmoty, nižšiu majú hnedozeme a fluvizeme a najnižšiu v rámci sledovaných skupín pôd pseudogleje. Na základe získaných výsledkov kvantitatívneho hodnotenia POH (Cox) môžeme konštatovať zhodný trend na väčšine monitorovaných pôdnych skupín, t. j. mierny pokles organického uhlíka ornice v prvom päťročnom cykle (1993-1997) a mierny nárast tohto parametra v druhom cykle (1997-2003), ktorým sa hodnoty organického uhlíka dostali na úroveň zistenú na začiatku monitoringu. Rozdiely v hodnotách Cox v podorničnom horizonte (35-45 cm) boli v priebehu monitoringu minimálne (Barančíková, 2006).

**Obr. 2** Vývojové trendy indikátora Cox vo vybraných skupinách pôd v rokoch 1993, 1997 a 2002 (hĺbka 0-10 cm) (Barančíková, 2006)



1 - pseudogleje na polygetických sprašových hlinách – OP, 2 - pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách – TTP, 3 - hnedozeme na sprašiach – OP, 4 - černoze a černoze degradované na sprašiach – OP, 5 - fluvizeme na karbonátových aluviálnych sedimentoch – OP, 6 - fluvizeme na nekarbonátových aluviálnych sedimentoch - OP

Filtračná funkcia sa prejavuje schopnosťou pôdy zachytávať cudzorodé látky, a následne ich akumulovať, a tým zabraňovať ich nežiadúcemu transportu do potravného reťazca a do podzemných vôd. Priamym indikátorom filtračnej funkcie pôd vzhľadom k anorganickým kontaminantom je prístupný obsah ťažkých kovov, ktorý na základe doterajších poznatkov ovplyvňuje vodný režim pôdy, hodnota pôdnej reakcie, katiónová výmenná kapacita pôdy, obsah a kvalita organickej hmoty, hrúbka humusového horizontu, obsah ílových častíc menších ako 0,01 mm ako aj celková pórovitosť pôdy.

Filtračná funkcia černozeí je determinovaná hlbokým humusovým horizontom na pórovitom substráte (Demo a kol., 1998), potenciálne vysokú filtračnú schopnosť majú aj hnedozeme. Pri pseudoglejoch determinuje filtračnú schopnosť typ vodného režimu. Filtračná schopnosť fluvizemí kolíše v závislosti od ich hĺbky, obsahu organickej hmoty a zrnitostného zloženia

V skupinách pôd s tendenciou k zhutneniu dochádza ku kompácii (Širáň, 2006) zhoršeniu filtračnej schopnosti pôdy.



**Tab. 1** Kumulácia rizík v sledovaných skupinách pôd

Pôdny predstaviteľ <sup>1</sup>	funkcia			Kumulácia rizika
	pufračná	akumulačná	filtračná	
pseudogleje na polyg. spraš. hlinách - OP	+	-	+	++
pseudogleje na polyg. spraš. hlinách - TTP	++	+	-	+++
hnedozeme na sprašiach - OP	+	-	-	+
černozeme a černozeme degradované na sprašiach - OP	-	-	-	-
fluvizeme na karb. aluviálnych sedimentoch - OP	-	-	+	+
fluvizeme na nekarb. aluviálnych sedimentoch - OP	+	-	++	+++

+ negatívny trend, - nezmenený stav

## II. Modelové vzťahy pre indikátory zraniteľnosti kambizemí z pohľadu ich ekologických funkcií, stanovenie kritických záťaží pre ťažké kovy

Podľa klimatologickej klasifikácie patrí lokalita v rámci Slovenska do mierne vlhkej až vlhkej oblasti s chladnou zimou. Priemerná ročná tepota je v Banskej Bystrici 8°C a v Brezne 6,6°C, priemerný ročný úhrn zrážok v Banskej Bystrici predstavuje 853 mm a v Brezne 740 mm. Prevládajúce prúdenie vzduchu je v Banskej Bystrici z juhozápadu a v Brezne zo západu.

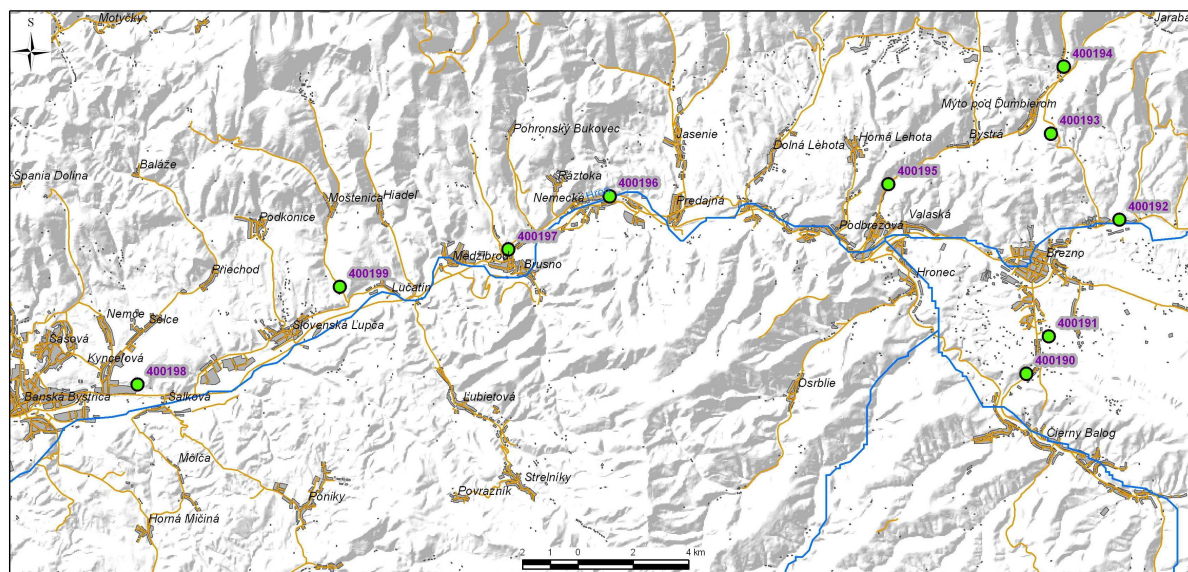
Na znečistenie ovzdušia a následne ďalších zložiek životného prostredia – pôdy, vody, biosféry má vplyv ťažký, chemický priemysel aj cementáreň. Tuhými látkami najviac znečisťujú životné prostredie Petrochema Dubová š.p., Stredoslov. Cementáreň B.B. a.s., najväčšími zdrojmi SO<sub>2</sub> sú Petrochema Dubová a.s., Biotika Slovenská Ľupča a.s., Železiarne Podbrezová a.s., najväčšími zdrojmi NO<sub>x</sub> sú Železiarne Podbrezová a.s., Biotika Slovenská Ľupča a.s., Stredoslov. Cementáreň B.B. a.s. Cementáreň spaľovaním nekvalitného uhlia s vysokým obsahom rizikových prvkov, hlavne Cd, Pb zaťažuje značnú časť intravilánu mesta Banskej Bystrice ako aj príľahlý extravilán. V odpadovom prachu z cementárne sa nachádza napr. až 342 mg.kg<sup>-1</sup> Cd a 841 mg.kg<sup>-1</sup> Zn, čo sú hodnoty vysoko za hranicou toxicity týchto elementov. Na znečistení oblasti s NO<sub>x</sub> sa podieľa aj intenzita dopravy, cestný ťah stred - východ Slovenska. Kritické zťaženie skutočnou aciditou miestami prekračuje 4 keq.ha<sup>-1</sup>.r<sup>-1</sup>.

Časť sledovaných lokalít leží v zaťaženej oblasti a časť v oblasti, ktorá je potenciálne nezaťažená. Kambizeme v mapovanej oblasti (obr. 1) sú vyvinuté na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach a využívajú sú ako trvalé trávne porasty. Východiskový súbor parametrov je uvedený v tab.2.

**Tab 2.** Štatistické charakteristiky parametrov

Parameter	kambizeme		
	Priemer	Minimum	Maximum
pH/H <sub>2</sub> O	5,800	4,600	7,200
pH/CaCl <sub>2</sub>	5,420	4,160	7,060
Cox v %	3,550	2,310	5,850
Q <sup>4</sup> <sub>6</sub>	6,670	5,010	7,660
Ca <sup>2+</sup> v cmol/kg	12,500	3,750	29,30
Mg <sup>2+</sup> v cmol/kg	3,090	0,590	7,780
K <sup>+</sup> v cmol/kg	0,330	0,110	0,960
Na <sup>+</sup> v cmol/kg	0,050	0,010	0,190
obsah mobilného Cd v mg.kg <sup>-1</sup>	0,042	0,002	0,103
obsah Cd v sušine v mg.kg <sup>-1</sup>	0,236	0,045	0,494

**Obr. 3** Kambizeme



V ČMS –P, v skupine pôd kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach využívané ako trvalé trávne porasty, sme stanovili nízke priemerné hodnoty aktívnej (5,17) aj výmennej pôdnej reakcie (4,70) v rámci sledovaných skupín pôd. Priemerná hodnota aktívnej pôdnej reakcie je o 0,67 jednotiek nižšia ako v morfogeneticky príbuznej skupine pôd využívananej ako orné pôdy (Makovníková, 2004). Hodnoty pôdnej reakcie v silne kyslej oblasti až kyslej oblasti výrazne zhoršujú kvalitu týchto pôd, poukazujú na prítomnosť výmenného hliníka, nízku nasýtenosť sorpčného komplexu bázami, zvýšenie translokácie koloidných zložiek, narušenie organominerálnych väzieb, zníženie dostupnosti fosforu v dôsledku tvorby Fe a Al-fosfáto v kyslom prostredí ako aj potenciálne vyšší obsah bioprístupných kontaminantov, ktorých prístupnosť je v prevažnej miere riadená hodnotou pôdnej reakcie (Borůvka a kol., 1997, Mestek a Volka, 1993, Makovníková, 2000).

V sledovanom súbore sa hodnoty pôdnej reakcie pH v H<sub>2</sub>O pohybujú v intervale od 4,60 do 7,20 s priemernou hodnotou 5,80.

Hodnoty pôdnej reakcie kambizemí v sledovanej oblasti sa pohybujú v intervale kyslej až neutrálnej hodnoty pH, obsah organickej hmoty je stredný až vyšší s prevahou fulvokyselín a to na všetkých sledovaných lokalitách. Kvalita humínových látok determinovaná farebným kvocientom Q<sub>6</sub><sup>4</sup> sa pohybuje v intervale 5,01 až 7,66, v sledovanom súbore pôd sú lokality s menej vyzretou organickou hmotou s vysokým podielom surového humusu. Vyšší obsah skeletu ako aj zrnitostné zloženie negatívne ovplyvňujú predovšetkým filtračnú a pufráčnú funkciu týchto pôd.

Celkové obsahy Cd (0,25- 0,30 mg.kg<sup>-1</sup> mg.kg<sup>-1</sup>) v monitorovacích sondách ČMS-P lokalizovaných v mapovanej oblasti sú hlboko pod limitnou hodnotou podľa Zákona č. 220/2004. Sledovaná oblasť nie je geochemicky zaťažená kadmium. Kritická hodnota mobilného obsahu Cd pre systém pôda – rastlina (hodnota 0,1 mg.kg<sup>-1</sup>, Zákon č. 220/2004, príloha 2) je aktuálnym indikátorom filtračnej funkcie pôdy vzhľadom k anorganickým kontaminantom, v sledovanom súbore pôd napriek podlimitným totálnym obsahom, došlo k prekročeniu tejto hodnoty v dvoch prípadoch. Obsah Cd v sušine trávnych porastov prekročil hodnotu 0,1 mg.kg<sup>-1</sup> celkovo v 8 vzorkách, pričom štyri vzorky boli nad hodnotou 0,2 mg.kg<sup>-1</sup> a dve vzorky nad hodnotou 0,4 mg.kg<sup>-1</sup>. Limitná hodnota pre obsah Cd v krmovinách (0,2 mg.kg<sup>-1</sup>) bola prekročená v 40 % vzoriek. Nadlimitné mobilné obsahy Cd v pôde a vysoké obsahy Cd v sušine nadzemnej hmoty súvisia s hodnotou pôdnej reakcie v kyslej a slabo kyslej oblasti, nakoľko pH je priamym indikátorom mobility Cd, ako aj s antropogénnou kontamináciou v danej oblasti.

Vzťahy medzi jednotlivými indikátormi a ich vzájomným pôsobením vyjadrujú Spearmanove korelačné koeficienty (tab. 3).

**Tab. 3** Spearmanove korelačné koeficienty

	pH/H <sub>2</sub> O	pH/CaCl <sub>2</sub>	Cox v %	Q <sub>6</sub> <sup>4</sup>	Ca <sup>2+</sup> v cmol/kg	Mg <sup>2+</sup> v cmol/kg	obsah mobilného Cd pôde v mg.kg	obsah mobilného Cd v rastline v mg.kg
pH/H <sub>2</sub> O	1	<b>0,99</b>	-0,08	-0,15	0,92	0,91	<b>-0,96</b>	<b>-0,55</b>
pH/CaCl <sub>2</sub>	<b>0,99</b>	1	-0,08	-0,15	0,92	0,91	<b>-0,96</b>	<b>-0,55</b>
Cox v %	-0,08	-0,08	1	-0,08	0,15	<b>-0,13</b>	0,13	-0,08
Q <sub>6</sub> <sup>4</sup>	-0,15	-0,15	-0,08	1	-0,22	-0,38	0,10	0,07
Ca <sup>2+</sup> v cmol/kg	0,92	0,92	0,15	-0,22	1	<b>0,86</b>	<b>-0,90</b>	-0,43
Mg <sup>2+</sup> v cmol/kg	0,91	0,91	-0,13	-0,38	<b>0,86</b>	1	<b>-0,90</b>	-0,34
obsah mobilného Cd v pôde v mg.kg <sup>-1</sup>	<b>-0,96</b>	<b>-0,96</b>	0,13	0,10	<b>-0,90</b>	<b>-0,90</b>	1	0,54
obsah mobilného Cd v rastline v mg.kg <sup>-1</sup>	-0,55	-0,55	-0,08	0,07	-0,43	-0,34	0,54	1

\*štatisticky významný na hladine  $\alpha = 0,05$

Štatisticky preukazný vzťah medzi mobilným obsahom Cd a hodnotou pôdnej reakcie (ako idikátora, ktorý riadi rozpustnosť a tým aj prístupnosť týchto prvkov v sorpčnom komplexe pôdy, ovplyvňuje sorpčné parametre sorbentov, ktorých selektivita ku sorpcii kovov je závislá od pH) potvrdili viacerí autori (Alloway, 1990, Gupta, 1993, Zeien a Brümmer, 1989, Makovníková, 2000). V sledovanom súbore sa nepotvrdil vplyv kvantity a kvality organickej hmoty na mobilný obsah Cd. Významný je záporný korelačný vzťah medzi obsahom mobilného Cd a obsahom Ca<sup>2+</sup> a Mg<sup>2+</sup>, medzi kadmium a obsahom výmenného vápnika dochádza k výraznej kompetitívnej inhibícii.

Na základe Spearmanovej analýzy môžeme obsah Cd v sušine trávneho porastu vyjadriť ako funkčnú závislosť dvoch hlavných indikátorov, mobilného obsahu Cd v pôde a hodnoty pôdnej reakcie. Vhodnosť použitého regresného modelu definuje index determinácie (tab. 4).

**Tab. 4** Multiplikatívne modely pre Cd, Pb a Zn

prvok	Multiplikatívny model pre systém pôda-rastlina	Index determinácie
Cd	$Cd_r = 2,6.Cd_m + 0,022545.pH/CaCl_2$	0,71

Cd<sub>m</sub> - mobilný obsah Cd, - I. frakcia SSE podľa Zeiena a Brummera

### *Potenciál zraniteľnosti kambizemí*

Kambizeme predstavujú veľmi heterogénnu skupinu, čo sa týka zraniteľnosti ekologických funkcií. Pufráčna funkcia je ovplyvnená hlavne pôdotvorným substrátom, ktorý je zdrojom bázičných kationov (Demo a kol., 1998). Stav a vývoj pufráčnej funkcie vzhľadom k acidifikácii indikuje hodnota pôdnej reakcie. Filtračnú schopnosť kambizemí determinuje hrúbka a zloženie kambického horizontu ako aj obsah skeletu. Akumulačná funkcia je ovplyvnená hlavne obsahom a kvalitou organickej hmoty, v skupinách s vyšším obsahom skeletu je obmedzená schopnosť akumulácie vody, vyšší obsah skeletu je charakteristický pri kambizemiach na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach (10 – 40 obj. % (Širáň, 2004).

Pri antropogénnom zaťažení týchto pôd, vzhľadom na ich nižšiu prirodzenú retenčnú schopnosť, dochádza k ohrozeniu ich ekologických funkcií vzhľadom na ťažké kovy. Antropogénne zaťažené pôdy s prirodzene nižšou retenčnou schopnosťou napriek potenciálne nízkej hodnote totálneho obsahu kadmia si vyžadujú zvýšenú mieru pozornosti, zameranú práve na mobilné obsahy tohto prvku a na systém pôda-rastlina. Pri stanovení limitných hodnôt sme vychádzali z reálneho stavu pôdných indikátorov v sledovanom súbore kambizemí. Limitné hodnoty pre Cd sú stanovené na základe prekročenia prípustného obsahu Cd v sušine tráv.

**Tab. 3** Porovnanie limitných hodnôt indikátorov pre Cd a Pb pre kambizeme, fluvizeme a pseudogleje

Indikátor	Kambizeme na flyši OP		Fluvizeme OP		Pseudogleje OP		Kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach TTP
	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Zn	Cd
mobilný obsah Cd a Pb v mg.kg <sup>-1</sup>	viac ako 0,1	viac ako 0,1	viac ako 0,1	viac ako 0,1	viac ako 0,06		viac ako 0,1
pH/CaCl <sub>2</sub>	nižšia ako 5,47	nižšia ako 3,75	nižšia ako 5,47	nižšia ako 6,40	nižšia ako 4,95	nižšia ako 6,27	nižšia ako 5,08
Cox v %	menej ako 1,23	menej ako 2,75	menej ako 1,59	menej ako 1,99	menej ako 2,1	menej ako 1,45	menej ako 3,10
Ca <sup>2+</sup> v cmol.kg <sup>-1</sup>	-	-	menej ako 4,35	menej ako 6,79	menej ako 2,6	menej ako 10,38	menej ako 9,96

### *Záver*

Negatívne tendenčné zmeny vo vývoji ekologických funkcií (pri kumulácii rizík) pôd sme zaznamenali v skupine pseudoglejov na polygenetických sprašových hlinách využívaných ako orné pôdy aj ako trvalý trávny porast a v skupine fluvizemí na nekarbonátových aluviálnych sedimentoch. Kambizeme predstavujú veľmi heterogénnu skupinu, čo sa týka zraniteľnosti ekologických funkcií. Stav a vývoj pufráčnej funkcie vzhľadom k acidifikácii indikuje hodnota pôdnej reakcie. Filtračnú schopnosť kambizemí determinuje hrúbka a zloženie kambického horizontu ako aj obsah skeletu. Akumulačná funkcia je ovplyvnená hlavne obsahom a kvalitou organickej hmoty, v skupinách s vyšším obsahom skeletu je obmedzená schopnosť akumulácie vody, vyšší obsah skeletu je charakteristický pri kambizemiach na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach.

### **5.3. Acidifikácia a alkalizácia pôd**

#### **5.3.1. Acidifikácia pôd**

Acidifikácia je proces okysľovania pôdy. V klasickej literatúre je kyslosť pôdy charakterizovaná nenasýtenosťou sorpčného komplexu, t.j. väčšinovým zastúpením  $H^+$  a  $Al^{3+}$  iónov a prítomnosťou voľných  $H^+$  a  $Al^{3+}$  iónov v pôdnom roztoku. Najčastejšie používaným indikátorom acidity pôd je hodnota pôdnej reakcie. Zmeny pôdnej reakcie však nevyjadrujú úplne procesy tvorby a spotreby protónov  $H^+$  v ekosystéme. Hodnota pH je faktorom intenzity acidifikácie. Aktuálna acidifikácia sa odráža odnosom kationov a potenciálnym zachytávaním aniónov (Čurlík a kol., 2003) a vo všeobecnosti je ovplyvnená narušením kolobehu prvkov v ekosystéme

Acidifikácia pôdy je na jednej strane dôsledkom prirodzených procesov, ktoré prebiehajú v agroekosystéme, na druhej strane acidifikáciu výrazne ovplyvňujú antropogénne vplyvy, predovšetkým fyziologicky kyslo pôsobiace hnojivá a kyslé atmosferické polutanty ( $SO_2$ ,  $NO_x$ ), ktorých diaľkový prenos atmosférou mení problém acidifikácie z lokálnej na regionálnu až kontinentálnu úroveň. Schopnosť agroekosystému vyrovnávať sa s prirodzenou i antropogénnou acidifikáciou je daná kapacitou a potenciálom pufráčnej funkcie pôdy, ktorá je podmienená funkčnými pufrujúcimi systémami. Práve pufráčna funkcia pôdy odráža stupeň rezistencie pôdy voči acidifikácii. V pôdach Slovenska sú dominantné tri pufrujúce systémy, systém karbonátov, pufrujúci systém silikátov až výmenných kationov a pufrujúci systém hliníka (Kanianska, 2000). V rámci týchto systémov pôsobí pôdna organická hmota ako samostatný pufrujúci agens, pričom jej pufráčne vlastnosti sú determinované predovšetkým kvalitou humusotvorného materiálu.

Cieľom riešenia tejto čiastkovej úlohy je sledovanie acidifikačných tendencií vyplývajúcich zo zmien hodnôt pôdnej reakcie (aktívnej a výmennej) s dôrazom na ekologické riziká toxicky pôsobiacich iónov, ktorých bioprístupnosť je vnútorne regulovaná v prevažnej miere hodnotou pôdnej reakcie (Borůvka a kol., 1997, Mestek a Volka, 1993, Makovníková, 2000).

#### ***Materiál a metóda***

V pôdnych vzorkách odobraných v 1. (rok 1993), 2. (rok 1997) a 3. (rok 2002) odberovom cykle z monitorovacích lokalít vybraných skupín pôd (1 - pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách – OP, 2 - pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách – TTP, 3 - hnedozeme na sprašiach – OP, 4 - černoze a černoze degradované na sprašiach – OP, 5 - fluvizeme na karbonátových fluviaálnych sedimentoch – OP, 6 - fluvizeme na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch - OP) v prípade orných pôd (OP) z hĺbok 0 - 10 cm a 35 - 45 cm, v prípade trvalých trávnych porastov (TTP) z hĺbok 0 - 10 cm, 20 - 30 cm a 35 - 45 cm bola stanovená aktívna pôdna reakcia (ktorá je daná vzájomným pomerom aktivít hydroxóniových a hydroxidových iónov v pôdnom roztoku) ako aj výmenná

pôdna reakcia (roztokom neutrálnej soli KCl a CaCl<sub>2</sub>) potenciometricky (Fiala, 1994). Vo vzorkách s hodnotou pH v KCl nižšou ako 6 bol stanovený aktívny Al podľa Sokolova.

Štatistické spracovanie a vyhodnotenie výsledkov bolo realizované v programe STATGRAPHIC 5.0.

### 1. Vyhodnotenie stavu pôdnej reakcie a sorpčných vlastností vo vybraných skupinách pôd v roku 2002 (3. odberový cyklus)

Hodnotenie pôdných parametrov vo vybraných skupinách pôd (1. 2, 3, 4, 5, 6) z hľadiska zachovania predpokladov štatistického hodnotenia vyhovovalo podmienkam normality rozdelenia v jednotlivých skupinách, sledované parametre sme charakterizovali popisnou štatistikou normálneho rozdelenia (aritmetický priemer, minimálna a maximálna hodnota) (tab. 1).

**Tab. 1** Popisná štatistika hodnôt pH v roku 2002

Pôdny predstaviteľ <sup>1</sup>	Hĺbka odberu vzorky <sup>2</sup> / cm/	pH/H <sub>2</sub> O			pH/ KCl			pH/CaCl <sub>2</sub>		
		Min	Max	x <sup>3</sup>	Min	Max	X <sup>3</sup>	Min	Max	x <sup>3</sup>
pseudogleje na polyg. spraš. hlinách - OP	0-10	5,35	7,61	6,47	4,72	7,11	5,78	4,97	7,49	6,01
	35-45	4,80	7,94	6,38	3,73	7,03	5,36	4,22	7,57	5,87
pseudogleje na polyg. spraš. hlinách - TTP	0-10	5,39	7,29	6,13	4,73	6,91	5,52	4,92	7,19	5,76
	20 - 30	5,47	7,27	6,28	4,56	6,97	5,57	4,99	7,14	5,88
	35-45	5,18	7,13	6,15	3,99	6,28	5,17	4,69	6,58	5,60
hnedozeme na sprašiach - OP	0-10	5,84	7,87	6,90	4,81	7,16	6,12	5,40	7,27	6,39
	35-45	5,12	8,04	7,00	3,96	7,27	5,95	4,56	7,63	6,39
černozeme a černozeme degradované na sprašiach - OP	0-10	6,36	7,93	7,22	5,53	7,21	6,53	5,86	7,53	6,83
	35-45	6,49	8,02	7,40	6,58	7,37	6,58	5,98	7,61	6,97
fluvizeme na karb. fluviálnych sedimentoch - OP	0-10	6,53	7,84	7,42	5,76	7,31	6,89	6,21	7,56	7,21
	35-45	7,15	7,96	7,62	6,42	7,68	7,04	6,89	7,73	7,37
fluvizeme na nekarb. fluviálnych sedimentoch - OP	0-10	4,11	7,88	6,31	3,51	7,20	5,66	3,71	7,39	5,91
	35-45	4,59	7,80	6,46	3,78	7,03	5,68	4,07	7,47	5,96

<sup>1</sup>Soil representative <sup>2</sup>Depth of sample uptake <sup>3</sup>arithmetic mean

OP - orná pôda - arable land, TTP - trvalý trávny porast - permanent grassland

V skupine pôd pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách využívané ako trvalé trávne porasty sme stanovili najnižšie priemerné hodnoty aktívnej aj výmennej pôdnej reakcie v rámci sledovaných skupín pôd. Priemerná hodnota aktívnej pôdnej reakcie (6,13) v hĺbke 0-10 cm je o 0,34 jednotiek nižšia ako v morfofeneticky rovnakej skupine pôd ale s odlišným spôsobom využívania a to v skupine pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách využívané ako orné pôdy (6,47). Pôdnu reakciu v hĺbke 0-10 cm v tejto skupine pôd záporne ovplyvňujú aj výlučky koreňového systému trávnej pokrývky. Hodnoty pôdnej reakcie v slabo kyslej oblasti až kyslej oblasti zhoršujú kvalitu týchto pôd, poukazujú na prítomnosť výmenného hliníka, nižšiu nasýtenosť sorpčného komplexu bázam ako aj potenciálne vyšší obsah bioprístupných kontaminantov, ktorých prístupnosť je v prevažnej miere riadená hodnotou pôdnej reakcie (Borůvka a kol., 1997, Mestek a Volka, 1993, Makovníková, 2000). Pufračná funkcia pseudoglejov je ovplyvnená stredným obsahom organickej hmoty nižšej až strednej kvality, nižším obsahom karbonátov, nižšou nasýtenosťou

sorpčného komplexu bázami, hodnotou pH v kyslej až slabo kyslej oblasti, mineralogickým zložením a zrnitosťou.

Hodnoty pôdnej reakcie v skupine hnedozemí sa pohybujú od kyslej oblasti po slabo alkalickú s priemernou hodnotou aktívnej pôdnej reakcie v hĺbke 0-10 cm 6,90 (v hĺbke 35-45 cm 7,00) a výmennej v  $\text{CaCl}_2$  6,39, (v hĺbke 35-45 cm 6,39). Vplyvom kyslých atmosférických depozícií ako aj používaním kyslo pôsobiacich priemyselných hnojív, nižším obsahom humusu a nižšou úrovňou starostlivosti o pôdu (zníženie vápnenia) dochádza v niektorých oblastiach (okres Nové Zámky a Veľký Krtíš) k poklesu výmennej hodnoty pH na úroveň 4,81 v hĺbke 0-10 cm a na 3,96 v hĺbke 35-45 cm, netypickým hodnotám pre hnedozem, čo je prejavom degradácie a zníženej pufráčnej schopnosti hnedozemí.

Hodnoty aktívnej pôdnej reakcie černozezemí oscilujú okolo neutrálnej hodnoty s priemernou hodnotou 7,22. Černozeze patria ku kvalitným pôdam s veľmi dobrou pufráčnou schopnosťou podmienenou pórovitým kvalitným humusom, vysokým obsahom karbonátov ako aj mineralogickým zložením sprašového substrátu.

Fluvizeme vyvinuté na karbonátových aluviálnych sedimentoch patria k potenciálne rezistentným pôdam s nízkou zraniteľnosťou voči acidifikácii. Vysoká pórovitosť humusového horizontu ako aj vysoký obsah karbonátov zvyrazňujú pufráčnú schopnosť týchto pôd. Fluvizeme si udržiavajú hodnotu pôdnej reakcie v neutrálnej až slabo alkalickú oblasti. Priemerné hodnoty aktívnej ako aj výmennej pôdnej reakcie sú v skupine fluvizemí na karbonátových aluviálnych sedimentoch najvyššie v hĺbke 0-10 cm aj v hĺbke 35-45 cm v rámci sledovaných skupín pôd. Priemerná hodnota aktívnej pôdnej reakcie je o 1,11 jednotiek vyššia oproti fluvizemiam na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch. Prítomnosť karbonátov v substráte najvýraznejšie ovplyvnila hodnoty pôdnej reakcie v týchto dvoch morfo-geneticky príbuzných skupinách pôd. Fluvizeme vyvinuté na karbonátových fluviálnych sedimentoch sú charakterizované najnižším rozpätím hodnôt pôdnej reakcie (1,31) oproti fluvizemiam na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch kde rozptyl pH predstavuje 3,77 a je najvyšší v rámci sledovaných skupín pôd.

Najvyššie hodnoty aktívnej (7,93) pôdnej reakcie pH v  $\text{H}_2\text{O}$  v hĺbke 0 – 10 cm ako aj v hĺbke 35 – 45 cm (8,02) sme stanovili v skupine černozezemí využívaných ako orné pôdy. Najnižšie hodnoty aktívnej pôdnej reakcie pH v  $\text{H}_2\text{O}$  v hĺbke 0 – 10 cm (4,11) a v hĺbke 35 – 45 cm (4,59) sme stanovili v skupine fluvizemí vyvinutých na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch využívaných ako trvalý trávny porast.

Zastúpenie jednotlivých výmenných katiónov v sorpčnom komplexe pseudoglejov je uvedené v tabuľke 2a, 2b.

**Tab. 2a** Popisná štatistika výmenných katiónov v hĺbke 1 – 10 cm v roku 2002

Pôdny predstaviteľ <sup>1</sup>	Na v $\text{cmol.kg}^{-1}$			K v $\text{cmol.kg}^{-1}$			Ca v $\text{cmol.kg}^{-1}$		
	Min	Max	$\bar{X}^3$	Min	Max	$\bar{X}^3$	Min	Max	$\bar{X}^3$
pseudogleje na polyg. spraš. hlinách - OP	0,01	0,14	0,05	0,16	0,67	0,40	6,46	27,12	13,67
pseudogleje na polyg. spraš. hlinách - TTP	0,01	0,20	0,05	0,27	2,93	0,82	5,15	22,40	11,60

**Tab. 2b** Popisná štatistika výmenných katiónov a katiónovej výmennej kapacity v hĺbke 0 - 10 cm v roku 2002

Pôdny predstaviteľ <sup>1</sup>	Mg v $\text{cmol.kg}^{-1}$		
	Min	Max	$\bar{X}^3$
pseudogleje na polyg. spraš. hlinách - OP	0,90	3,78	2,27
pseudogleje na polyg. spraš. hlinách - TTP	0,72	5,65	2,31



Kvalitatívne a kvantitatívne zloženie výmenných kationov v sorpčnom komplexe pôdy patrí k nepriamym indikátorom pufrácie funkcie pôdy, trofické funkcie, ovplyvňuje štruktúru ako aj vodný a vzdušný režim pôdy (Hanes, 1999). V skupinách pseudoglejov je najväčším podielom v sorpčnom komplexe zastúpený  $\text{Ca}^{2+}$ . Pomer  $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$  sa pohybuje od 0,61:1 do 17:1 v skupine orných pôd a od 2,99: do 18:1 v skupine pôd využívaných ako trvalý trávny porast. Pomer kationov  $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$  4:1 až 6:1 uvádza Čurlík (2003) ako najpriaznivejší pre poľnohospodársky využívané pôdy. V orných pôdach je priemerný pomer kationov  $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$  6,98:1, v trvalých trávnych porastoch 6,82:1. Napriek rozdielnemu spôsobu využívania sa tieto morfo geneticky príbuzné skupiny pôd len slabšie líšia v zložení výmenných kationov v sorpčnom komplexe pôdy, rozdielny je obsah výmenného K s výrazne vyšším obsahom v skupine využívanej ak TTP. Štatisticky významné korelácie na hladine významnosti  $\alpha = 0,05$  sú vyznačené v tabuľke 3, ide o kladnú koreláciu medzi obsahom  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  a kladné korelácie medzi hodnotou pH a obsahom  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{K}^+$ .

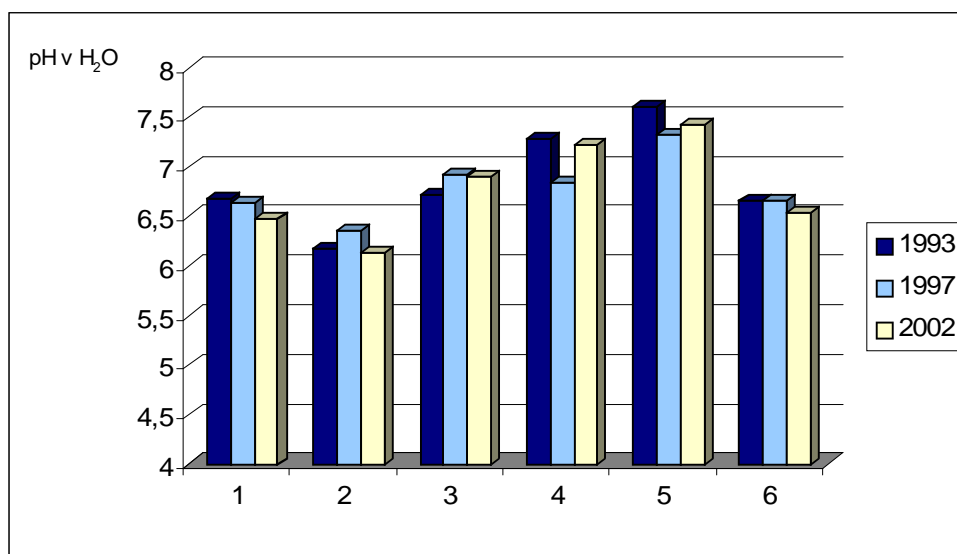
**Tab. 3** Korelačné vzťahy v sorpčnom komplexe v kontexte s hodnotou pôdnej reakcie

parametre	Korelačný koeficient (r)			
	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
$\text{Na}^+$	1	0,22	0,33	0,18
$\text{K}^+$	0,22	1	0,13	0,10
$\text{Ca}^{2+}$	0,33	0,13	1	<b>0,37</b>
$\text{Mg}^{2+}$	0,18	0,10	<b>0,37</b>	1
pH v $\text{CaCl}_2$	0,23	<b>0,47</b>	<b>0,43</b>	0,12

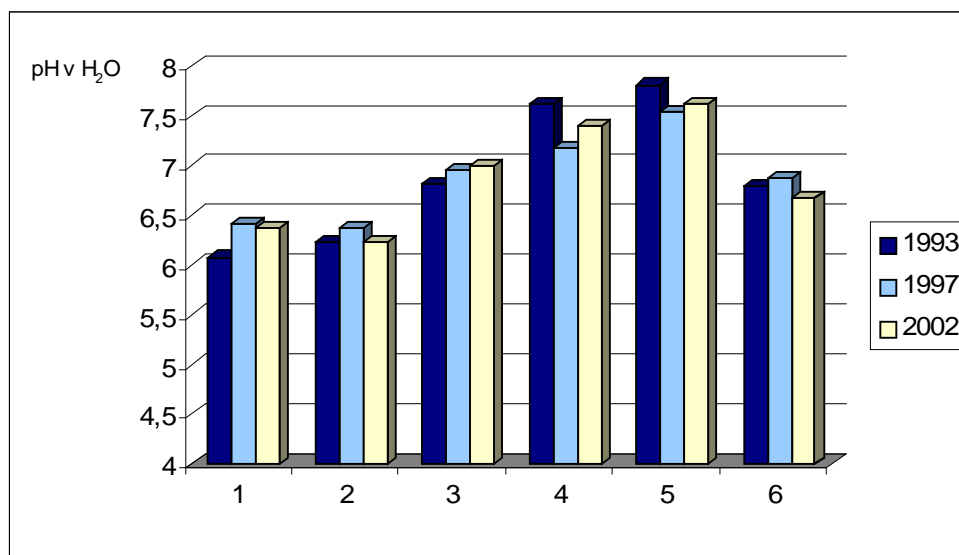
## 2. Vyhodnotenie vývoja pôdnej reakcie vo vybraných skupinách pôd zo základnej siete a na kľúčových lokalitách

Pri posudzovaní časových zmien sme hodnotili párované hodnoty vo všetkých troch sledovaných cykloch. Na obrázku 1, 2 je znázornené porovnanie priemerných hodnôt aktívnej a výmennej pôdnej reakcie v hĺbke 0 – 10 cm a 35-45 cm v jednotlivých skupinách pôd v rokoch 1993, 1997 a 2002, na obrázku 3 je znázornené porovnanie priemerných hodnôt výmennej pôdnej reakcie v  $\text{CaCl}_2$  v hĺbke 0 – 10 cm v rokoch 1993, 1997 a 2002.

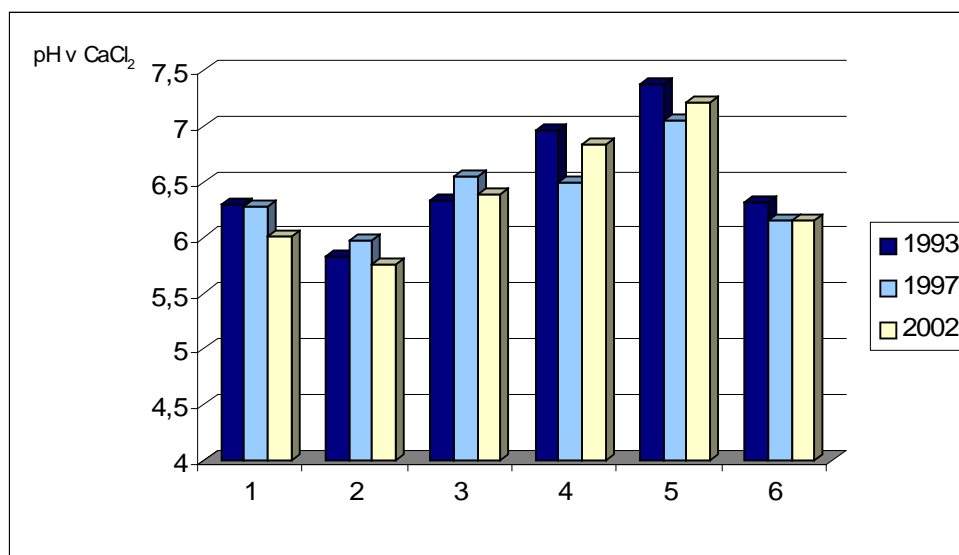
**Obr. 1** Hodnoty pH v  $\text{H}_2\text{O}$  vo vybraných skupinách pôd v rokoch 1993, 1997 a 2002 (hĺbka 0-10 cm)



**Obr. 2** Hodnoty pH v H<sub>2</sub>O vo vybraných skupinách pôd v rokoch 1993, 1997 a 2002 (hĺbka 35-45 cm)



**Obr. 3** Hodnoty pH v CaCl<sub>2</sub> vo vybraných skupinách pôd v rokoch 1993, 1997 a 2002 (hĺbka 0-10 cm)



1 - pseudogleje na polygetických sprašových hlinách – OP, 2 - pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách – TTP, 3 - hnedozeme na sprašiach – OP, 4 - černoze a černoze degradované na sprašiach – OP, 5 - fluvizeme na karbonátových fluviálnych sedimentoch – OP, 6 - fluvizeme na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch - OP

Pufračné systémy pôd v sledovaných skupinách pôd ovplyvňujú prirodzenú schopnosť pôd vyrovnáť sa s acidifikačnou záťažou a to antropogénnou ako aj vnútropôdnou. Aktuálna hodnota pôdnej reakcie pH je priamym indikátorom acidifikácie pôd. Odolnosť rôznych typov

pôd voči acidifikácii závisí od kapacity a reakčnej rýchlosti pufrujúcich systémov. Bedrna (1994) rozčlenil pôdy na rezistentné, menej rezistentné a nerezistentné voči acidifikácii. Podľa tohto členenia z hodnotených skupín pôd černoze, hnedoze, fluvize na karbonátových aluviálnych sedimentoch patria do skupiny rezistentných pôd voči acidifikácii. Ich dominantnými pufrujúcimi systémami sú prevažne karbonáty až silikáty. Porovnanie vývoja hodnôt pôdnej reakcie v rámci rokov 1993 až 2002 potvrdzuje rezistentnosť týchto skupín pôd, nakoľko zmeny pôdnej reakcie sa pohybujú v intervale potenciálnej chyby stanovenia tohto indikátora (a to -0,2, + 0,2 jednotky pH). Výraznejšie kolísanie hodnôt medzi rokmi 1993, 1997 a 2002 môžeme pozorovať v skupine pseudoglejov využívaných ako orné pôdy, v skupine černoze využívaných ako orné pôdy a v skupine fluvizemí vyvinutých na karbonátových aluviálnych sedimentoch využívané ako orné pôdy. Nakoľko sa jedná o orné pôdy, zmeny hodnôt pôdnej reakcie môžu súvisieť s agrotechnickými opatreniami spojenými s pestovaním plodín. Malé výchylky smerom k zakysleniu v rokoch 1997 aj 2002 sme zaznamenali len v skupine pseudoglejov na polygetických sprašových hlinách využívaných ako trvalý trávny porast. Fluvizeme na nekarbonátových sedimentoch a pseudogleje patria do skupiny menej rezistentných pôd voči acidifikácii. Dominuje u nich pufrujúci systém silikátov, výmenných kationov až hliníka (Kanianska, 2000). Kapacita ako aj potenciál týchto pufrujúcich systémov sa odrážajú v hodnotách priameho indikátora, pôdnej reakcie, ako aj v hodnotách nepriamych indikátorov a to sorpčného komplexu a aktívneho hliníka (Makovníková, Kanianska, 2000).

Preukaznosť zmien medzi prvým a tretím cyklom štatisticky hodnotí F-test (tab. 4). Pri poklese kritéria "F" pod kritickú hodnotu, špecifickú pre každú skupinu podľa počtu hodnotených lokalít na hladine významnosti  $\alpha = 0,05$ , by boli zmeny pôdnej reakcie v roku 1993 a 2002 štatisticky preukazné. K štatisticky preukazným zmenám priameho indikátora acidifikácie však v hodnotených skupinách pôd nedošlo.

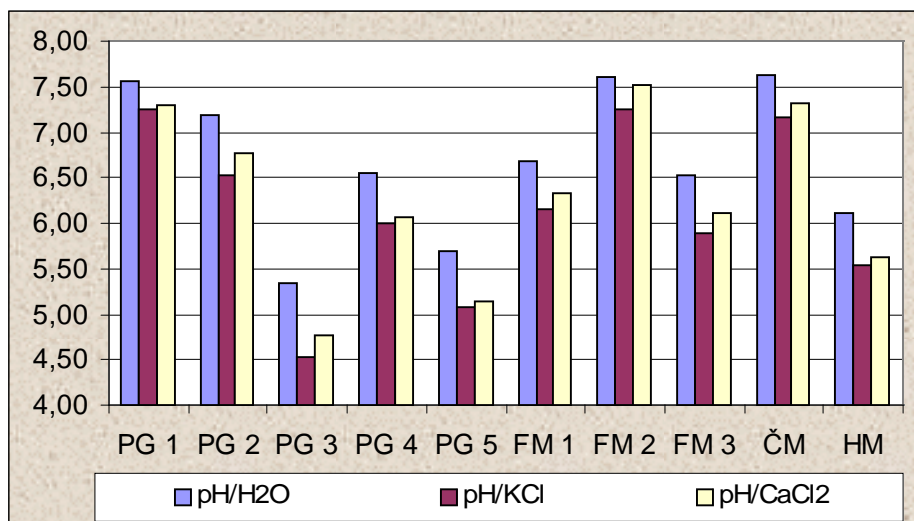
**Tab. 4** F-test pre pH v H<sub>2</sub>O v hĺbke 0-10 cm v r. 1993 a 2002

Pôdny predstaviteľ	1	2	3	4	5	6
F kritérium	0,090	0,730	0,003	0,216	0,108	0,793

1 - pseudogleje na polygetických sprašových hlinách – OP, 2 - pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách – TTP, 3 - hnedoze na sprašiach – OP, 4 - černoze a černoze degradované na sprašiach – OP, 5 - fluvizeme na karbonátových fluviálnych sedimentoch – OP, 6 - fluvizeme na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch - OP

Na obr. 4 je aktuálny stav aktívnych aj výmenných hodnôt pH na kľúčových lokalitách.

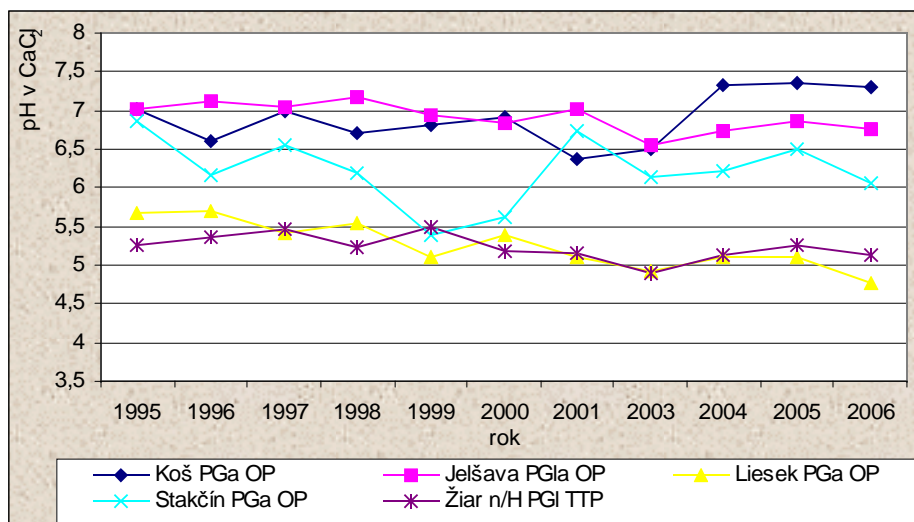
**Obr. 4** Aktuálny stav výmennej pôdnej reakcie na kľúčových lokalitách (hĺbka 0 – 10 cm, rok odberu 2006)



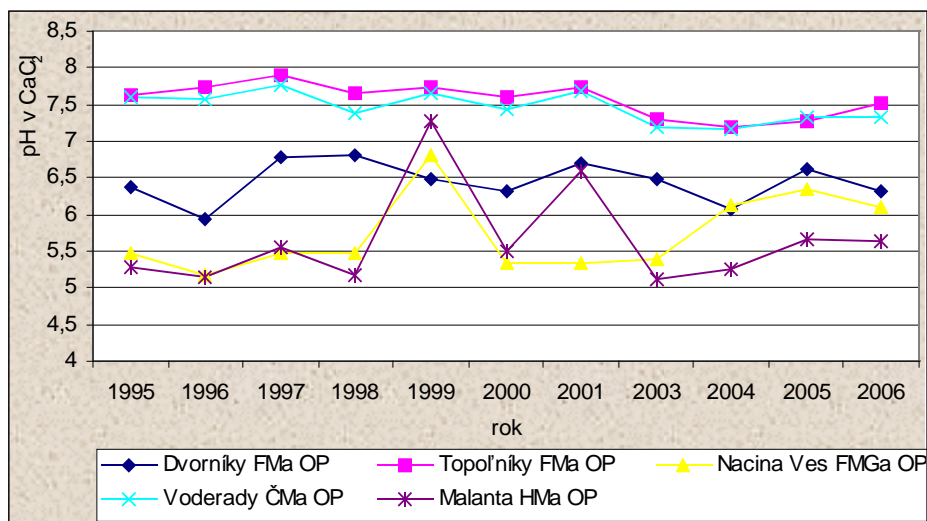
PG1 – Koš, PG2 – Jelšava, PG3 -Liesek, PG4 – Stakčín, PG5 – Žiar n/H, FM1 – Dvorníky, FM2 – Topoľníky, FM3 – Nacina Ves, ČM – Voderady, HM - Malanta

Tendenčné časové zmeny parametrov acidifikácie sledované na kľúčových lokalitách (obr. 5, 6) sú podmienené kapacitou a potenciálom pufrujúceho systému sledovaných pôd. Vývoj hodnoty pH pôd v skupine pseudoglejov - kľúčové lokality využívaných ako orné pôdy osciluje s pomerne veľkými výchylkami okolo pôvodnej hodnoty, potenciálne vyrovnaný priebeh môžeme sledovať na lokalite Jelšava - PGla, najväčšie výchylky na lokalite Stakčín – PGa. V prípade pseudoglejov využívaných ako TTP dochádza na lokalite Liesek k preukaznému zakysleniu, na tejto lokalite došlo aj k zmene kultúry z OP na TTP. Na hnedozemi, černozemi ani na fluvizemiach nepozorujeme acidifikačné tendencie, priebeh hodnôt pôdnej reakcie je vyrovnaný.

**Obr. 5** Vývojové trendy pH v CaCl<sub>2</sub> na kľúčových lokalitách - pseudogleje



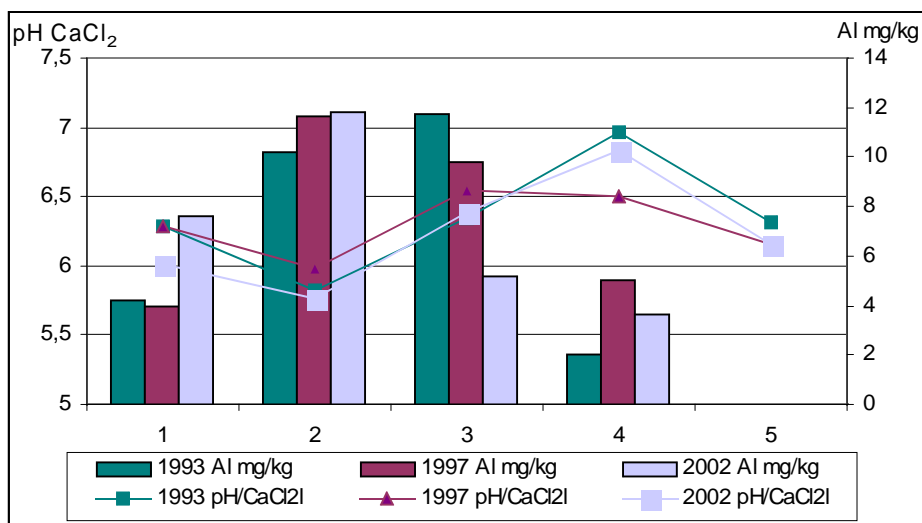
**Obr. 6** Vývojové trendy pH v CaCl<sub>2</sub> na kľúčových lokalitách - fluvizeme, černozem, hnedozem



### 3. Vyhodnotenie stavu aktívneho hliníka vo vybraných skupinách pôd

V sledovaných skupinách nedošlo k štatisticky preukazným zmenám indikátora acidifikácie pH, malé výchylky smerom k zakysleniu v rokoch 1997 aj 2002 sme zaznamenali len v skupine pseudoglejov na polygetických sprašových hlinách využívaných ako trvalý trávny porast. Už malý gradient pH v slabo kyslej až kyslej oblasti však spôsobí výrazné zmeny v bioprístupnosti kovov v sorpčnom komplexe, je nepriaznivý predovšetkým v súvislosti s vysokou mierou zápornej korelácie medzi hodnotami pôdnej reakcie a obsahom aktívneho hliníka (Makovníková, Kanianska, 1996, Kozák, Borůvka, 1998). Táto skutočnosť sa prejavila v skupine pseudoglejov na polygetických sprašových hlinách využívaných ako trvalý trávny porast, kde došlo k zvýšeniu obsahu aktívneho hliníka v porovnaní s rokmi 1993 a 1997 o 12 %. V rámci sledovaných skupín pôd je miera korelácie medzi Al a pH determinovaná korelačným koeficientom  $-0,66$  (obr. 7).

**Obr. 7** Hodnoty pH v CaCl<sub>2</sub> v kontexte s obsahom aktívneho hliníka vo vybraných skupinách pôd v rokoch 1993, 1997 a 2002



1 - pseudogleje na polygetických sprašových hlinách – OP, 2 - pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách – TTP, 3 - hnedozeme na sprašiach – OP, 4 - černozeme a černozeme degradované na sprašiach – OP, 5 - fluvizeme na nekarbonátových fluvialných sedimentoch - OP

Vychádzajúc z parametrov rozpustnosti hliníka, aktívny Al bol nameraný len v pôdach s hodnotami pH/KCl < 6,00 (tab. 5).

**Tab. 5** Popisná štatistika aktívneho hliníka v hĺbke 0– 10 cm a 35 – 45 cm v roku 2002

Pôdny predstaviteľ	Hĺbka odberu vzorky / cm/	Al v mg.kg <sup>-1</sup>		
		Min	Max	priemer
pseudogleje na polyg. spraš. hlinách - OP	0 – 10	2,10	23,43	7,64
	35 – 45	1,15	259,20	55,71
pseudogleje na polyg. spraš. hlinách - TTP	0 – 10	3,00	38,70	11,78
	35 – 45	1,13	60,68	16,00
hnedozeme na sprašiach - OP	0 – 10	1,80	9,07	5,14
	35 – 45	1,40	49,66	6,68
černozeme a černozeme degradované na sprašiach - OP	0 – 10	2,81	5,60	3,67
	35 – 45	1,03	2,68	1,71
fluvizeme na nekarb. aluviálnych sedimentoch - OP	0 – 10			
	35 – 45			

Hodnotíme potenciálne rezistentné skupiny pôd s hodnotou pH v slabo kyslej až neutrálnej oblasti. Obsah aktívneho hliníka (tab. 5) v hĺbke 0 10 cm sa v roku 2002 pohyboval v rozsahu od 1,80 mg.kg<sup>-1</sup> v skupine hnedozemí na sprašiach, OP do 38,70 mg.kg<sup>-1</sup> v skupine pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách, TTP. Najvyšší priemerný obsah aktívneho hliníka v hĺbke 0 – 10 cm, a to 11,78 mg.kg<sup>-1</sup> bol stanovený v skupine pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách, TTP. Pomer ekvivalentných množstiev výmenných kationov Al<sup>3+</sup>/Ca<sup>2+</sup> indikuje stupeň degradácie pôdy vzhľadom k acidifikácii. Kritická hladina pomeru Al<sup>3+</sup>/Ca<sup>2+</sup> pre citlivé plodiny je 0,50, pre menej citlivé plodiny 1,00 (Grišina, Baranova, 1990). V skupine pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách, OP, došlo k prekročeniu hodnoty 0,5 v 62 % vzoriek, v skupine pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách, TTP v 50 % vzoriek. V oboch skupinách je aktuálny hliníkový stres pre vegetáciu.

## Záver

- ❖ najnižšie priemerné hodnoty aktívnej (6,13) aj výmennej pôdnej reakcie (5,76) v hĺbke 0 -10 cm v rámci sledovaných skupín pôd sme stanovili v skupine pôd pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách využívané ako trvalé trávne porasty
- ❖ hodnoty aktívnej pôdnej reakcie černozemí oscilujú okolo neutrálnej hodnoty s priemernou hodnotou 7,22
- ❖ hodnoty pôdnej reakcie v skupine hnedozemí sa pohybujú od kyslej oblasti po slabo alkalickú s priemernou hodnotou aktívnej pôdnej reakcie 6,90 v hĺbke 0-10 cm
- ❖ fluvizeme na karbonátových aluviálnych sedimentoch si udržujú hodnotu pôdnej reakcie v neutrálnej až slabo alkalickéj oblasti (s priemernou hodnotou aktívnej 7,42 a výmennej pôdnej reakcie 7,21)
- ❖ porovnanie vývoja hodnôt pôdnej reakcie v rámci rokov 1993 až 2002 potvrdzuje rezistentnosť týchto skupín pôd, nakoľko zmeny pôdnej reakcie sa pohybujú v intervale potenciálnej chyby stanovenia tohto indikátora (a to -0,2, + 0,2 jednotky pH), černozeme, hnedozeme, fluvizeme na karbonátových aluviálnych sedimentoch patria do skupiny

rezistentných pôd voči acidifikácii, ich dominantnými pufrujúcimi systémami sú prevažne karbonáty až silikáty. Výraznejšie kolísanie hodnôt medzi rokmi 1993, 1997 a 2002 môžeme pozorovať v skupine pseudoglejov využívaných ako orné pôdy, fluvizeme na nekarbonátových sedimentoch a pseudogleje patria do skupiny menej rezistentných pôd voči acidifikácii, dominuje u nich pufrujúci systém silikátov, výmenných kationov až hliníka

- ❖ najvyšší priemerný obsah aktívneho hliníka v hĺbke 0 – 10 cm, a to 11,78 mg.kg<sup>-1</sup> bol stanovený v skupine pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách, TTP, miera korelácie determinovaná korelačným koeficientom – 0,66 bola stanovená medzi hodnotou pH/CaCl<sub>2</sub> a obsahom aktívneho Al

### 5.3.2. Alkalizácia pôd

Monitoring vývoja soľných pôd v roku 2006 pokračoval na vybudovanej sieti stacionárnych monitorovacích lokalít. Sieť zahŕňa jednak slabo a stredne slaniskové a slancové pôdy, jednak typické slaniská a slance (tab.1). To nám umožňuje sledovať postupný vývoj soľných pôd od ich začiatkových štádií, cez ich stredné stupne až po ich plné rozvinutie. Z celkového počtu 8 monitorovaných lokalít, 6 je situovaných na Podunajskej rovine, kde stabilizovaný režim hladín mineralizovaných podzemných vôd, výparný vodný režim a nastupujúce klimatické zmeny smerom k otepľovaniu vytvárajú reálne podmienky pre postupný vznik, rozvoj a rozšírenie soľných pôd. Monitorované lokality sú tu situované v katastrach obcí: Iža, Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce a Kamenín. Na troch z uvedených lokalít (Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce) sa vývoj soľných pôd monitoruje od r. 1989 v rámci účelového monitoringu: Vplyv VD Gabčíkovo na pôdy priľahlej oblasti. Na Východoslovenskej nížine je do monitorovacej siete zahrnutý typický slanec v katastri obce Malé Raškovce. Na strednom Slovensku sa monitoruje antropogénna alkalizácia pôd exhalátmi závodu na výrobu hliníka v katastri obce Žiar nad Hronom.

**Tab 1.** Zoznam monitorovaných lokalít soľných pôd

Označenie lokality	Miesto	Názov pôdy
400 180	Iža okres Komárno	Čiernica modálna karbonátová v počiatkovom štádiu slancovania
400 176	Gabčíkovo okres Dunajská Streda	Čiernica modálna slabo slanisková

400 177	<b>Zlatná na Ostrove</b> okres Komárno	Čiernica černozečná slabo slanisková, hlboko slanová
400 178	<b>Komárno-Hadovce</b>	Čiernica černozečná slanisková, slabo slanová
400 179	<b>Zemné</b> okres Nové Zámky	Čiernica glejová slabo slanisková, slabo slanová
400 138	<b>Kamenín</b> okres Nové Zámky	Slanec slaniskový
400 229	<b>Malé Raškovec</b> okres Trebišov	Slanec
400 063	<b>Žiar nad Hronom</b>	Slanec - slanisko

Odber pôdných vzoriek sa uskutočňuje v ročných intervaloch v jarných mesiacoch marec – máj. To umožňuje stanoviť ten obsah solí, ktorý zostal v pôde po jesenných, zimných a skorých jarných dažďoch resp. ktoré neboli vyplavené do spodných horizontov, prípadne až do podzemnej vody a v priebehu nastupujúceho vegetačného obdobia zostávajú v pôde. Vzorky pôdy sa odoberajú nielen z prvých dvoch horizontov, ale zo všetkých pôdných horizontov do hĺbky cca 1 m, pretože vývoj solných pôd tu prebieha od spodných horizontov smerom k povrchu pôdy. Analýzy pôdných vzoriek zahŕňajú rozbor vodného výluhu (Hraško, J. a kol., 1962) a rozbor nasýteného extraktu pôdných pást (Sotáková, S. a kol., 1988, Valla, M. a kol., 1983). Ako podporné analýzy sa na Podunajskej rovine (okrem lokality Kamenín) stanovuje aj zloženie podzemných vôd, ktoré je hlavným zdrojom vzniku a rozvoja solných pôd.

### ***Použitie metódy stanovenia***

Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> - plameňová fotometria

Mg<sup>2+</sup> - atómová absorpčná spektrofotometria (AAS)

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> - titračne (0,05 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Elektrická vodivosť (EC) – konduktometricky

pH – potenciometricky

odparok – gravimetricky

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> - gravimetricky

Cl<sup>-</sup> - titračne podľa Mohra

Hodnoty SAR a ESP sú vypočítané podľa Vallu 1983, vzorce II. 147, 149, 150 a 151.

### ***Kritériá hodnotenia solných pôd***

*Hodnotenie zasolenia (slaniskovania) pôd*



Podľa elektrickej vodivosti (ECe) a celkového obsahu solí.

**Tab. 2**

ECe (mS.m <sup>-1</sup> )	Celkový obsah solí (%)	Klasifikácia zasolenia	Reakcia rastlín
< 200	< 0,1	nezasolená	vplyv na úrody je zanedbateľný
200 – 400	0,1 – 0,15	slabo zasolená	úrody citlivých rastlín môžu byť znížené
400 – 800	0,15 – 0,35	stredne zasolená	úrody plodín sú redukované
800 – 1600	0,35 – 0,70	silne zasolená	len tolerantné plodiny majú uspokojivé úrody
> 1600	> 0,70	extrémne zasolená - slanisko	len málo tolerantných rastlín má uspokojivé úrody

Podľa U.S. Soil laboratory Staff. 1954

### *Hodnotenie slanovania pôd*

Zastúpenie výmenného sodíka (ESP) v sorpčnom komplexe.

**Tab. 3**

% ESP	Kategória stanovenia
5 – 10	slabo slanovaná
10 – 20	slanovaná
> 20	slanec

### *Výsledky a ich hodnotenie*

V roku 2006 sa v monitorovaných pôdach opätovne potvrdila prítomnosť oboch foriem soľných procesov – slaniskovania i slanovania, ako aj značná mineralizácia podzemných vôd.

### *Zasoľovanie – slaniskovanie pôd*

Zasoľovanie ako proces akumulácie sodných solí v pôdnom profile sme v roku 2005 zaznamenali na 8 z celkového počtu 9 monitorovaných pôd. Len v lokalite Malé Raškovce bol celkový obsah solí vo všetkých pôdnych horizontoch menší ako limitná hodnota 0,10 % (tab. 4).

Intenzita zasolenia v pôdach s nerozvinutým procesom zasoľovania je však slabá, v pôdach s rozvinutými štádiami slanovania a slaniskovania stredná a silná.

Slabé – počiatočné zasolenie, s obsahom solí 0,10 – 0,15 %, sme zaznamenali predovšetkým v povrchových horizontoch lokalít Iža (do hĺbky 40 cm), Zemné (do hĺbky 75 cm), Gabčíkovo (do hĺbky 50 cm) a Komárno-Hadovce (do hĺbky 50 cm). Tento jav – najvyšší obsah solí na povrchu pôdy - je typickým znakom procesu zasoľovania a v r. 2006 sa prejavil aj na uvedených lokalitách.

V lokalite Zlatná na Ostrove sme zaznamenali slabé zasolenie v celom pôdnom profile a v hĺbke 100-110 cm dokonca stredné zasolenie (0,29 % solí). Stredne zasolený je povrch pôdy (do hĺbky 20 cm) lokality Kamenín (0,19 – 0,22 %), v spodnejších horizontoch sme zaznamenali len slabé resp. žiadne zasolenie.

Pôda lokality Žiar nad Hronom je silne zasolená v celom profile. Obsahuje 0,44 – 1,12 % solí, ktoré sú však antropogénneho pôvodu z exhalátov výroby hliníka.

Elektrická vodivosť pôdneho extraktu (ECe) v monitorovaných pôdach potvrdzuje prítomnosť procesu zasolovania len v dvoch horizontoch, pričom len v horizonte 100-110 cm lokality Zlatná na Ostrove koreluje s celkovým obsahom solí a indikuje stredné zasolenie (611 mS.m<sup>-1</sup>) Jej hodnoty sú prevažne nižšie ako 200 mS.m<sup>-1</sup> (tab.5, 6).

Charakter zasolovania indikovaný obsahom iónov Cl<sup>-</sup> a SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (tab.4) potvrdzuje, že prebiehajúce zasolovanie je chlorido-sulfátové. Výskyt oboch týchto iónov spolu so sodíkom (Na<sup>+</sup>) v stredných a substrátových horizontoch nasvedčuje, že proces zasolovania prebieha od spodných vrstiev k povrchu pôdy.

### *Vývoj zasolovania*

V priebehu posledných siedmych rokov (2000 – 2006) sme vo vývoji zasolovania pôd nezaznamenali preukazné zmeny (tab.5). Celkový obsah solí v pôdach s počiatočným štádiom zasolovania (Iža, Zemné, Gabčíkovo a Zlatná na Ostrove) len ojedinele v niektorých rokoch a horizontoch (2004, 2005, 2006) mierne prevyšuje hornú hranicu slabého zasolenia (0,15 %). V profile lokality Komárno-Hadovce je tento proces výraznejší a prejavuje sa často vyšším obsahom solí (0,15 – 0,38 %), hlavne v jeho podornicových horizontoch a v substráte.

V pôdach lokalít Kamenín a Žiar nad Hronom, ktoré sú klasifikované ako slanec slaniskový a slanec-slanisko je obsah solí v jednotlivých rokoch a horizontoch prevažne vysoký.

V pôdach lokality Malé Raškovce, ktorá je klasifikovaná ako modálny slanec je obsah solí logicky nízky, okrem roku 2004, v ktorom sme zaznamenali ich vysoký obsah (0,23 – 6,18). Tento jav vysvetľujeme veľkou variabilitou obsahu solí v monitorovaných pôdach.

Elektrická vodivosť nasýteného extraktu pôdy (ECe) celkom nekoreluje s obsahom solí (tab.5). V jednotlivých rokoch a pôdach je prevažne nízka (pod 200 mS.m<sup>-1</sup>) a indikuje nezasolené pôdy. Len v pôdach a horizontoch so stredným a vysokým obsahom solí hodnota ECe kolíše v intervale 200 – 400 mS.m<sup>-1</sup> a indikuje slabé zasolenie.

Z údajov tab.5 ďalej vyplýva veľká priestorová a horizontálna variabilita nameraných hodnôt obsahu solí a elektrickej vodivosti. Tento jav je u nás pre vývoj a rozšírenie soľných pôd typický.

### *Slancovanie – alkalizácia pôd*

Slancovanie pôd ako proces viazania výmenného sodíka na sorpčný komplex monitorovaných pôd v r. 2005 je porovnateľný s predchádzajúcimi rokmi (tab.6).

Nízky obsah sodíka (< 5 %) sa zachoval v povrchových horizontoch lokalít Iža (do hĺbky 65 cm), Gabčíkovo (do hĺbky 75 cm), Zlatná na Ostrove (do 20 cm), Komárno-

Hadovce (do 60 cm), Zemné (do 20 cm) a Malé Raškovce (do 20 cm). V spodnejších horizontoch týchto lokalít indikuje obsah výmenného sodíka v sorpčnom komplexe v rozmedzí 5-10 % slabé slancovanie. V pôdach Kamenín a Žiar nad Hronom, ktoré sú klasifikované ako slance je obsah výmenného sodíka (ESP%) vysoký až veľmi vysoký a jeho obsah v jednotlivých horizontoch dosahuje 8 – 11 % v lokalite Kamenín a 30-54 % v lokalite Žiar nad Hronom.

Hodnoty pôdnej reakcie (pH) ako indikátora alkalizácie pôdy potvrdzujú silne alkalickú reakciu všetkých pôd a horizontov (pH > 7,7) okrem lokality Malé Raškovce. Veľmi silnú alkalickú reakciu (pH > 8,5) má profil lokality Žiar nad Hronom.

### *Vývoj slancovania a alkalizácie pôd*

Vývoj slancovania a alkalizácie pôd za obdobie posledných 7 rokov (2000-2006) hodnotíme podľa obsahu výmenného sodíka (ESP) a pôdnej reakcie (pH).

Slancovanie pôd definované obsahom výmenného sodíka nad 5 % (ESP>5%) udáva tab.7. Z jej údajov vypláva, že tento proces je prítomný vo všetkých monitorovaných pôdach a v porovnaní s procesom zasoľovania (slaniskovanie) je výraznejší – dominantný. V monitorovaných pôdach je slancovanie prítomné v troch vývojových štádiách.

Slabé slancovanie (ESP 5-10 %) prebieha v pôdach lokalít Iža, Gabčíkovo a Zemné, pričom na stanovištiach Iža a Gabčíkovo je prítomné v hĺbkach pôdneho profilu pod 0,5 m - takzvané hlboké slancovanie, na stanovišti Zemné je už pod ornou vrstvou v hĺbke 0,35 m. Pokročilejší stupeň – slancovanie sa začína vyvíjať na stanovištiach Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce, kde posledné 2 – 3 roky v substrátoch zaznamenávame hodnoty ESP nad 10 %, pričom proces slancovania je prítomný už v hĺbkach 0,4 m.

Alkalizácia pôd definovaná pôdnou reakciou nad pH 7,3 je zhrnutá v tab.7. Z údajov tab.7 vypláva, že pôdna reakcia monitorovaných pôd a horizontov je alkalická a silno alkalická (pH 7,3 – 10). Len ojedinele sme zaznamenali neutrálnu pôdnú reakciu.

Pôdna reakcia v intervale pH 7,3 – 8,5 je stredne alkalická a potvrdzuje nadbytok solí vápnika (Ca<sup>2+</sup>), prípadne prítomnosť nižšieho obsahu sodíka (Na<sup>+</sup>) a je charakteristická pre väčšinu slabo a stredne alkalických horizontov pôd Iža, Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce.

Pôdna reakcia v intervale pH 8 – 10 potvrdzuje už prítomnosť nadbytku iónov sodíka (Na<sup>+</sup>) a je charakteristická pre typické slance lokalít Kamenín, Malé Raškovce a Žiar nad Hronom.

Z uvedených údajov slaniskovania a slancovania (tab.5, 7) vidieť, že celkový vývoj soľných pôd nie je v priestore a čase lineárny. Namerané hlavné charakteristiky vývoja soľných pôd (obsah solí, E<sub>Ce</sub>, pH, ESP) sú v jednotlivých pôdach a horizontoch v čase a v priestore značne rozdielne a vzájomne málo korelujúce. To vypláva jednak z ich veľkej priestorovej variability, jednak z vlastného charakteru vývoja.

### *Chemické zloženie podzemných vôd*

Chemické zloženie mineralizovaných podzemných vôd, ktoré je hlavným zdrojom vzniku a rozvoja soľných pôd sme ako podporné analýzy v roku 2006 realizovali len na

lokalitách Iža, Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce, kde sú vybudované viacúčelové hydrogeologické sondy, umožňujúce odber vzoriek podzemnej vody a meranie hĺbky jej hladiny.

Výsledky získané v roku 2006 (tab. 8) sú s malými odchýlkami zhodné s výsledkami predchádzajúcich rokov. Hlavnými ukazovateľmi rizikovosti vzniku a rozvoja solných pôd z hľadiska chemického zloženia podzemnej vody je elektrická vodivosť (EC), celková mineralizácia ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) a adsorpčný sodíkový pomer (SAR), ktorý indikuje riziko sódového zasolenia.

Celkovo nízke riziko vzniku a rozvoja solných pôd z hľadiska hodnôt EC a mineralizácie je na lokalite Gabčíkovo, Iža a Zemné s hodnotami EC 68 - 164  $\text{mS.m}^{-1}$  a celkovou mineralizáciou 543 - 1199  $\text{mg.l}^{-1}$ . Lokality Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce s hodnotami EC 175 - 221  $\text{mS.m}^{-1}$  a mineralizáciou 1206 - 1677  $\text{mg.l}^{-1}$  sú rizikovejšie. Na týchto lokalitách hodnoty SAR 5,17 – 7,19 signalizujú aj reálne riziko sódového zasolenia.

Obsah jednotlivých iónov v chemickom zložení podzemných vôd signalizuje charakter možného zasolenia pôd. Vyššie zastúpenie aniónov  $\text{SO}_4^{2-}$  a  $\text{Cl}^-$  vytvára podmienky pre rozvoj sulfátového prípadne chloridosulfátového zasolenia. Riziko rozvoja sódového zasolenia v lokalitách Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce signalizuje aj zvýšený obsah iónov  $\text{HCO}_3^-$  (612-709  $\text{mg.l}^{-1}$ ), sodíka (259-272  $\text{mg.l}^{-1}$ ) a SAR (5,17-7,19).

**Tab. 4** Zasolenie - slaniskovanie pôd v r. 2006 (rozbor vodného výluhu pôd)

Lokalita	Horizont	Hĺbka cm	pH	$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	Celkový obsah solí (%)
				mmol/kg								
Iža 400180	Amlcp (S)	0-10	7,9	0,00	4,18	0,00	0,00	3,75	1,43	0,35	0,20	<b>0,13</b>
	Amlcp (S)	15-25	7,9	0,00	5,24	0,00	0,00	3,49	1,43	0,39	0,16	<b>0,11</b>
	Amlc	30-40	7,9	0,00	4,59	0,00	0,00	3,08	1,52	0,47	0,04	<b>0,11</b>
	CGo	75-85	8,2	0,00	4,26	0,00	0,00	1,60	2,18	0,80	0,03	0,07
	Cgon	90-100	8,3	0,00	3,11	0,00	0,00	1,47	2,05	1,22	0,03	0,07
Zemné 400179	Amlcp (S)	0-10	7,9	0,00	4,51	2,00	0,00	4,25	0,87	0,76	0,47	<b>0,13</b>
	Amlcp (S)	10-20	7,9	0,00	5,65	2,50	0,00	4,65	0,92	1,45	0,42	<b>0,15</b>
	A/Cgon	45-55	7,9	0,00	4,10	3,00	1,27	3,80	0,83	4,49	0,03	<b>0,1</b>
	CGrn	65-75	7,8	0,00	3,61	4,50	2,02	4,28	0,87	5,12	0,02	<b>0,11</b>
	CGrn	100-110	7,8	0,00	2,79	4,50	1,37	3,92	0,68	2,05	0,06	0,09
Gabčíkovo 400176	Amlcp (S)	0-10	7,9	0,00	5,97	1,50	0,13	4,85	1,11	0,18	0,33	<b>0,15</b>
	Amlcp (S)	10-20	7,9	0,00	6,39	1,00	0,32	3,99	0,93	0,19	0,29	<b>0,11</b>
	Amlc (S)	40-50	8,0	0,00	6,14	1,40	0,54	4,20	0,99	0,26	0,24	<b>0,13</b>
	A/Cgro (S)	65-75	7,9	0,00	4,67	1,65	1,09	3,00	1,27	0,67	0,09	0,09
	Cgroc(S)n	90-100	7,9	0,00	3,36	2,55	2,36	3,28	1,57	0,83	0,09	<b>0,1</b>
	Cgroc(S)n	100-110	7,8	0,00	4,26	1,60	2,32	2,68	1,72	0,97	0,07	0,09
Zlatná na Ostrove 400172	Amčcp	0-10	8,0	0,00	5,70	2,50	0,00	4,47	1,44	0,51	0,58	<b>0,14</b>
	Amčcp	10-20	7,9	0,00	5,33	1,00	0,00	3,64	1,16	0,30	0,44	<b>0,11</b>
	A/Cgoc(S)n	40-45	8,1	0,00	5,49	2,85	0,00	4,16	1,63	1,66	0,20	<b>0,12</b>
	Cgoc(S)n	50-65	8,1	0,00	3,77	1,00	1,72	3,09	1,89	1,90	0,08	<b>0,1</b>
	2CGoc(S)n	100-110	7,8	0,00	2,46	10,50	13,75	7,88	9,14	7,52	0,06	<b>0,29</b>
Komárno	Amčcp (S)	0-10	8,0	0,00	5,41	1,50	0,00	4,10	1,27	0,16	1,42	<b>0,13</b>

Hadovce 400178	Amčcp (S)	10-20	8,0	0,00	5,32	2,50	0,00	4,41	1,33	0,38	2,48	<b>0,15</b>
	A/CGocSn	40-50	8,0	0,00	4,59	2,00	0,00	3,61	1,16	0,49	0,32	<b>0,11</b>
	CGrocSn	55-60	8,0	0,00	4,01	1,85	0,00	2,82	1,37	0,81	0,11	0,09
	CGrocSn	70-80	8,2	0,00	3,44	1,50	0,00	2,22	1,40	1,35	0,05	0,06
	CGrocSn	100-110	8,1	0,00	3,03	3,00	1,97	3,22	2,15	2,00	0,06	0,09
Kamenín 400138	AmSn	0-10	7,8	0,00	2,79	0,00	0,00	4,24	1,62	4,02	0,90	<b>0,22</b>
	AmSn	10-20	7,9	0,00	4,26	0,00	0,00	3,70	1,76	3,42	0,30	<b>0,19</b>
	AmSn	20-30	7,9	0,00	4,42	0,00	0,00	2,94	1,75	2,11	0,18	<b>0,14</b>
	AmSn	40-50	8,0	0,00	5,00	0,00	0,00	1,74	1,32	3,78	0,11	0,09
	Bn(S)	60-70	8,0	0,00	6,56	0,00	0,00	1,62	0,79	7,40	0,13	<b>0,11</b>
	Bn	80-90	8,2	0,00	7,29	0,00	0,00	1,61	0,95	7,08	0,14	<b>0,1</b>
	Bn	100-110	8,2	0,00	5,74	0,00	0,00	1,28	0,91	6,13	0,16	0,09
Malé Raškovce 400229	Ae(S)	0-10	6,9	0,00	0,54	0,00	0,00	1,85	0,50	0,06	0,22	0,07
	A(S)n	20-30	6,9	0,00	0,57	0,00	0,00	0,82	0,35	0,26	0,05	0,05
	Asn	35-45	6,9	0,00	1,07	0,00	0,00	0,64	0,40	0,48	0,09	0,05
	BnS	50-60	7,3	0,00	1,15	0,00	0,00	0,72	0,60	0,98	0,05	0,04
	BnS	70-80	7,7	0,00	3,85	0,00	0,00	1,32	1,03	2,23	0,04	0,06
	BnS	120-130	7,5	0,00	2,62	0,00	0,00	0,52	0,57	5,05	0,04	0,06
Žiar nad Hronom 400063	An	0-10	8,7	-	-	-	-	2,97	1,14	69,39	0,37	<b>0,83</b>
	An	10-20	8,8	-	-	-	-	3,05	1,22	76,06	0,48	<b>0,87</b>
	A/Bn	20-30	9,0	-	-	-	-	3,64	1,41	91,08	0,45	<b>1,12</b>
	Bn	35-45	8,6	-	-	-	-	3,18	1,30	87,16	0,45	<b>1,04</b>
	Bn(S)	55-65	8,6	-	-	-	-	1,43	0,69	77,01	0,33	<b>0,78</b>
	Bn(S)	75-85	8,6	-	-	-	-	0,61	0,39	53,42	0,20	<b>0,44</b>

**Tab. 5** Vývoj zasolovania - salinizácie

Názov pôdy	Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	Celkový obsah solí v % (odparok 105°C)							ECe (mS.m <sup>-1</sup> )						
				2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Čiernica modálna s limitným obsahom solí a iónov sodíka	Iža 400180	Am(s)	0-10	<b>0,17</b>	<b>0,10</b>	<b>0,12</b>	0,09	<b>0,12</b>	<b>0,19</b>	<b>0,13</b>	106	57	49	71	95	158	99
			15-25	<b>0,13</b>	0,05	<b>0,10</b>	0,08	0,09	<b>0,13</b>	<b>0,11</b>	43	51	38	72	71	95	76
		CGo(n)	30-40	0,08	0,09	0,07	0,07	0,09	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	29	45	36	65	58	79	66
			55-65	0,09	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08	0,07	38	47	26	74	57	64	72
			75-85	0,08	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	0,07	34	39	28	87	55	51	81
Čiernica modálna slabo slanisková	Gabčíkovo 400176	Am	0-10		<b>0,10</b>	<b>0,15</b>	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,17</b>	<b>0,15</b>		57	60	87	80	119	75
			10-20	0,08	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>	<b>0,11</b>	53	63	46	92	83	86	48
		A/CGr(s) CGr(s) CGr(s)n	40-50	<b>0,10</b>	0,09	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	0,09	0,08	<b>0,13</b>	79	43	43	66	96	58	55
			65-75	<b>0,17</b>	<b>0,10</b>	<b>0,13</b>	0,08	<b>0,28</b>	<b>0,10</b>	0,09	136	92	80	105	<b>357</b>	101	85
			90-100	<b>0,15</b>	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>	<b>0,14</b>	<b>0,23</b>	<b>0,13</b>	<b>0,10</b>	218	195	97	233	<b>365</b>	182	121
100-110	<b>0,19</b>	<b>0,13</b>	<b>0,17</b>	<b>0,15</b>	<b>0,20</b>	<b>0,14</b>	0,09	223	238	99	241	<b>305</b>	<b>205</b>	141			
Čiernica černozečná slabo slanisková, hlboko slancová	Zlatná na Ostrove 400172	Am	0-10		<b>0,11</b>	0,09	0,08	<b>0,11</b>	<b>0,10</b>	<b>0,14</b>		67	38	65	75	75	107
			10-20	<b>0,10</b>	<b>0,14</b>	<b>0,10</b>	0,08	<b>0,10</b>	0,09	<b>0,11</b>	40	58	36	59	64	67	72
		A/CGo(n) CGo(s)n	40-45	0,03	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	0,08	<b>0,10</b>	0,04	<b>0,12</b>	43	60	45	60	84	64	108
			50-65	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>	0,05	<b>0,12</b>	0,07	<b>0,10</b>	83	115	62	84	152	69	113
			100-110	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>	<b>0,17</b>	<b>0,14</b>	<b>0,17</b>	<b>0,17</b>	<b>0,29</b>	207	291	105	<b>304</b>	<b>352</b>	<b>320</b>	<b>611</b>
Čiernica černozečná slanisková, slabo slancová	Komárno-Hadovce 400178	Am	0-10		<b>0,30</b>	<b>0,10</b>	0,08	<b>0,12</b>	<b>0,17</b>	<b>0,13</b>		73	34	85	97	139	126
			10-20	<b>0,11</b>	0,09	<b>0,10</b>	0,08	<b>0,11</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	42	63	37	79	79	128	123
		A/CGo(s) CGo sn	40-50	<b>0,36</b>	<b>0,17</b>	<b>0,30</b>	<b>0,13</b>	<b>0,17</b>	<b>0,12</b>	<b>0,11</b>	<b>309</b>	212	149	156	208	141	70
			55-60	<b>0,38</b>	<b>0,17</b>	<b>0,27</b>	<b>0,13</b>	<b>0,15</b>	<b>0,13</b>	0,09	<b>355</b>	<b>252</b>	147	233	244	186	75
			70-80	<b>0,27</b>	<b>0,27</b>	<b>0,20</b>	<b>0,14</b>	<b>0,19</b>	<b>0,13</b>	0,06	214	<b>375</b>	117	<b>284</b>	<b>351</b>	<b>239</b>	80
100-110	<b>0,14</b>	<b>0,18</b>	<b>0,12</b>	<b>0,17</b>	<b>0,16</b>	<b>0,11</b>	0,09	227	<b>355</b>	68	<b>362</b>	<b>346</b>	<b>234</b>	164			
Čiernica glejová slabo slanisková, slabo slancová	Zemné 400179	Am(sn)	0-10	<b>0,15</b>	<b>0,16</b>	<b>0,18</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>	<b>0,16</b>	<b>0,13</b>	164	39	68	92	71	98	81
			10-20	0,08	<b>0,13</b>	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>	<b>0,13</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	52	43	48	65	65	98	81
		A/CGo(sn) CGr(s)n	35-45	0,09	<b>0,12</b>	0,08	0,07	<b>0,11</b>	0,09	<b>0,10</b>	85	73	37	66	57	58	116
			55-65	<b>0,16</b>	0,09	0,08	0,05	0,09	0,09	<b>0,11</b>	171	115	43	62	82	102	147
			90-100	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	0,04	0,09	<b>0,10</b>	0,09	218	<b>273</b>	53	80	129	158	<b>215</b>

**Tab. 5** pokračovanie

Názov pôdy	Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	Celkový obsah solí v % (odparok 105°C)							ECe (mS.m <sup>-1</sup> )						
				2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Slanec slaniskový	Kamenín  400138	Am sn	0-10	<b>0,15</b>	0,09	<b>1,46</b>	<b>0,24</b>	<b>0,99</b>	<b>0,38</b>	<b>0,22</b>	232	83	84	210	186	<b>288</b>	182
			10-20	<b>0,34</b>	0,09	<b>0,68</b>	<b>0,39</b>	<b>2,45</b>	<b>0,6</b>	<b>0,19</b>	212	59	71		<b>316</b>	<b>293</b>	164
			20-30	<b>0,40</b>	<b>0,14</b>	<b>1,34</b>	<b>0,55</b>	<b>2,72</b>	<b>0,65</b>	<b>0,14</b>	257	57	92		<b>466</b>	<b>367</b>	117
		CSn	40-50	<b>0,27</b>	<b>0,30</b>	<b>1,16</b>	<b>0,88</b>	<b>3,54</b>	<b>0,83</b>	0,09	25	33	97		<b>520</b>	<b>354</b>	71
			60-70	<b>0,13</b>	<b>0,30</b>	<b>0,69</b>	<b>0,69</b>	<b>3,37</b>	<b>0,5</b>	<b>0,11</b>	82	57	69		<b>388</b>	<b>382</b>	69
			80-90		<b>0,34</b>	<b>0,26</b>	<b>0,36</b>	<b>1,63</b>	<b>0,38</b>	<b>0,10</b>		54	60		<b>434</b>	<b>349</b>	76
Slanec	Malé Raškovec  400229	Ae sn	0-10	0,08	0,02	0,07	0,08	0,08	0,09	0,07	39	26	27	74	42	62	44
			20-30			0,07	0,08	<b>3,02</b>	<b>0,22</b>	0,05			20	47	121	77	34
		Bn Gr ns vd	35-45	<b>0,11</b>		0,06	0,08	<b>6,18</b>	<b>0,29</b>	0,05	109	22	22	61	194	113	30
			50-60			<b>0,11</b>	<b>0,13</b>	<b>5,04</b>	<b>0,32</b>	0,04			13		<b>251</b>	<b>221</b>	24
			70-80			<b>0,12</b>	<b>0,14</b>	<b>1,83</b>	<b>0,23</b>	0,06			34		<b>259</b>	<b>242</b>	33
120-130			1,32	0,24	<b>0,23</b>	<b>0,31</b>	0,06			21		174	178	65			
Slanec-slanisko	Žiar nad Hronom 400063	Asm	0-10	0,00	<b>0,31</b>	<b>0,82</b>	<b>1,13</b>	<b>5,16</b>	<b>0,9</b>	<b>0,83</b>	46	241	103		219	<b>247</b>	-
			10-20					<b>6,25</b>	<b>1,1</b>	<b>0,87</b>					66	<b>215</b>	-
		Gro sn	20-30		<b>0,46</b>	<b>1,15</b>	<b>1,26</b>	<b>5,74</b>	<b>1,11</b>	<b>1,12</b>		167	106		<b>251</b>	<b>387</b>	-
			30-45	0,07	<b>0,29</b>	<b>1,26</b>	<b>0,85</b>	<b>7,27</b>	<b>1,09</b>	<b>1,04</b>	46	57	244		<b>273</b>	<b>348</b>	-
			55-65					<b>7,04</b>	<b>3,04</b>	<b>0,78</b>					207	<b>382</b>	-
			70-85					<b>7,29</b>	<b>3,29</b>	<b>0,44</b>					<b>254</b>	<b>359</b>	-

*Poznámka:* odparok - obsah vodorozpustných solí sodíka vo vodnom výluhu pôdy

ECe - merná elektrická vodivosť nasýteného extraktu pôdy

údaje vyznačené tučne - nadlimitné hodnoty odparuku a ECe

**Tab. 7** Vývoj slancovania - alkalizácie

Názov pôdy	Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	pH/H <sub>2</sub> O							ESP (%)						
				2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Čiernica modálna s limitným obsahom solí a iónov sodíka	Iža 400180	Am(s)	0-10	8,1	7,5	8,1	8,0	7,3	7,8	7,9	0,3	0,7	0,8	1,2	2,0	0,8	0,9
			15-25	8,3	7,4	8,2	8,1	7,2	7,9	7,9	1,0	1,3	1,1	2,5	2,0	1,1	1,1
		CGo(n)	30-40	8,3	7,6	8,3	8,2	7,4	8,1	7,9	1,6	1,7	1,6	2,9	3,0	1,9	1,3
			55-65	<b>9,0</b>	7,6	8,6	<b>8,7</b>	7,3	8,1	8,2	3,4	3,4	3,4	<b>8,7</b>	<b>5,2</b>	2,8	4,4
			75-85	<b>9,2</b>	7,5	<b>8,9</b>	<b>8,8</b>	7,3	8,2	8,3	4,8	4,4	<b>6,7</b>	<b>9,8</b>	<b>7,6</b>	4,5	<b>6,1</b>
Čiernica modálna slabo slanisková	Gabčíkovo 400176	Am	0-10	8,2	7,4	8,1	8,1	7,4	7,9	7,9		0,7	0,4	1,0	1,2	0,4	0,5
			10-20	8,1	7,4	8,2	8,0	7,5	8,0	7,9	1,2	0,9	0,8	1,6	1,1	0,6	0,6
		A/CGr(s) CGr(s) CGr(s)n	40-50	7,9	7,4	8,2	8,1	7,5	8,1	8,0	2,2	1,6	1,8	2,9	3,6	2,2	1,1
			65-75	7,9	7,6	8,2	8,1	7,4	8,1	7,9	3,6	3,4	3,9	<b>5,4</b>	<b>6,7</b>	4	3,7
			90-100	8,1	7,5	8,2	8,0	7,3	8,1	7,9	4,5	4,7	<b>5,2</b>	<b>6,6</b>	<b>6,8</b>	<b>6,6</b>	<b>5,0</b>
100-110	8,0	7,4	8,1	7,8	7,2	7,9	7,8	<b>5,0</b>	4,3	<b>5,2</b>	<b>5,2</b>	<b>6,1</b>	<b>6,8</b>	<b>5,4</b>			
Čiernica černozečná slabo slanisková, hlboko slancová	Zlatná na Ostrove 400172	Am	0-10	7,3	7,6	8,2	7,2	7,3	8,1	8,0		0,9	0,7	1,9	1,5	0,9	1,7
			10-20	7,6	7,5	8,2	7,0	7,2	8,0	7,9	1,7	1,1	0,9	1,8	1,6	1,2	1,2
		A/CGo(n) CGo(s)n	40-45	8,3	7,6	8,3	7,4	7,1	8,2	8,1	3,8	1,1	<b>5,2</b>	<b>7,7</b>	<b>6,9</b>	4,6	<b>6,2</b>
			50-65	8,0	7,5	8,4	7,8	7,5	8,3	8,1	<b>7,3</b>	<b>8,2</b>	<b>9,5</b>	<b>10,6</b>	<b>10,0</b>	<b>7,5</b>	<b>7,9</b>
			100-110	8,1	7,5	8,4	8,5	7,6	8,3	7,8	<b>10,1</b>	<b>9,7</b>	<b>9,9</b>	<b>13,7</b>	<b>10,1</b>	<b>10,6</b>	<b>9,7</b>
Čiernica černozečná slanisková, slabo slancová	Komárno-Hadovce 400178	Am	0-10	8,3	7,3	8,2	7,0	7,2	8,1	8,0		0,7	0,8	0,8	3,2	2,9	0,5
			10-20	8,5	7,3	8,2	7,0	7,2	8,1	8,0	3,0	0,8	1,3	1,9	3,0	4	1,0
		A/CGo(s) CGo sn	40-50	8,0	7,5	8,1	8,2	7,3	8,2	8,0	<b>7,3</b>	<b>7,3</b>	<b>5,3</b>	<b>7,6</b>	<b>8,8</b>	<b>8,8</b>	2,4
			55-60	8,0	7,5	8,2	8,3	7,4	8,3	8,0	<b>7,9</b>	<b>8,7</b>	<b>6,8</b>	<b>9,7</b>	<b>11,4</b>	<b>9,6</b>	4,2
			70-80	7,8	7,2	8,3	8,2	7,4	8,3	8,2	<b>6,9</b>	<b>8,2</b>	<b>6,8</b>	<b>9,5</b>	<b>12,3</b>	<b>10,6</b>	<b>6,1</b>
100-110	7,8	7,2	8,3	8,1	7,1	8,5	8,1	<b>8,0</b>	<b>7,8</b>	<b>6,5</b>	<b>9,7</b>	<b>10,1</b>	<b>9</b>	<b>6,5</b>			
Čiernica glejová slabo slanisková, slabo slancová	Zemné 400179	Am(sn)	0-10	7,5	7,4	8,0	8,0	6,8	7,8	7,9	<b>8,9</b>	0,6	1,8	4,7	2,9	1,7	2,0
			10-20	7,9	7,4	8,1	8,1	7,0	7,8	7,9	4,4	0,8	2,6	<b>5,5</b>	4,8	2,7	4,3
		A/CGo(sn) CGr(s)n	35-45	8,0	7,5	8,2	8,1	7,0	8,1	7,9	<b>6,9</b>	1,8	<b>6,0</b>	<b>7,0</b>	<b>6,1</b>	<b>6</b>	<b>8,7</b>
			55-65	8,0	7,6	8,2	8,3	7,1	8,0	7,8	<b>9,3</b>	3,7	<b>7,2</b>	<b>8,0</b>	<b>7,8</b>	<b>8,3</b>	<b>9,5</b>
			90-100	8,0	7,7	8,2	8,4	6,1	8,0	7,8	<b>9,7</b>	3,6	<b>7,2</b>	<b>7,9</b>	<b>8,6</b>	<b>8,6</b>	<b>8,5</b>

**Tab. 7** pokračovanie



Názov pôdy	Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	pH/H <sub>2</sub> O							ESP (%)						
				2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Slanec slaniskový	Kamenín	Am sn	0-10	7,9	7,5	8,4	8,2	7,8	7,8	7,8	<b>25,1</b>	<b>9,8</b>	<b>52,0</b>	<b>36,2</b>	<b>48,1</b>	<b>42,9</b>	<b>8,0</b>
			10-20	<b>10,4</b>	8,0	<b>8,7</b>	8,4	<b>8,9</b>	8,3	7,9	<b>20,1</b>	<b>12,4</b>	<b>51,6</b>		<b>65,5</b>	<b>48,6</b>	<b>7,5</b>
	20-30		<b>10,6</b>	<b>8,8</b>	<b>9,0</b>	<b>9,9</b>	<b>9,3</b>	<b>8,8</b>	7,9	<b>26,9</b>	<b>10,1</b>	<b>57,0</b>		<b>72,6</b>	<b>44,3</b>	<b>6,2</b>	
	400138	CSn	40-50	<b>10,5</b>	<b>9,4</b>	<b>9,3</b>	<b>10,0</b>	<b>9,4</b>	<b>9,0</b>	8,0	<b>8,0</b>	<b>12,1</b>	<b>59,1</b>		<b>73,2</b>	<b>36,4</b>	<b>8,9</b>
			60-70		<b>9,3</b>	<b>9,2</b>	<b>9,8</b>	<b>9,2</b>	<b>8,8</b>	8,0	<b>14,7</b>	<b>9,1</b>	<b>53,5</b>	<b>66,4</b>	<b>69,5</b>	<b>54,4</b>	<b>11,4</b>
			80-90	<b>10,3</b>	<b>9,7</b>	<b>9,7</b>	<b>9,6</b>	<b>9,1</b>	<b>8,8</b>	8,2		<b>6,3</b>	<b>58,8</b>		<b>69,9</b>	<b>51,4</b>	<b>10,8</b>
			100-110			8,7	8,5	8,2	8,6	8,2			<b>10,0</b>	<b>20,1</b>	<b>42,2</b>	<b>35,5</b>	<b>10,7</b>
Slanec	Malé Raškovce	Ae sn	0-10	6,6	7,1	7,6	7,4	6,3	7,6	6,9	<b>8,8</b>	3,7	1,3	2,6	<b>8,8</b>	<b>7,2</b>	0,5
			20-30			8,2	8,0	<b>9,2</b>	7,7	6,9			5,2	<b>7,1</b>	<b>39,5</b>	<b>28,5</b>	2,1
	400229	Bn	35-45	7,2	7,3	8,2	8,2	<b>9,1</b>	8,1	6,9	<b>14,0</b>	<b>6,7</b>	<b>9,7</b>	<b>13,7</b>	<b>50,4</b>	<b>31</b>	3,0
			50-60			7,8	8,0	<b>9,0</b>	8,2	7,3			<b>16,4</b>	<b>23,5</b>	<b>53,9</b>	<b>38,2</b>	4,8
			70-80			8,6	<b>8,7</b>	<b>8,9</b>	8,4	7,7			<b>24,8</b>		<b>49,4</b>	<b>31,9</b>	<b>7,1</b>
			120-130			8,0	8,2	8,6	8,6	7,5			<b>34,7</b>	<b>38,9</b>	<b>34,6</b>	<b>37,1</b>	<b>9,6</b>
Slanec-slanisko	Žiar nad Hronom	Asm	0-10	7,0	<b>9,9</b>	<b>9,3</b>	<b>10,1</b>	<b>9,0</b>	<b>9,4</b>	<b>8,7</b>		<b>22,9</b>	<b>75,6</b>		<b>46,3</b>	<b>16,5</b>	-
			10-20					<b>9,3</b>	<b>9,6</b>	<b>8,8</b>					<b>11,8</b>	<b>16,4</b>	-
	400063	Gro sn	20-30		<b>9,6</b>	<b>9,1</b>	<b>10,2</b>	<b>9,5</b>	<b>9,5</b>	<b>9,0</b>		<b>19,3</b>	<b>77,2</b>		<b>47,9</b>	<b>22</b>	-
			30-40	7,0	<b>9,5</b>	<b>9,9</b>	<b>9,9</b>	<b>9,6</b>	<b>9,5</b>	<b>8,6</b>		<b>10,0</b>	<b>82,9</b>		<b>47,4</b>	<b>23,8</b>	-
			55-60			<b>10,0</b>	<b>9,8</b>	<b>9,6</b>	<b>9,3</b>	<b>8,6</b>			<b>77,0</b>		<b>44,4</b>	<b>46,9</b>	<b>29,6</b>
			75-85			<b>9,5</b>	<b>9,6</b>	<b>9,6</b>	<b>9,5</b>	<b>8,6</b>			<b>76,8</b>		<b>47,4</b>	<b>51,9</b>	<b>54,2</b>

Poznámka: ESP - obsah výmenného sodíka v sorpčnom komplexe pôdy  
 údaje vyznačené tučne signalizujú prítomnosť sol'ných procesov

**Tab. 8** Chemické vlastnosti podzemných vôd, významné pre vznik soľných pôd

Lokalita	Dátum merania	pH	EC mS.m <sup>-1</sup>	RL <sub>1</sub>	RL <sub>2</sub>	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SAR
				mg.l <sup>-1</sup>										
Iža 400180	máj	7,9	77	543	308	0,0	329,8	24,6	36,2	63,1	57,7	18,3	0,6	0,56
	september	7,4	164	1154	926	0,0	438,1	118,4	398,5	161,2	79,3	126,0	2,2	2,86
Zemné 400179	máj	7,9	68	560	363	0,0	256,4	42,2	45,2	115,1	19,0	18,8	2,9	0,60
	september	7,4	105	746	552	0,0	410,0	109,9	120,6	157,8	31,0	30,4	2,0	0,82
Gabčíkovo 400176	máj	7,7	135	1199	990	0,0	244,8	70,4	542,5	196,6	65,6	14,1	2,3	0,31
	september	7,5	79	580	418	0,0	249,1	58,5	154,4	109,5	32,6	7,9	1,7	0,24
Zlatná na Ostrove 400177	máj	7,7	175	1260	1117	0,0	612,5	109,0	379,5	134,8	50,9	268,9	2,1	7,06
	september	7,6	190	1206	1118	0,0	612,5	136,5	377,9	125,5	55,1	272,5	2,4	7,19
Komárno-Hadovce 400178	máj	7,5	217	1677	1411	0,0	687,7	174,1	532,0	209,2	101,6	258,7	2,1	5,17
	september	7,3	221	1542	1328	0,0	709,1	178,0	485,7	187,3	97,5	262,6	2,5	5,46

RL<sub>1</sub> - rozpustné látky po sušení pri 105° C

RL<sub>2</sub> - rozpustné látky po žíhaní pri 600° C

EC - elektrická vodivosť

SAR - sodíkový adsorpčný pomer

**Tab. 6** Slancovanie pôd - alkalizácia v r. 2006 (rozbor nasýteného extraktu pôd)

Lokalita	Horizont	Hĺbka cm	ECe mS.m <sup>-1</sup>	Na	Mg	Ca	SAR	ESP
				mmol.l <sup>-1</sup>				%
Iža 400180	Amlcp (S)	0-10	99	0,33	1,95	4,03	0,1	0,9
	Amlcp (S)	15-25	76	0,33	1,64	2,96	0,2	1,1
	Amlc	30-40	66	0,35	1,51	2,30	0,2	1,3
	CGo	75-85	72	1,04	2,22	1,19	0,6	4,4
	Cgon	90-100	81	1,75	2,68	1,12	0,9	<b>6,1</b>
Zemné 400179	Amlcp (S)	0-10	81	0,55	0,93	3,73	0,3	2,0
	Amlcp (S)	10-20	81	1,17	0,93	3,70	0,5	4,3
	A/Cgon	45-55	116	3,90	0,98	3,64	1,8	<b>8,7</b>
	CGrn	65-75	147	5,49	1,25	4,21	2,4	<b>9,5</b>
	CGrn	100-110	<b>215</b>	5,30	1,74	7,61	1,7	<b>8,5</b>
Gabčíkovo 400176	Amlcp (S)	0-10	75	0,21	1,65	3,51	0,1	0,5
	Amlcp (S)	10-20	48	0,17	0,57	2,09	0,1	0,6
	Amlc (S)	40-50	55	0,27	0,61	2,42	0,2	1,1
	A/Cgro (S)	65-75	85	0,90	1,26	2,48	0,5	3,7
	Cgroc(S)n	90-100	121	1,69	2,35	4,31	0,7	5,0
	Cgroc(S)n	100-110	141	1,95	2,95	4,14	0,7	<b>5,4</b>
Zlatná na Ostrove 400172	Amčcp	0-10	107	0,55	1,52	4,56	0,2	1,7
	Amčcp	10-20	72	0,33	1,00	2,92	0,2	1,2
	A/Cgoc(S)n	40-45	108	2,15	1,58	3,83	0,9	<b>6,2</b>
	Cgoc(S)n	50-65	113	3,03	1,15	3,19	1,5	<b>7,9</b>
	2CGoc(S)n	100-110	<b>611</b>	15,48	20,57	16,31	2,5	<b>9,7</b>
Komárno Hadovce 400178	Amčcp (S)	0-10	126	0,23	1,63	5,02	0,1	0,5
	Amčcp (S)	10-20	123	0,38	1,60	4,92	0,1	1,0
	A/CGocSn	40-50	70	0,54	0,90	2,49	0,3	2,4
	CGrocSn	55-60	75	1,04	1,57	2,16	0,5	4,2
	CGrocSn	70-80	80	1,71	1,75	1,92	0,9	<b>6,1</b>
	CGrocSn	100-110	164	3,09	4,99	4,60	1,0	<b>6,5</b>
Kamenín 400138	AmSn	0-10	182	4,73	3,52	6,48	1,5	<b>8,0</b>
	AmSn	10-20	164	4,01	4,06	5,50	1,3	<b>7,5</b>
	AmSn	20-30	117	2,37	3,35	3,52	0,9	<b>6,2</b>
	AmSn	40-50	71	3,07	1,31	1,15	2,0	<b>8,9</b>
	Bn(S)	60-70	69	4,94	0,60	0,53	4,7	<b>11,4</b>
	Bn	80-90	76	5,29	0,68	0,92	4,2	<b>10,8</b>
	Bn	100-110	73	4,98	0,63	0,81	4,1	<b>10,7</b>
Malé Raškovec 400229	Ae(S)	0-10	44	0,14	0,45	1,89	0,1	0,5
	A(S)n	20-30	34	0,34	0,50	1,19	0,3	2,1
	Asn	35-45	30	0,45	0,60	0,90	0,4	3,0
	BnS	50-60	24	0,64	0,44	0,59	0,6	4,8
	BnS	70-80	33	1,30	0,57	0,68	1,2	<b>7,1</b>
	BnS	120-130	65	3,95	0,79	0,84	3,1	<b>9,6</b>
Žiar nad Hronom 400063	An	0-10	-	-	-	-	-	-
	An	10-20	-	-	-	-	-	-
	A/Bn	20-30	-	-	-	-	-	-
	Bn	35-45	-	-	-	-	-	-
	Bn(S)	55-65	-	39,09	2,98	1,54	18,4	<b>29,6</b>
	Bn(S)	75-85	-	53,72	0,58	0,64	48,6	<b>54,2</b>

ESP &gt; 5 %, ECe &gt; 200 - nadlimitné hodnoty

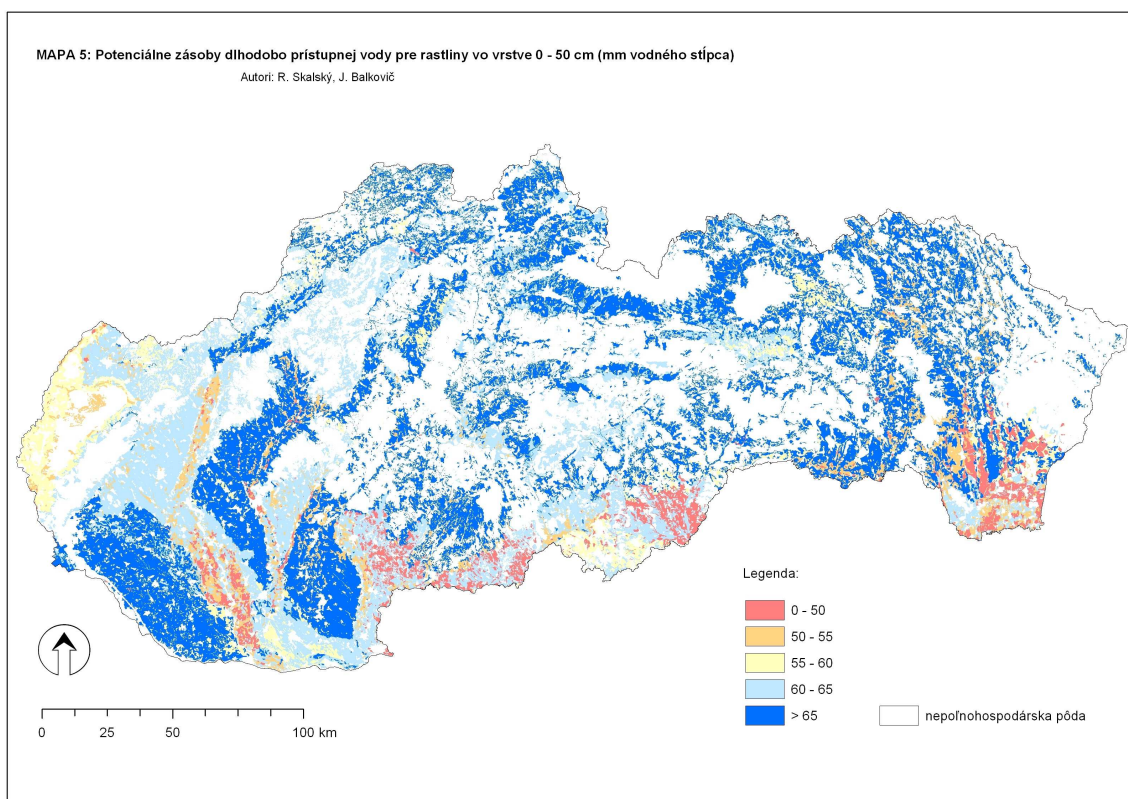
## Záver

Výsledky monitoringu soľných pôd v roku 2006 a ich analýza (tabuľka 2 – 6) sú s malými odchýlkami zhodné s výsledkami predchádzajúcich rokov. Na monitorovanom území súčasne prebieha slaniskovanie a slancovanie, pričom slancovanie je výraznejšie a dominantné. Významne to potvrdzujú výsledky r. 2003 a 2005 kedy sme v slabo slancových pôdach namerali hodnoty ESP nad 10 %. Opakovane sme tu zaznamenali zreteľnú zmenu slabo slancovej pôdy na slancovú resp. zmenu prvého stupňa slancovania na jeho stredný stupeň.

Z hľadiska rizikovosti vzniku, rozširovania a rozvoja soľných pôd, charakterizovaného chemickým zložením podzemných vôd (tabuľka 6) je takéto riziko najreálnejšie na dolnej časti Žitného ostrova v úseku Zlatná na Ostrove – Komárno. Svedčia o tom vyššie hodnoty elektrickej vodivosti ( $EC_e$  175 - 221  $mS \cdot m^{-1}$ ), vysoká mineralizácia podzemných vôd (1206 - 1677  $mg \cdot l^{-1}$ ), vysoký obsah sodíka (259-272  $mg \cdot l^{-1}$ ), vysoký obsah hydrogénuhličitanových iónov ( $HCO_3^-$  612-709  $mg \cdot l^{-1}$ ) ako aj sodíkový adsorpčný pomer (SAR 5,17-7,19), ktorý indikuje reálne podmienky pre vznik sódového zasolovania, ktoré patrí k najhoršiemu druhu soľných pôd.

Čo sa týka desertifikácie pôd ani v rámci 18 ročného monitoringu Gabčíkovo sme nezaznamenali žiadne trendy indikujúce procesy vysušovania. Práve naopak, po spustení vodného diela do prevádzky sledujeme zvýšenie vlhkosti pôdneho profilu a jeho vodného režimu a zvýšenie celkových zásob pôdnej vody v nenasýtenej zóne pôdy v oblasti zdrže Čunovo. Ďalším trendom je stabilizácia vlahových pomerov a vodného režimu pôd v oblasti prírodného kanála.

Z vyššie uvedeného sa nazdávame, že sledovať permanentne problém desertifikácie v oblasti Žitného ostrova, kde sa nachádzajú všetky monitorovacie plochy monitoringu Gabčíkovo nemá v súčasnosti svoje opodstatnenie.



## 5.4. Difúzna kontaminácia pôd

### 5.4.1. Hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja kontaminácie pôd v základnej sieti

V roku 2006 boli spracované a analyzované pôdne vzorky odobraté v 3. odberovom cykle (v roku odberu 2002). V novembri 2006 boli ukončené chemické analýzy monitorovaných pôd pre skupiny S13, S14, S15, S16, S19 a S20.

#### Materiál a metódy

V monitoringu pôd SR bol sledovaný obsah rizikových prvkov vo výluhu 2M HNO<sub>3</sub> (pre As, Cd, Cr Cu, Ni, Pb, Zn), pri ktorých boli vyhodnotené určené základné štatistické parametre (Xmin- minimálna hodnota, Xmax- maximálna hodnota, Xp- priemerná hodnota) za 1., 2. a 3. odberový cyklus skupiny monitorovaných pôd:

1. PSEUDOGLEJE a LUVIZEME PSEUDOGLEJOVÉ na polygenetických sprašových hlinách (OP) – **S13**
2. PSEUDOGLEJE na polygenetických sprašových hlinách (TTP) – **S14**
3. HNEDOZEME a HNEDOZEME PSEUDOGLEJOVÉ na sprašiach, resp. na polygenetických sprašových hlinách (prevažne OP) – **S15**
4. ČERNOZEME a ČERNOZEME HNEDAZEMNÉ na sprašiach (prevažne OP) – **S16**
5. FLUVIZEME a FLUVIZEME GLEJOVÉ na karbonátových fluvialných sedimentoch (prevažne OP) – **S19**
6. FLUVIZEME, FLUVIZEME GLEJOVÉ a GLEJE na nekarbonátových fluvialných sedimentoch (prevažne OP) – **S20**

#### Výsledky a diskusia

Vo vybraných pôdach (skupina S13, S14, S15, S16, S19 a S20) zo základnej siete ČMS - pôda sme vypočítali priemerné obsahy určených rizikových prvkov pre monitorované hĺbky za všetky skupiny (tab. č.1).

**Tab. 1** Priemerné obsahy za všetky skupiny vybraných pôd (S13, S14, S15, S16, S19 a S20) – 3.odberový cyklus (rok 2002) – výluh v 2mol.dm<sup>-3</sup> HNO<sub>3</sub>

Limit* (mg/kg)	<b>5,0</b>	<b>0,3</b>	<b>10,0</b>	<b>20,0</b>	<b>10,0</b>	<b>30,0</b>	<b>40,0</b>
Hĺbka	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
0-10	2,01	<b>0,29</b>	3,41	11,07	5,37	16,11	18,24
20-30	1,58	<b>0,70</b>	3,40	10,17	3,54	12,99	41,62
35-45	1,53	<b>0,39</b>	3,18	9,99	4,58	10,83	16,52

\* limitná hodnota pre výluh v 2M HNO<sub>3</sub> podľa Rozhodnutie MP SR č, 531/1994-540

Toto kritérium popisuje parameter vertikálnej distribúcie prvku v monitorovaných pôdnych sondách z hľadiska hodnotenia hygienického stavu pôdneho fondu.

Monitorované skupiny pôd majú veľmi vysoký obsah Cd (tab. č.1), kde priemerný obsah Cd je na hranici hygienického limitu (hĺbka 0-10cm). Obsah ostatných sledovaných rizikových prvkov je z hľadiska hygienického stavu vyhovujúci.

*Vyhodnotenie súčasného hygienického stavu ČMS - pôda pre určené skupiny pôd S13, S14, S15, S16, S19 a S20 za 3. odberový cyklus (odber v roku 2002)*

Vyhodnotenie určených skupín pôd - základné štatistické vyhodnotenie aktuálneho stavu za 3. odberový cyklus, kde sme uviedli minimálne, maximálne a priemerné hodnoty pre vybrané skupiny pôd je uvedené v tab. č. 2 až tab. č. 4.

*Arzén*

Priemerná hodnota arzénu v pôdnom profile sa pohybuje pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky v rozpätí od 0,7 do 3,7 mg/kg. Maximálna hodnota obsahu As je 20,7 mg/kg pre hĺbku 0-10cm skupina S19 (tab. č. 2).

*Kadmium*

Priemerná hodnota kadmia v pôdnom profile sa pohybuje pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky v rozpätí od 0,1 do 0,8 mg/kg. Maximálna hodnota obsahu Cd je 9,3 mg/kg pre hĺbku 0-10cm skupina S20 (tab. č. 2).

*Chróm*

Priemerná hodnota chrómu v pôdnom profile sa pohybuje pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky v rozpätí od 1,8 do 6,4 mg/kg. Maximálna hodnota obsahu Cr je 40,3 mg/kg pre hĺbku 0-10cm skupina S20 (tab. č. 2).

**Tab. 2** Zastúpenie As, Cd, Cr (v mg.kg<sup>-1</sup> výluhu 2mol.dm<sup>-3</sup> HNO<sub>3</sub>) vo vybraných pôdach v 3. odberovom cykle (rok odberu 2002)

Skupina	Kultúra	Hĺbka odberu	As*			Cd			Cr		
			Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp
S13	OP	0-10	0,32	13,02	1,81	0,10	0,90	0,18	1,16	4,96	2,79
		35-45	0,26	9,42	1,00	0,10	0,45	0,20	0,84	5,17	2,45
S14	TTP	0-10	1,21	3,85	1,75	0,11	0,85	0,24	1,28	9,51	3,24
		20-30	0,52	3,82	1,35	0,10	0,26	0,16	0,77	4,69	2,69
		35-45	0,17	2,65	0,66	0,18	0,18	0,18	0,16	3,28	1,78
S15	OP	0-10	0,41	2,10	1,11	0,10	0,38	0,15	1,01	3,12	2,15
		35-45	0,20	1,62	0,81	0,11	0,15	0,13	1,07	4,52	2,44
S16	OP	0-10	0,55	1,64	1,05	0,12	0,29	0,16	1,76	4,08	2,37
		35-45	0,33	1,30	0,84	0,11	0,28	0,17	2,01	3,64	2,66
S19	OP	0-10	1,3	20,3	3,7	0,1	1,3	0,3	2,2	5,5	4,0
		35-45	0,60	22,59	3,74	0,10	0,70	0,22	1,81	6,55	4,26
S20	OP	0-10	0,86	15,24	2,71	0,11	9,23	0,75	2,75	40,30	6,41
		35-45	0,60	22,59	3,74	0,10	10,71	0,78	1,71	23,10	5,48

\*As (vo výluhu 2mol.dm<sup>-3</sup> HCl)

*Med'*

Priemerná hodnota medi v pôdnom profile sa pohybuje pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky v rozpätí od 2,7 do 20,6 mg/kg. Maximálna hodnota obsahu Cu je 98,6 mg/kg pre hĺbku 0-10cm skupina S20 (tab. č. 3).

### Nikel

Priemerná hodnota niklu v pôdnom profile sa pohybuje pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky v rozpätí od 1,2 do 7,4 mg/kg. Maximálna hodnota obsahu Ni je 14,9 mg/kg pre hĺbku 0-10cm skupina S20 (tab. č. 3).

**Tab. 3** Zastúpenie Cu, Ni (v mg.kg<sup>-1</sup> výluh 2M HNO<sub>3</sub>) vo vybraných pôdach v 3. odberovom cykle (rok odberu 2002)

Skupina	Kultúra	Hĺbka odberu	Cu			Ni		
			Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp
S13	OP	0-10	3,19	16,58	6,08	0,54	9,27	2,98
		20-30	2,88	2,88	2,88	0,52	0,52	0,52
		35-45	1,20	13,79	4,13	0,14	7,92	2,23
S14	TTP	0-10	3,33	7,28	5,53	0,37	3,44	1,89
		20-30	3,04	8,10	4,84	0,38	3,44	1,58
		35-45	0,94	6,23	2,70	0,06	3,15	1,16
S15	OP	0-10	5,01	12,48	7,41	2,46	7,90	4,96
		20-30	5,99	7,72	6,85	4,51	5,42	4,96
		35-45	3,13	8,32	5,67	0,90	6,94	3,82
S16	OP	0-10	6,72	16,90	10,53	5,15	9,90	7,43
		20-30	9,67	10,26	9,96	5,79	6,68	6,23
		35-45	4,00	17,38	9,45	3,22	9,30	6,55
S19	OP	0-10	6,8	82,7	17,6	2,8	12,1	7,3
		20-30	10,81	10,81	10,81	10,78	10,78	10,78
		35-45	4,70	100,17	18,81	2,93	10,28	6,99
S20	OP	0-10	6,23	98,64	20,02	1,67	14,90	7,35
		20-30	9,60	80,79	29,27	1,65	11,88	7,86
		35-45	4,16	128,46	20,59	1,37	14,05	6,93

### Olovo

Priemerná hodnota olova v pôdnom profile sa pohybuje pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky v rozpätí od 7,5 do 22,8 mg/kg. Maximálna hodnota obsahu Pb je 161,4 mg/kg pre hĺbku 0-10cm skupina S13 (tab. č. 4).

### Zinok

Priemerná hodnota zinku v pôdnom profile sa pohybuje pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky v rozpätí od 4,9 do 58,1 mg/kg. Maximálna hodnota obsahu Zn je 633,4 mg/kg pre hĺbku 0-10cm skupina S20 (tab. č. 4).

**Tab. 4** Zastúpenie Pb, Zn (v mg.kg<sup>-1</sup> výluh 2mol.dm<sup>-3</sup> HNO<sub>3</sub>) vo vybraných pôdach v 3. odberovom cykle (rok odberu 2002)

Skupina	Kultúra	Hĺbka odberu	Pb			Zn		
			Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp

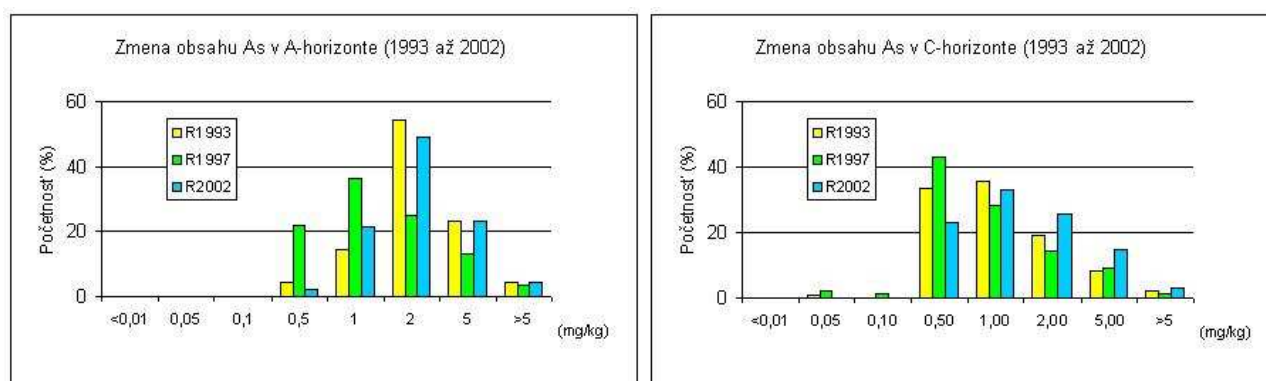
S13	OP	0-10	4,42	161,37	16,42	4,69	65,08	10,06
		20-30	9,26	9,26	9,26	5,43	5,43	5,43
		35-45	4,03	96,14	9,91	2,09	53,93	7,53
S14	TTP	0-10	8,48	31,10	16,87	4,63	18,46	11,19
		20-30	4,23	28,37	13,55	2,60	18,67	8,03
		35-45	3,03	30,83	8,68	1,89	15,46	4,87
S15	OP	0-10	7,28	22,58	11,61	5,08	26,52	8,80
		20-30	8,09	16,14	12,11	7,12	11,23	9,17
		35-45	3,55	14,84	7,45	2,29	11,76	6,32
S16	OP	0-10	7,18	16,54	11,84	5,46	21,02	9,39
		20-30	11,22	12,26	11,74	8,92	9,22	9,07
		35-45	4,50	16,20	8,58	4,49	22,23	7,84
S19	OP	0-10	8,0	100,1	18,5	9,3	108,9	21,2
		20-30	12,13	12,13	12,13	19,91	19,91	19,91
		35-45	4,58	84,33	16,77	6,01	69,85	17,78
S20	OP	0-10	9,06	147,81	22,83	9,58	633,41	52,02
		20-30	11,78	12,13	12,01	19,91	622,57	183,27
		35-45	7,71	47,75	13,94	6,47	865,27	58,14

- Xmin – minimálna stanovená hodnota vybranej skupiny
- Xmax – maximálna stanovená hodnota vybranej skupiny
- Xp – priemerná hodnota vybranej skupiny
- OP – orné pôdy
- TTP – trvalé trávne porasty

### Porovnanie trendu vývoja obsahu As v pôdnom profile pre hodnotené skupiny pôd

Obsah arzénu za sledované obdobie rokov 1993 až 2002 (1. až 3. odberový cyklus) pre hodnotené skupiny pôd S13, S14, S15, S16, S19 a S20 ukazuje, že v A-horizonte nastal mierny pokles obsahu arzénu. Naproti tomu v C- horizonte nastal mierny vzostup obsahu arzénu. Poukazuje to na vertikálnu migráciu As smerom do hlbších polôh pôdneho profilu (obr. 1).

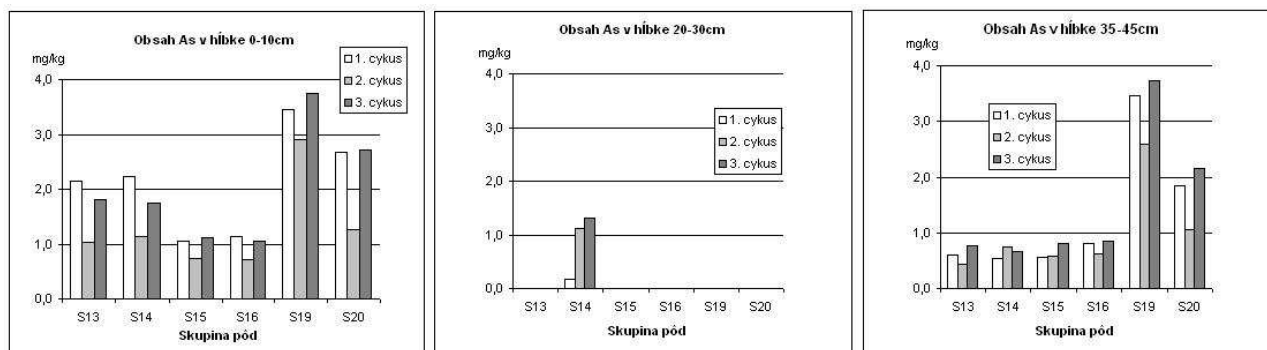
**Obr. 1** Porovnanie zmeny distribúcie As v A,C –horizonte počas rokov 1993 až 2002.



Na obr. č. 2 je zobrazený vývojový trend obsahu As počas rokov 1993 až 2002 pre skupiny pôd S13, S14, S15, S16, S19 a S20

**Obr. 2** Priemerný obsah As v pôdnom profile (hlbka 0-10cm; 20-30cm a 35-45cm) pre skupiny pôd S13, S14, S15, S16, S19 a S20

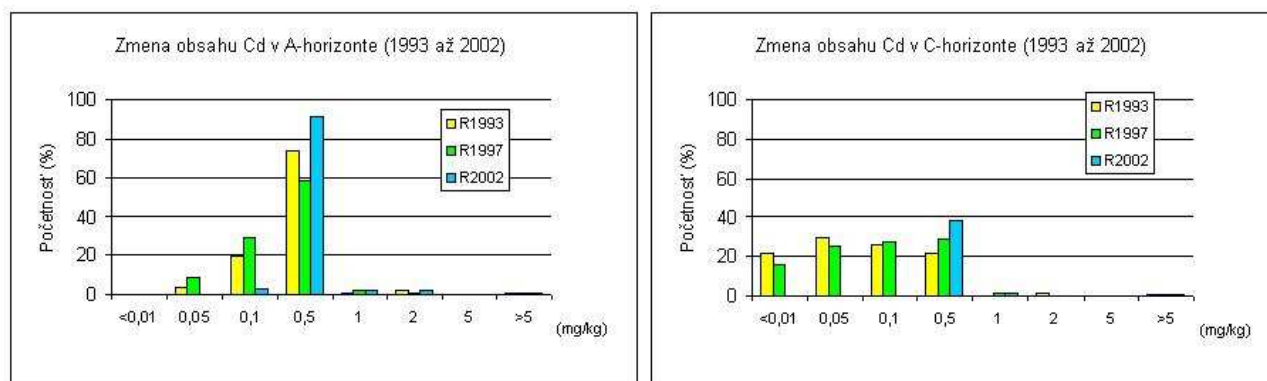




Porovnanie trendu vývoja obsahu Cd v pôdnom profile pre hodnotené skupiny pôd

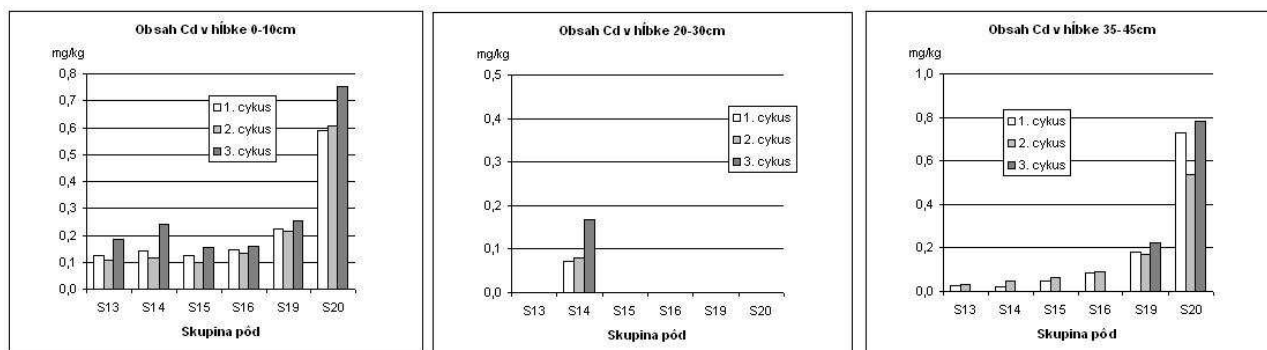
Obsah kadmia za sledované obdobie rokov 1993 až 2002 (1. až 3. odberový cyklus) pre hodnotené skupiny pôd S13, S14, S15, S16, S19 a S20 ukazuje, že nastalo mierne zvýšenie obsahu kadmia v intervale 0,1 až 0,5 mg/kg v A,C- horizonte (obr. č. 3).

Obr. 3 Porovnanie zmeny distribúcie Cd v A,C –horizonte počas rokov 1993 až 2002



Na obr. č. 4 je zobrazený vývojový trend obsahu Cd počas rokov 1993 až 2002 pre skupiny pôd S13, S14, S15, S16, S19 a S20. Pri skupine S13 až S20 došlo k zvýšeniu obsahu Cd pre všetky skupiny v A,C -horizonte. Príčinu je potrebné preskúmať (napr. erózia, príp. zmena chemickej formy vystupovania Cd v pôdnom profile, zmena citlivosti stanovenia Cd) (obr. č. 4).

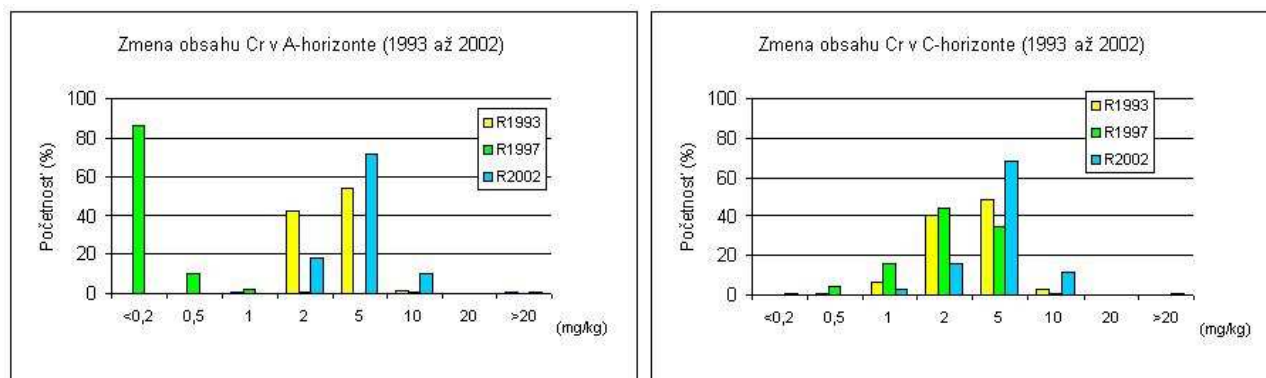
Obr. 4 Priemerný obsah Cd v pôdnom profile (hĺbka 0-10cm; 20-30cm a 35-45cm) pre skupiny pôd S13, S14, S15, S16, S19 a S20



Porovnanie trendu vývoja obsahu Cr v pôdnom profile pre hodnotené skupiny pôd

Obsah chrómu za sledované obdobie rokov 1993 až 2002 (1. až 3. odberový cyklus) pre hodnotené skupiny pôd S13, S14, S15, S16, S19 a S20 ukazuje, že nastalo zvýšenie obsahu chrómu v intervale 2,0 až 20,0 mg/kg v A,C- horizonte (obr. č. 5).

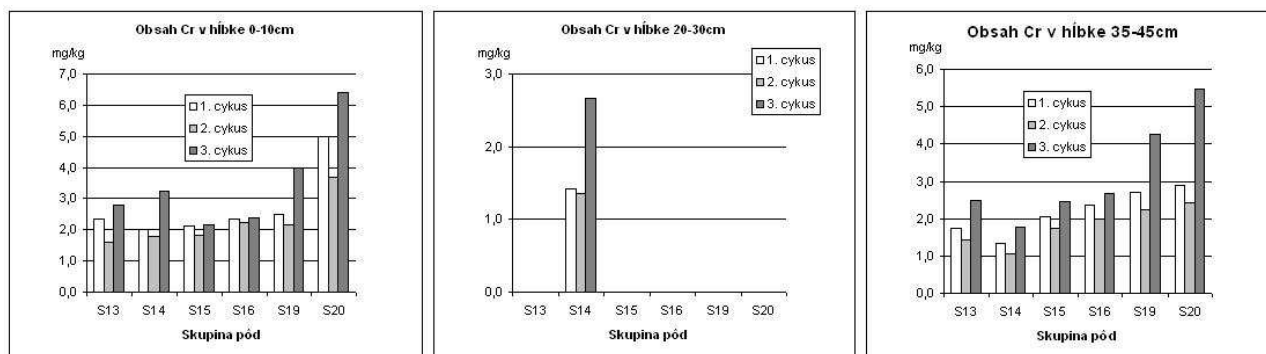
**Obr. 5** Porovnanie zmeny distribúcie Cr v A,C –horizonte počas rokov 1993 až 2002



Na obr. č. 6 je zobrazený vývojový trend obsahu Cr počas rokov 1993 až 2002. Pri skupine S13, S14, S19 a S20 došlo k výraznému zvýšeniu obsahu chrómu v hĺbke 0-10cm. V hĺbke 35-45cm došlo k výraznému zvýšeniu obsahu chrómu pri všetkých skupinách (obr. č. 6). Poukazuje to na vertikálnu migráciu chrómu do podložia, ale i na vplyv emisií.

Príčinu zmeny obsahu Cr je potrebné preskúmať (napr. erózia, príp. zmena chemickej formy vystupovania Cr v pôdnom profile, zmena citlivosti stanovenia Cr).

**Obr. 6** Priemerný obsah Cr v pôdnom profile (hĺbka 0-10cm; 20-30cm a 35-45cm) pre skupiny pôd S13, S14, S15, S16, S19 a S20

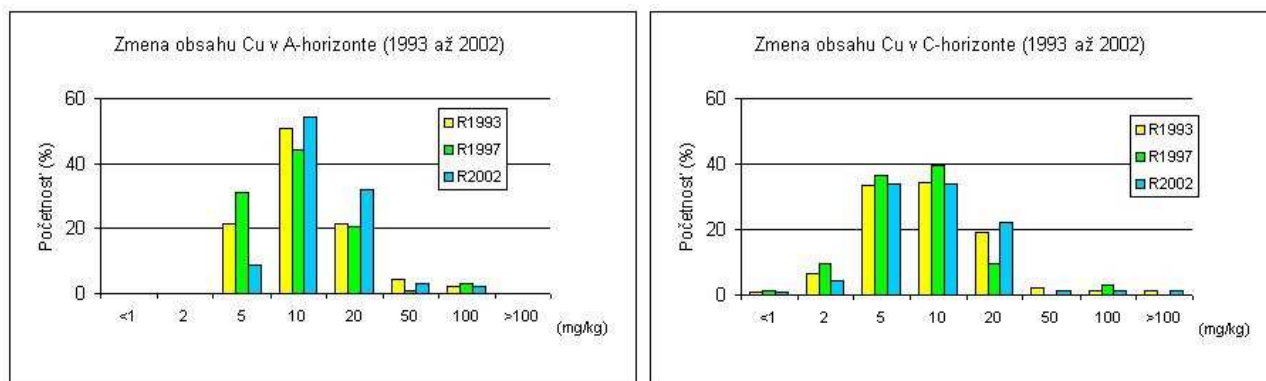


### Porovnanie trendu vývoja obsahu Cu v pôdnom profile pre hodnotené skupiny pôd

Med' za sledované obdobie (1.-3. cyklus) ukazuje na zmenu distribúcie. V intervale 5 až 20 mg/kg došlo k zvýšeniu obsahu Cu a v intervale 2 až 5 mg/kg došlo k zníženiu obsahu Cu v A- horizonte. Príčinou môže byť vplyv erózie na laterálnu migráciu Cu v pôdnom profile (obr. č. 7).

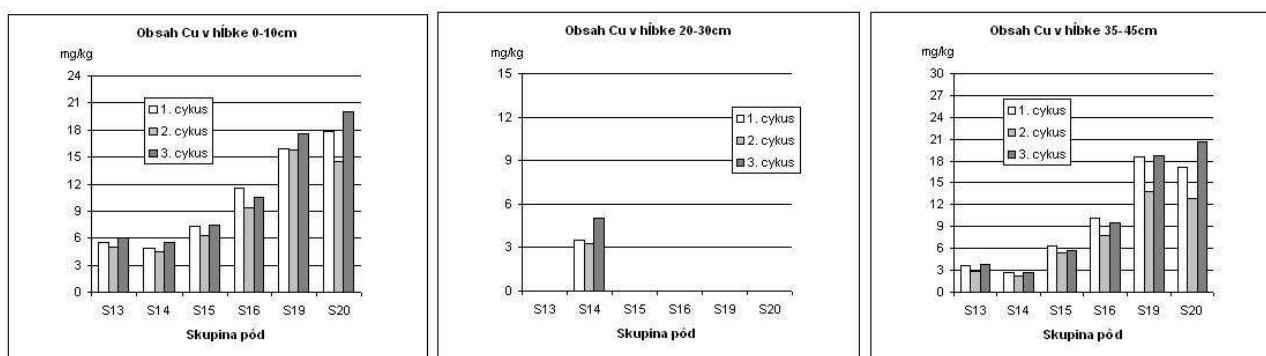
V C- horizonte neboli zistené výrazne zmeny distribúcie Cu oproti roku 1993.

**Obr. 7** Porovnanie zmeny distribúcie Cu v A,C –horizonte počas rokov 1993 až 2002.



Uvedené potvrdzuje i zobrazenie distribúcie Cu v pôdnom profile pre hodnotené skupiny v distribučných grafoch obsahu Cu pre určené koncentračné intervaly na obr. č. 8. Pri skupine S20 je náznak vertikálnej migrácie medzi v pôdnom profile.

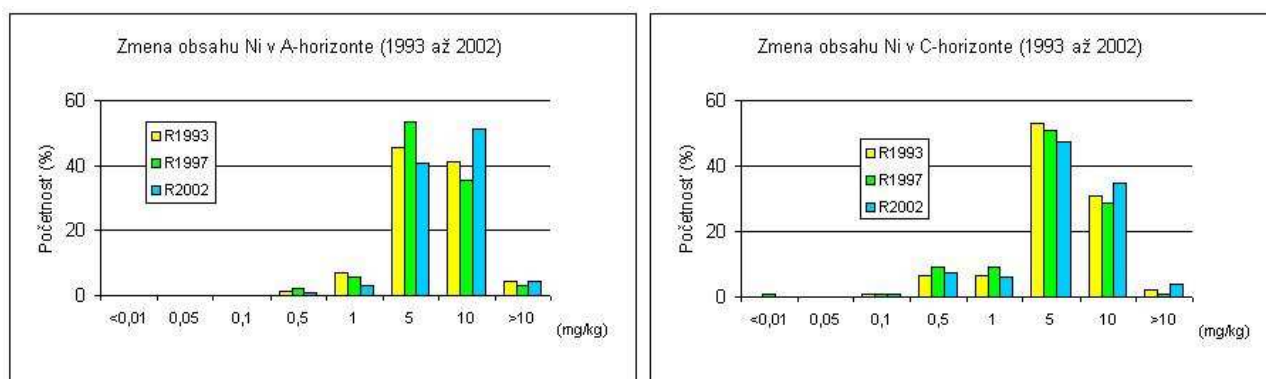
**Obr. 8** Priemerný obsah Cu v pôdnom profile (hĺbka 0-10cm; 20-30cm a 35-45cm) pre skupiny pôd S13, S14, S15, S16, S19 a S20



*Porovnanie trendu vývoja obsahu Ni v pôdnom profile pre hodnotené skupiny pôd*

Nikel za sledované obdobie (1.-3. cyklus) ukazuje na zmenu distribúcie. V intervale 5 až 10 mg/kg došlo k zvýšeniu obsahu Ni a v intervale 1 až 5 mg/kg došlo k zníženiu obsahu Ni v A,C- horizonte. Príčinou môže byť vplyv erózie na laterálnu migráciu Ni v pôdnom profile (obr. č. 9).

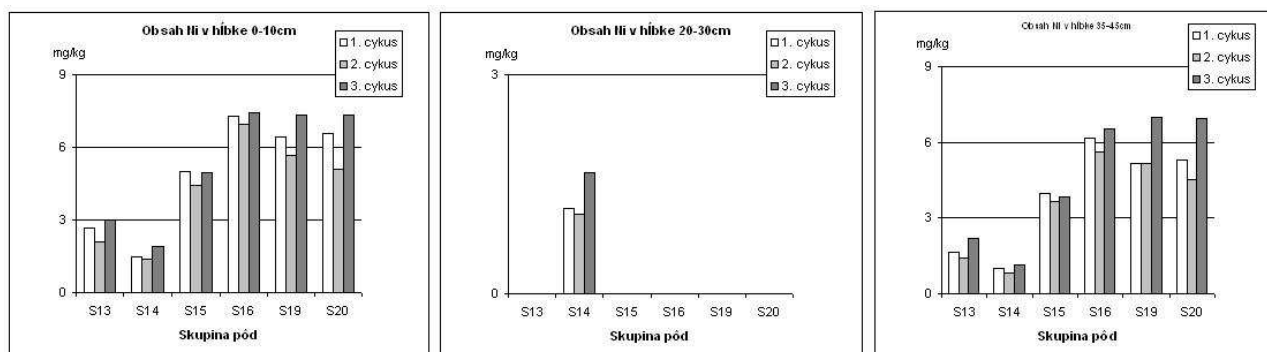
**Obr. 9** Porovnanie zmeny distribúcie Ni v A,C –horizonte počas rokov 1993 až 2002.



Na obr. č. 10 je zobrazený vývojový trend obsahu niklu počas rokov 1993 až 2002. Pri skupine S13, S16, S19 a S20 došlo k výraznému zvýšeniu obsahu Ni v hĺbke 0-10cm i v hĺbke 35-45cm. (obr. č. 10). Poukazuje to na vertikálnu i laterálnu migráciu Ni do podložia, ale i na vplyv erózie.

Príčinu zmeny obsahu Ni je potrebné preskúmať (napr. erózia, príp. zmena chemickej formy vystupovania Ni v pôdnom profile, zmena citlivosti stanovenia Ni).

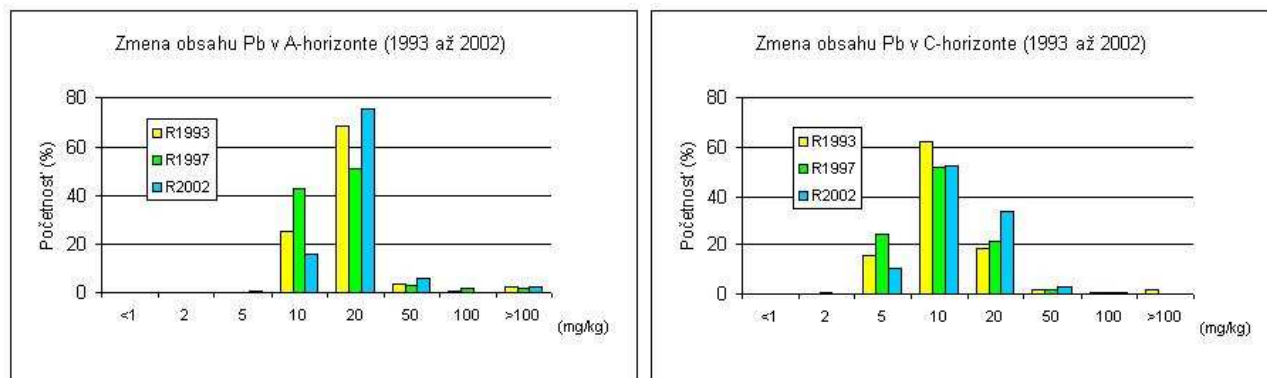
**Obr. 10** Priemerný obsah Ni v pôdnom profile (hĺbka 0-10cm; 20-30cm a 35-45cm) pre skupiny pôd S13, S14, S15, S16, S19 a S20



*Porovnanie trendu vývoja obsahu Pb v pôdnom profile pre hodnotené skupiny pôd*

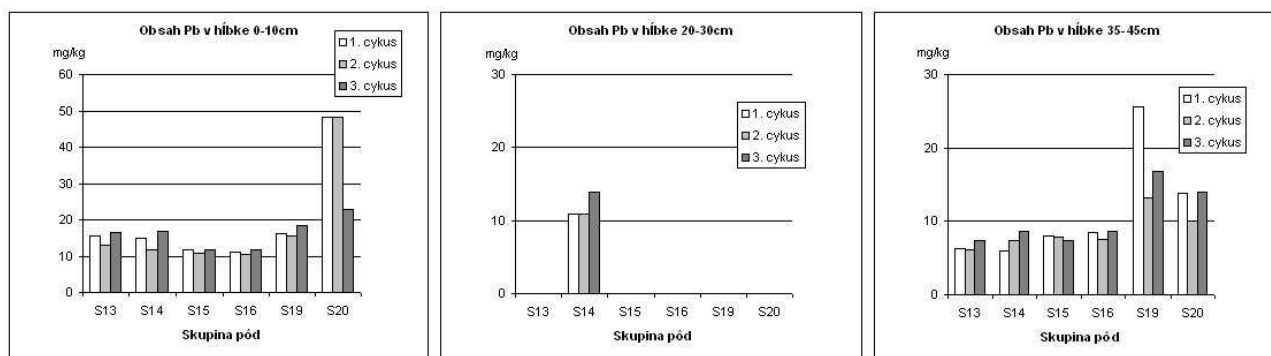
Obsah olova za sledované obdobie rokov 1993 až 2002 (1. až 3. odberový cyklus) pre hodnotené skupiny pôd S13, S14, S15, S16, S19 a S20 ukazuje, že nastalo zvýšenie obsahu Pb v intervale 10,0 až 20,0 mg/kg a v intervale 2 až 10 mg/kg došlo k zníženiu obsahu Pb v A,C- horizonte. Poukazuje to na vertikálnu i laterálnu migráciu Pb do podložia, ale i na vplyv erózie (obr. č. 11).

**Obr. 11** Porovnanie zmeny distribúcie Pb v A,C –horizonte počas rokov 1993 až 2002.



Na obr. č. 12 je zobrazený vývojový trend obsahu olova počas rokov 1993 až 2002. Zmena obsahu olova v pôdnom profile nie je výrazná, okrem skupiny S20 a S19. Pri skupine S20 v hĺbke 0-10cm a pri skupine S19 v hĺbke 35-45cm došlo k výraznému poklesu obsahu olova. Poukazuje to na laterálnu migráciu Pb na vplyv erózie (obr. č. 12).

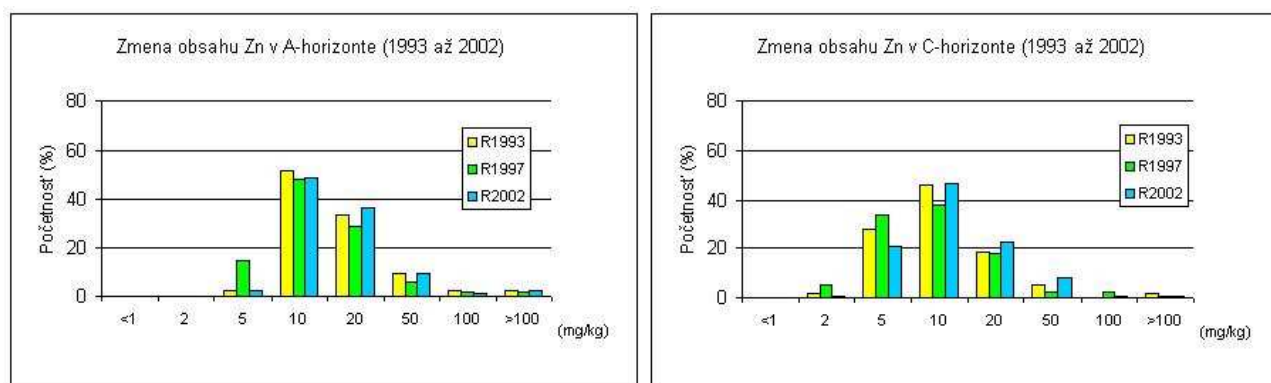
**Obr. 12** Priemerný obsah Pb v pôdnom profile (hĺbka 0-10cm; 20-30cm a 35-45cm) pre skupiny pôd S13, S14, S15, S16, S19 a S20



*Porovnanie trendu vývoja obsahu Zn v pôdnom profile pre hodnotené skupiny pôd*

Zinok za sledované obdobie (1.-3. cyklus) ukazuje na málo preukázateľné zmeny distribúcie Zn v pôdnom profile (obr. č. 13), ale pri hodnotení jednotlivých skupín pôd sú zmeny v distribúcií Zn výrazne (obr. č. 14).

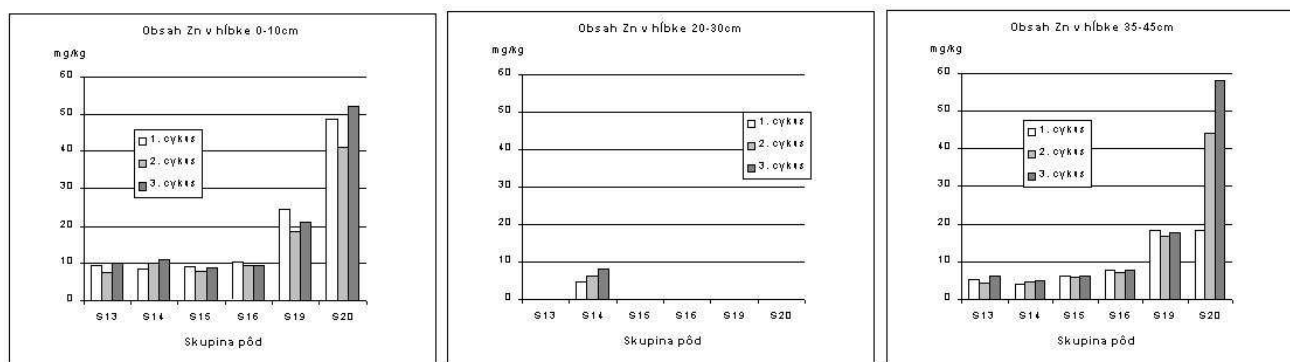
**Obr. 13** Porovnanie zmeny distribúcie Zn v A,C –horizonte počas rokov 1993 až 2002.



Na obr. č. 14 je zobrazený vývojový trend obsahu zinku počas rokov 1993 až 2002. Pri skupine S20 došlo zvýšeniu obsahu Zn v hĺbke 0-10cm a k výraznému zvýšeniu obsahu Zn v hĺbke 35-45cm.

Poukazuje to na vertikálnu i laterálnu migráciu Zn do podložia a na vplyv erózie(?). Pri ostatných skupinách je stav distribúcie Zn v pôdnom profile pomerne stabilizovaný.

**Obr. 14** Priemerný obsah Zn v pôdnom profile (hĺbka 0-10cm; 20-30cm a 35-45cm) pre skupiny pôd S13, S14, S15, S16, S19 a S20



## **Záver**

Prezentované výsledky potvrdili, že vývoj kontaminácie hodnotených poľnohospodárskych pôd je stabilizovaný a za sledované obdobie (1.-3. cyklus) 1993 až 2002 nedošlo k výraznému nárastu emisnej záťaže monitorovaných vybraných pôd (skupina S13, S14, S15, S16, S19 a S20). Potvrdila sa vertikálna i laterálna migrácia rizikových prvkov.

Distribúcia prvkov v pôdnom profile sledovaných pôd má pomerne vysoký koeficient variability priemerného obsahu. Preto je pomerne zložité určiť stav prírastku – úbytku emisnej (difúznej) kontaminácie pre konkrétnu monitorovanú sondu, pretože zmeny obsahu prvku sú veľmi malé, ak nedôjde k ekologickej havárii zapríčinennej človekom.

### **5.4.2. Hodnotenie kontaminácie pôd na príklade kľúčových lokalít**

V roku 2006 boli odobrané, spracované, analyzované a vyhodnotené pôdne vzorky kľúčových lokalít (rok odberu 2006) zo Základnej siete ČMS – pôda. Sú to kľúčové lokality:

- Topoľníky (400 100)
- Liesek (400 332)
- Stakčín (400 333)
- Voderady (400 114)
- Dvorníky (400 023)
- Malanta (400 334)
- Nacina Ves (400 223)
- Žiar nad Hronom (400 003)
- Koš (400 062)
- Jelšava (400 250)

Na týchto lokalitách je každoročne vyhodnocovaný obsah určených ťažkých kovov v pôdnom profile (výluh v  $2\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}\text{HNO}_3$ ) stav erózie a salinizácia.

#### *Stručná charakteristika monitorovaných sond*

Žiar n/Hronom - Horné Opatovce (400 003). Na monitorovanom mieste je vyvinutý pseudoglej luvizemný nasýtený na sprašových hlinách. Pôdna sonda má zvýšený obsah As a Pb (tab. č. 1).

Dvorníky (400 023). Na monitorovanom mieste je vyvinutá fluvizem kultizemná nekarbonátová na nivných sedimentoch. Pôdna sonda má prekročený hygienický limit pre Cd, Cu, Pb a Zn podľa Rozhodnutia MP SR č, 531/1994-540 (tab. č. 1).

Koš (400 062). Na monitorovanom mieste je vyvinutý pseudoglej kultizemný nasýtený na sprašových hlinách. Pôdna sonda má zvýšený obsah As (tab. č. 1).

Dolné Topoľníky (400 100). Na monitorovanom mieste je vyvinutá fluvizem kultizemná karbonátová na fluviálnych sedimentoch.

Voderady (400 114). Na monitorovanom mieste je vyvinutá černozem kultizemná karbonátová na spraši.

Nacina Ves (400 223). Na monitorovanom mieste je vyvinutá fluvizem glejová nekarbonátová na fluviálnych sedimentoch. Pôdna sonda má zvýšený obsah Cd, Cu a prekročený hygienický limit pre Ni podľa Rozhodnutia MP SR č, 531/1994-540 (tab. č. 1).

Jelšava (400 250). Na monitorovanom mieste je vyvinutý pseudoglej luvizemný kultizemný nasýtený na svahovinách s nekarbonátovými balvanmi.

Liesek (400 332). Na monitorovanom mieste je vyvinutý pseudoglej kultizemný na sprašových hlinách.

Stakčín (400 333). Na monitorovanom mieste je vyvinutý pseudoglej luvizemný kultizemný nasýtený na flyši v typickom vývoji.

Malanta Nitrianske Hrnčiarovce (400 334). Na monitorovanom mieste je vyvinutá hnedozem kultizemná na plytkých sprašových prekryvoch, pod ktorými vystupujú neogénne sedimenty.

### ***Materiál a metódy***

V monitorovanom systéme ČMS - pôda bol vyhodnotený vývojový trend hygienického stavu pôd pre obsah rizikových prvkov As\*, Cd, Cr Cu, Ni, Pb, Zn (vo výluhu 2mol.dm<sup>-3</sup> HNO<sub>3</sub>) na určených kľúčových lokalitách za obdobie 1993 až 2006.

### ***Výsledky a diskusia***

Priemerné obsahy určených rizikových prvkov pre hodnotené kľúčové lokality za sledované obdobie rokov 1993 až 2006 sú uvedené v tab. 1. Priemerné obsahy sú vypočítané z odberov za časové obdobie rokov 1993 až 2006.

**Tab. 1**

(mg/kg)	Limit	Výluh 2mol.dm <sup>-3</sup> HNO <sub>3</sub>						
		5,0	0,3	10,0	20,0	10,0	30,0	40,0
Lokalita	IČS	As*	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Žiar nad Hronom	400003	4,07	0,26	2,11	6,89	2,70	25,91	16,78
Dvorníky	400023	3,02	8,11	2,42	65,62	1,29	833,6	547,7
Koš	400062	4,12	0,06	2,15	4,62	1,72	9,13	11,42
Topoľníky	400100	3,32	0,18	3,87	13,88	6,49	11,20	14,03
Voderady	400114	1,31	0,17	2,78	9,82	7,39	11,04	12,07
Nacina Ves	400223	2,02	0,27	3,28	15,89	12,12	15,65	18,56
Jelšava	400250	1,30	0,11	2,40	4,63	1,38	15,44	6,49
Liesek	400332	1,69	0,17	2,60	3,43	0,71	11,20	4,50
Stakčín	400333	1,22	0,16	1,93	8,37	3,17	16,29	8,80
Malanta	400334	1,10	0,14	2,07	9,02	6,75	11,34	6,47

limit - podľa Rozhodnutie MP SR č, 531/1994-540

\*As (vo výluhu 2mol.dm<sup>-3</sup> HCl)

## Vyhodnotenie vybraných kľúčových lokalít za obdobie rokov 1993 až 2006

Vo vybraných kľúčových lokalitách sme za monitorované 14-ročné obdobie sledovali zmenu obsahu určených rizikových prvkov v A- horizonte (hĺbka odberu 0-10cm). Stanovili sme priemernú ( $X_p$ ), minimálnu ( $X_{min}$ ) a maximálnu hodnotu ( $X_{max}$ ) obsahu rizikového prvku a koeficient variácie za sledované obdobie.

### Kľúčová lokalita - Žiar n/Hronom - Horné Opatovce (400 003)

Tab. 2 Základná popisná štatistika na lokalite Žiar n/Hronom - Horné Opatovce

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,98	0,04	0,38	0,53	0,36	3,85	3,23
Priemerný obsah	4,07	0,26	2,11	6,89	2,70	25,91	16,78
Koeficient variabilita	24%	15%	18%	8%	13%	15%	19%
Minimálna hodnota	2,03	0,20	1,62	6,00	2,08	20,25	9,13
Maximálna hodnota	5,50	0,31	2,91	7,53	3,12	31,10	20,63

#### Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 4,1 mg/kg a pohybuje sa od 2,0 do 5,5 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je pomerne vysoká 24% (tab. č. 2 a obr. č. 1).

#### Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,26 mg/kg a pohybuje sa od 0,20 do 0,31 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 15% (tab. č. 2 a obr. č. 1).

#### Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 2,1 mg/kg a pohybuje sa od 1,6 do 2,9 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 18% (tab. č. 2 a obr. č. 1).

#### Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 6,9 mg/kg a pohybuje sa od 6,0 do 7,5 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 8% (tab. č. 2 a obr. č. 1).

#### Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 2,7 mg/kg a pohybuje sa od 2,1 do 3,1 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 13% (tab. č. 2 a obr. č. 1).

#### Olovo

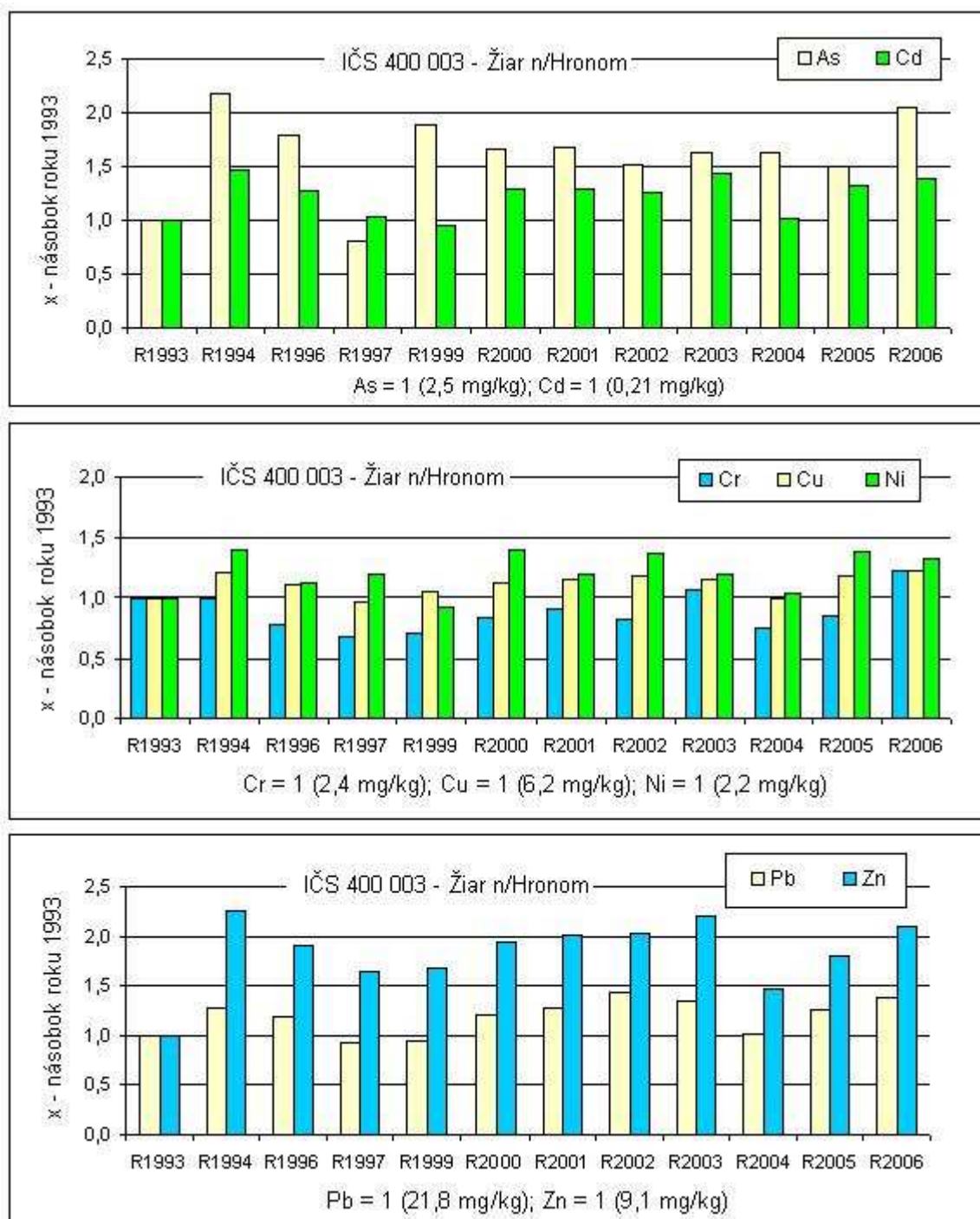
Priemerná hodnota olovai je za sledované obdobie 25,9 mg/kg a pohybuje sa od 20,3 do 31,1 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 15% (tab. č. 2 a obr. č. 1).

#### Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 16,8 mg/kg a pohybuje sa od 9,3 do 20,6 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 19% (tab. č. 2 a obr. č. 1).



Obr. 1



## Kľúčová lokalita - Dvorníky (400 023)

Tab. 3 Základná popisná štatistika na lokalite Dvorníky

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,79	1,04	0,71	8,89	0,30	109,82	76,00
Priemerný obsah	3,02	8,11	2,42	65,62	1,29	833,63	547,65
Koeficient variability	26%	13%	29%	14%	23%	13%	14%
Minimálna hodnota	1,49	5,66	0,97	49,20	0,69	627,90	378,00
Maximálna hodnota	3,91	10,14	3,24	78,08	1,91	1035,94	643,65

### Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 3,0 mg/kg a pohybuje sa od 1,5 do 3,9 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 26% (tab. č. 3 a obr. č. 2).

### Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 8,1 mg/kg a pohybuje sa od 5,7 do 10,7 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 13% (tab. č. 3 a obr. č. 2).

### Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 2,4 mg/kg a pohybuje sa od 1,0 do 3,2 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 29% (tab. č. 3 a obr. č. 2).

### Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 65,6 mg/kg a pohybuje sa od 49,2 do 78,1 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 14% (tab. č. 3 a obr. č. 2).

### Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 1,3 mg/kg a pohybuje sa od 0,7 do 1,9 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 23% (tab. č. 3 a obr. č. 2).

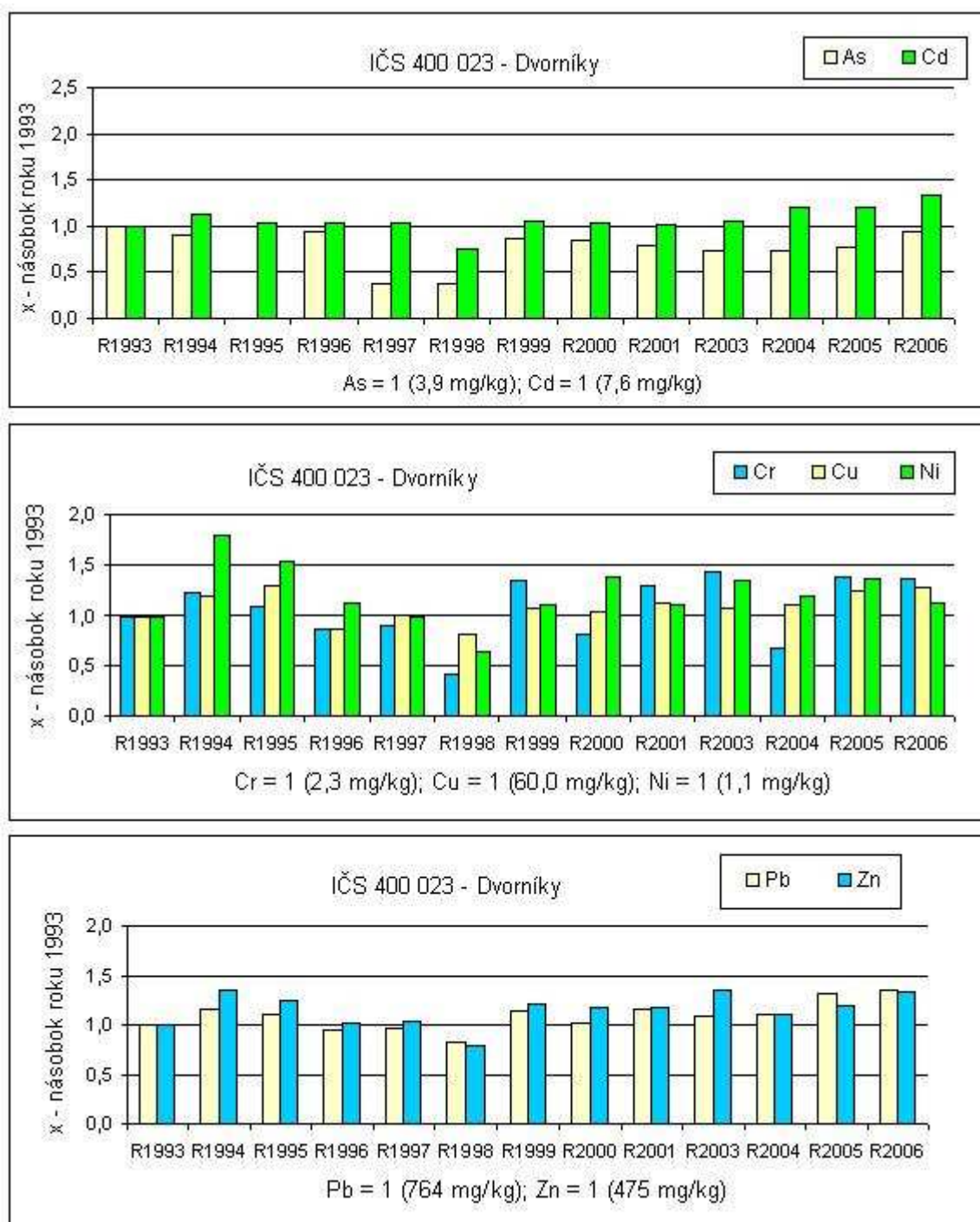
### Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 834 mg/kg a pohybuje sa od 628 do 1036 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 13% (tab. č. 3 a obr. č. 2).

### Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 548 mg/kg a pohybuje sa od 378 do 644 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 14% (tab. č. 3 a obr. č. 2).

Obr. 2



## Kľúčová lokalita - Koš (400 062)

Tab. 4 Základná popisná štatistika na lokalite Koš

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	1,00	0,02	0,57	0,67	0,31	1,44	2,37
Priemerný obsah	4,12	0,06	2,15	4,62	1,72	9,13	11,42
Koeficient variability	24%	35%	27%	15%	18%	16%	21%
Minimálna hodnota	2,48	0,02	1,07	3,25	1,05	5,76	8,30
Maximálna hodnota	5,54	0,09	2,99	5,24	2,21	10,81	16,84

### Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 4,1 mg/kg a pohybuje sa od 2,5 do 5,5 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 24% (tab. č. 4 a obr. č. 3).

### Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,06 mg/kg a pohybuje sa od 0,02 do 0,09 mg/kg. Variabilita a nameraných obsahov je 35% (tab. č. 4 a obr. č. 3).

### Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 2,2 mg/kg a pohybuje sa od 1,1 do 3,0 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 27% (tab. č. 4 a obr. č. 3).

### Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 4,6 mg/kg a pohybuje sa od 3,3 do 5,2 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 15% (tab. č. 4 a obr. č. 3).

### Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 1,7 mg/kg a pohybuje sa od 1,1 do 2,2 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 18% (tab. č. 4 a obr. č. 3).

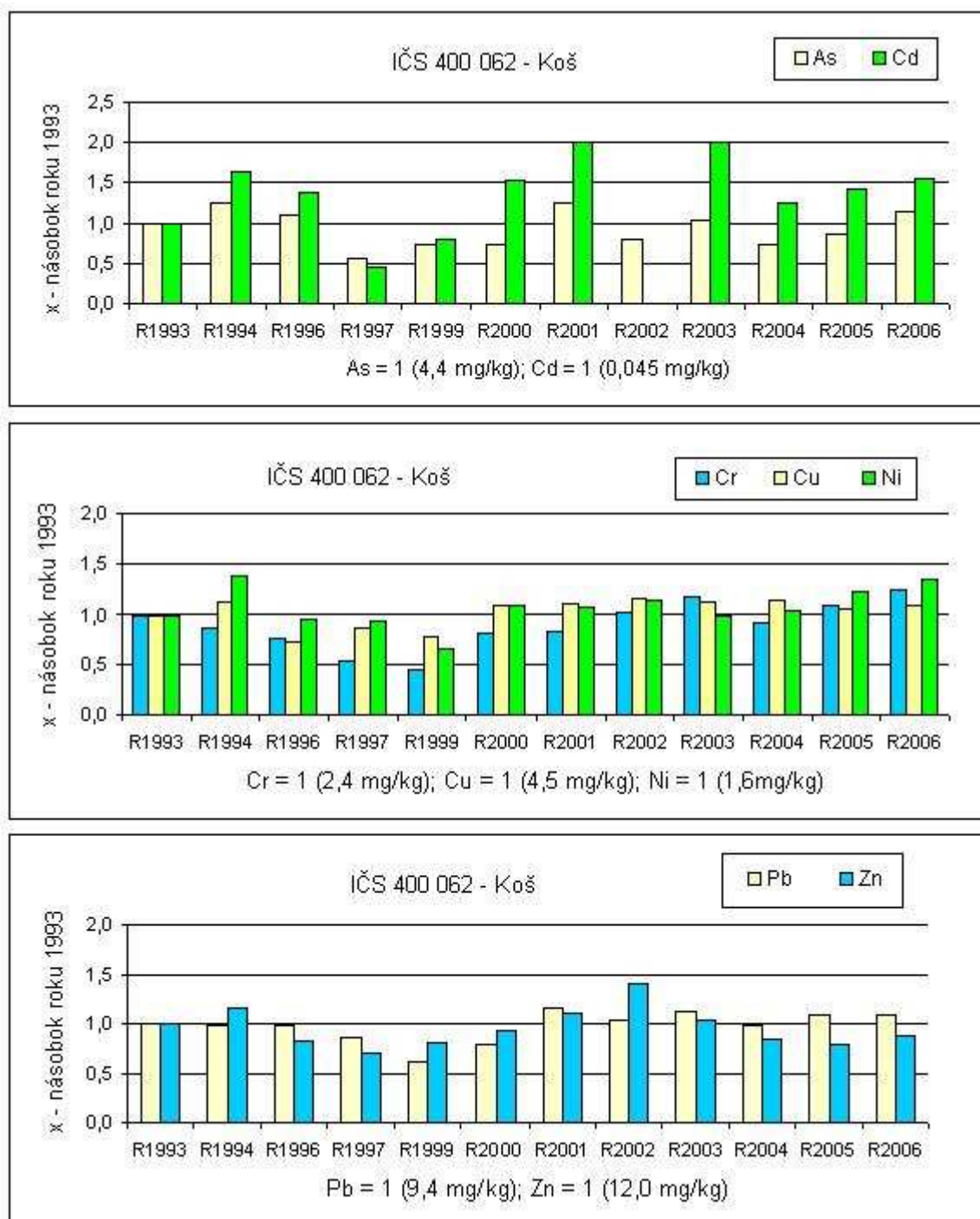
### Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 9,1 mg/kg a pohybuje sa od 5,8 do 10,9 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 16% (tab. č. 4 a obr. č. 3).

### Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 11,4 mg/kg a pohybuje sa od 8,3 do 16,8 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 21% (tab. č. 4 a obr. č. 3).

Obr. 3



## Kľúčová lokalita - Topoľníky (400 100)

Tab. 5 Základná popisná štatistika na lokalite Topoľníky

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,50	0,06	1,51	3,78	0,58	2,15	1,74
Priemerný obsah	3,32	0,18	3,87	13,88	6,49	11,20	14,03
Koeficient variability	15%	33%	39%	27%	9%	19%	12%
Minimálna hodnota	2,60	0,03	2,81	11,12	5,34	9,35	11,22
Maximálna hodnota	4,53	0,28	8,89	21,51	7,62	15,40	17,20

### Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 3,3 mg/kg a pohybuje sa od 2,6 do 4,5 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 15% (tab. č. 5 a obr. č. 4).

### Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,18 mg/kg a pohybuje sa od 0,03 do 0,28 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 33% (tab. č. 5 a obr. č. 4).

### Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 3,9 mg/kg a pohybuje sa od 2,8 do 8,9 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 39% (tab. č. 5 a obr. č. 4).

### Meď

Priemerná hodnota meďi je za sledované obdobie 13,9 mg/kg a pohybuje sa od 11,9 do 21,5 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 27% (tab. č. 5 a obr. č. 4).

### Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 6,5 mg/kg a pohybuje sa od 5,3 do 7,6 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 9% (tab. č. 5 a obr. č. 4).

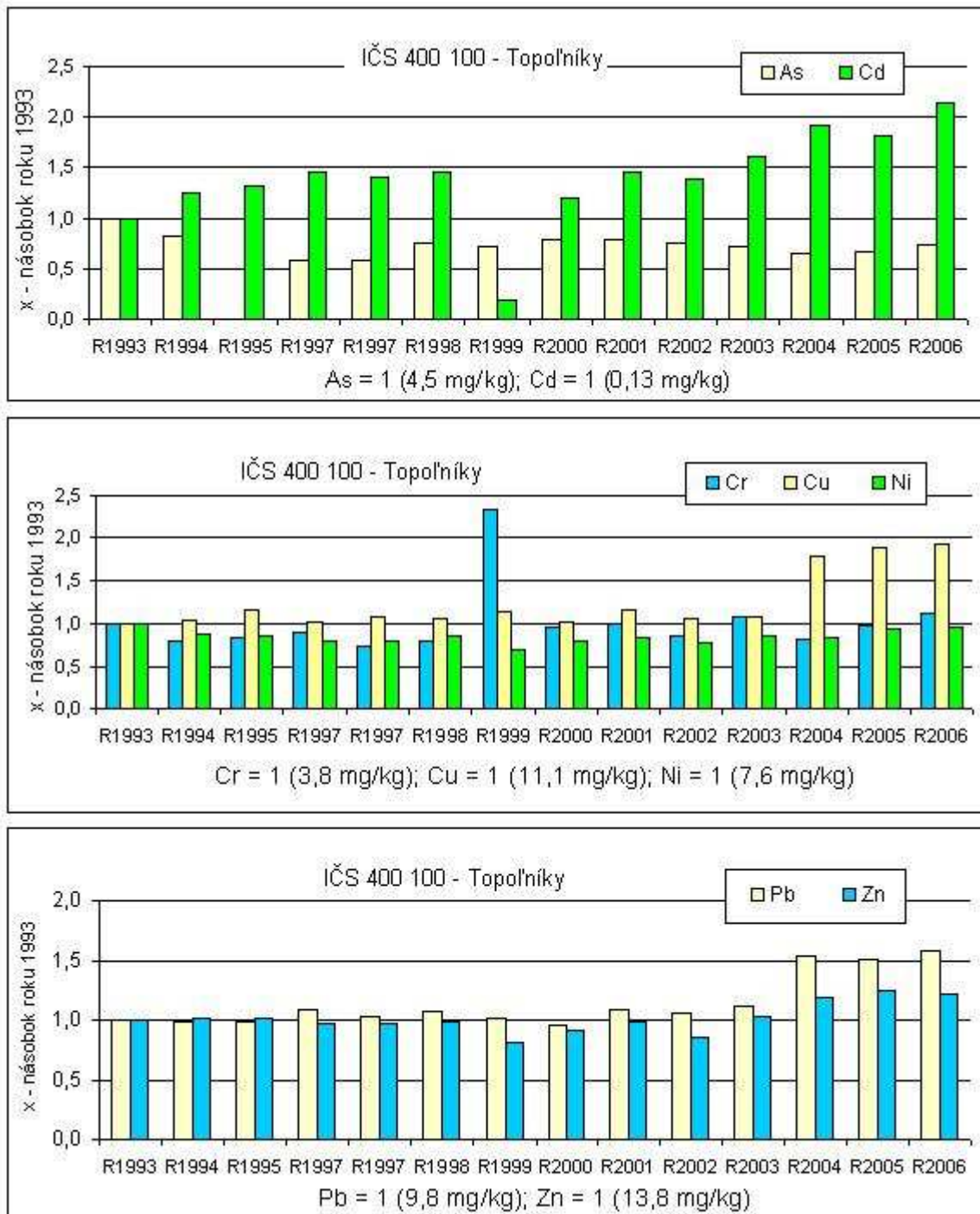
### Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 11,2 mg/kg a pohybuje sa od 9,4 do 15,4 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 19% (tab. č. 5 a obr. č. 4).

### Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 14,0 mg/kg a pohybuje sa od 11,2 do 17,2 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 12% (tab. č. 5 a obr. č. 4).

Obr. 4



## Kľúčová lokalita - Voderady (400 114)

Tab. 6 Základná popisná štatistika na lokalite Voderady

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,37	0,02	1,90	1,02	0,75	1,28	2,30
Priemerný obsah	1,31	0,17	2,78	9,82	7,39	11,04	12,07
Koeficient variability	28%	14%	68%	10%	10%	12%	19%
Minimálna hodnota	0,77	0,12	1,35	7,90	6,07	9,25	8,61
Maximálna hodnota	1,91	0,20	8,79	11,40	8,44	13,08	15,46

### Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 1,3 mg/kg a pohybuje sa od 0,8 do 1,9 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 28% (tab. č. 6 a obr. č. 5).

### Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,17 mg/kg a pohybuje sa od 0,12 do 0,2 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 14% (tab. č. 6 a obr. č. 5).

### Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 2,8 mg/kg a pohybuje sa od 1,4 do 8,9 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 68% (tab. č. 6 a obr. č. 5).

### Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 9,8 mg/kg a pohybuje sa od 7,9 do 11,4 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 10% (tab. č. 6 a obr. č. 5).

### Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 7,4 mg/kg a pohybuje sa od 6,1 do 8,4 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 10% (tab. č. 6 a obr. č. 5).

### Olovo

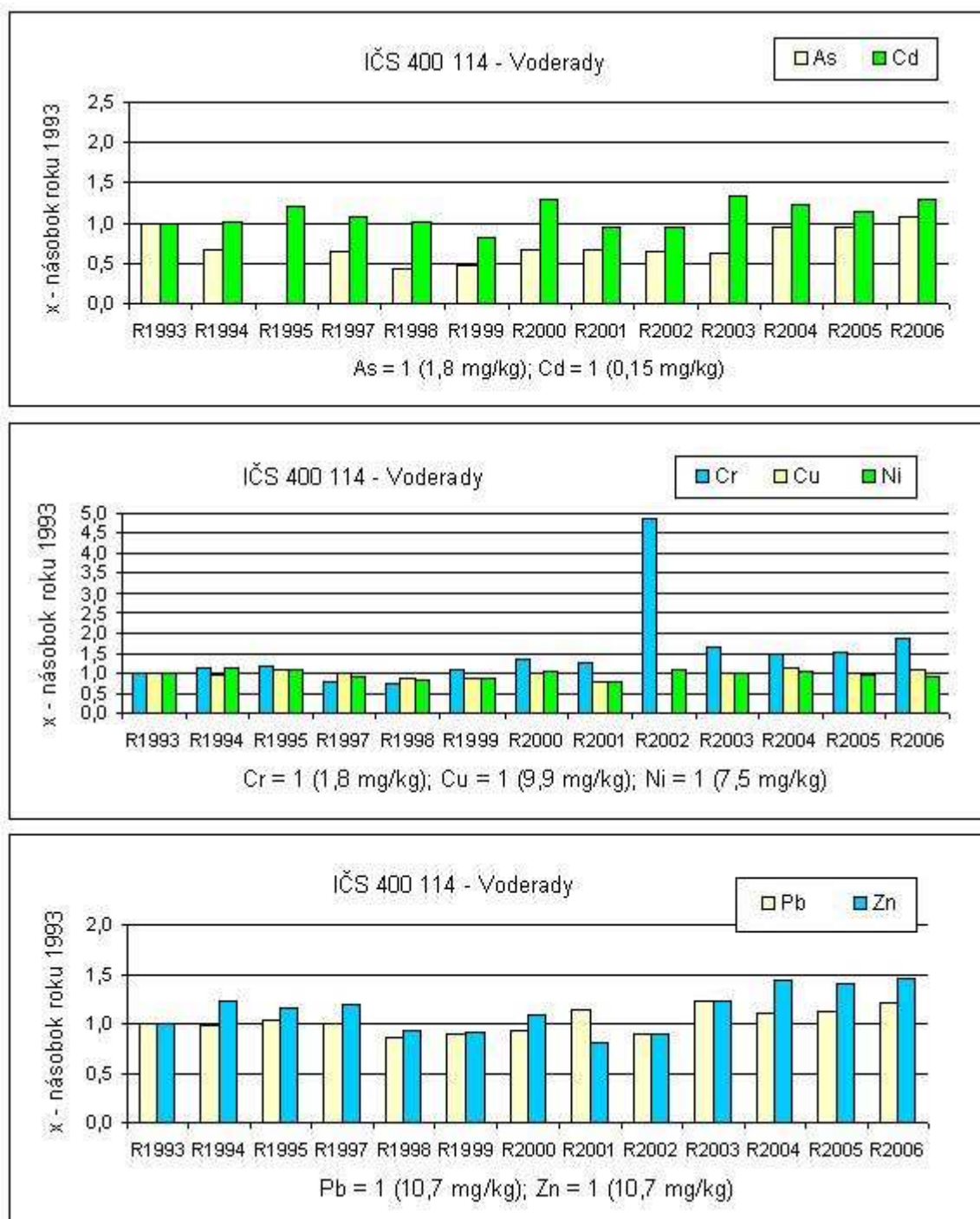
Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 11,0 mg/kg a pohybuje sa od 9,2 do 13,1 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 12% (tab. č. 6 a obr. č. 5).

### Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 12,1 mg/kg a pohybuje sa od 8,6 do 15,5 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 19% (tab. č. 6 a obr. č. 5).



Obr. 5



## Kľúčová lokalita - Nacina Ves (400 223)

Tab. 7 Základná popisná štatistika na lokalite Nacina Ves

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,42	0,03	0,77	0,90	0,86	1,79	1,87
Priemerný obsah	2,02	0,27	3,28	15,89	12,12	15,65	18,56
Koeficient variability	21%	9%	24%	6%	7%	11%	10%
Minimálna hodnota	0,83	0,22	1,57	13,17	10,60	10,41	13,76
Maximálna hodnota	2,54	0,30	4,44	16,98	13,46	17,87	20,55

### Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 2,0 mg/kg a pohybuje sa od 0,8 do 2,5 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 21% (tab. č. 7 a obr. č. 6).

### Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,27 mg/kg a pohybuje sa od 0,22 do 0,3 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 9% (tab. č. 7 a obr. č. 6).

### Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 3,3 mg/kg a pohybuje sa od 1,9 do 4,4 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 24% (tab. č. 7 a obr. č. 6).

### Meď

Priemerná hodnota meďi je za sledované obdobie 15,9 mg/kg a pohybuje sa od 13,2 do 17,0 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 6% (tab. č. 7 a obr. č. 6).

### Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 12,1 mg/kg a pohybuje sa od 10,6 do 13,5 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 7% (tab. č. 7 a obr. č. 6).

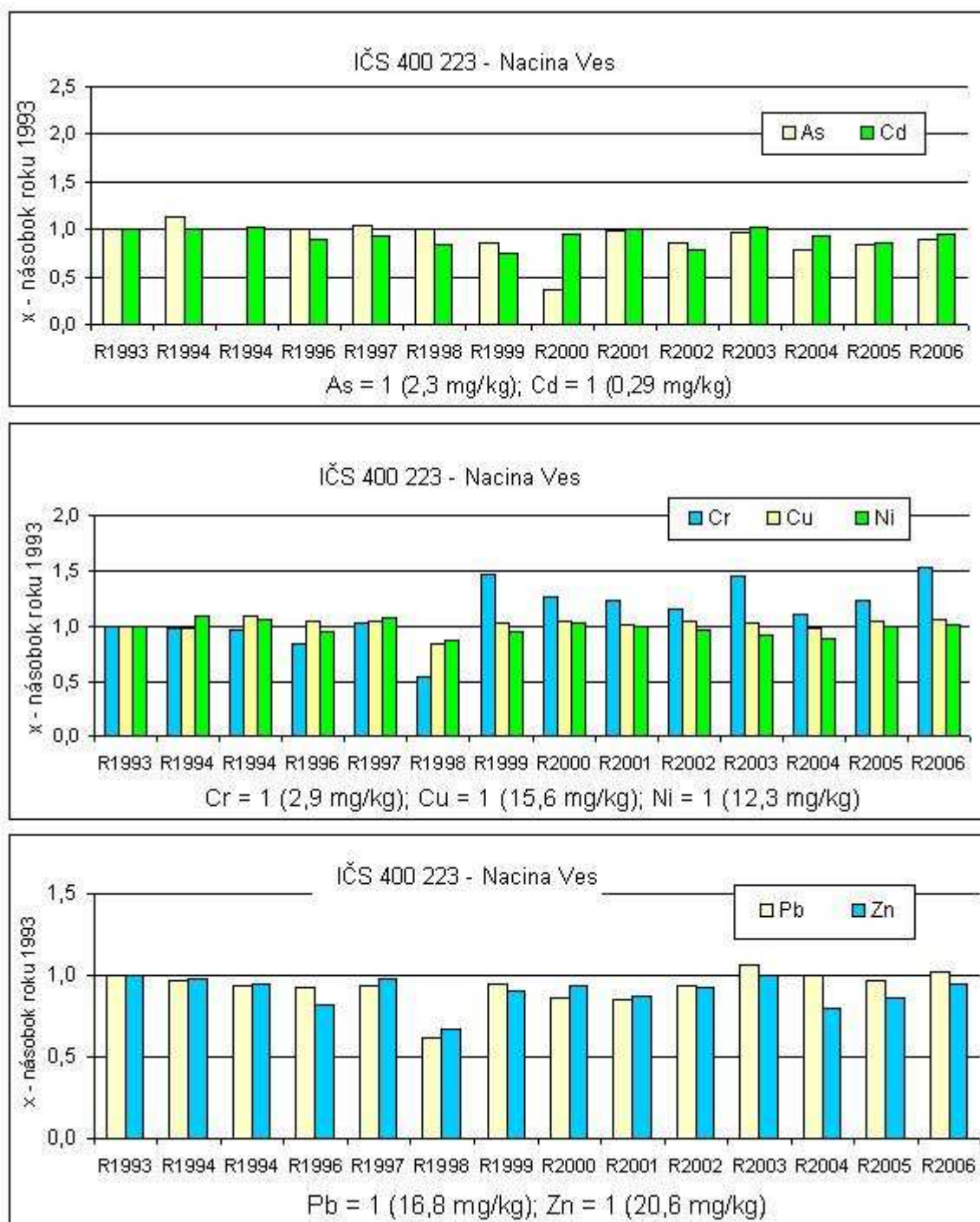
### Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 15,7 mg/kg a pohybuje sa od 10,4 do 17,9 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 11% (tab. č. 7 a obr. č. 6).

### Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 18,6 mg/kg a pohybuje sa od 13,8 do 20,6 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 10% (tab. č. 7 a obr. č. 6).

Obr. 6



## Kľúčová lokalita - Jelšava (400 250)

Tab. 8 Základná popisná štatistika na lokalite Jelšava

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,45	0,03	0,57	0,49	0,31	2,07	1,30
Priemerný obsah	1,30	0,11	2,40	4,63	1,38	15,44	6,49
Koeficient variability	35%	28%	24%	11%	22%	13%	20%
Minimálna hodnota	0,39	0,06	0,97	4,01	0,83	10,43	4,26
Maximálna hodnota	1,82	0,18	3,36	5,59	2,00	18,15	8,25

### Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 1,3 mg/kg a pohybuje sa od 0,4 do 1,8 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 35% (tab. č. 8 a obr. č. 7).

### Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,11 mg/kg a pohybuje sa od 0,06 do 0,18 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 28% (tab. č. 8 a obr. č. 7).

### Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 2,4 mg/kg a pohybuje sa od 1,0 do 3,4 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 24% (tab. č. 8 a obr. č. 7).

### Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 4,6 mg/kg a pohybuje sa od 4,0 do 5,6 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 11% (tab. č. 8 a obr. č. 7).

### Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 1,4 mg/kg a pohybuje sa od 0,8 do 2,0 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 22% (tab. č. 8 a obr. č. 7).

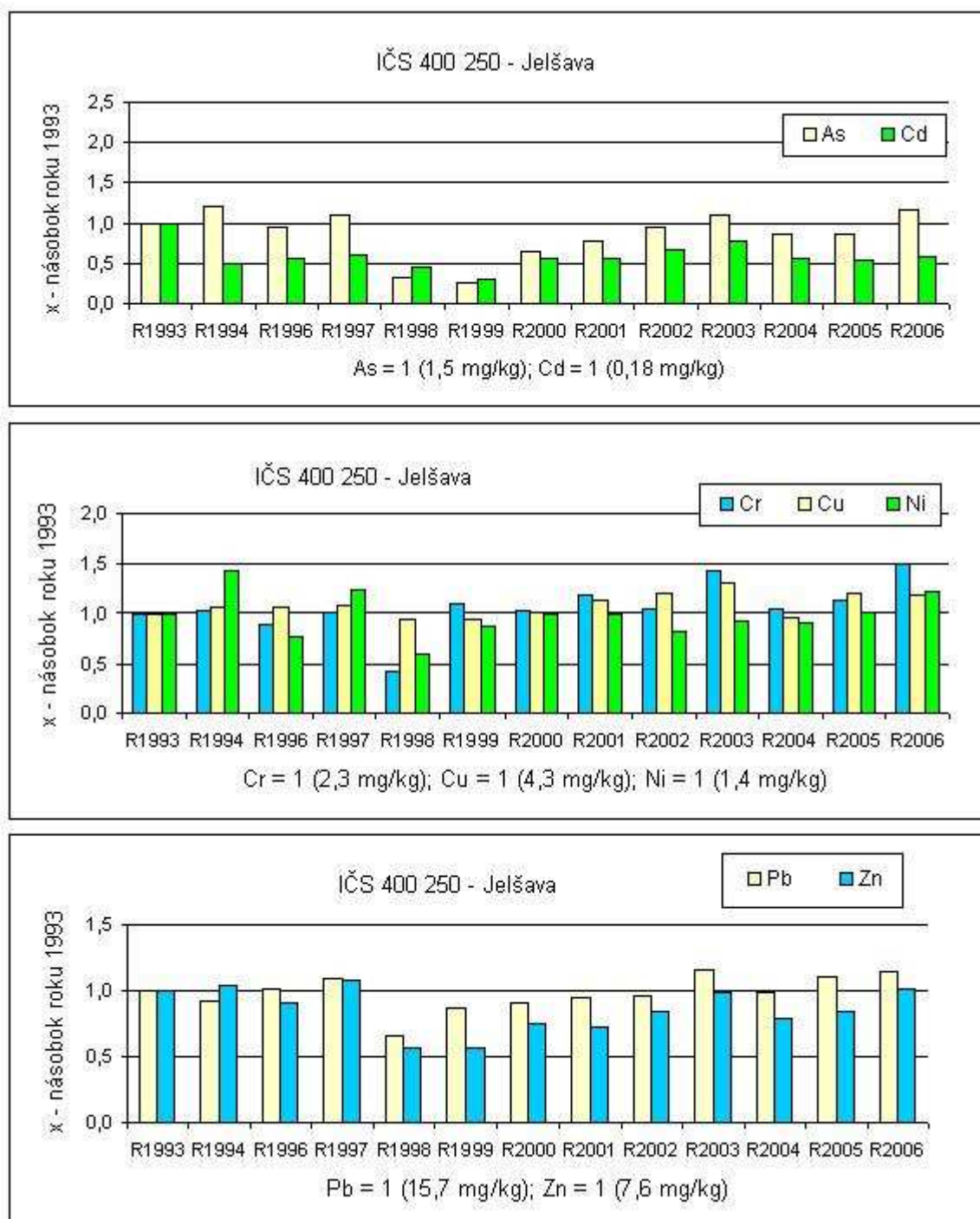
### Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 15,4 mg/kg a pohybuje sa od 10,4 do 18,1 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 13% (tab. č. 8 a obr. č. 7).

### Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 6,5 mg/kg a pohybuje sa od 4,3 do 8,3 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 20% (tab. č. 8 a obr. č. 7).

Obr. 7



## Kľúčová lokalita - Liesek (400 332)

Tab. 9 Základná popisná štatistika na lokalite Liesek

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,55	0,03	0,71	0,59	0,23	1,78	0,91
Priemerný obsah	1,69	0,17	2,60	3,43	0,71	11,20	4,50
Koeficient variability	32%	20%	27%	17%	32%	16%	20%
Minimálna hodnota	0,73	0,10	1,19	2,44	0,31	7,46	2,70
Maximálna hodnota	2,32	0,22	3,51	4,69	1,25	14,31	5,84

### Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 1,7 mg/kg a pohybuje sa od 0,7 do 2,3 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 32% (tab. č. 9 a obr. č. 8).

### Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,17 mg/kg a pohybuje sa od 0,1 do 0,2 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 20% (tab. č. 9 a obr. č. 8).

### Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 2,6 mg/kg a pohybuje sa od 1,2 do 3,5 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 27% (tab. č. 9 a obr. č. 8).

### Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 3,4 mg/kg a pohybuje sa od 2,4 do 4,7 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 17% (tab. č. 9 a obr. č. 8).

### Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 0,7 mg/kg a pohybuje sa od 0,3 do 1,3 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 32% (tab. č. 9 a obr. č. 8).

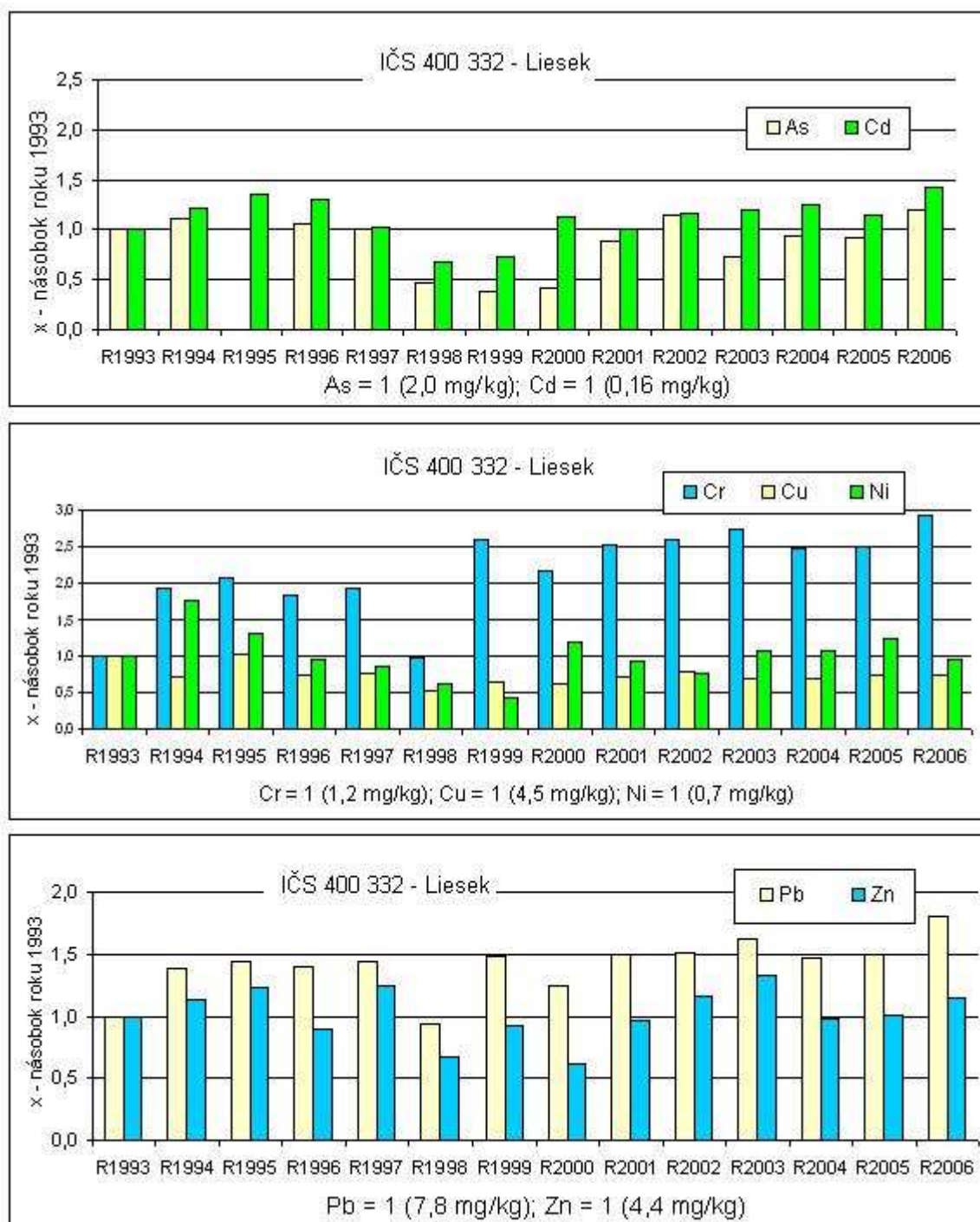
### Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 11,2 mg/kg a pohybuje sa od 7,5 do 14,3 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 16% (tab. č. 9 a obr. č. 8).

### Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 4,5 mg/kg a pohybuje sa od 2,7 do 5,8 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 20% (tab. č. 9 a obr. č. 8).

Obr. 8



## Kľúčová lokalita - Stakčín (400 333)

Tab. 10 Základná popisná štatistika na lokalite Stakčín

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,33	0,03	0,52	1,23	0,52	2,47	1,45
Priemerný obsah	1,22	0,16	1,93	8,37	3,17	16,29	8,80
Koeficient variability	27%	20%	27%	15%	16%	15%	16%
Minimálna hodnota	0,51	0,07	0,67	5,50	2,13	9,87	6,13
Maximálna hodnota	1,78	0,19	2,47	9,83	3,85	18,81	10,65

### Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 1,2 mg/kg a pohybuje sa od 0,5 do 1,8 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 27% (tab. č. 10 a obr. č. 9).

### Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,16 mg/kg a pohybuje sa od 0,07 do 0,2 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 20% (tab. č. 10 a obr. č. 9).

### Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 1,9 mg/kg a pohybuje sa od 0,7 do 2,5 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 27% (tab. č. 10 a obr. č. 9).

### Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 8,4 mg/kg a pohybuje sa od 5,5 do 9,8 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 15% (tab. č. 10 a obr. č. 9).

### Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 3,2 mg/kg a pohybuje sa od 2,1 do 3,9 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 16% (tab. č. 10 a obr. č. 9).

### Olovo

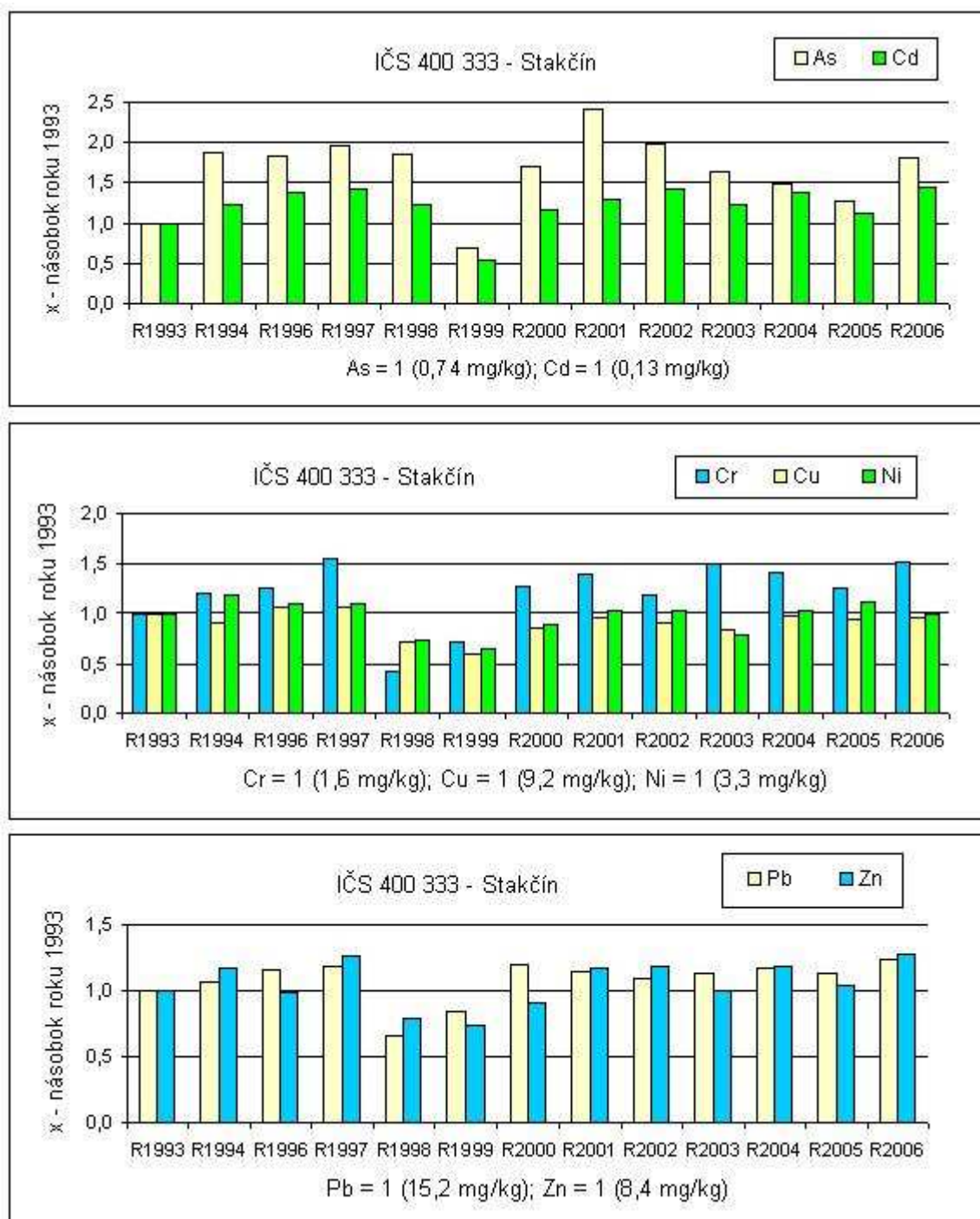
Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 16,3 mg/kg a pohybuje sa od 9,9 do 18,8 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 15% (tab. č. 10 a obr. č. 9).

### Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 8,8 mg/kg a pohybuje sa od 2,7 do 5,8 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 16% (tab. č. 10 a obr. č. 9).



Obr. 9



## Kľúčová lokalita - Malanta (400 334)

Tab. 11 Základná popisná štatistika na lokalite Malanta

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,63	0,03	1,80	1,96	1,46	1,63	0,95
Priemerný obsah	1,10	0,14	2,07	9,02	6,75	11,34	6,47
Koeficient variability	57%	20%	87%	22%	22%	14%	15%
Minimálna hodnota	0,30	0,07	1,07	4,21	2,95	8,16	4,60
Maximálna hodnota	2,80	0,18	7,67	11,80	8,90	14,25	7,85

### Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 1,1 mg/kg a pohybuje sa od 0,3 do 2,8 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 57% (tab. č. 11 a obr. č. 10).

### Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,14 mg/kg a pohybuje sa od 0,07 do 0,18 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 20% (tab. č. 11 a obr. č. 10).

### Chróom

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 2,1 mg/kg a pohybuje sa od 1,1 do 7,7 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je veľmi vysoká 87% (tab. č. 11 a obr. č. 10).

### Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 9,0 mg/kg a pohybuje sa od 4,2 do 11,8 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 22% (tab. č. 11 a obr. č. 10).

### Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 6,8 mg/kg a pohybuje sa od 3,0 do 8,9 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 22% (tab. č. 11 a obr. č. 10).

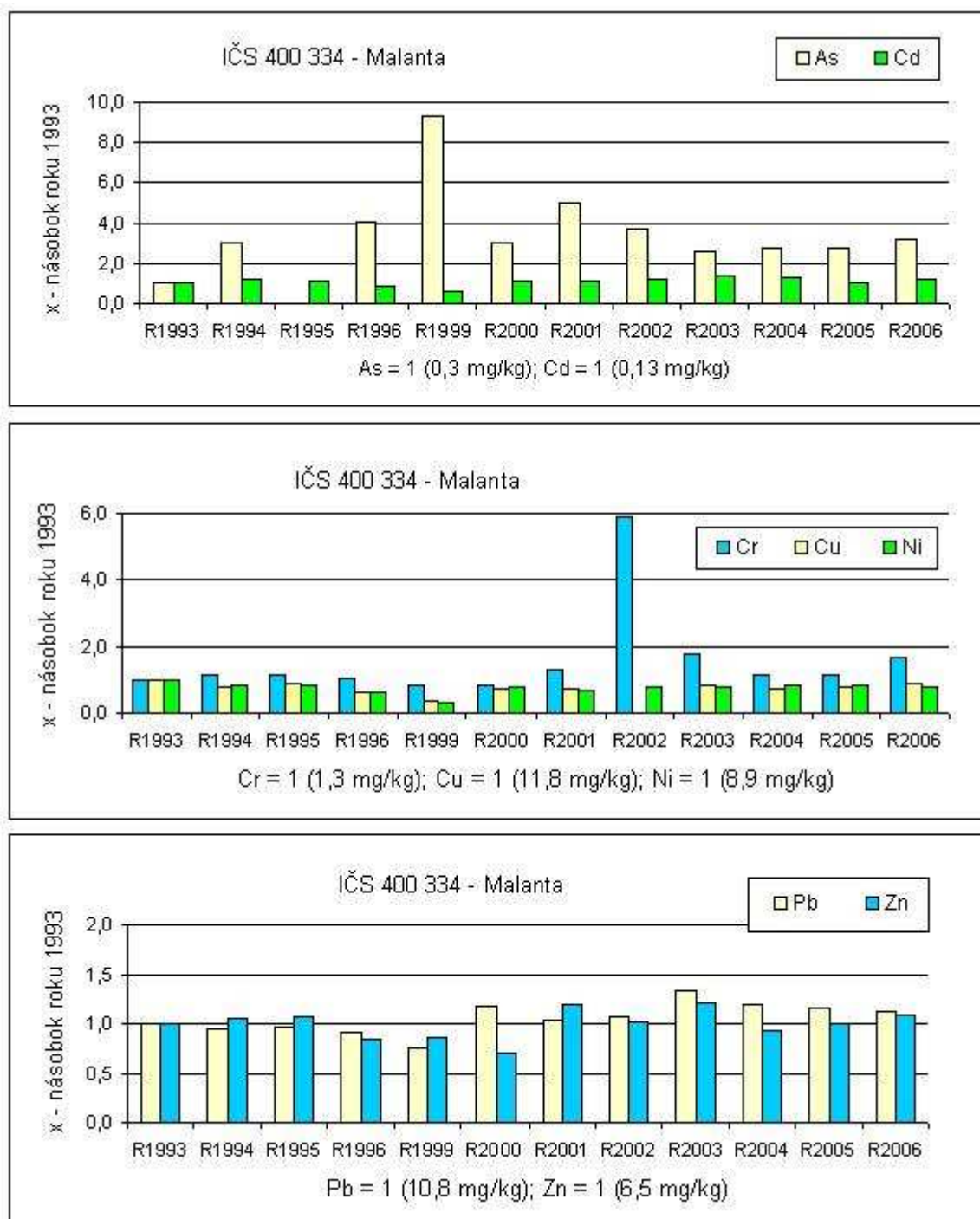
### Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 11,3 mg/kg a pohybuje sa od 8,2 do 14,3 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 14% (tab. č. 11 a obr. č. 10).

### Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 6,5 mg/kg a pohybuje sa od 4,6 do 7,9 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 15% (tab. č. 11 a obr. č. 10).

Obr. 10



## ***Záver***

Prezentované výsledky ukazujú na nasledovný charakter distribúcie rizikových prvkov v monitorovaných kľúčových lokalitách:

- nerovnomerný heterogénny výskyt rizikového prvku v pôdnom profile
- rovnomerný homogénny výskyt rizikového prvku v pôdnom profile
- odľahlá hodnota stanovenia (hrubá alebo náhodná chyba?)

Na túto skutočnosť ukazuje najmä koeficient variability priemerného obsahu prvku. Musíme tu však pripustiť i vplyv odberových techník na správnosť analyzovaných údajov a stanovované koncentračné úrovne rizikových prvkov v pôde.

## 5.5. Lokálna kontaminácia pôd

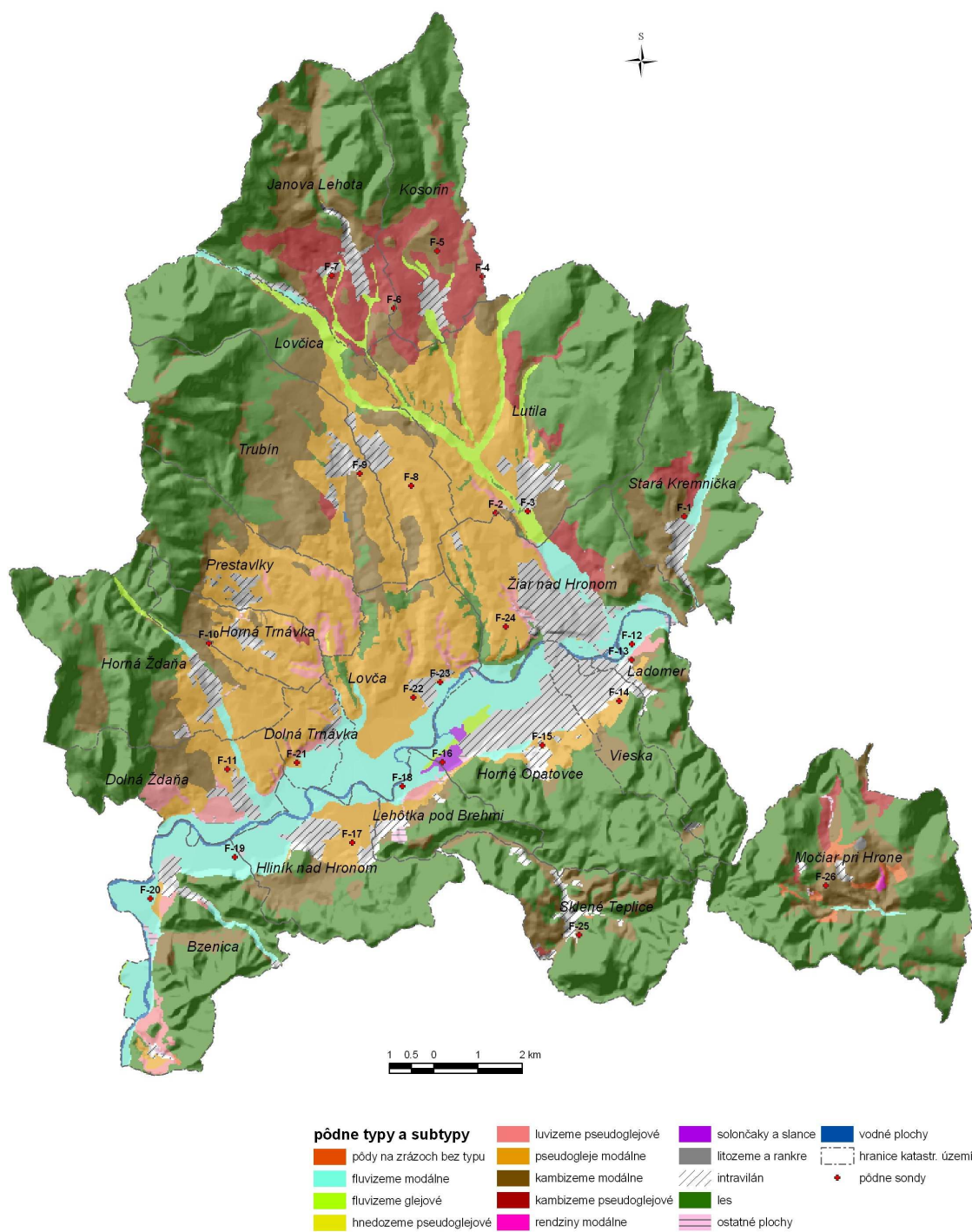
I keď kontaminácia pôd fluórom má v rámci Slovenska len regionálny význam, v oblasti hlinikárne v Žiari nad Hronom ide o vypuklý a dlhotrvajúci problém. Pôda má na rozdiel od iných zložiek životného prostredia (voda, ovzdušie) špecifický význam, pretože okrem úrodnosti má pre nás aj veľmi významnú schopnosť viazať v sebe, rozkladať, a tým zneškodňovať aj vysoké koncentrácie rizikových prvkov. Táto významná hygienická schopnosť pôdy má však tiež svoje hranice a pri silnej a dlhodobej emisnej záťaži, ako tomu bolo doteraz aj v oblasti vplyvov žiarskej hlinikárne, pôda už nemôže mať takúto hygienickú schopnosť, ako by to bolo žiadúce. Je známe, že zahájením novej prevádzky hlinikárne pokleslo množstvo emisií v porovnaní so starým závodom o 80 % až 95 % a dá sa povedať, že v súčasnosti už dosiahlo takmer neškodnú mieru. Tento veľmi pozitívny vplyv na životné prostredie sa takmer okamžite prejavil na kvalite ovzdušia, ale ostatné zložky životného prostredia, najmä však pôda, budú niest' znaky doterajšej a dlhodobej záťaže ešte dlhé obdobie, čo v rámci potravinového reťazca sa môže prejavovať aj na zdravotnom stave obyvateľstva.

### *Ciele a spôsob riešenia*

I napriek tomu, že pomerne detailný pedologický a hygienický prieskum už bol realizovaný dávnejšie (takmer pred 10-timi rokmi), v rámci postupnej identifikácie zaťažených území (aktuálny rozsah znečistenia, v tomto prípade fluórom) bolo naším cieľom v roku 2006 obnoviť a zdetailizovať hygienický prieskum pôd okolia hlinikárne v Žiari nad Hronom. Pri výbere lokalít boli zohľadnené prevládajúce pôdne predstavitelé, smer prevládajúcich vetrov, expozícia k svetovým stranám, erodované i akumulčné časti reliéfu. Sieť lokalít je uvedená na mape 1.

Pôdne vzorky boli odobrané z ornice (0-10 cm), ako aj z podornice (35-45 cm). Boli zahrnuté orné pôdy aj pôdy pod trávnyimi porastami. Boli odobrané pôdne vzorky z 26 lokalít, z dvoch hĺbok, t.j. 52 pôdnych vzoriek. V pôdnych vzorkách bol stanovený vodorozpustný fluór pomocou fluoridovej iónovoselektívnej elektródy (Fila a kol., 1999). Namerané údaje boli štatisticky vyhodnotené a na základe podkladových pedologických i reliéfových máp bola vypracovaná mapa vodorozpustného fluóru v okolí hlinikárne v Žiari nad Hronom (Mapa 2).

**Mapa 1.** Sieť lokalít hygienického prieskumu pôd okolia hlinikárne v Žiari nad Hronom.



## Dosiahnuté výsledky

Získané výsledky z 26-tich lokalít (ornica a podornica) a ich základné štatistické vyhodnotenie je uvedené v tab. 1.

**Tab. 1** Obsah vodorozpustného fluóru v okolí hlinikárne v Žiari nad Hronom

P.č.	Hĺbka v cm	Základné štatistické ukazovatele (n = 26)				
		Xmin.	Xmax.	R	X	V
1	0-10	0,05	24,31	24,26	4,54	1,25
2	30-40	0,05	26,19	26,14	5,27	1,56

Xmin. – minimálna hodnota, Xmax. – maximálna hodnota, R – variačné rozpätie, x – aritmetický priemer, V – variačný koeficient, n – početnosť súboru

Obsah vodorozpustného fluóru v pôdach okolia hlinikárne je značne variabilný, o čom svedčí výrazne variačné rozpätie ( $R = 24,26$ ), ako aj variačný koeficient ( $1,25$ ).

Priemerná hodnota vodorozpustného fluóru je pomerne vysoká a blíži sa k hodnote platného hygienického limitu, ktorý je  $5 \text{ mg Fvod.} \cdot \text{kg}^{-1}$  (Zákon č. 220/2004 Z.z. – Annex 2, ex. MP SR, 2004). Pomerne vysoká priemerná hodnota vodorozpustného fluóru je ovplyvnená vysokými hodnotami v blízkosti hlinikárne (najvyššie nameraná hodnota činí  $24,31 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  na pseudogleji oproti hlinikárni). Pokiaľ tieto pôdy boli v minulosti výrazne ovplyvňované F-emisiami, výsledným prejavom je vysoká koncentrácia emitovaného prvku (prvkov) práve v ich povrchovej časti, čo je spôsobené výraznou textúrnou diferenciáciou pôdneho profilu.

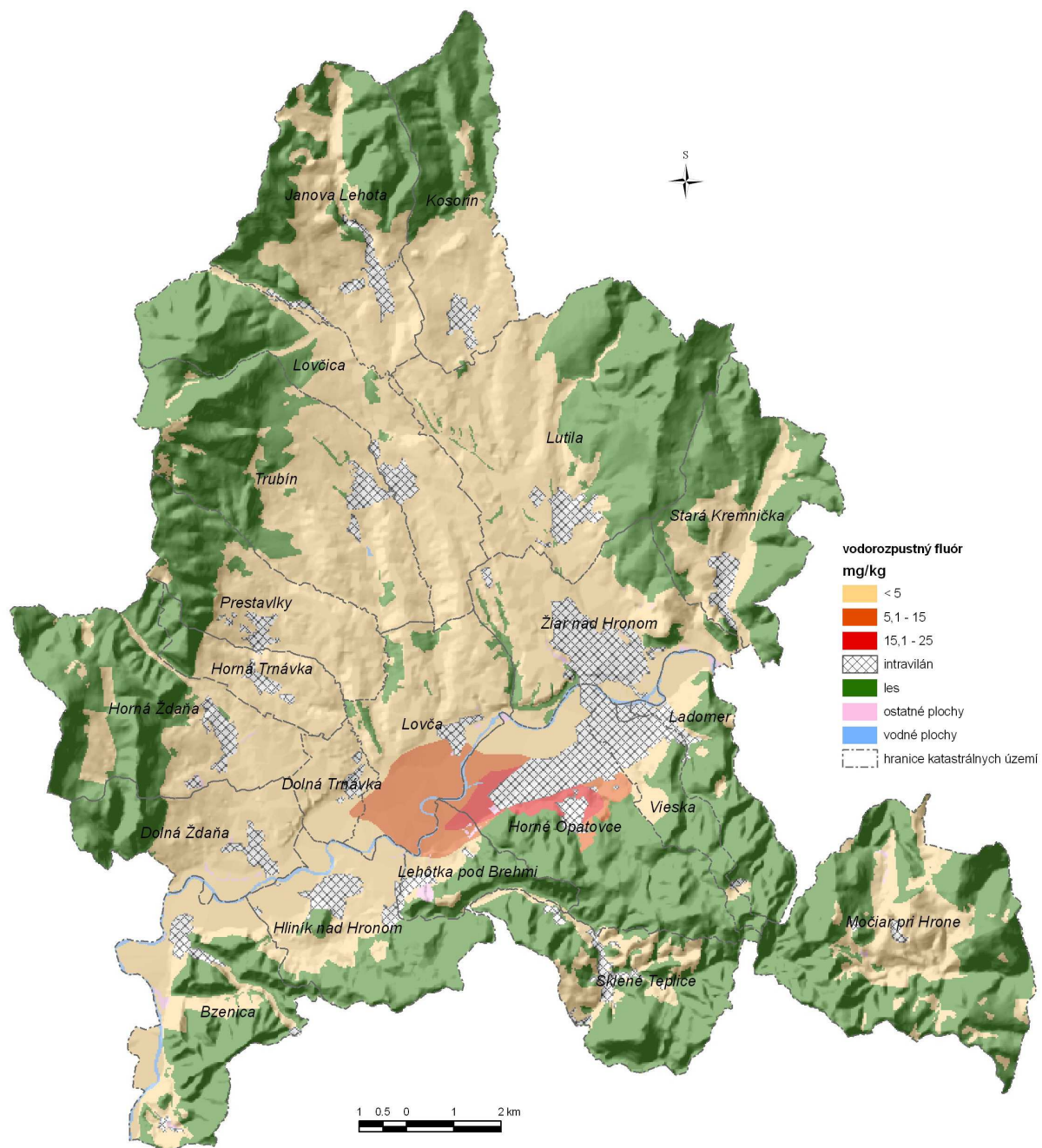
V podornici bola zistená ešte výraznejšia variabilita ( $R = 26,14$  a  $V = 1,56$ ) oproti ornici, kde má určitý homogenizačný efekt práve pravidelné premiešavanie ornice orbou, a tým dochádza k zried'ovaniu koncentrácie fluóru.

Aktuálny stav kontaminácie pôd vodorozpustným fluórom je znázornený na mape 2.

Na základe mapového znázornenia vidieť, že najviac zaťažené územie pôd fluórom sa rozprestiera v blízkosti hlinikárne, a to najmä v oblasti Horných Opatoviec, siahajúce po Lovču a Dolnú Trnávku až takmer po Lehôtku pod Brehmi. Väčšie plošné zastúpenie pripadá na kategóriu  $5,1 - 15 \text{ mg Fvod.} \cdot \text{kg}^{-1}$ , ktoré predstavuje výmeru 496 ha. Výrazné znečistenie pôd vodorozpustným fluórom predstavuje kategória  $15,1 - 25 \text{ mg Fvod.} \cdot \text{kg}^{-1}$ , ktorá predstavuje výmeru 128 ha. Jedná sa predovšetkým o oblasť Horných Opatoviec a nivu Hrona v blízkosti červeno-hnedých odpadov.

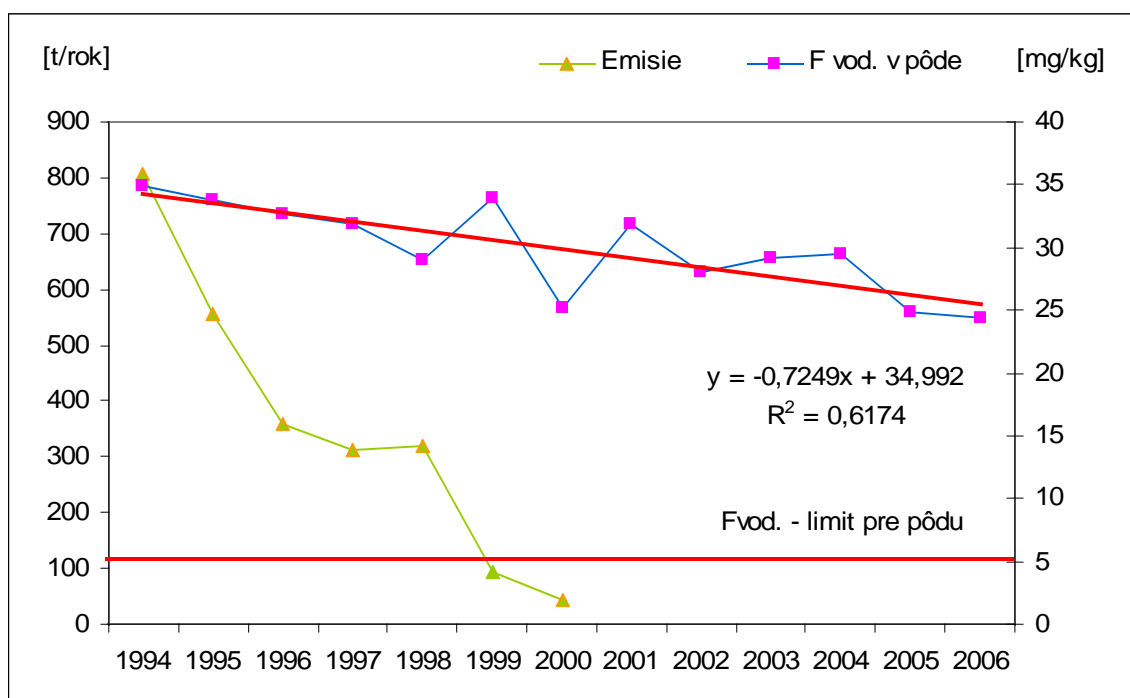
Na základe najnovšieho hygienického prieskumu z roku 2006 môžeme teda prehlásiť, že celkovo 624 ha poľnohospodárskej pôdy je nadlimitne aktuálne kontaminovaných vodorozpustným fluórom. I keď rozsah znečistenia je o niečo nižší ako uvádza Linkeš (1997), prirodzené znižovanie koncentrácie fluóru v najviac kontaminovanej zóne je len veľmi pozvoľné. Dokumentuje to aj zistený najnovší trend vodorozpustného fluóru v najviac kontaminovanej zóne na pseudogleji oproti hlinikárni.

**Mapa 2.** Kontaminácia pôd vodorozpustným fluórom v regióne Žiar nad Hronom





**Obr. 1.** Vývoj obsahu F v pôde (pseudoglej) a v emisiách v najviac kontaminovanej zóne



Na základe uvedeného grafu vidieť, že kým obsah F-emisií sa výrazne znížil a po roku 2000 je už v podstate v norme, obsah fluóru v pôde (v najviac kontaminovanej zóne) je stále výrazne nadlimitný (takmer 5-násobok hygienického limitu) a prirodzené znižovanie tohto prvku je len veľmi pozvoľné, čo síce dokumentuje eliminovanie zdroja kontaminácie novšími technológiami po roku 1990, na druhej strane podľa vypočítaného modelu pri predpoklade tohto trendu i v budúcnosti, je potrebné počítať minimálne s obdobím aspoň 40 rokov, kým sa hodnota vodorozpustného fluóru v najviac kontaminovanej zóne dostane na hranicu hygienického limitu, čo je pomerne dlhé obdobie. Určité možnosti zlepšenia nepriaznivej hygienickej situácie v súvislosti s fluórom v oveľa kratšom časovom horizonte sme už naznačili v predchádzajúcej práci (Kobza a Makovníková, 1998).

### **Záver**

Na základe posledného a najnovšieho hygienického prieskumu poľnohospodárskych pôd okolia hlinikárne v Žiari nad Hronom sa ukázalo, že plocha kontaminovaných pôd fluórom sa mierne znižuje, podobne aj koncentrácia fluóru v pôde, čo potvrdzuje zlepšenie emisnú situáciu v danom regióne, na druhej strane však proces znižovania koncentrácie sledovaného a hodnoteného prvku je veľmi pomalý. Je to zároveň dôkaz špecifického postavenia pôdy v životnom prostredí, pričom túto skutočnosť bude potrebné zohľadniť i pri využívaní a ochrane hodnotených poľnohospodárskych pôd.

## 5.6. Obsah makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska

### *Úvod*

Obsah makro- a mikroelementov patrí k dôležitým parametrom úrodnosti pôdy. V tejto časti hodnotíme aktuálny stav a vývoj dôležitých makrobiogénnych prvkov – fosforu a draslíka, ako aj dôležitých mikroelementov (meď, zinok, mangán). Keďže úroveň hnojenia po roku 1990 výrazne poklesla (z predchádzajúcich 220 kg č.ž. NPK pred rokom 1990 na súčasných 70-80 kg č.ž. NPK), je predmetom všeobecného záujmu sledovanie ďalšieho vývoja prístupných živín v našich pôdach.

### *Cieľ a spôsob riešenia*

Cieľom je zistenie aktuálneho stavu a vývoja makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. Rok 2006 bol piatym (posledným) rokom 3. cyklu monitorovania pôd v SR. V tomto roku bola analyzovaná a vyhodnotená zostávajúca časť základnej monitorovacej siete v nasledovných skupinách pôd:

- pseudogleje kultizemné a luvizeme pseudoglejové (OP)
- pseudogleje na polygenet. sprašových hlinách (TTP)
- hnedozeme kultizemné a hnedozeme pseudoglejové (OP)
- černoze kultizemné a černoze hnedozemné na spraši (OP)
- fluvizeme kultizemné a fluvizeme glejové na karbonátových fluviálnych sedimentoch (OP)
- fluvizeme kultizemné a fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch (OP)

Súčasne boli analyzované pôdne vzorky z kľúčových monitorovacích lokalít z odberov v roku 2006, v správe sú hodnotené len tie, ktoré prislúchajú k uvedeným pôdnym skupinám základnej monitorovacej siete, hodnotených v tomto roku.

Boli použité jednotné analytické postupy pre monitoring pôd (Fiala a kol., 1999). Prístupný fosfor bol stanovený metódou podľa Egnera a prístupný draslík bol stanovený metódou podľa Schachtschabela. Obsah mikroelementov bol stanovený vo výluhu DTPA.

## Dosiahnuté výsledky

### 5.6.1. Makroelementy

#### Fosfor

V tab. 1 je uvedený obsah prístupného fosforu v ornici hodnotených pôd základnej monitorovacej siete v roku 2006.

**Tab. 1** Obsah prístupného fosforu (Egner) vo vybraných pôdach 3. cyklu monitorovania pôd (0-10 cm)

P.č.	Pôdy	Kultúra	P (mg.kg <sup>-1</sup> )			
			Xmin.	Xmax.	R	X
1	PG+LMg na spraš. hlinách	OP	3,31	98,36	95,05	18,83
2	PG+LMg na spraš. hlinách	TTP	2,90	25,77	22,87	10,97
3	HM+HMg prevažne na sprašiach	OP	4,22	178,11	173,89	24,55
4	ČM+ČMh na sprašiach	OP	1,25	171,39	170,14	28,12
5	FM+FM <sub>G</sub> na karb. fluv. sed.	OP	3,05	164,17	161,12	72,30
6	FM+FM <sub>G</sub> na nekarb. fluv. sed.	OP	3,69	373,57	369,88	88,65

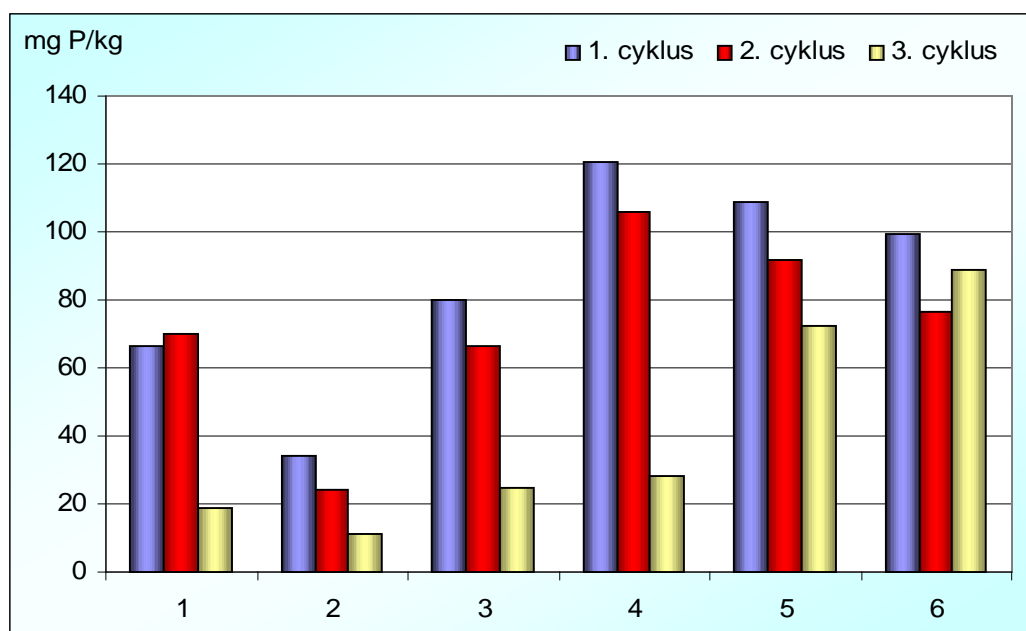
Xmin – minimálna hodnota, Xmax. – maximálna hodnota, R – variačné rozpätie,  
X – aritmetický priemer, OP – orná pôda, TTP – trvalé trávne porasty

Obsah prístupného fosforu je v hodnotených pôdach značne variabilný, o čom svedčí pomerne široké variačné rozpätie ( $R = 20-370$ ), čo môže byť spôsobené rozdielnym fosforečným hnojením, pretože prirodzená zásobenosť pôd fosforom je v našich pôdach nízka. Priemerný obsah prístupného fosforu v hodnotených pôdach sa pohybuje v rozpätí  $10,97 - 88,65 \text{ mg.kg}^{-1}$ , čo je obsah veľmi malý až vysoký. Najvyššie hodnoty boli zistené pri fluvizemiach, a to ako na karbonátových, tak aj na nekarbonátových fluvialných sedimentoch, naopak najnižšie hodnoty prístupného fosforu boli zaznamenané na pseudoglejoch a luvizemiach pseudoglejových, najmä pod trvalými trávnyimi porastami, ktoré sa v súčasnosti prakticky nehnoja fosforečnými hnojivami.

Súčasne zaujímavé je i porovnanie doterajšieho vývoja obsahu prístupného fosforu v hodnotených pôdach od začiatku realizácie monitoringu pôd v SR, t.j. od roku 1993.

Na základe obrázku 1 vidieť, že tendencia vývoja prístupného fosforu v hodnotených pôdach je v smere jeho výrazného poklesu, najmä v poslednom 3. cykle s výnimkou fluvizemí, kde bol pokles najmenej výrazný. Zistený trend úbytku prístupného fosforu sme doteraz zistili aj na iných pôdach, čo sme už dokumentovali v predchádzajúcich správach. Podobné výsledky dosiahol aj ÚKSUP (2000) v rámci agrochemického skúšania pôd (ASP), pričom konštatuje úbytok zastúpenia pôd s dobrým obsahom prístupného fosforu v prospech pôd s jeho nižším obsahom. Na poľnohospodárskych pôdach je to úbytok 11,5 % v kategórii s dobrou zásobou a zároveň prírastok 4,1 % výmery poľnohospodárskych pôd so stredným obsahom prístupného fosforu. Nárastom až o 7,5 % pôd s nízkym obsahom prístupného fosforu až na 25,6 % sa v súčasnosti dostávame na niekdajšiu úroveň 80-tych rokov minulého storočia.

**Obr. 1** Vývoj obsahu prístupného fosforu v ornici vybraných pôd



### Draslík

Obsah prístupného draslíka v ornici hodnotených pôd základnej monitorovacej siete je uvedený v tab. 2.

**Tab. 2.** Obsah prístupného draslíka (Schacht.) vo vybraných pôdach 3. cyklu monitorovania pôd (0-10 cm)

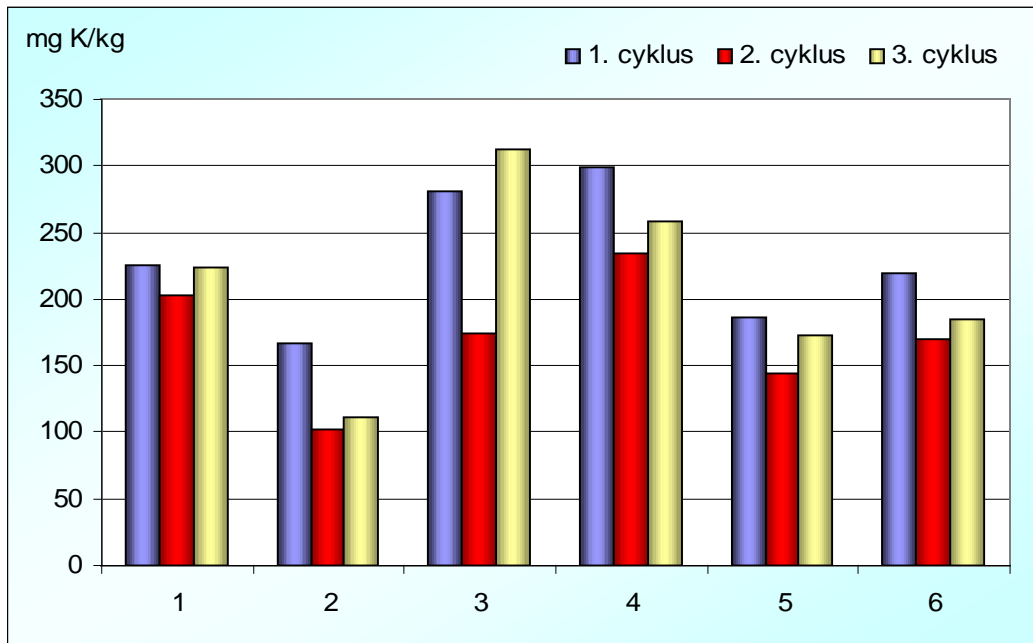
P.č.	Pôdy	Kultúra	K (mg.kg <sup>-1</sup> )			
			Xmin.	Xmax.	R	X
1	PG+LMg na spraš. hlinách	OP	48,00	919,00	871,00	223,43
2	PG+LMg na spraš. hlinách	TTP	58,00	175,00	117,00	111,25
3	HM+HMg prevažne na sprašiach	OP	103,00	1566,00	1463,00	312,75
4	ČM+ČMh na sprašiach	OP	106,00	564,00	458,00	257,86
5	FM+FM <sub>G</sub> na karb. fluv. sed.	OP	54,00	321,00	267,00	173,41
6	FM+FM <sub>G</sub> na nekarb. fluv. sed.	OP	31,00	481,00	450,00	185,07

Xmin. – minimálna hodnota, Xmax. – maximálna hodnota, R – variačné rozpätie,  
X – aritmetický priemer, OP – orná pôda, TTP – trvalé trávne porasty

Obsah prístupného draslíka je podobne ako pri fosfore značne variabilný (R = 117 – 1463). Priemerná hodnota prístupného draslíka sa pohybuje v rozpätí 111,25-312,75 mg.kg<sup>-1</sup>, čo je obsah stredný až vysoký. Priemerne sú hodnotené pôdy v porovnaní s fosforom lepšie zásobené draslíkom (chýba kategória veľmi malého až malého obsahu), čo len dokumentuje, že draslíkom sú naše pôdy prirodzene lepšie zásobené (dostatok hornín, z ktorých chemickým zvetrávaním sa tento prvok môže uvoľňovať do pôdneho roztoku, a teda i do pôdy). Výrazný je aj vplyv draselného hnojenia najmä v minulosti a starej zásoby tohto prvku v pôdach, čo napr. dokumentujú pseudogleje na orných pôdach a pod trvalými trávnymi porastami, kde je obsah prístupného draslíka polovičný. Trávne porasty totiž ani v minulosti sa intenzívne nehnojili draselnými hnojivami.

Doterajší vývoj obsahu prístupného draslíka (obr. 2) je o niečo variabilnejší na rozdiel od fosforu, čo napokon zdôrazňuje aj ÚKSUP (2000), a čo pramení taktiež z jeho rozdielnych minerálnych zdrojov, ako aj z rozdielnej úrovne hnojenia.

**Obr. 2** Vývoj obsahu prístupného draslíka v ornici vybraných pôd



Obsahy prístupného draslíka v hodnotených pôdach sa prevažne blížia k úrovni na začiatku monitorovania pôd na Slovensku, t.j. na začiatok 90-tych rokov minulého storočia.

### ***Vývoj prístupného fosforu a draslíka na príklade kľúčových monitorovacích lokalít***

V tejto časti sú zahrnuté 4 kľúčové lokality, ktorých pôdne predstavitel sa nachádzajú v rámci hodnotených pôd základnej monitorovacej siete v roku 2006. Jedná sa o nasledovné lokality:

- Topoľníky (Fluvizem kultizemná karbonátová)
- Voderady (Černozem kultizemná karbonátová)
- Malanta (Hnedozem kultizemná)
- Liesek (Pseudoglej kultizemný)

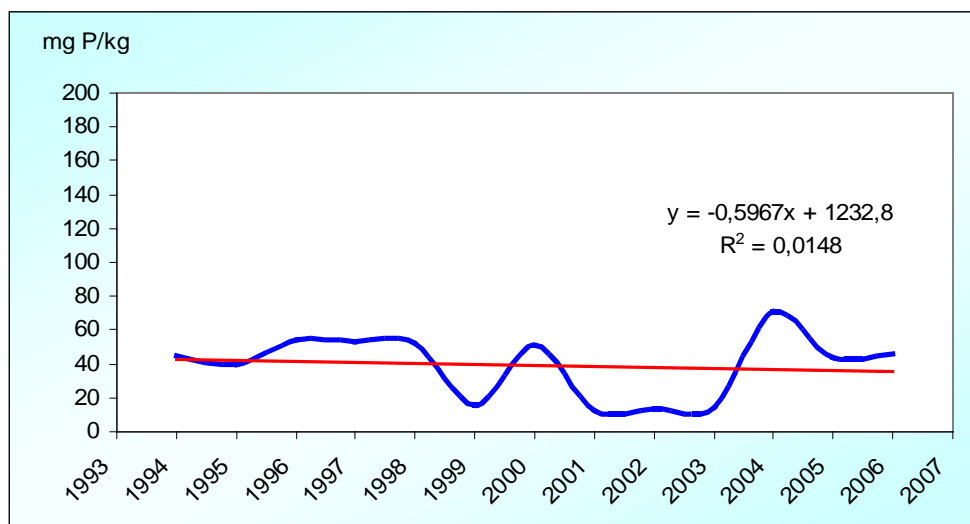
Na uvedených lokalitách je vyhodnotený vývojový priebeh prístupných živín – fosforu a draslíka od roku 1994, resp. 1995.

Keďže na základe už predchádzajúceho štatistického hodnotenia priestorovej variability sme zistili, že najnižšie rozpätie dosahuje práve na ploche našej monitorovacej lokality (300 m<sup>2</sup>), variabilita v čase, najmä pokiaľ ide o výraznejšie výchylky, bude odzrkadlovať určitý zásah človeka do pôdy. Keďže sa v našom prípade jedná o hodnotenie časového vývoja prístupných živín, možno predpokladať určitú variabilitu v aplikácii dodávaných živín do pôdy.

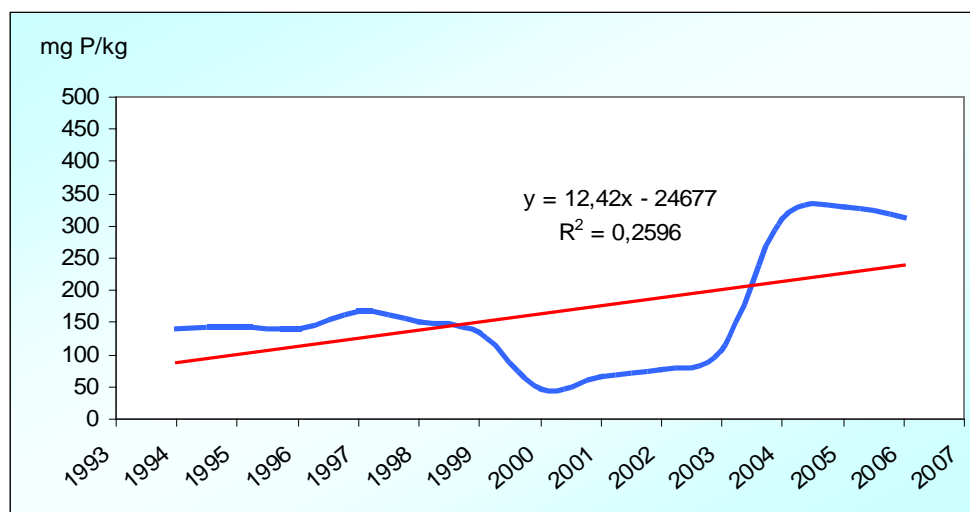
## Fosfor

Na obrázkoch 3 – 6 sú znázornené vývojové trendy obsahu prístupného fosforu na uvedených kľúčových lokalitách.

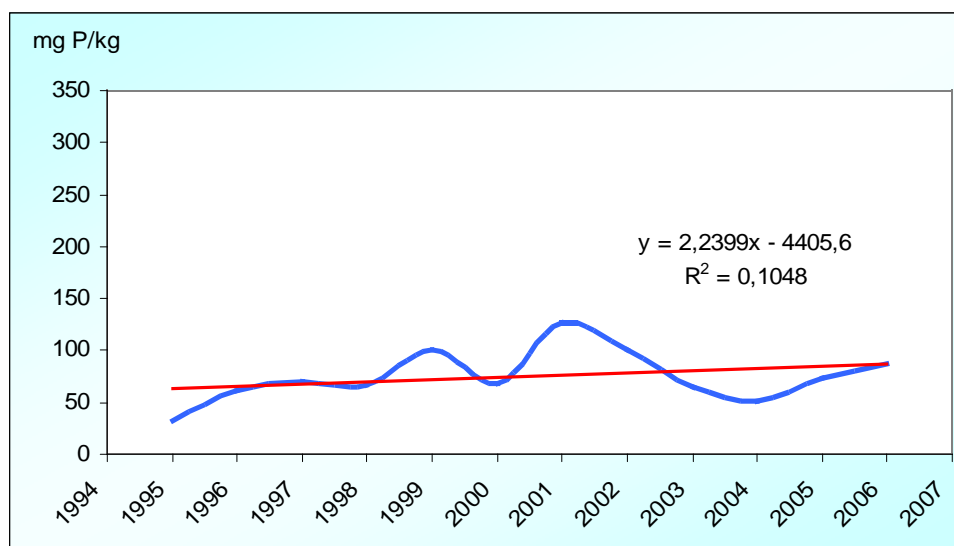
**Obr. 3** Vývoj obsahu prístupného P (Egner) v ornici fluvizeme kultizemnej (Topoľníky)



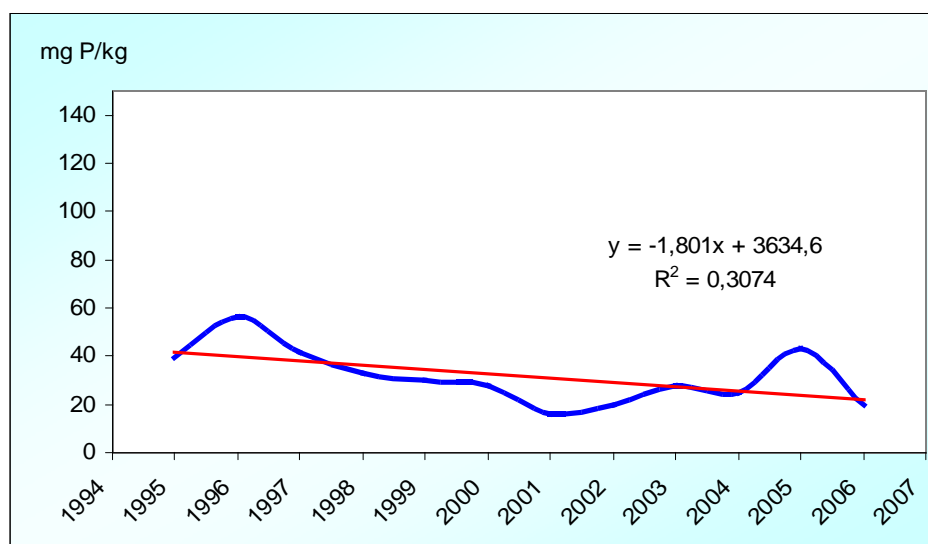
**Obr. 4** Vývoj obsahu prístupného P (Egner) v ornici černoze kultizemnej (Voderady)



**Obr. 5** Vývoj obsahu prístupného P (Egner) v ornici hnedozeme kultizemnej (Malanta)



**Obr. 6** Vývoj obsahu prístupného P (Egner) v ornici pseudogleja kultizemného (Liesek)

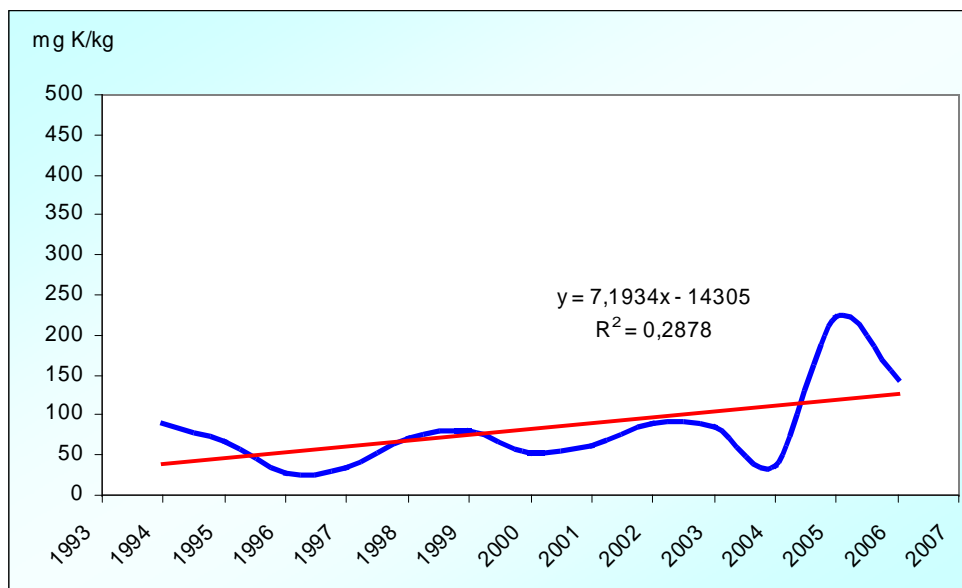


Priebeh kriviek vývojových trendov prístupného fosforu na jednotlivých lokalitách je pomerne rozdielny, zodpovedá jednak prirodzenej zásobenosti a variabilite (napr. pri lokalitách Topoľníky a Liesek), kde variačné rozpätie sa pohybuje na prvej lokalite od 15,1 do 70,9 mg P.kg<sup>-1</sup> a pri druhej lokalite – Liesek od 15,9 do 56,3 mg P.kg<sup>-1</sup>, pričom menšie vrcholy zrejme charakterizujú určitú úroveň prihnojovania fosforom, pretože prirodzené zásoby fosforu v našich pôdach sú pomerne nízke. Na druhej strane lokality ako napr. Malanta (hnedozem kultizemná) a Voderady pri Trnave (černozem kultizemná karbonátová) sa vyznačujú priaznivejšími sorpčnými vlastnosťami a výraznou intenzifikáciou a kultiváciou týchto pôd, pričom obsah prístupného fosforu je tu najmä pri černozemi oveľa vyšší ako pri lokalitách Topoľníky (fluvizem) a Liesek (pseudoglej). Navyše hodnoty sú značne variabilné (najmä pri černozemi) a výrazný trend najmä v poslednom období môže odrážať len zvýšenú úroveň draselného hnojenia, pretože chemickým zvetrávaním minerálneho podielu pôdy sa nemôže uvoľniť do pôdneho roztoku a pôdy výrazné množstvo draslíka v krátkom časovom horizonte. Pri niektorých lokalitách obsah prístupného fosforu sa približuje východným hodnotám na začiatku sledovania (Topoľníky, Liesek).

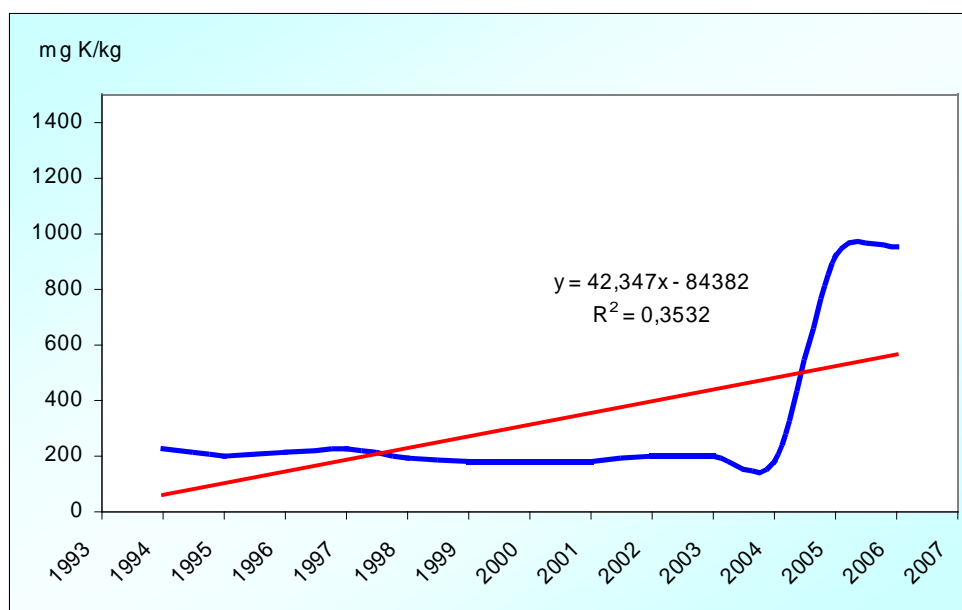
## Draslík

Vývojové trendy obsahu prístupného draslíka sú znázornené na obrázkoch 7 – 10.

**Obr. 7** Vývoj obsahu prístupného K (Schacht.) v ornici fluvizeme kultizemnej (Topoľníky)

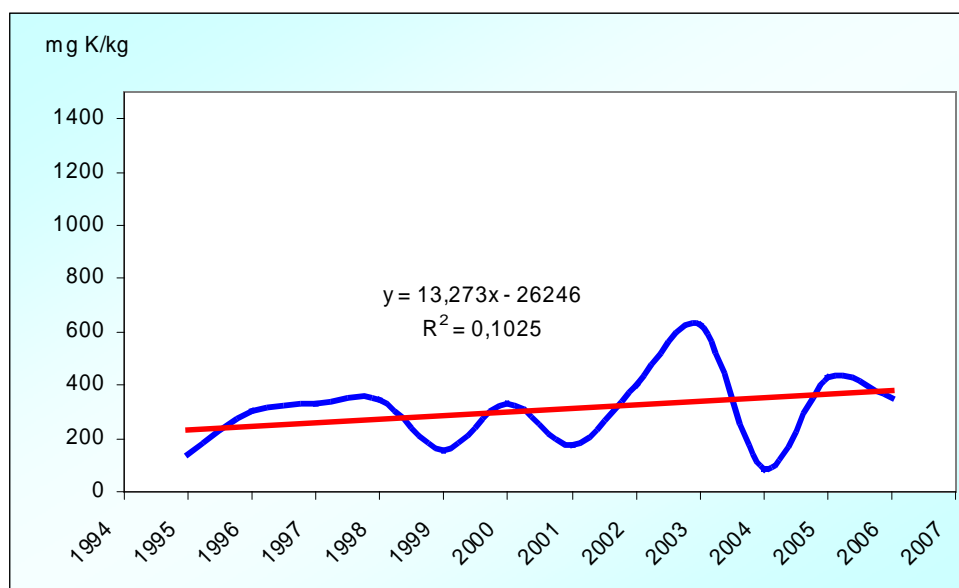


**Obr. 8** Vývoj obsahu prístupného K (Schacht.) v ornici černoze kultizemnej (Voderady)

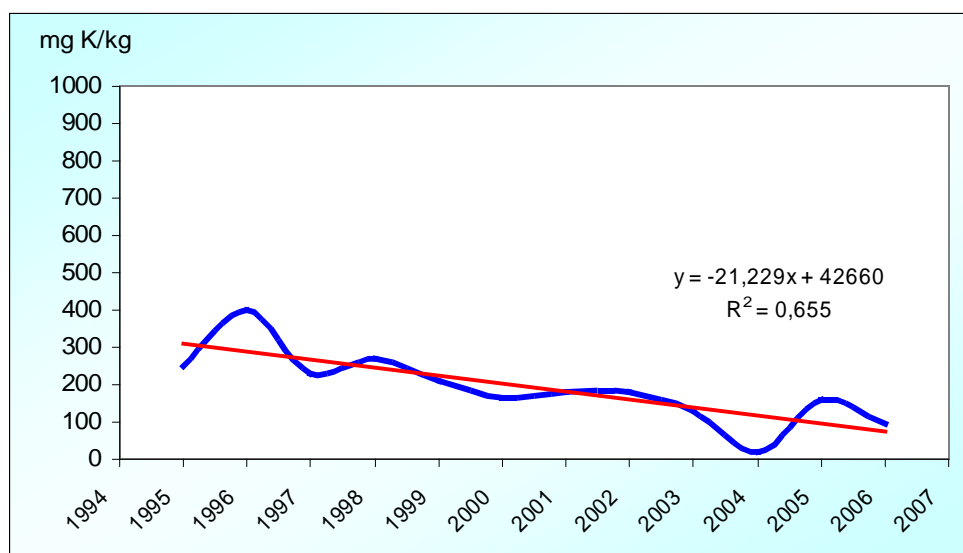




**Obr. 9** Vývoj obsahu prístupného K (Schacht.) v ornici hnedozeme kultizemnej (Malanta)



**Obr. 10** Vývoj obsahu prístupného K (Schacht.) v ornici pseudogleja kultizemného (Liesek)



Vývoj obsahu prístupného draslíka na hodnotených lokalitách je podobne ako pri fosfore značne rozdielny a odráža jednak lepšiu zásobenosť pôd draslíkom, čo rezultuje jednak z lepšej prirodzenej zásobenosti pôd týmto prvkom, ako aj zo starej zásoby ako výsledok často aplikovaných vysokých dávok K-hnojív v minulosti. Tieto sa na niektorých lokalitách nedajú vylúčiť ani v súčasnosti, o čom svedčia výrazné vrcholy prakticky na všetkých hodnotených lokalitách. Jedná sa totiž často o vysoký obsah prístupného draslíka v pôde, ktorý sa niekedy cyklicky s väčšou alebo menšou pravidelnosťou opakuje. Dokumentujú to do určitej miery aj dosiahnuté výsledky zo základnej siete, kde za posledných 5 rokov došlo k určitému nárastu obsahu prístupných živín – najmä draslíka v niektorých hodnotených pôdach (hnedozeme, černozeme, fluvizeme, ale aj pseudogleje).

## 5.6.2. Mikroelementy

Jedným z dôležitých atribútov pôdnej úrodnosti je aj obsah mikroelementov, najmä Cu, Zn, Mn. Obsah týchto prvkov bol sledovaný v slabom vyluhovadle (v DTPA), jedná sa o obsah prvkov v pohyblivej forme, ktoré sa môžu dostávať koreňovým systémom do rastlín. Príčinou rozdielov medzi obsahmi určitého mikroelementu môže byť ich odlišný odber rastlinami, odlišné sorpčné vlastnosti pôd, ale aj spôsob a intenzita zvetrávacích procesov, pretože tieto prvky sa v súčasnosti dostávajú do pôdy (napr. hnojením) len minimálne, alebo prakticky vôbec.

V nasledovnej tabuľke 3 je uvedené základné štatistické vyjadrenie obsahu uvedených mikroelementov (Cu, Mn, Zn) za posledný 3. cyklus monitorovania pôd v ornici vybraných pôd (pseudogleje, hnedozeme, černozeme a fluvizeme).

**Tab.3** Obsah mikroelementov vo výluhu DTPA v mg.kg<sup>-1</sup> v ornici vybraných poľnohospodárskych pôd SR (3. cyklus)

P.č.	Pôdy	Kultúra	n	Cu			Mn			Zn		
				Xmin.	Xmax.	X	Xmin.	Xmax.	X	Xmin.	Xmax.	X
1	PG+LMg	OP	37	0,78	8,21	1,75	14,71	143,67	67,96	0,29	16,63	1,80
2	PG	TTP	12	0,71	2,28	1,55	12,47	232,17	94,07	0,88	4,54	2,26
3	HM+HMg	OP	32	5,56	5,56	2,34	16,89	164,41	71,27	0,49	6,69	1,67
4	ČM+ČMh	OP	23	1,01	4,88	2,05	9,22	109,63	45,52	0,54	3,42	1,18
5	FM+FM <sub>G</sub> na karb. fluv. sed.	OP	24	1,25	23,94	4,12	13,72	65,65	31,15	0,58	21,42	2,53
6	FM+FM <sub>G</sub> na nekarb. fluv. sed.	OP	26	0,86	33,50	5,14	6,87	197,29	82,19	0,41	150,37	9,31

Xmin. – minimálna hodnota, Xmax. – maximálna hodnota, X – aritmetický priemer,  
 OP – orná pôda, TTP – trvalé trávne porasty, PG – pseudoglej,  
 LMg – luvizem pseudoglejová, HM – hnedozem, HMg – hnedozem pseudoglejová,  
 ČM – černozem, ČMh – černozem hnedozemná, FM – fluvizem,  
 FM<sub>G</sub> – fluvizem glejová, n – početnosť súboru

Priemerný obsah medi sa v hodnotených pôdach pohybuje v rozpätí 1,55 – 5,14 mg.kg<sup>-1</sup>, čo podľa ÚKSUP-u (1993) je stredný až vysoký obsah.

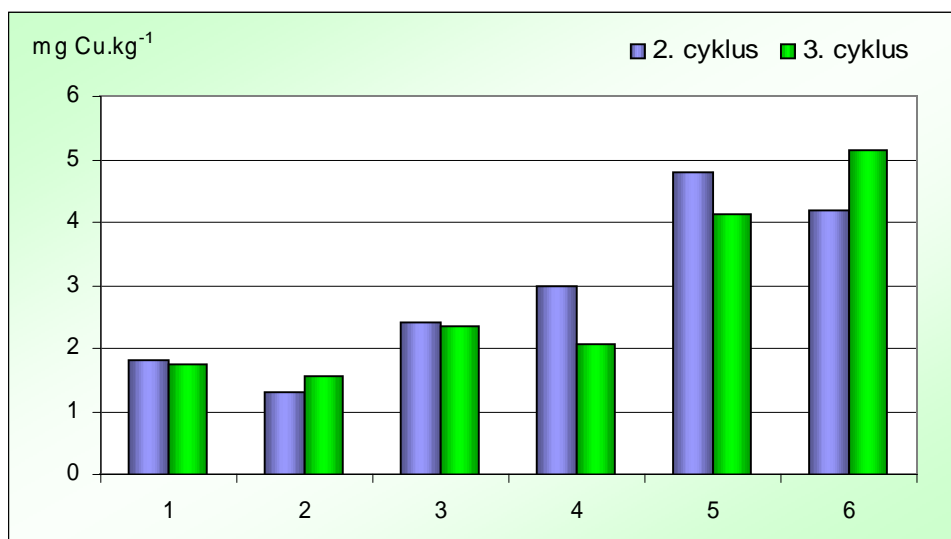
Priemerný obsah mangánu v hodnotených pôdach sa pohybuje v rozpätí 45,52 – 94,07 mg.kg<sup>-1</sup>, čo je stredný obsah.

Priemerný obsah zinku v hodnotených pôdach sa pohybuje v rozpätí 1,18 – 9,31 mg.kg<sup>-1</sup>, čo je stredný obsah.

Získané výsledky nám potvrdzujú aj naše predchádzajúce hodnotenia mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska (Kobza a kol., 2002) o dobrom stave mikroelementov v našich pôdach. Keďže dodávanie uvedených mikroelementov do pôdy hnojivami možno v súčasnosti s vysokou mierou pravdepodobnosti prakticky vylúčiť, ich obsahy odrážajú skôr prirodzené chemické procesy v pôde. Preto často nachádzame vyššie hodnoty niektorých mikroelementov práve na kyslých pôdach (v nami porovnávaných pôdach najmä na pseudoglejoch), kde dochádza k ich výraznejšiemu vytesňovaniu a uvoľňovaniu do pôdneho roztoku, kde sa v prijateľnej forme stávajú zásobárňou pre ich príjem rastlinami. Celkovo možno konštatovať, že hodnotené pôdy majú v priemere priaznivý obsah mikroelementov (Cu, Mn, Zn) bez výrazného deficitu, o čom svedčia i minimálne hodnoty uvedených prvkov.

Zaujímavý je aj aktuálny vývoj hodnotených mikroelementov za posledných 5 rokov (porovnanie 2. a 3. cyklu monitorovania pôd v SR – v 1. cykle sa mikroelementy nesledovali). Tento je graficky znázornený na obrázkoch 11 – 13.

**Obr. 11** Vývoj obsahu medi (DTPA) v ornici vybraných pôd



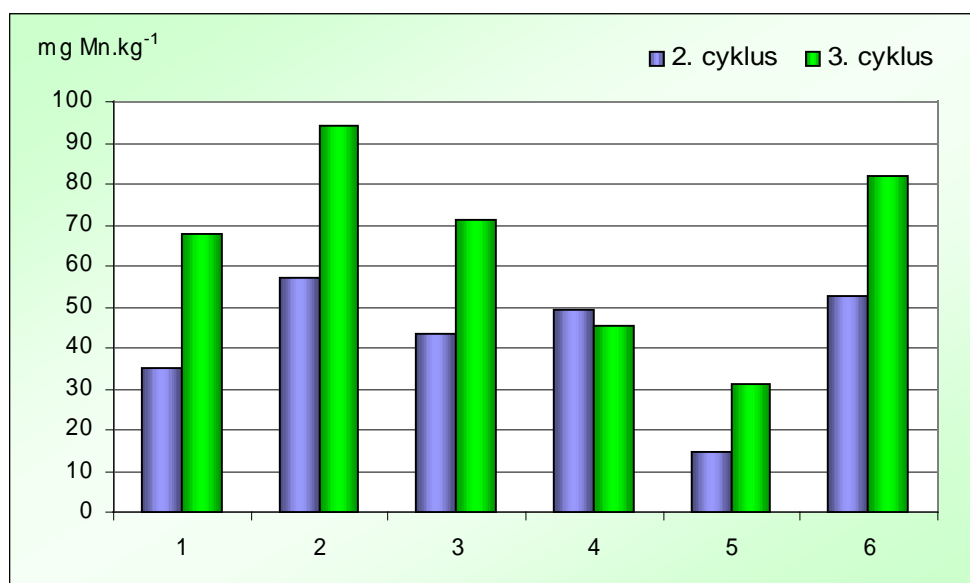
Obsah medi v hodnotených pôdach medzi 2. a 3. cyklom je viac-menej vyrovnaný, optické rozdiely sú však štatisticky nepreukazné (tab. 4).

**Tab. 4** Hodnotenie mikroelementov podľa F - testu

Hodnoty F – testu	Mikroelementy		
	Cu	Mn	Zn
vypočítané	1,14	2,27	10,13
tabuľkové:			
P <sub>0,05</sub>	5,1	5,1	5,1
P <sub>0,01</sub>	11,0	11,0	11,0

Vývoj obsahu mangánu za posledné obdobie je znázornený na obr. 12.

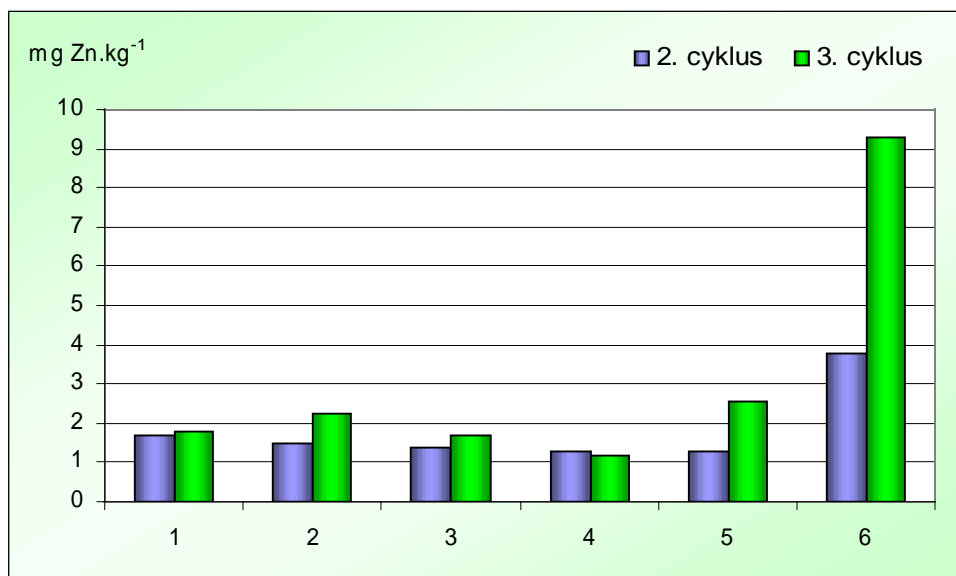
**Obr. 12** Vývoj obsahu mangánu (DTPA) v ornici vybraných pôd



Na rozdiel od medi, v prevažnej časti hodnotených pôd pozorujeme pri mangáne skôr jeho nárast, i keď podobne ako pri medi zistené rozdiely sú štatisticky nepreukazné (tab. 4). Jeho vyššie hodnoty zisťujeme práve na kyslejších pôdach (napr. pri fluvizemiach na nekarbonatových fluvialných sedimentoch, ako aj na pseudoglejoch), čo len potvrdzuje naše predchádzajúce výsledky napr. v kambizemiach na kyslých substrátoch (Kobza a kol., 2005). Zvyšovanie mangánu najmä na kyslých pôdach možno čiastočne zdôvodniť nedostatkom vápnenia, ktoré eliminuje vplyv mangánu na kyslých pôdach.

Vývoj obsahu zinku v hodnotených pôdach je znázornený na obr. 13.

**Obr. 13** Vývoj obsahu zinku (DTPA) v ornici vybraných pôd



Charakter vývoja zinku v hodnotených pôdach je podobný ako pri mangáne. Rozdiely sú však štatisticky preukazné (tab. 4). Jeho prístupnosť je podobne ako pri mangáne najvyššia práve na kyslejších pôdach (fluvizeme nekarbonátové). Naopak najnižšie hodnoty zinku zisťujeme na černozemiach s rezervami CaCO<sub>3</sub>.

### Záver

Na základe dosiahnutých výsledkov možno konštatovať, že v hodnotených pôdach (pseudogleje, hnedozeme, černozeme a fluvizeme) prevláda stredný obsah prístupného fosforu (na fluvizemiach je jeho obsah dobrý až vysoký). Obsah prístupného draslíka je prevažne dobrý, čo súvisí aj s jeho lepšou zásobenosťou v našich pôdach, ako aj so starou zásobou tohto prvku najmä na orných pôdach (vplyv často vysokého K-hnojenia najmä v minulosti). V poslednom období zisťujeme najmä výraznejší pokles fosforu v hodnotených pôdach, obsah draslíka zaznamenáva skôr jeho nárast oproti predchádzajúcemu monitorovaciemu cyklu.

Čo sa týka obsahu mikroelementov (Cu, Mn, Zn) vo vybraných poľnohospodárskych pôdach Slovenska, tieto nie sú v súčasnosti limitovanými prvkami (z pohľadu ich hodnotenia ako mikroelementov), ich nárast najmä na kyslých pôdach je skôr výsledkom absencie vápnenia a ich následnej mobilizácie ako výsledkom ich dodania do pôdy vo forme hnojív.

## 5.7. Hodnotenie vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia humusu

Jedným z najdôležitejších pôdných parametrov, ktorý sa dlhodobo monitoruje v rámci základnej siete pôdneho monitoringu je obsah organického uhlíka (Cox) v orničnom a podorničnom horizonte, ktorý v podstatnej miere ovplyvňuje chemické, biologické a fyzikálne vlastnosti pôdy a je jedným z najdôležitejších faktorov pôdnej kvality (Brejda a kol. 2000, Fageria, 2002). Pôdna organická hmota (POH) je najväčšou zásobárňou živín, nakoľko obsahuje viac ako 95% dusíka a síry a 20-75 % fosforu z celkového množstva týchto biogénnych prvkov v pôdnom prostredí (Duxbury a kol. 1989, Baldock a Nelson, 1999). Rezervoár pôdneho uhlíka patrí medzi prioritné funkcie pôdy, ktoré definuje rámcová smernica EÚ na ochranu pôdy (European Commission, 2006).

Slovenské poľnohospodárstvo prešlo od roku 1990 výraznými zmenami, ktoré mohli vo veľkej miere ovplyvniť aj stav pôdnej organickej hmoty. Z uvedeného dôvodu sa od roku 1993 v pravidelných 5-ročných cykloch monitoruje stav POH na všetkých pôdných skupinách poľnohospodárskeho pôdneho fondu.

V predkladanej práci uvádzame hodnotenie zmien v množstve a kvalite POH v treťom 5-ročnom monitorovacom cykle (obdobie rokov 1993-2002) na 6 pôdných skupinách. V práci sú tiež zhodnotené zmeny v obsahu Cox na 10 kľúčových lokalitách v období rokov 1994 – 2006, ktoré spadajú do pôdných skupín hodnotených v rámci základnej siete. Na šiestich z nich uvádzame aj zmeny v základných kvalitatívnych parametroch POH ako aj detailné zmeny v chemickom zložení humínových kyselín (HK), ktoré sa monitorujú každé tri roky.

### *Materiál a metódy*

V rámci základnej monitorovacej siete je hodnotenie POH realizované na týchto pôdných skupinách:

- 1 – Fluvizeme a fluvizeme glejové na karbonátových fluviálnych sedimentoch, prevažne OP (FM<sup>c</sup>, FM<sub>G</sub><sup>c</sup>)
- 2 – Fluvizeme a fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch, prevažne OP (FM, FM<sub>G</sub>, GL)
- 3 – Pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polygenetických sprašových hlinách, OP (PG, LM<sub>g</sub>)
- 4 – Pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách, TTP (PG)
- 5 – Černozeme a černozeme hnedozemné na sprašiach, prevažne OP (ČM, ČMh)
- 6 – Hnedozeme a hnedozeme pseudoglejové na sprašiach, resp. polygenetických hlinách, prevažne OP (HM, HM<sub>g</sub>)

V základnej monitorovacej sieti bol obsah organického uhlíka – Cox, ako aj celkového dusíka Nt v treťom monitorovacom cykle stanovený v hĺbkach: 0-10 a 35-45 cm. Cox bolo stanovené podľa Ľurina v modifikácii Nikitina a Nt podľa Jodlbauera (Kobza a kol. 1999). V hĺbke 0-10 cm bolo stanovené aj frakčné zloženie humusu podľa Kononovej a Beľčikovej (Kobza, 1999). Na hodnotenie kvality humusu boli vybrané parametre - Chk/Cfk (pomer uhlíka humínových a fulvokyselín) a farebný kvocient Q<sub>6</sub><sup>4</sup> (pomer absorpcií meraných v roztoku humínových kyselín pri vlnových dĺžkach 465 a 650 nm). Obsah Cox v orničnom

horizonte bol stanovený aj na piatich kľúčových lokalitách pseudoglejov (Žiar nad Hronom, Koš, Jelšava, Liesek, Stakčín) na fluvizemi kultizemnej (Dvorníky), fluvizemi glejovej (Nacina Ves), fluvizemi karbonátovej (Topoľníky), hnedozemi (Malanta), a černozemi karbonátovej (Voderady). Na dvoch kľúčových lokalitách pseudoglejov (Liesek, Stakčín) a fluvizemí (Topoľníky, Nacina Ves) ako aj na hnedozemi (Malanta) a černozemi (Voderady) boli stanovené aj základné kvalitatívne parametre humusu Chk/Cfk a  $Q^4_6$ . Na týchto kľúčových lokalitách bola zrealizovaná aj izolácia humínových kyselín (HK) a stanovená detailná štruktúra HK na základe týchto parametrov: elementárne stanovenie uhlíka, dusíka, vodíka a kyslíka (CHN analýza), optický parameter  $E^{1\%}_1$ , karboxylová kyslosť HK a spektrá nukleárnej magnetickej rezonancie  $^{13}C$  NMR, z ktorých sa vypočítalo percentuálne zastúpenie aromatického (Car) a alifatického (Calif) uhlíka a stupeň aromaticity -  $\alpha$ . Izolácia humínových kyselín ako aj metódy stanovenia všetkých sledovaných parametrov sú uvedené v Záväzných metódach rozborov pôd (Kobza, 1999).

Štatistické spracovanie a zhodnotenie údajov bolo realizované t-testom pre párové hodnoty.

### **Výsledky a diskusia**

#### *Hodnotenie súčasného stavu a vývojového trendu vybraných 6 skupín základnej siete (porovnanie I., II. a III. monitorovacieho cyklu)*

Černozeme reprezentujú 14% z celkovej výmery poľnohospodárskych pôd na Slovensku, nachádzajú sa v najsuchších a najteplejších oblastiach nížin a patria medzi úrodné pôdy. Podobné percentuálne zastúpenie (12,9%) majú aj hnedozeme ktoré sú jednými z najviac využívaných pôd v poľnohospodárskej výrobe. O niečo vyššie percentuálne zastúpenie (15,3%) majú fluvizeme, ktoré sa nachádzajú v nivách riek predovšetkým na Východoslovenskej nížine. Pseudogleje patria medzi málo úrodné pôdy a spomedzi hodnotených pôdných typov majú najnižšie percentuálne zastúpenie (7,6%) (Bielek a kol. 1998).

Množstvo organického uhlíka na orných, intenzívne obrábaných pôdach je málo závislé od genézy konkrétneho pôdneho typu. Z uvedeného dôvodu sa priemerné hodnoty Cox na hodnotených orných pôdach medzi jednotlivými pôdnymi typmi podstatne nelíšia (Tabuľka 1) a pohybujú sa v intervale 1,9% (fluvizeme na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch) a 1,4% (pseudogleje). Podstatnejší je rozdiel medzi hodnotami Cox v orničnom horizonte na rovnakom pôdnom type (pseudogleje) ale rôznych spôsoboch kultúry využívania (Tabuľka 1). Priemerná hodnota organického uhlíka v ornici pseudoglejov na OP predstavuje iba 47 % z hodnoty Cox na trvalých trávnych porastoch. Uvedené konštatovanie je v súlade s mnohými literatúrnymi údajmi. Chukov (2000) napríklad uvádza, že pri rozoraní pasienkov dochádza k porušeniu prirodzenej rovnováhy a obsah humusu sa podstatne zníži v dôsledku intenzívnej mineralizácie hlavne v orničnom horizonte (Chukov, 2000). Podobne aj Schnitzer zistil, že dlhodobé intenzívne obrábanie pôdy výrazne znižuje celkovú zásobu POH, čo sa odráža na znížení množstva Cox (Schnitzer a kol. 2005). Guo a Gifford (2002) na základe výsledkov meta analýzy uvádzajú, že pri zmene hospodárenia na pôde v prípade rozorania pasienkov je pokles pôdneho organického uhlíka až 59 %. Podstatne nižšie hodnoty Cox na orných pôdach ako na TTP v rámci rovnakého pôdneho typu boli v priebehu monitorovania zistené aj u nás (Linkeš a kol., 1997, Barančíková, 2002).

V hĺbke 35-45 cm sú hodnoty organického uhlíka podstatne nižšie v porovnaní s orníčným horizontom a viac sa v tomto horizonte odrážajú rozdiely medzi pôdnymi typmi. Rozdiely v spôsobe kultúry využívania (OP,TTP) nie sú v prípade hodnôt Cox také dominantné, ako v orníčnom horizonte (tab. 1). Jednoznačne najvyššou hodnotou Cox v podornici disponujú černozeme (1,2%) a najnižšou pseudogleje, pričom u pseudoglejoch je rozdiel medzi OP a TTP minimálny (0,6, resp. 0,5% Cox).

**Tab.1.** Obsah organického uhlíka – Cox (%) na fluvizemiach, pseudoglejoch, čenzemiach a hnedozemiach v r. 2002 (rok odberu 3.cyklu)

pôdy	kultúra	hĺbka odberu vzorky (cm)	Cox (%)		
			X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X
FM <sup>c</sup> , FM <sub>G</sub> <sup>c</sup>	OP	0-10	1,1	3	1,6
		35-45	0,4	2,5	1,0
FM, FM <sub>G</sub> , GL	OP	0-10	0,6	3,5	1,9
		35-45	0,4	2,4	1,1
PG, LM <sub>g</sub>	OP	0-10	0,6	2,2	1,4
		35-45	0,1	2,3	0,6
PG	TTP	0-10	1,5	5,0	3,0
		35-45	0,2	0,9	0,5
ČM, ČMh	OP	0-10	1,1	3,1	1,6
		35-45	0,5	1,6	1,2
HM, HM <sub>g</sub>	OP	0-10	0,9	2,6	1,5
		35-45	0,2	1,5	0,7

Hodnoty celkového dusíka úzko korelujú s hodnotami Cox, pričom najužší vzťah medzi Cox a Nt bol zistený v prípade černozemí a fluvizemí karbonátových (R=0,88 n=20, resp. R=0,81 n=21). Podobne ako v prípade Cox priemerná hodnota Nt pseudoglejov na TTP je podstatne vyššia ako na OP a je najvyššia zo všetkých sledovaných pôdných typov (tab. 2). 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 (Franzluebbers, 2002), sú v prípade sledovaných pôdných skupín pomerne vyrovnané a pohybujú v rozmedzí od 8 do 11, čo predstavuje strednú zásobu dusíka v pôdnej organickej hmote (tab. 2). Zhodný rozsah hodnôt C/N bol zistený aj v prípade kambizemí, čiernic a rendzín (Barančíková, 2005). V prípade pseudoglejov bola hodnota C/N nižšia na orných pôdach ako na TTP, čo signalizuje lepšiu zásobu dusíka na orných pôdach ako na trvalých trávnych porastoch (tab. 2).

**Tab. 2.** Obsah celkového dusíka– Nt (%) a pomeru C/N na fluvizemiach, pseudoglejoch, čenzemiach a hnedozemiach v r. 2002 (rok odberu 3.cyklu)

Pôdy	kultúra	hĺbka odberu vzorky (cm)	Nt			C/N		
			X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X
FM <sup>c</sup> , FM <sub>G</sub> <sup>c</sup>	OP	0-10	1185	2754	1878	6,9	10,9	8,7
FM, FM <sub>G</sub> , GL	OP	0-10	1010	3100	2079	6,0	11,9	9,1
PG, LM <sub>g</sub>	OP	0-10	602	3693	1934	4,0	10,1	7,8
PG	TTP	0-10	910	3807	2733	9,0	16,3	11,1
ČM, ČMh	OP	0-10	1515	2763	2006	7,1	12,0	9,0
HM, HM <sub>g</sub>	OP	0-10	713	2796	1537	7,2	22,5	10,5

Kvalitatívne parametre POH sú vo väčšej miere charakteristické pre konkrétny pôdny typ ako hodnoty Cox na orných pôdach. Základným kvalitatívnym parametrom je pomer humínových a fulvo kyselín (Chk/Cfk). Prevládanie humínových nad fulvokyselinami je charakteristické pre vyzretejšiu, viac humifikovanú pôdnu organickú hmotu. Hodnoty

Chk/Cfk vyššie ako 1 boli zistené iba v prípade černozeme a fluvizeme karbonátovej a najnižšia hodnota tohto parametra bola zistená v prípade pseudoglejov na ornej pôde čo je charakteristické pre tieto pôdne typy (tab. 3). Uvedené hodnoty sú v súlade s predchádzajúcimi údajmi Chk/Cfk na hodnotených pôdnych typoch (Linkeš a kol., 1997).

Ďalším dôležitým kvalitatívnym parametrom je optický kvocient  $Q^4_6$ , pričom nižšie hodnoty tohto parametra sú charakteristické pre stabilnejšiu POH (Sotáková, 1982). V súlade s týmto tvrdením, najnižšie hodnoty  $Q^4_6$  boli zistené u černozemí, a najvyššie u pseudoglejov hlavne na TTP (tab. 3). Pokiaľ černozeme sú charakterizované stabilnou a dobre humifikovanou organickou hmotou u pseudoglejov prevládajú menej stabilné štruktúry, ktoré sú schopné rýchlejšie sa mineralizovať.

**Tab. 3.** Hodnoty kvalitatívnych parametrov Chk/Cfk a  $Q^4_6$  na fluvizemiach, pseudoglejoch, černozemiach a hnedozemiach v r. 2002 (rok odberu 3.cyklu)

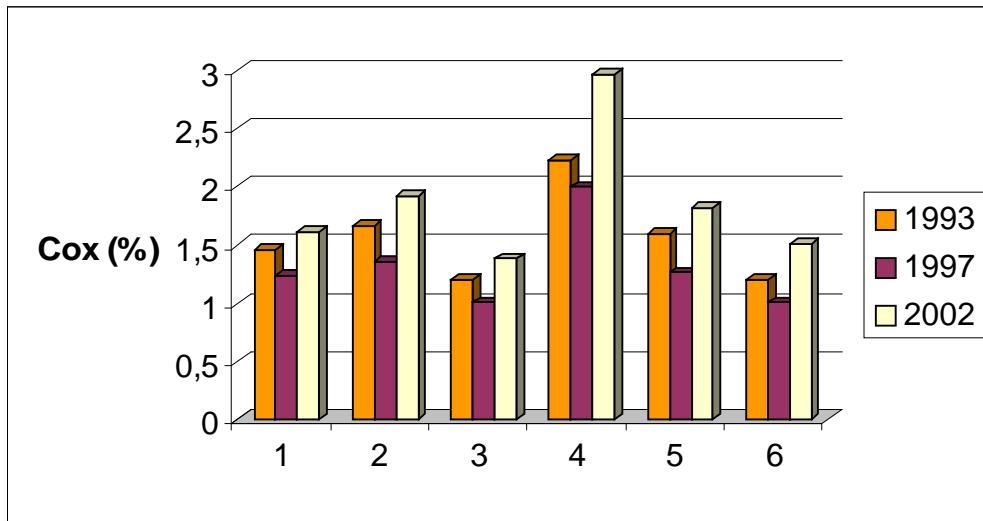
pôdy	kultúra	hĺbka odberu vzorky (cm)	Chk/Cfk			$Q^4_6$		
			$X_{min}$	$X_{max}$	X	$X_{min}$	$X_{max}$	X
FM <sup>c</sup> , FM <sub>G</sub> <sup>c</sup>	OP	0-10	0,4	2,9	1,5	4,2	6,2	5,2
FM, FM <sub>G</sub> , GL	OP	0-10	0,3	0,9	0,6	4,5	7,2	5,6
PG, LM <sub>g</sub>	OP	0-10	0,2	1	0,5	4,3	7,4	6
PG	TTP	0-10	0,5	0,9	0,6	5,7	7,7	6,5
ČM, ČMh	OP	0-10	0,7	2,2	1,1	4,1	4,9	4,5
HM, HM <sub>g</sub>	OP	0-10	0,6	1,1	0,8	4,6	7,3	5,5

V priebehu 10 ročného monitorovacieho obdobia boli zaznamenané určité zmeny v kvantitatívnych (Cox) ako aj v kvalitatívnych (Chk/Cfk a  $Q^4_6$ ) parametrov humusu.

V prípade organického uhlíka hodnotených pôdnych typoch došlo počas prvého monitorovacieho obdobia k miernemu poklesu Cox medzi rokmi 1993 a 1997 (obr. 1), pričom uvedený trend bol zistený aj u ostatných sledovaných pôdnych typoch (Barančíková, 2002). Príčin poklesu Cox v ornici na intenzívne obrábaných orných pôdach môže byť niekoľko. Jednou z nich môže byť nedostatočný input uhlíka rastlinných zvyškov v kombinácii s hnojením minerálnym dusíkom (Lugato a kol. 2006). Ďalšou príčinou môže byť intenzívne konvenčné obrábanie pôdy (Schnitzer a kol. 2006), hlboká orba (Dou a Hons, 2006, Caurasano a kol. 2006), nesprávny oševný postup (Machado a kol. 2006), nedostatočný prísun kvalitnej organickej hmoty (Bayer a kol. 2000) a aplikácia minerálnych živín (Ševcova, 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).

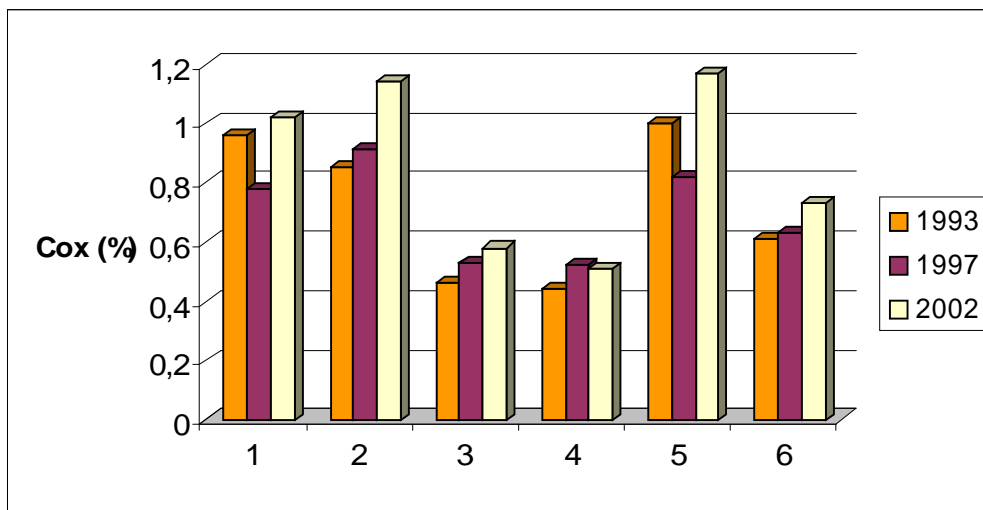


**Obr. 1.** Hodnoty Cox ( hĺbka 0-10 cm) v priebehu monitoringu



V priebehu ďalšieho obdobia (1997-2002) bol zaznamenaný opačný trend, t. j. nárast organického uhlíka v ornici (obr.1). Podobný nárast Cox v rokoch 1997-2002 bol zaznamenaný aj na kambizemiach (Barančíková, 2004, Barančíková, 2005). Treba však poznamenať, že okrem hnedozemí nárast Cox medzi prvým (1993) a zatiaľ posledných (2002) monitorovacím cyklom nebol štatisticky významný môžeme teda konštatovať, že úroveň POH na sledovaných pôdnych typoch dosiahla počiatočný stav (tab. 4). Jedným z možných vysvetlení uvedeného trendu môže byť skutočnosť, že koncom 90-tych rokov ako jedna z priorit štátnej dotačnej politiky bolo realizované tiež zvyšovanie obsahu organických látok v pôde prostredníctvom organického hnojenia (Jurčová, 2000), resp. zvyšujúci sa podiel orných pôd, na ktorých sa aplikuje minimálne obrábanie pôdy, čoho dôsledkom môže byť aj nárast Cox v r. 2002 na sledovaných pôdnych skupinách.

**Obr. 2.** Hodnoty Cox (hĺbka 35-45 cm) v priebehu monitoringu



Rozdiely v hodnotách Cox v podorničnom horizonte boli v priebehu monitoringu minimálne, nakoľko medzi hodnotami Cox v rokoch 1993 a 2002 neboli zistené žiadne štatisticky významné rozdiely (tab. 4). Na niektorých pôdnych typoch (fluvizeme glejové,

pseudogleje na OP, resp. hnedozeme) môžeme pozorovať postupný nárast organického uhlíka v hĺbke 35-45 cm (obr.2).

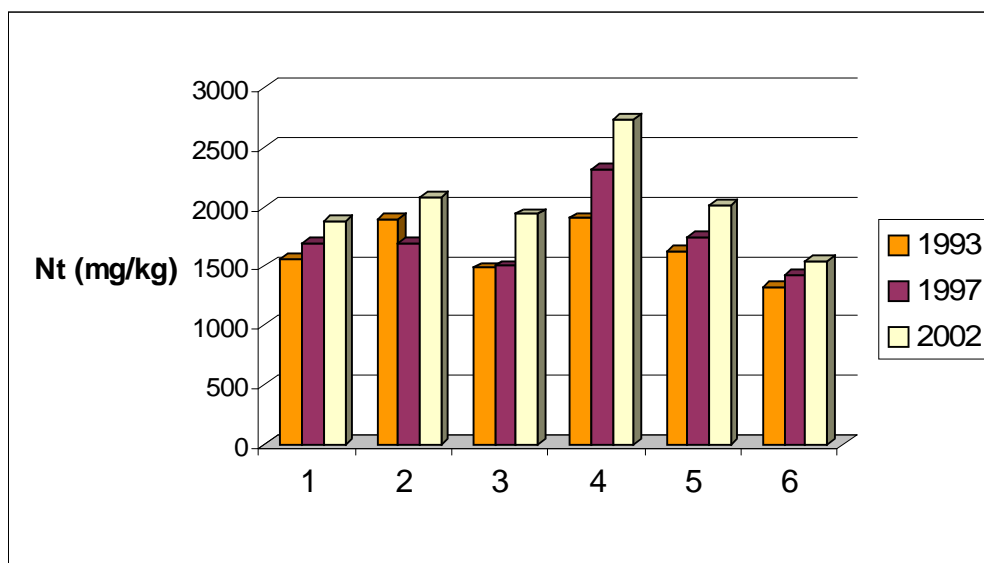
V prípade hodnôt celkového dusíka na mnohých pôdnych typoch (fluvizeme karbonátové, pseudogleje na TTP, černozeme a hnedozeme) môžeme pozorovať síce minimálny, ale zreteľný nárast hodnôt Nt (obr.3), pričom na niektorých z nich je zvýšenie Nt v priebehu monitoringu štatisticky významné (tab. 4).

Hodnoty pomeru uhlíka a dusíka (C/N) majú na jednotlivých pôdnych typoch kolísavý trend a okrem pseudoglejov na orných pôdach na žiadnom inom hodnotenom pôdnom type neboli rozdiely medzi prvým (1993) a zatiaľ posledným (2002) odberom štatisticky významné (obr.4, tab. 4).

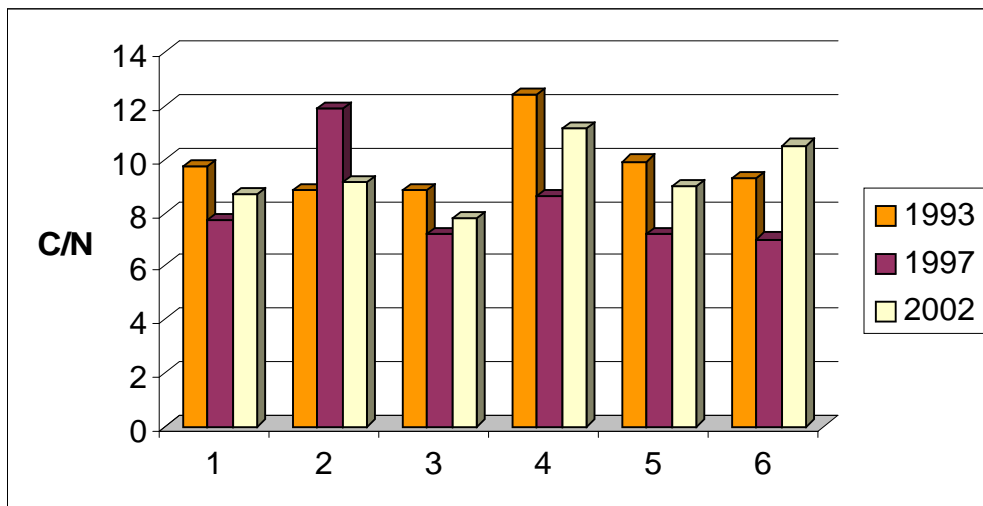
Zmeny v hodnotách pomeru humínových a fulvo kyselín boli v priebehu rokov 1993 a 1997 minimálne, ale v poslednom monitorovacom cykle došlo na viacerých pôdnych typoch, okrem fluvizemí na karbonátoch, kde bol zaznamenaný nárast tohto parametra, k zníženiu hodnôt Chk/Cfk, pričom vo viacerých prípadoch bolo toto zníženie štatisticky významné (obr.5, Tabuľka 4). Zníženie parametra Chk/Cfk v poslednom odbere môže čiastočne súvisieť so zvýšením hodnôt Cox (obr.1), nakoľko pri zvyšovaní množstva pôdnej organickej hmoty sa rýchlejšie tvoria fulvokyseliny na úkor stabilnejších humínových kyselín.

V súlade s týmto faktom je aj zvýšenie farebného kvocientu (obr.6) nakoľko vyššie hodnoty  $Q^4_6$  môžu čiastočne indikovať celkové zlabilnenie štruktúry pôdnej organickej hmoty a tým aj nárast množstva fulvo kyselín nad humínovými kyselinami.

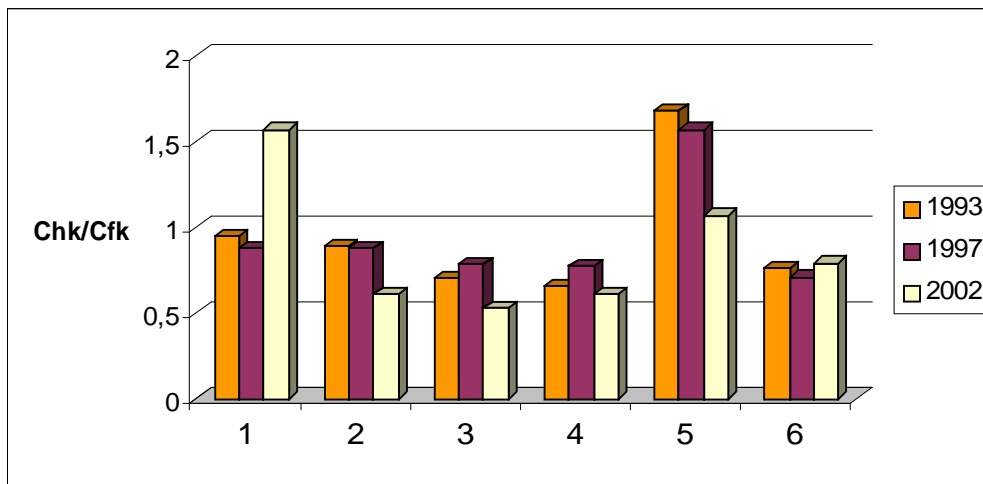
**Obr. 3.** Hodnoty Nt ( hĺbka 0-10 cm) v priebehu monitoringu



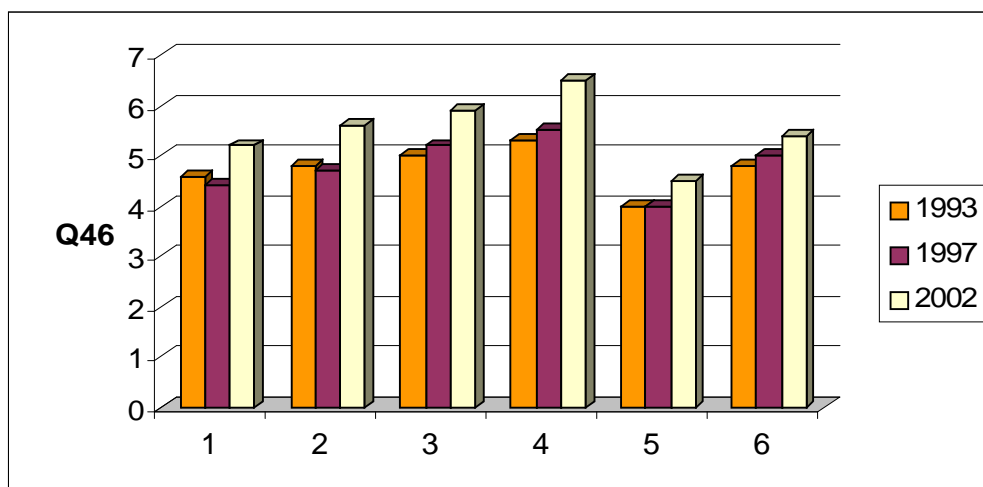
**Obr. 4.** Hodnoty C/Nt ( hĺbka 0-10 cm) v priebehu monitoringu



**Graf 5.** Hodnoty Chk/Cfk ( hĺbka 0-10 cm) v priebehu monitoringu



**Graf 6.** Hodnoty Q<sub>4</sub> ( hĺbka 0-10 cm) v priebehu monitoringu



**Tab. 4.** Porovnanie rokov 1997/2002 a 1993/2002 na hladine významnosti 0,1

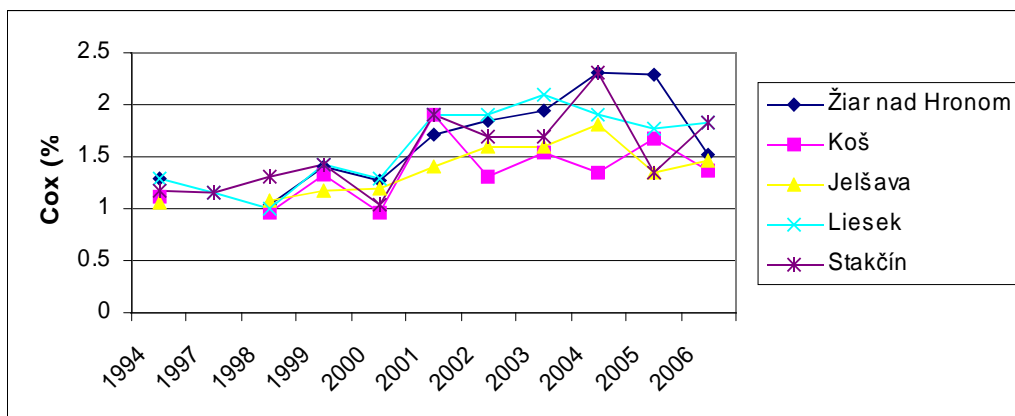
skupina pôd parameter	hĺbka odberu vzorky (cm)	porovnanie	1	2	3	4	5	6
			$t\alpha=2,9$	$t\alpha=2,9$	$t\alpha=2,8$	$t\alpha=3,4$	$t\alpha=2,9$	$t\alpha=2,8$
Cox	0-10	97/02	1.6	6.7*	7.4*	3.7*	6.3*	8.2*
		93/02	1.8	2.5	2.8	3	2.3	3.7*
Nt	35-45	97/02	2.8	3*	0.9	0.2	3.7*	1.8
		93/02	0.7	2.7	2.3	0.7	1.6	0.3
C/N	0-10	97/02	2	2.6	5.9*	1.4	3.9*	1.3
		93/02	3.6*	1.5	6.7*	2.8	4.8*	2.2
Chk/Cfk	0-10	97/02	2.6	2.8	1.8	2.7	4.8*	4*
		93/02	2.4	0.5	3.3*	1.2	2.5	1.1
Q46	0-10	97/02	4.1*	4.8*	4.4*	2.3	3.4*	1.6
		93/02	2.8	5*	3.3*	0.8	4.4*	0.5
		97/02	8.1*	8.2*	8.7*	6.4*	9.9*	4.6*
		93/02	8.5*	9.6*	12.5*	5.3*	10.6*	6.2*

### Zmeny základných parametrov obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty na kľúčových lokalitách kambizemí a čiernic (1995-2006)

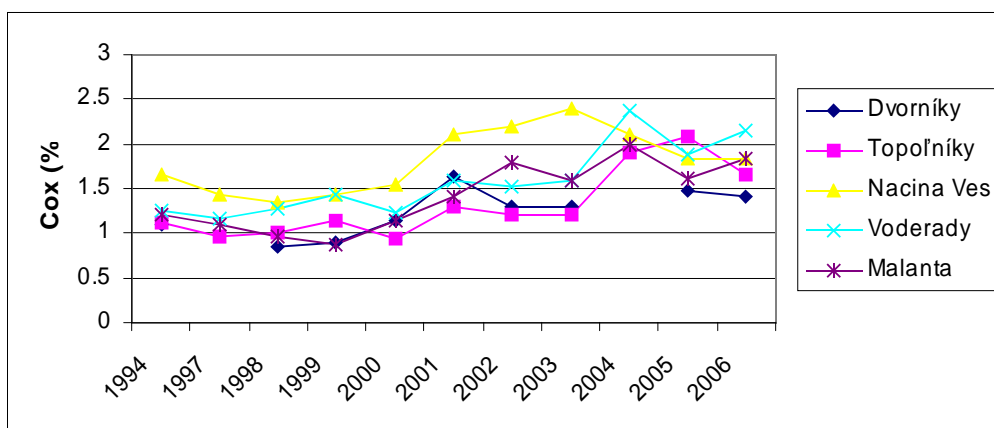
Vývoj hodnôt organického uhlíka na kľúčových lokalitách pseudoglejov môžeme rozdeliť na dve etapy. Na začiatku monitorovacieho obdobia (roky 1994-2000) sa hodnoty Cox na všetkých lokalitách pseudoglejov pohybovali v pomerne úzkom rozpätí 1-1,5%. (obr.7). Druhé obdobie (2000-2006) je charakteristické väčším rozptylom hodnôt, jednak priestorovo (medzi jednotlivými lokalitami) a jednak v čase (medzi jednotlivými rokmi). Najnižšie hodnoty Cox v druhom období spomedzi pseudoglejov boli zaznamenané na lokalite Koš. Na lokalite Liesek a Žiar nad Hronom je toto obdobie charakteristické vyššími hodnotami Cox. Pri porovnaní prvého a zatiaľ posledného odberu (roky 1994 a 2006) môžeme pozorovať určitý zvyšujúci sa trend Cox na lokalitách pseudoglejov, ktorý je však v dôsledku značných rozdielov medzi jednotlivými rokmi minimálny (obr.7a).

Hodnoty Cox na kľúčových lokalitách fluvizemí, černoze a hnedoze je na obr. 7b. Nakoľko sa jedná o rozdielne pôdne typy, rozptyl hodnôt Cox aj v prvom období monitorovania (1994-200) je väčší ako v prípade pseudoglejov. Medzi rokmi 1994-2003 najvyššie hodnoty Cox boli zaznamenané na lokalite Nacina Ves (fluvizem pseudoglejová) relatívne najnižšie hodnoty na lokalite Topoľníky (fluvizem karbonátová). V posledných dvoch sledovaných rokoch sú hodnoty Cox nasledovaných kľúčových lokalitách fluvizemí, černoze a hnedoze dosť vyrovnané. V priebehu monitoringu môžeme na všetkých hodnotených kľúčových lokalitách pozorovať určitý zvyšujúci sa trend, ktorý je zatiaľ najvýraznejší na lokalite Voderady (černozem) (obr.7b).

**Obr.7a.** Vývoj hodnôt Cox (0-10 cm) na kľúčových lokalitách pseudoglejov



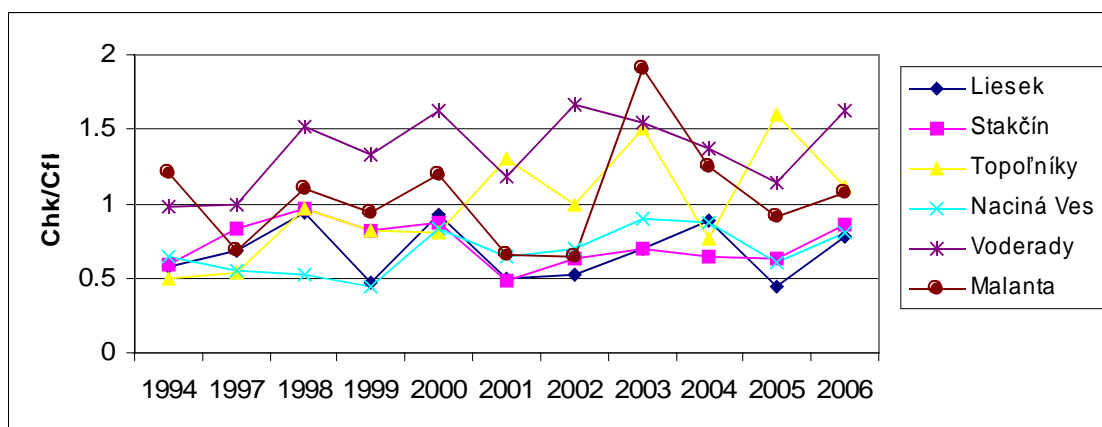
**Obr. 7b.** Vývoj hodnôt Cox (0-10 cm) na kľúčových lokalitách fluvizemí, černoze a hnedoze.



Kvalitatívne parametre pôdnej organickej hmoty ( Chk/Cfk a  $Q^4_6$  ) sa pravidelne monitorujú iba na dvoch lokalitách pseudoglejov (Liesek, Stakčín), fluvizemi glejovej a karbonátovej (Nacina Ves a Topoľníky) , černoze a hnedoze. V porovnaní s celkovým obsahom Cox sú kvalitatívne parametre POH charakteristické pre konkrétny pôdny typ. Ako vidíme na obr. 8 hodnoty Chk/Cfk na pseudoglejoch a fluvizemi glejovej počas celého monitorovacieho obdobia sa pohybujú iba v rozmedzí 0,5-1, čo je v súlade aj s priemernými hodnotami tohto parametra na týchto pôdnych typoch v rámci základnej monitorovacej siete.

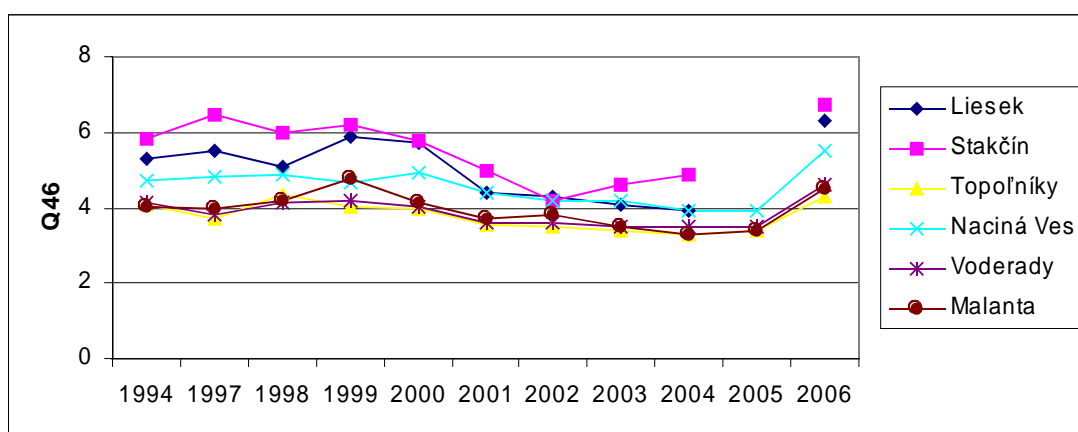
Hodnoty pomeru uhlíka humínových a fulvo kyselín nižšie ako 1 (prevaha fulvokyselín nad humínovými kyselinami) stanovené na kľúčových lokalitách sú charakteristické pre menej vyzretú organickú hmotu pseudoglejov a fluvizemí glejových. Hodnoty Chk/Cfk fluvizeme karbonátovej (Topoľníky) a hnedoze (Malanta), majú prechodný charakter, v priebehu monitorovania nadobúdajú hodnoty nad aj pod 1. Prevládanie humínových kyselín nad fulvokyselinami, teda hodnoty pomeru Chk/Cfk nad 1, boli počas celého monitorovacieho obdobia zistené na kľúčovej lokalite černoze (Voderady) (obr. 8), čo je charakteristické pre vysoko humifikovanú organickú hmotu tohto pôdneho typu.

**Obr. 8** Vývoj hodnôt Chk/Cfk na kľúčových lokalitách pseudoglejov, fluvizemí, černoze a hnedoze.



Aj hodnoty ďalšieho kvalitatívneho parametra, farebného kvocientu  $Q_6^4$  odrážajú genézu daného pôdneho typu a kvalitu jeho organickej hmoty. Najnižšie a takmer identické hodnoty  $Q_6^4$  boli zaznamenané na černoze (Voderady) a fluvizemi karbonátovej (Topoľníky) (obr.9). Hodnoty tohto parametra boli relatívne stále a pohybovali sa v intervale 3,5-4, čo je charakteristické pre dobre humifikovanú organickú hmotu. O niečo vyššie hodnoty boli stanovené zatiaľ v poslednom odberovom roku. Podobne nízke hodnoty farebného kvocientu boli zaznamenané aj na hnedozemi (Malanta). Hodnoty  $Q_6^4$  na fluvizemi glejovej boli vyššie a najvyššie hodnoty tohto parametra boli namerané na pseudoglejoch, čo je charakteristické pre slabo humifikovanú hmotu tohto pôdneho typu (obr. 9).

**Obr. 9** Vývoj hodnôt  $Q_6^4$  na kľúčových lokalitách pseudoglejov, fluvizemí, černoze a hnedoze.



### Zmeny v chemickom zložení humínových kyselín fluvizemí, pseudoglejov, černoze a hnedoze

V modernom pôdoznalectve sa čoraz častejšie využívajú detailnejšie metódy pri sledovaní zmien v kvalite pôdnej organickej hmoty. Pri porovnaní rozdielov medzi pôdnymi typmi, ale tiež pri porovnaní zmien pri rozdielnom hospodárení na pôde, je vhodné využiť izoláciu humínových kyselín, ktoré predstavujú základnú frakciu pôdnej organickej hmoty a študovať zmeny v ich chemickej štruktúre. Chemická štruktúra a zloženie týchto supramolekulárnych zhlukov relatívne malých molekúl (Piccolo,2001) závisí na pôdnom type

a niektoré jej parametre môžu byť veľmi užitočné pri klasifikácii pôd do špecifických taxonomických jednotiek (Wegner a kol. 1999).

Humínové kyseliny (HK) reprezentujú spolu s fulvo kyselinami (FK) a humínom tri základné frakcie humusu. HK však patria medzi najdôležitejšie frakcie humifikovanej POH, pretože na rozdiel od FK a humínu, ktoré s podielajú 9, resp. 8 % na celkovom kolobehu uhlíka, podiel humínových kyselín je až 16 % (Doane a kol. 2003). Dôležitosť HK vyjadruje aj skutočnosť, že boli izolované z prvej generácie Európôd (EUROSOILS), referenčnej sady piatich vzoriek reprezentujúcich najdôležitejšie pôdne jednotky EU, pričom v HK boli detailne stanovené zloženie, štruktúra a funkčné vlastnosti (Senesi a kol. 2003).

Základné kvalitatívne parametre organickej hmoty sa na vybraných kľúčových lokalitách dopĺňajú detailným sledovaním chemickej štruktúry humínových kyselín, ktoré sa izolujú v trojročných monitorovacích cykloch.

Základným chemickým parametrom pri sledovaní štruktúry HK je elementárna C, H, N, O analýza, ktorá odráža charakteristiky pôdnej humifikácie. Vyššie zastúpenie uhlíka a nižšie zastúpenie vodíka je charakteristické pre HK s vyšším humifikačným stupňom. Ako vidíme z hodnôt v tabuľke 5 najvyššie zastúpenie uhlíka a naopak nízke hodnoty vodíka sú charakteristické pre kvalitnú organickú hmotu černoze. Najnižšie zastúpenie uhlíka v priebehu celého monitorovacieho obdobia a vysoké hodnoty vodíka boli zaznamenané na pseudogleji z lokality Stakčín (tab. 5). Zmeny v elementárnej analýze HK v priebehu monitorovacieho obdobia boli minimálne a mali kolísavý charakter. Výrazné zníženie percenta uhlíka a naopak zatiaľ najvyššie hodnoty vodíka boli v poslednom odbere zaznamenané na černozemi, čo by naznačovalo značné zlabilnenie štruktúry HK (tab. 5). Uvedený trend je zreteľný aj na všetkých ostatných hodnotených lokalitách, avšak veľkosť zmien nebola taká výrazná ako v prípade černoze.

Ďalším hodnoteným parametrom je obsah karboxylových (COOH) skupín v štruktúre humínových kyselín. Nakoľko postupujúci priebeh humifikácie je charakterizovaný karboxyláciou periférnych častí HK (Ševcova, Sidorina, 1988) Rosell (Rosell a kol. 1989) uvádza, že na základe obsahu COOH skupín sa dá posudzovať stupeň humifikácie pôdnej organickej hmoty. COOH skupiny hrajú dôležitú úlohu aj z environmentálneho hľadiska, nakoľko účinne viažu ťažké kovy (Barančíková a kol. 1997, Barančíková a Makovníková, 2003). Obsah karboxylových skupín je v súlade s hodnotami elementárneho zloženia. Najvyššími hodnotami disponuje černozem (4-5 meq/1 gHK) a nízkymi hodnotami (2-3 meq/1 gHK) predovšetkým pseudogleje ale aj fluvizem glejová (tab. 5). Zmeny obsahu COOH v priebehu monitoringu boli minimálne. Medzi dvoma poslednými odbermi bol na všetkých hodnotených lokalitách zaznamenaný rovnaký trend (zníženie obsahu COOH), ktorý bol najvýraznejší, rovnako ako v prípade elementárnej analýzy, na černozemi (tab. 5).

V súčasnosti sa do popredia záujmu pri štúdiu štruktúry humusových látok, stále častejšie dostáva metóda nukleárnej magnetickej rezonancie (NMR), ktorá okrem kvalitatívnej analýzy poskytuje aj pomerne presnú kvantitatívnu analýzu. Pri štúdiu štruktúry humínových kyselín (HK) je v súčasnosti jednou z najpoužívanejších spektrálnych techník nukleárna magnetická rezonancia uhlíka  $^{13}\text{C}$ , ktorá umožňuje kvantitatívne stanovenie jednotlivých typov uhlíka v štruktúre pôdnej organickej hmoty (Mathers a kol. 2000).

$^{13}\text{C}$  NMR sa veľmi často využíva pri detailnom štúdiu štruktúry pôdnej organickej hmoty rôznych pôdnych typoch a pri rozkladných procesoch, ktoré v pôde pri mineralizácii/humifikácii pôdnej organickej hmoty prebiehajú (Preston, 1996, Dai a kol. 2001, Hertkorn a kol. 2002, Chefetz a kol. 2002, Leifeld a Kogel-Knaber, 2005). Vo všeobecnosti môžeme konštatovať, že u mladých, málo vyzretých frakciách POH dominujú alifatické štruktúry uhlíka, ktorých objem sa v priebehu humifikačného procesu znižuje

a zvyšuje sa podiel aromatických štruktúr (Preston a kol. 1994, Newman a Tate, 1991, Chen a Pawluk, 1995 Olk a kol. 1995).

Detailný popis  $^{13}\text{C}$  NMR spektier HK z dominantných pôdnych typov reprezentujúcich poľnohospodárske pôdy Slovenska je možné nájsť v jednej z našich predchádzajúcich prác (Barančíková a kol. 1997). Ako je možné vidieť z  $^{13}\text{C}$  NMR hodnôt v tabuľke 5, najvyššie hodnoty aromatických a najnižšie hodnoty alifatických štruktúr a tým aj najvyšším stupňom aromaticity  $\alpha$  disponuje černoziem a nízky stupeň aromaticity je charakteristický predovšetkým pre pseudogleje a fluvizem glejovú. Zmeny v aromatických štruktúrach, hlavne u pôd s ich nízkym percentuálnym obsahom (pseudogleje, fluvizem glejová), boli v priebehu monitorovacieho obdobia minimálne. Postupné zvyšovanie Car a tým aj stupňa aromaticity v priebehu 12 rokov monitoringu boli zaznamenané iba na lokalite Topoľníky (fluvizem karbonátová). inkorporácií vyššieho množstva rastlinných zvyškov (Perez a kol. 2004), resp. pri aplikácii čistiarenských kalov (dos Santos a kol. 2006).

**Tab. 5.** Hodnoty karboxylových skupín (mg/1g HK), C H N O analýzy (atom. %) a parametre  $^{13}\text{C}$  NMR spektier HK v priebehu monitoringu

lokality/rok	C	H	O	N	Calif	Car	alfa	COOH
100/94	41.82	37.93	16.51	3.74	46.52	34.1	42.92	3.87
100/97	43.04	36.42	16.85	3.70	43.85	34.98	43.75	3.93
100/00	42.18	36.35	17.88	3.59	41.37	35.92	46.5	4.04
100/03	44.16	35.16	16.95	3.73	41.35	37.66	47.7	4.15
100/06	42.94	35.46	17.73	3.87	44.36	38.34	46.4	3.95
114/94	47.60	31.63	17.92	2.85	30.04	41.75	62.85	4.3
114/97	48.55	28.67	19.26	3.52	33.89	50.81	55.2	4.93
114/00	47.22	31.96	17.64	3.19	29.2	46.55	61.5	4.32
114/03	49.17	29.34	18.19	3.29	30.49	48.1	61.2	5.15
114/06	43.05	35.85	17.53	3.56	39.96	40.06	50.6	4.02
223/94	39.11	41.19	16.77	2.93	49.08	33.09	42.55	2.56
223/97	40.07	40.97	15.72	3.23	48.53	36.35	40.54	2.16
223/00	39.62	40.91	16.24	3.24	48.3	33.17	40.7	2.57
223/03	42.51	38.3	15.82	3.37	47.15	33.83	41.8	2.86
223/06	39.96	39.57	16.8	3.67	52.69	33.24	38.68	2.67
332/94	41.58	40.09	15.59	2.74	50.5	34.05	40.48	2.78
332/97	40.98	40.61	15.40	3.00	44.68	34.35	43.25	2.98
332/00	40.44	39.82	16.48	3.26	45.37	33.02	42.1	2.91
332/03	42.2	38.53	15.89	3.37	45.25	35.1	43.7	3.29
332/06	39.39	40.64	16.43	3.55	51.65	31.67	38.01	2.87
333/94	39.67	42.30	15.24	2.79	50.68	33.48	41.12	2.41
333/97	39.83	41.33	15.71	3.13	48.17	35.39	41.01	2.21
333/00	38.43	41.03	17.40	3.14	45.55	33.05	42	2.88
333/03	41.72	38.65	16.53	3.1	46.42	33.03	41.6	2.72
333/06	39.76	40.13	16.81	3.31	54.07	32.31	37.4	2.63
334/94	43.41	36.16	17.18	3.25	41.09	33.28	50.09	2.38
334/97	40.55	39.31	17.03	3.11	48.9	41.24	50.09	2.98
334/00	41.31	38.80	16.64	3.26	44.87	33.95	43.1	3.23
334/03	43.76	35.58	17.36	3.31	42.3	37.99	47.3	2.99
334/06	39.91	39.43	17.24	3.42	51.04	34.89	40.6	2.94



100 – fluvizem karbonátová, Topolníky, 114 – černozezem karbonátová, Voderady, 223 – fluvizem glejová, Naciná Ves, 332 – pseudoglej, Liesek, 333 – pseudoglej Stančín, 334 – hnedozezem, Malanta

Zvyšovanie aromatických štruktúr je charakteristické predovšetkým pre intenzívne využívané pôdy (Skjemstad, 2001) s nízkym prísunom organickej hmoty (Schnitzer a kol., 2005.) respektíve s konvenčným spôsobom hospodárenia (Dieckow a kol. 2006). Uvedený trend bol charakteristický aj pre lokalitu Voderady (černozezem), avšak v poslednom odbere sme zistili značný pokles Car. Na druhej strane uhlík alifatických štruktúr, ktorý na tejto lokalite nevykazoval výrazne zmeny v poslednom odbere stúpol o rovnaké percento na úkor Car (tab. 5). Pokles Car a zvýšenie Calif je charakteristické pri prechode konvenčného obrábania pôdy na bezorebný systém (Dziekow a kol. 2006), pri inkorporácii vyššieho množstva rastlinných zvyškov (Perez a kol. 2004), resp. pri aplikácii čistiarenských kalov (dos Santos a kol. 2006).

## **Záver**

V predkladanej práci hodnotíme kvantitatívne a kvalitatívne zmeny pôdnej organickej hmoty na šiestich pôdnych skupinách (fluvizeme karbonátové, fluvizeme nekarbonátové, pseudogleje na OP a TTP, černozezem a hnedozezem) prvých dvoch 5-ročných monitorovacích cykloch základnej monitorovacej siete (obdobie rokov 1993-2002). V práci sú tiež detailne zhodnotené zmeny Cox na piatich kľúčových lokalitách pseudoglejov, troch fluvizemí, černozezem a hnedozezem. Na dvoch kľúčových lokalitách pseudoglejov a fluvizemí ako aj černozezem a hnedozezem sa pravidelne monitorujú zmeny v základných parametroch organickej hmoty ako aj zmeny v chemickej štruktúre HK.

Na základe získaných výsledkov kvantitatívneho hodnotenia POH (Cox) môžeme konštatovať zhodný trend ako na väčšine monitorovaných pôdnych skupín, t. j. mierny pokles organického uhlíka ornice v prvom päťročnom cykle (1993-1997) a mierny nárast tohto parametra v druhom cykle (1997-2003), ktorým sa hodnoty organického uhlíka dostali na úroveň zistenú na začiatku monitoringu. Rozdiely v hodnotách Cox v podorničnom horizonte (35-45 cm) boli v priebehu monitoringu minimálne, na niektorých pôdnych typoch (fluvizeme glejové, pseudogleje na OP, resp. hnedozezem) však môžeme pozorovať postupný nárast organického uhlíka v tejto hĺbke.

Zmeny v hodnotách celkového dusíka boli minimálne ale na niektorých pôdnych skupinách bol zaznamenaný postupný nárast Nt, pričom na dvoch pôdnych skupinách (pseudogleje na OP a černozezem) bol tento trend štatisticky významný.

Zmeny v hodnotách Chk/Cfk boli v prvom monitorovacom cykle minimálne, ale v druhom cykle sme na viacerých pôdnych typoch zaznamenali zníženie tohto parametra, čo môže súvisieť s nárastom Cox v tomto cykle, nakoľko pri zvyšovaní množstva pôdnej organickej hmoty sa rýchlejšie tvoria fulvokyseliny na úkor stabilnejších humínových kyselín. V súlade s týmito zmenami je aj zvýšenie farebného kvocientu  $Q^4_6$  v druhom monitorovacom cykle.

Na všetkých sledovaných kľúčových lokalitách pseudoglejov, fluvizemí, černozezem a hnedozezem boli zistené rovnaké trendy ako v prípade základnej monitorovacej siete, t.j. znižovanie Cox v druhej polovici 90-tych rokov a jeho čiastočný nárast v období r. 1999 a 2006. Kvalitatívne parametre POH na vybraných kľúčových lokalitách majú kolísavú tendenciu, ale ich hodnoty sú charakteristické ako pre naše najkvalitnejšie pôdy -černozezem ( $Chk/Cfk > 1$ ,  $Q^4_6 = 4,0-4,5$ ), tak aj z hľadiska produkčného potenciálu málo kvalitné pseudogleje ( $Chk/Cfk < 1$ ,  $Q^4_6 = 6$ ).

Na základe týchto výsledkov je nevyhnutné apelovať na dodržiavanie vyrovnanej bilancie organickej hmoty na orných pôdach, teda pravidelný a dostatočný vstup organického uhlíka, jedna z rastlinných a koreňových zvyškov (vhodný oševný postup) ale aj pravidelné dodávky kvalitných organických hnojív.

Hodnoty vybraných parametrov na sledovanie detailných zmien v chemickej štruktúre humínových kyselín, poukazujú na postupné zvyšovanie stabilných aromatických štruktúr, ktoré sú dôsledkom intenzívneho obrábania (hlavne v prípade fluvizeme karbonátovej). Na kľúčovej lokalite černoze bol tento vývoj v poslednom období zvrátený. Uvedené trendy poukazujú na postupnú aryláciu štruktúr, na druhej strane percentuálne zastúpenie labilnejších alifatických štruktúr je zatiaľ dostatočné na udržanie rovnováhy medzi reakciami humifikácie a mineralizácie. Výraznejšie mineralizačné tendencie sú charakteristické pre organickú hmotu pseudoglejov, ale na nami sledovaných lokalitách pseudoglejov zmeny v štruktúre HK nepoukazujú na ich zvýraznenie.

## 5.8. Hodnotenie vývoja kompaktie

Optimálny fyzikálny stav pôdy je neraz dôležitou podmienkou pre dosahovanie ekonomicky rentabilných úrod poľnohospodárskych plodín. Tento je však v značnej miere narúšaný dvomi degradačnými javmi – zhutňovaním pôdy a jej eróziou. V súčasnej dobe sa i zhutneniu pôdy dostáva nielen na Slovensku (Eckelmann a kol. 2006) viac pozornosti v dôsledku rastúcej intenzifikácie poľnohospodárskej výroby. Výkonná mechanizácia je síce neraz nevyhnutnosťou, no s výkonom rastie aj hmotnosť strojov a s ňou tlak na pôdu. V takomto prípade pomôže len citlivý prístup k pôde. Dobrý hospodár pozná slabiny svojej pôdy, ale i negatívne dôsledky tlaku poľnohospodárskej techniky a zameriava sa predovšetkým na prevenciu, keď dbá na zvyšovanie odolnosti pôdy voči utláčaniu a chráni ju pred každým zbytočným prejazdom ťažkej mechanizácie. Dôsledky zhutňovania pôdy môžu byť veľké. Nemusí dôjsť len k obmedzeniu priestoru, odkiaľ rastlina čerpá živiny, ale navyše neraz i k následnej viac, či menej rozsiahlej erózii pôdy, k odnosu ornice, čo je prirodzene nevratný proces. Táto časť správy je zameraná na hodnotenie fyzikálnych a hydrofyzikálnych vlastností pôdy vzhľadom na limity zhutnenia, ktoré sa pre jednotlivé pôdne druhy líšia vo svojich hodnotách.

### *Materiál a metódy*

V prvej časti správy sú hodnotené výsledky tretieho odberového cyklu monitoringu fyzikálnych vlastností pôd Slovenska v rámci tzv. *základnej siete* (odoberané len na orných pôdach), týkajúce sa pôdných typov – *pseudogleje a luvizeme (PG a LM, pre malý počet LM a podobné pôdne vlastnosti hodnotené v rámci PG), hnedozeme (HM), černozeme (ČM) a fluvizeme na karbonátových (FMc), resp. na nekarbonátových (FM) sedimentoch*. Odbery vzoriek v rámci tretieho cyklu boli uskutočnené v roku 2002. Prvý cyklus odberu sa realizoval v roku 1993, druhý v roku 1997. Výsledky posledného cyklu sú vyhodnotené štatisticky a porovnané s hodnotami príslušných parametrov zistených v predchádzajúcich odberoch. V rámci uvedených troch odberových cyklov bol vyhodnotený trend vývoja sledovaných fyzikálnych parametrov daných pôdných typov.

V druhej časti správy sú hodnotené fyzikálne vlastnosti v rámci *klúčových lokalít* na uvedených pôdných typoch. Predmetné lokality sú:

Žiar n./Hronom	- Pseudoglej kultizemný (PGa), stredne ťažká, hlinitá
Koš	- Pseudoglej kultizemný (PGa), stredne ťažká, hlinitá
Jelšava	- Pseudoglej luvizemný kultizemný (PGla), stredne ťažká, hlinitá
Liesek	- Pseudoglej kultizemný (PGa), stredne ťažká, hlinitá
Stakčín	- Pseudoglej kultizemný (PGa), stredne ťažká, hlinitá
Voderady	- Černozem kultizemná (ČMa <sup>c</sup> ), stredne ťažká, hlinitá
Malanta	- Hnedozem kultizemná (HMa), stredne ťažká, hlinitá
Topoľníky	- Fluvizem kultizemná karbonátová (FMa <sup>c</sup> ), stredne ťažká, hlinitá
Dvorníky	- Fluvizem kultizemná (FMa), stredne ťažká, piesčito-hlinitá

Nacina Ves - Fluvizem kultizemná (FMa), ťažká, ílovitá

Sledované fyzikálne parametre z odberov z tzv. základnej siete i kľúčových lokalít sú zamerané na hodnotenie základných fyzikálnych vlastností pôdy, ktoré sa stanovujú z Kopeckého valčekov o objeme 100 cm<sup>3</sup>. Vzorky sa odoberajú len v rámci orných pôd a to z ornice (0- 0,10 m) a podornice (0,30-0,40 m).

Pri vyhodnocovaní výsledkov bola použitá metóda popisnej štatistiky a grafické znázornenie.

Vyhodnotenie fyzikálnych vlastností sledovaných pôd zo základnej siete a z kľúčových lokalít bolo urobené vo vzťahu k limitom zhutnenia pôdy pre jednotlivé pôdne druhy v zmysle zákona 220/2004 Z. z. (tab.1).

**Tab.1** Limity zhutnenia pôdy pre jednotlivé pôdne druhy v zmysle zákona 220/2004 Z.z.

Pôdna vlastnosť	Pôdny druh <sup>1</sup>					
	<b>IV</b>	<b>IH</b>	<b>H</b>	<b>PH</b>	<b>HP</b>	<b>P</b>
Objemová hmotnosť $p_d$ (g.cm <sup>-3</sup> )	>1,35	>1,40	>1,45	>1,55	>1,60	>1,70
Pórovitosť $P_c$ (obj. %)	< 48	< 47	< 45	< 42	< 40	< 38
Minimálna vzdušná kapacita $VzK$ (obj. %)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Maximálna kapilárna kapacita $MKK$ (obj. %)	>35	>35	>35	-	-	-
Retenčná vodná kapacita $RVK$ (obj. %)	>35	>35	>35	-	-	-

<sup>1</sup> **Pôdny druh:** **IV** – ílovitá, **IH** – ílovito-hlinitá, **H** – hlinitá, **PH** – piesčito-hlinitá, **HP** – hlinito-piesčitá, **P** – piesčitá

## Výsledky a diskusia

### 1. Vyhodnotenie súčasného stavu a trendu vývoja fyzikálnych vlastností predmetných pôdných typov zo základnej monitorovacej siete

#### 1.1. Vyhodnotenie súčasného stavu z 3. odberového cyklu

Sledované pôdne typy sú zastúpené ľahkými, hlinito-piesčitými až ťažkými, ílovitými pôdami. Všetkými piatimi zrnitostnými kategóriami sú zastúpené FMc, tromi PG, HM (PH, H, IH) a FM (H, IH, IV), kým ČM sú len hlinité. Pretože kritické hranice zhutnenia sú závislé od pôdneho druhu, bolo vyhodnotenie urobené podľa tohto členenia.

#### Ľahké pôdne druhy v rámci daných pôdných typov

Ľahké, hlinito-piesčité pôdy sú len v rámci FMc. Z hľadiska kompaktie tieto pôdy tak v ornici ako aj podornici sú mimo kritického intervalu, keď ani maximálne hodnoty objemovej hmotnosti, prip. ďalších charakteristík neprekračujú kritické hodnoty (tab 2).

**Tab. 2** Tretí odberový cyklus (rok 2002) – ľahká, hlinito-piesčitá pôda.

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	$P_d$	$P_C$	$P_N$	MKK	VzK
			$g \cdot cm^{-3}$	objemové %			
FM <sup>c</sup> na karbonátových fluviálnych sedimentoch hlinito-piesčité	0-0,10 m	x	1,377	48,38	11,34	33,43	14,95
		$x_{min}$	1,269	44,43	9,47	33,16	11,27
		$x_{max}$	1,484	52,32	13,20	33,69	18,63
	0,30-0,40 m	x	1,507	43,95	10,09	30,57	13,38
		$x_{min}$	1,420	41,38	8,67	28,27	11,66
		$x_{max}$	1,570	46,86	11,64	31,96	15,37

**Vysvetlivky:** FM – fluvizem,  $p_d$  – objemová hmotnosť, MKK – maximálna kapilárna kapacita, P – pórovitosť nekapilárna (N), celková (C), VzK – minimálna vzdušná kapacita, x – aritm. priemer,  $x_{min}$  ( $x_{max}$ ) – minimum (maximum)

### Stredne ťažké pôdne druhy v rámci daných pôdnych typov

V tejto časti sú hodnotené piesčito-hlinité a hlinité pôdy.

#### *Piesčito-hlinité pôdy*

V rámci danej zrnitosti kategórie sú hodnotené PG, HM a FMc. Ornice daných pôdnych typov neboli zhutnené ani v prípade krajných hodnôt (tab. 3, obr. 1). V podornici bol stav mierne zhoršený, keď extrémne hodnoty sledovaných parametrov boli na hranici limitov zhutnenia. Zvlášť PG a FMc sa v hlbších častiach pôdneho profilu vyznačujú nízkou prevzdušnosťou pravdepodobne v dôsledku vyššej pôdnej vlhkosti (stagnácia vody v hornej časti profilu pri PG, príp. vysoká hladina spodnej vody pri FMc) a tým intenzívnejšiemu zhutňovaniu pôdy po prejazdoch poľnohospodárskych strojov.

**Tab.3** Tretí odberový cyklus (rok 2002) – stredne ťažká, piesčito-hlinitá pôda.

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	$P_d$	$P_C$	$P_N$	MKK	VzK
			$g \cdot cm^{-3}$	objemové %			
PG na polygenetických sprašových hlinách piesčito-hlinité	0-0,10 m	x	1,289	51,33	11,89	35,16	16,17
		$x_{min}$	1,184	46,79	5,46	33,06	10,27
		$x_{max}$	1,403	55,24	17,46	38,24	21,73
	0,30-0,40 m	x	1,510	44,11	5,84	35,75	8,36
		$x_{min}$	1,470	41,70	4,13	33,06	6,38
		$x_{max}$	1,560	45,41	8,46	38,63	12,21
HM na sprašiach, príp. polygenetických sprašových hlinách piesčito-hlinité	0-0,10 m	x	1,406	47,10	9,39	34,87	12,24
		$x_{min}$	1,378	45,51	7,30	30,67	10,44
		$x_{max}$	1,430	47,74	12,65	37,30	16,77
	0,30-0,40 m	x	1,455	45,81	10,61	32,43	13,38
		$x_{min}$	1,390	40,30	8,76	28,39	11,91
		$x_{max}$	1,600	48,71	11,79	34,10	15,05
FM <sup>c</sup> na karbonátových fluviálnych sedimentoch piesčito-hlinité	0-0,10 m	x	1,281	52,26	12,75	34,88	17,38
		$x_{min}$	1,159	47,65	4,95	31,88	10,91
		$x_{max}$	1,402	56,70	19,81	40,77	23,88
	0,30-0,40 m	x	1,502	44,65	6,78	35,49	9,17
		$x_{min}$	1,280	36,86	3,84	31,01	5,85
		$x_{max}$	1,710	53,19	8,73	41,33	12,12

**Vysvetlivky:** PG – pseudoglej, HM - hnedozem, ČM - černoziem, FM – fluvizem,  $p_d$  – objemová hmotnosť, MKK – maximálna kapilárna kapacita, P – pórovitosť nekapilárna ( $n$ ), celková (c), VzK – minimálna vzdušná kapacita,  $\bar{x}$  – arit. priemer,  $x_{\min}$  ( $x_{\max}$ ) – minimum (maximum)

### Hlinité pôdy

V danej zrnitostnej kategórii majú zastúpenie všetky sledované pôdne typy. Ich ornice sú na základe priemerov sledovaných parametrov v dobrom fyzikálnom stave. Krajnými hodnotami prekračujú limity PG, HM a ČM. Podornice sú zhutnené už podľa priemerných hodnôt pri PG, FM a HM, kým pri FMc a ČM len podľa krajných. Čo sa týka minimálnej vzdušnej kapacity je nevyhovujúca v podorniciach všetkých pôdnych typov s výnimkou ČM.

**Tab. 4** Tretí odberový cyklus (rok 2002) – stredne ťažká, hlinitá pôda.

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	$p_d$	$P_c$	$P_n$	MKK	VzK
			$g \cdot cm^{-3}$				
PG na polygenetických sprašových hlinách <i>hlinité</i>	0-0,10 m	$\bar{x}$	1,348	49,22	10,00	36,25	12,97
		$x_{\min}$	1,130	39,67	0,78	28,63	1,96
		$x_{\max}$	1,605	57,83	25,32	39,63	29,20
	0,30-0,40 m	$\bar{x}$	1,531	43,09	4,92	36,45	6,63
		$x_{\min}$	1,430	35,37	0,46	31,65	1,44
		$x_{\max}$	1,700	46,82	11,45	40,29	12,96
HM na sprašiach, prip. polygenetických sprašových hlinách <i>hlinité</i>	0-0,10 m	$\bar{x}$	1,352	49,26	11,29	34,42	14,83
		$x_{\min}$	1,160	41,24	2,29	30,85	5,74
		$x_{\max}$	1,571	56,95	21,86	37,30	26,10
	0,30-0,40 m	$\bar{x}$	1,485	44,67	7,14	35,05	9,61
		$x_{\min}$	1,330	40,18	4,57	26,76	5,18
		$x_{\max}$	1,600	50,67	11,20	39,59	15,23
ČM na sprašiach <i>hlinité</i>	0-0,10 m	$\bar{x}$	1,342	49,60	9,99	35,65	13,95
		$x_{\min}$	1,158	39,63	2,26	30,20	4,48
		$x_{\max}$	1,612	56,63	18,34	40,00	22,80
	0,30-0,40 m	$\bar{x}$	1,423	47,02	8,76	35,74	11,29
		$x_{\min}$	1,190	39,74	4,22	32,00	6,09
		$x_{\max}$	1,630	55,58	16,75	39,76	21,29
FM <sup>c</sup> na karbonátových fluviaálnych sedimentoch <i>hlinité</i>	0-0,10 m	$\bar{x}$	1,324	50,45	9,72	37,46	12,99
		$x_{\min}$	1,144	46,82	1,28	31,98	2,66
		$x_{\max}$	1,425	57,30	17,74	44,96	21,74
	0,30-0,40 m	$\bar{x}$	1,427	46,67	6,88	38,01	8,66
		$x_{\min}$	1,280	38,72	2,68	34,80	3,93
		$x_{\max}$	1,630	52,65	11,20	41,00	14,15
FM na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch <i>hlinité</i>	0-0,10 m	$\bar{x}$	1,241	53,26	15,60	33,81	19,46
		$x_{\min}$	1,163	49,58	11,82	29,94	14,97
		$x_{\max}$	1,349	56,62	20,61	37,06	25,01
	0,30-0,40 m	$\bar{x}$	1,526	43,11	5,27	36,08	7,03
		$x_{\min}$	1,430	37,76	3,56	32,96	4,80
		$x_{\max}$	1,650	46,86	9,14	39,76	12,04

Vysvetlivky ako v tabuľke 3.

## Ťažké pôdne druhy v rámci daných pôdnych typov

Zastúpené sú ílovito-hlinitými a ílovitými pôdami.

### Ílovito-hlinité pôdy

V rámci ílovito-hlinitých pôd sú hodnotené PG, HM, FMc a FM. Ornice týchto pôd sú v priemere nezhutnené, niektoré presahujú limity len svojimi krajnými hodnotami (FMc, HM, PG). Opačný stav je pri podorniciach, ktoré sú už strednými hodnotami v kritickom intervale.

Tab. 5 Tretí odberový cyklus (rok 2002) – ťažká, ílovito-hlinitá pôda.

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	$p_d$	$P_c$	$P_N$	MKK	VzK
			$g \cdot cm^{-3}$	objemové %			
PG na polygenetických sprašových hlinách ílovito-hlinité	0-0,10 m	x	1,281	51,97	12,98	36,44	15,54
		$x_{min}$	1,026	45,09	4,92	30,59	5,90
		$x_{max}$	1,443	61,09	19,88	43,53	24,75
	0,30-0,40 m	x	1,482	45,20	6,15	37,35	7,84
		$x_{min}$	1,160	39,08	4,01	33,72	4,94
		$x_{max}$	1,660	54,54	9,34	44,63	11,28
HM na sprašiach, prip. polygenetických sprašových hlinách ílovito-hlinité	0-0,10 m	x	1,307	50,49	10,24	37,93	13,57
		$x_{min}$	1,142	41,71	1,73	32,92	2,13
		$x_{max}$	1,547	57,51	22,55	44,55	24,59
	0,30-0,40 m	x	1,468	45,49	6,28	38,19	7,30
		$x_{min}$	1,260	41,02	2,72	35,17	3,39
		$x_{max}$	1,580	52,96	10,48	41,12	12,92
FM <sup>c</sup> na karbonátových fluvialnych sedimentoch ílovito-hlinité	0-0,10 m	x	1,349	49,96	10,62	36,98	12,98
		$x_{min}$	1,291	45,87	5,09	29,28	7,85
		$x_{max}$	1,477	51,86	20,39	40,69	22,58
	0,30-0,40 m	x	1,463	45,85	4,62	39,85	6,00
		$x_{min}$	1,420	44,33	3,86	36,77	4,72
		$x_{max}$	1,490	47,80	5,52	43,07	7,56
FM na nekarbonátových fluvialnych sedimentoch ílovito-hlinité	0-0,10 m	x	1,296	51,88	9,89	39,43	12,45
		$x_{min}$	1,211	47,78	4,00	36,85	4,69
		$x_{max}$	1,404	55,52	14,23	43,09	16,20
	0,30-0,40 m	x	1,484	45,14	5,36	38,78	6,36
		$x_{min}$	1,300	41,32	2,62	37,42	3,39
		$x_{max}$	1,600	51,21	9,68	40,22	10,99

**Vysvetlivky:** PG – pseudoglej, HM – hnedozem, ČM – černoziem, FM – fluvizem,  $p_d$  – objemová hmotnosť, MKK – maximálna kapilárna kapacita, P – pórovitosť nekapilárna (<sub>N</sub>), celková (c), VzK – minimálna vzdušná kapacita, x – aritm. priemer,  $x_{min(max)}$  – minimum (maximum)

### Ílovité pôdy

Ílovité pôdy majú zastúpenie len medzi FMc a FM. Ich ornice sú podľa stredných hodnôt všetkých pozorovaných parametrov v dobrom fyzikálnom stave, no nie však čo sa týka krajných. Podornice sa nachádzajú v priemere okolo kritickej hranice. FMc sú na tom relatívne lepšie v porovnaní s FM pravdepodobne v dôsledku vyššieho obsahu vápnika, a tým väčšej stability pôdnych agregátov. V každom prípade trpia tieto pôdy nedostatkom pôdneho vzduchu.

**Tab.6** Tretí odberový cyklus (rok 2002) – ťažká, ílovitá pôda.

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	$p_a$	$P_c$	$P_N$	MKK	VzK
			$g \cdot cm^{-3}$	objemové %			
FM <sup>c</sup> na karbonátových fluviálnych sedimentoch ílovité	0-0,10 m	x	1,249	53,33	9,40	38,45	14,89
		$x_{min}$	1,236	52,77	6,20	35,57	13,06
		$x_{max}$	1,259	54,15	13,14	40,02	17,21
	0,30-0,40 m	x	1,337	50,61	6,65	41,24	9,36
		$x_{min}$	1,260	46,27	2,68	38,67	4,65
		$x_{max}$	1,450	53,13	11,73	43,44	14,46
FM na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch ílovité	0-0,10 m	x	1,207	54,89	12,20	40,28	14,61
		$x_{min}$	0,967	46,38	2,08	33,55	4,80
		$x_{max}$	1,428	63,32	27,15	42,46	29,77
	0,30-0,40 m	x	1,358	49,85	4,81	44,21	5,63
		$x_{min}$	1,200	42,06	0,95	38,52	2,05
		$x_{max}$	1,550	55,77	13,17	52,38	14,47

Vysvetlivky ako v tabuľke 5.

Ak zhrnieme výsledky posledného odberového cyklu, fyzikálny stav sledovaných pôd sa zhoršoval v smere od zrnitostne ľahších ku ťažším pôdam, keď pri hlinito-piesčitých sú hodnoty meraných parametrov pod limitom, podornice piesčito-hlinitých ho už dosahujú krajnými hodnotami, rovnako ako ornice hlinitých až ílovitých pôdnych druhov. Podornice hlinitých až ílovitých pôd sú už zhutnené s výnimkou hlinitých ČM a FMc. Z hľadiska pôdnych typov pozorujeme pri ČM a HM vzhľadom na priaznivú textúru čiastočne zhoršený fyzikálny stav najmä v ornici, čo je pravdepodobne v dôsledku intenzívneho využívania týchto pôd v závislosti od pestovanej plodiny.

## 1.2. Vyhodnotenie vývojového trendu sledovaných pôdnych typov v základnej sieti za 3 odberové cykly (1993, 1997, 2002)

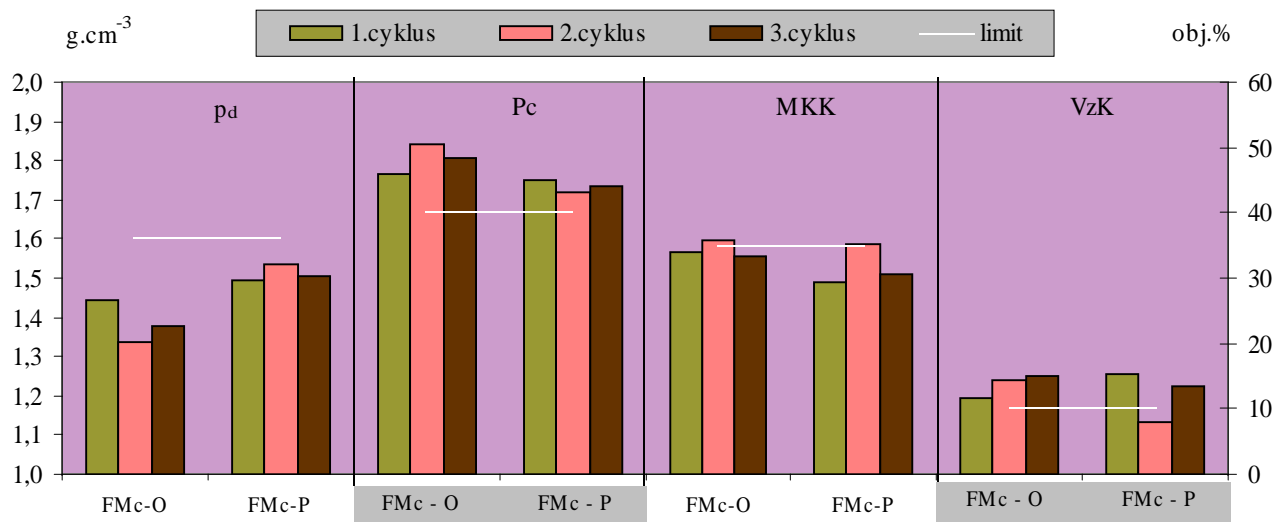
Ak porovnáme aktuálny fyzikálny stav predmetných pôd s ich stavom v predchádzajúcich odberových cykloch (obr. 1 až 8), môžeme pozorovať určitý trend. V ornici sú hodnoty viac rozkolísané a naopak v podornici ustálené.

### *Hlinito-piesčité pôdy*

Tieto pôdy zastúpené FMc si vo všetkých cykloch zachovávajú dobrý fyzikálny stav v celom sledovanom pôdnom profile (obr. 1).

**Obr. 1** Základné fyzikálne vlastnosti ornice (0-0,10 m), resp. podornice (0,30-0,40 m) hlinito-piesčitých pôdnych druhov v rámci daných pôdnych typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja





#### Vysvetlivky:

FMc-O – fluvizeme na karbonátových sedimentoch - ornica  
 FMc-P – fluvizeme na karbonátových sedimentoch - podornica  
 1., 2., 3. cyklus – odberové cykly v zákl. sieti v r. 1993, 1997, 2002  
 limit – kritická hodnota zhutnenia

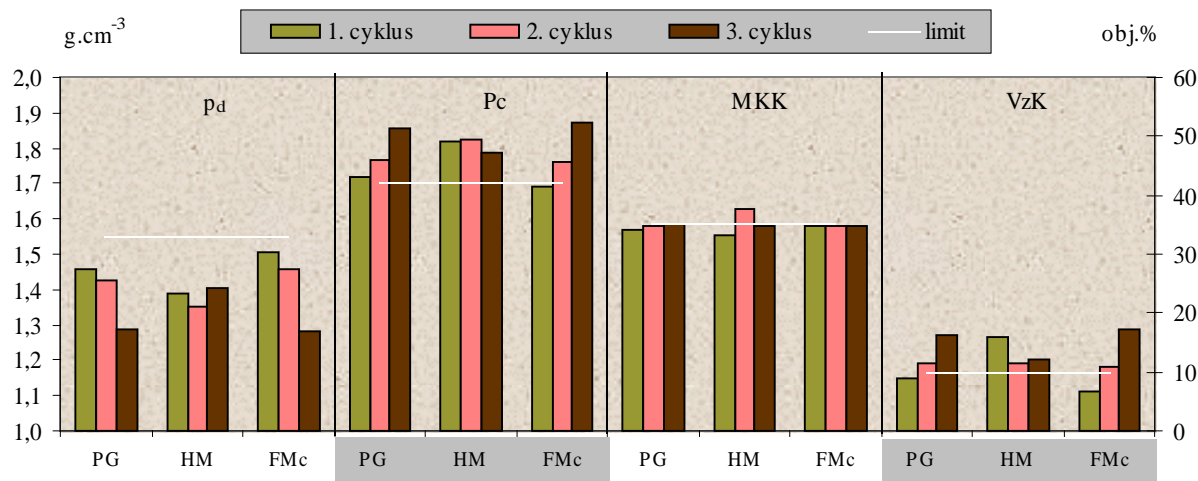
$\rho_d$  – objemová hmotnosť (g.cm<sup>-3</sup>)  
 Pc – celková pórovitosť (%)  
 MKK – maxim. kapilárna kapacita (%)  
 VzK – minimálna vzdušná kapacita (%)

#### *Piesčito-hlinité pôdy*

V rámci tejto kategórie pôd sú ornice hodnotených pôdných typov mimo kritického intervalu počas celého sledovaného obdobia. Kým pri PG a FMc bolo zistené zlepšenie fyzikálneho stavu, pri HM tento relatívne stagnuje.

Pri podorniciach je situácia horšia, keď pri PG je v dvoch cykloch prekročený limit a pri HM v jednom. Ich stav sa však počas sledovanej doby zlepšuje. FMc si zachovávajú trvalo priaznivé fyzikálne vlastnosti.

**Obr. 2** Základné fyzikálne vlastnosti ornice (0-0,10 m) piesčito-hlinitých pôdných druhov v rámci daných pôdných typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



### Vysvetlivky:

PG – pseudogleje

FMc – fluvizeme na karbonátových sedimentoch

HM – hnedozeme

1., 2., 3. cyklus – odberové cykly v zákl. sieti v r. 1993, 1997, 2002

limit – kritická hodnota zhutnenia

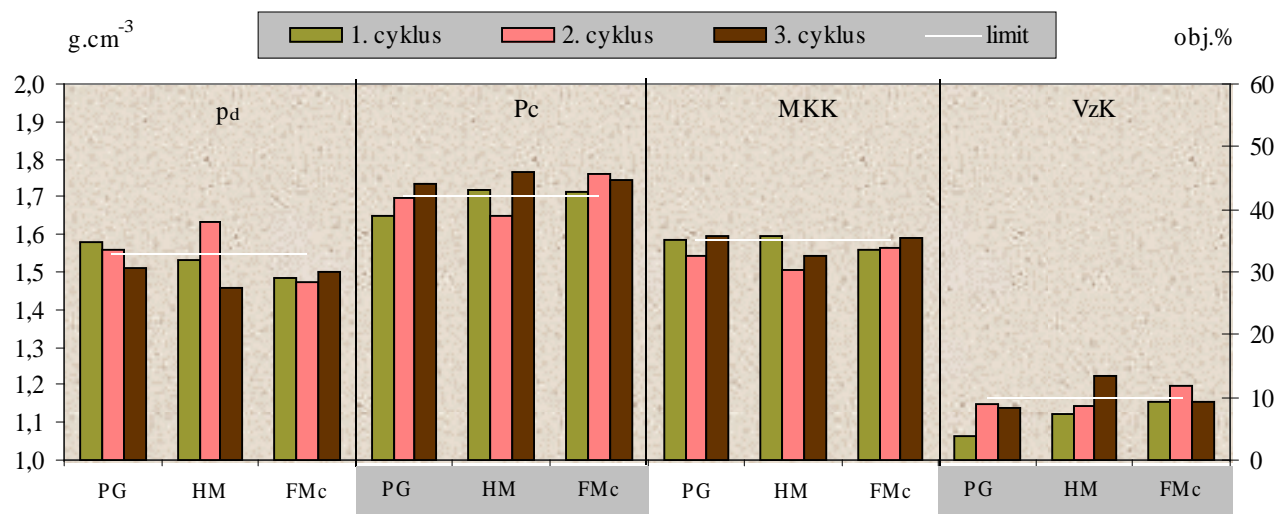
$p_d$  – objemová hmotnosť (g.cm<sup>-3</sup>)

$P_c$  – celková pórovitosť (%)

MKK – maxim. kapilárna kapacita (%)

VzK – minimálna vzdušná kapacita (%)

**Obr. 3** Základné fyzikálne vlastnosti podornice (0,30-0,40 m) piesčito-hlinitých pôdnych druhov v rámci daných pôdnych typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



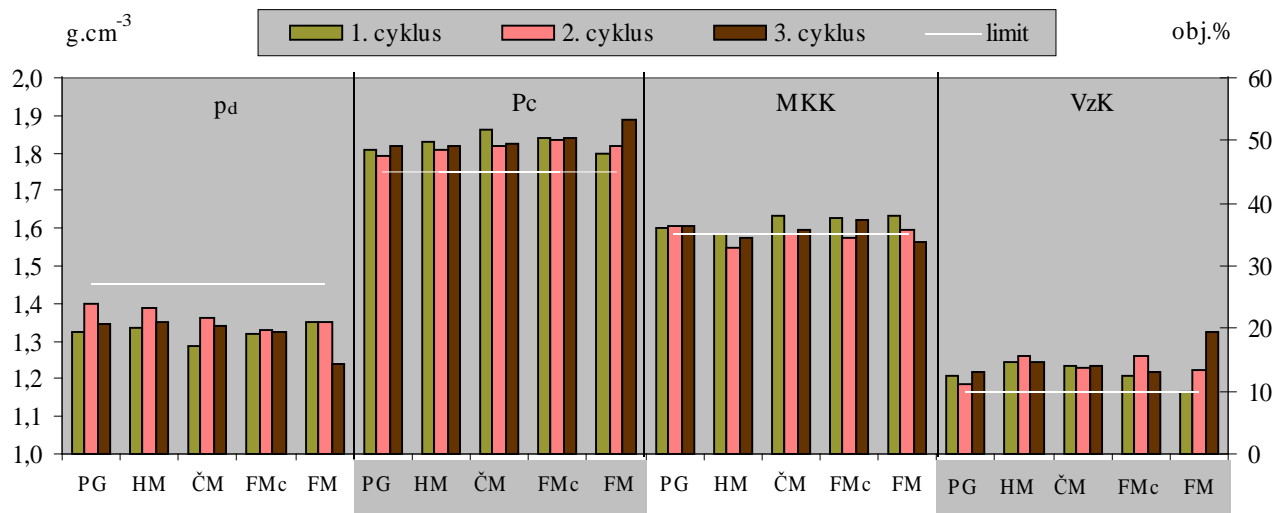
Vysvetlivky ako pri obr. 2

### Hlinité pôdy

Sú to naše najrozšírenejšie pôdy a s najoptimálnejšou textúrou, ale zároveň aj najintenzívnejšie využívané, zvlášť pri ČM a HM. Potvrdzujú to aj hodnoty fyzikálnych charakteristík. V pravidelne kyprenej ornici (obr.4) sú ich hodnoty podlimitné, kým v podornici (obr.5) sa pohybujú okolo kritickej hranice, keďže pôsobenie tlakov na pôdu má kumulatívny charakter (každým prejazdom sa utlačenie zvýši vždy o menšiu časť až do vytvorenia rovnovážneho stavu v závislosti od miery záťaže). Z hľadiska pôdnych typov je fyzikálny stav orníc relatívne vyrovnaný, čo je v neprospech najlepších pôd ČM a HM.

Podornice sú vo všetkých troch cykloch zhutnené pri PG a FM, v dvoch pri HM a v jednom pri ČM a FMc. Celkovo došlo k zlepšeniu fyzikálnych charakteristík v celom pôdnom profile v treťom odberovom cykle oproti druhému, no ich stav je však stále horší oproti prvému.

**Obr. 4** Základné fyzikálne vlastnosti ornice (0-0,10 m) hlinitých pôdných druhov v rámci daných pôdných typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



**Vysvetlivky:**

PG – pseudogleje

HM – hnedozeme

ČM – černoze

FMc – fluvizeme na karbonátových sedimentoch

FM - fluvizeme na nekarbonátových sedimentoch

1., 2., 3. cyklus – odberové cykly v zákl. sieti v r. 1993, 1997, 2002

pd – objemová hmotnosť (g.cm<sup>-3</sup>)

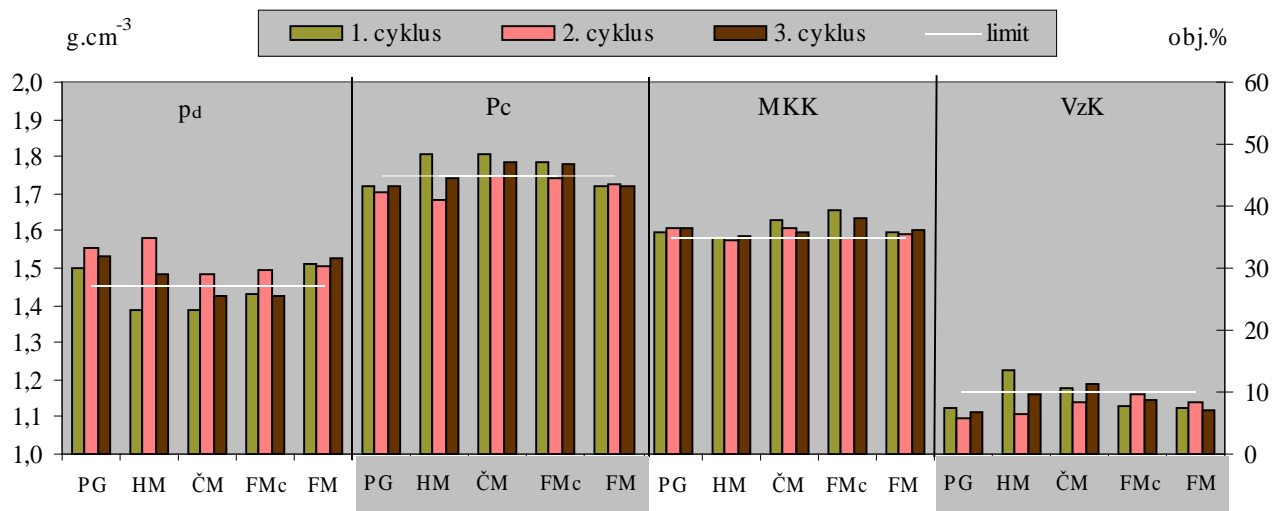
Pc – celková pórovitosť (%)

MKK – maxim. kapilárna kapacita (%)

VzK – minimálna vzdušná kapacita (%)

limit – kritická hodnota zhutnenia

**Obr. 5** Základné fyzikálne vlastnosti podornice (0,30-0,40 m) hlinitých pôdných druhov v rámci daných pôdných typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



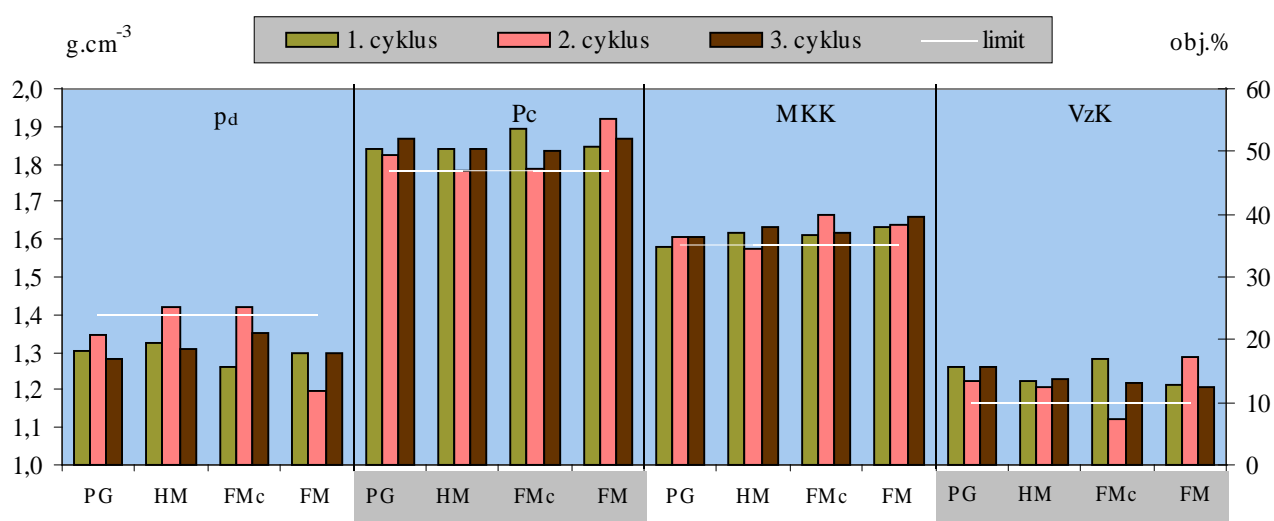
Vysvetlivky ako pri obr. 4

## Ílovito-hlinité pôdy

Tieto naše druhé najrozšírenejšie pôdy nie sú v ornici zhutnené až na malé výnimky ako HM a FM v druhom cykle. Okrem nich v rámci pôdných typov je stav relatívne vyrovnaný. Je zaznamenané zlepšenie fyzikálneho stavu v treťom cykle oproti druhému (okrem FM) i oproti prvému (okrem FMc) cyklu.

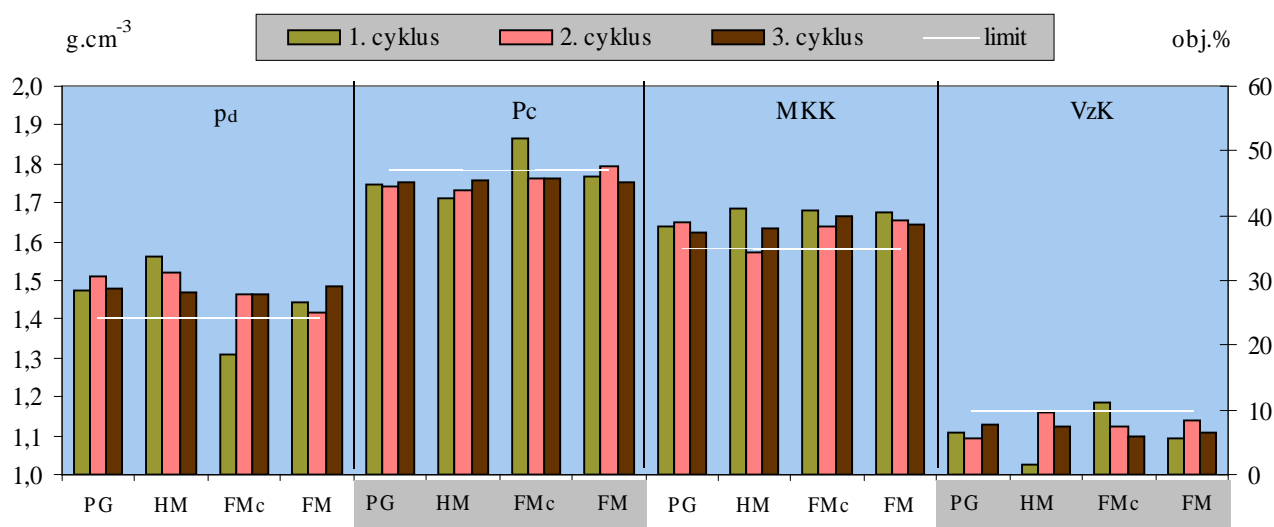
Podornice daných pôdných typov sú mimo prípadu FMc v prvom cykle nad limitom zhutnenia podľa všetkých sledovaných parametrov. Najhorší stav je na HM a PG. Oproti druhému cyklu došlo k miernemu zlepšeniu (okrem FM) a naopak oproti prvému cyklu k zhoršeniu (okrem HM).

**Obr. 6** Základné fyzikálne vlastnosti ornice (0-0,10 m) ílovito-hlinitých pôdných druhov v rámci daných pôdných typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



Vysvetlivky ako pri obr. 4

**Obr. 7** Základné fyzikálne vlastnosti podornice (0,30-0,40 m) ílovito-hlinitých pôdných druhov v rámci daných pôdných typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



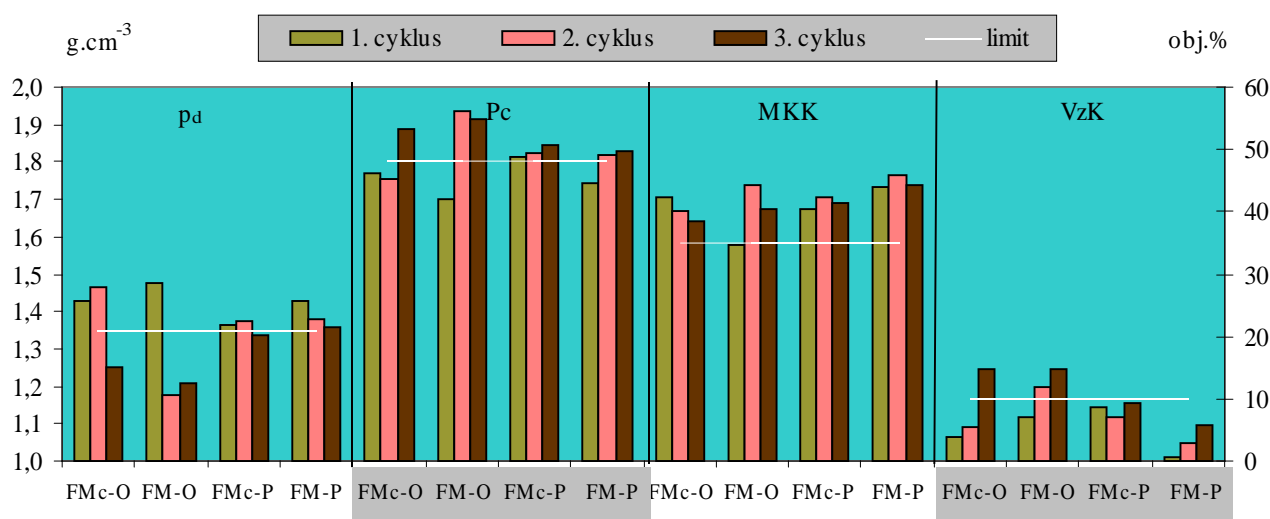
Vysvetlivky ako pri obr. 4

## Ílovité pôdy

Pri týchto pôdach sú hodnotené FMc a FM. Z obr. 8 vidieť, že výsledky v ornici sú značne premenlivé a už pri povrchu sú dané pôdy postihnuté kompaktciou, pričom horší stav je na FMc. Možno konštatovať, že tento stav sa zlepšuje.

Podornice prekračujú prakticky počas celého sledovaného obdobia kritický limit, došlo však u oboch pôdných typov k zlepšeniu situácie v poslednom cykle.

**Obr. 8** Základné fyzikálne vlastnosti ornice (0-0,10 m), resp. podornice (0,30-0,40 m) ílovitých pôdných druhov v rámci daných pôdných typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



Vysvetlivky ako pri obr. 1

## 2. Vyhodnotenie fyzikálnych vlastností podornice v rámci kľúčových lokalít

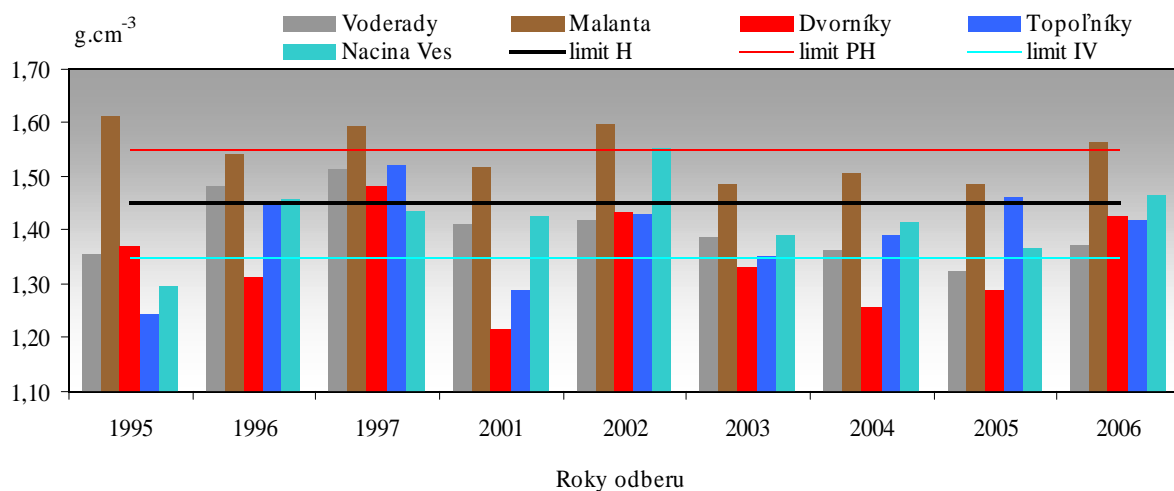
V tejto časti správy je detailnejšie zhodnotený fyzikálny stav vybraných pôdných predstaviteľov v rámci sledovaných pôdných typov oproti jej 1. časti. Analyzovaná je len podornica, ktorá je viac náchylná na zhutnenie, keďže je mimo bežných agrotechnických kypriacich opatrení. Každoročné odbery na týchto lokalitách umožňujú získanie údajov ovplyvnených pestovateľskými technológiami viacerých poľnohospodárskych plodín. Pseudogleje sú reprezentované lokalitami Žiar n/Hr., Liesek, Koš, Jelšava a Stakčín, černoze lokalitou Voderady a hnedozeme lokalitou Malanta, fluvizeme lokalitami Dvorníky, Topoľníky a Nacina Ves.

V prípade kompaktcie treba brať do úvahy pôsobenie viacerých pôdných charakteristík ako sú zrnitosť, obsah organickej hmoty (Houšková 2002, Širáň 2004, 2005, Makovníková, Pálka, Širáň, 2005a, 2005b, Heuscher, Brandt, Jardine 2005), príp. obsah karbonátov. V prípade zrnitosti ide o pôdy stredne ťažké, hlinité s výnimkou lokality Dvorníky (piesčito-hlinité) a Nacina Ves (ílovité). Rozdiely sú medzi danými pôdami v obsahu pôdnej organickej hmoty (časť Pôdna organická hmota) ako aj v obsahu karbonátov (časť Acidifikácia pôd).

Hodnoty objemovej hmotnosti a ostatných sledovaných parametrov v podornici v rámci predmetných kľúčových lokalít až na malé výnimky potvrdzujú výsledky z prvej časti správy, kde boli vyhodnotené síce len v hlavných odberových cykloch (každých 5 rokov), no

zato na viacerých lokalitách, pričom sú tu zohľadnené rôzne plodiny, klíma, príp. heterogenita pôdných vlastností na území SR. Údaje z kľúčových lokalít poukazujú hlavne na vplyv pestovateľských technológií uplatňovaných pri pestovaní určitých plodín na kompakciu pôdy, keďže základné pôdne parametre sa nemenia a poskytujú informácie aj o stave kompaktie mimo hlavných odberových cyklov.

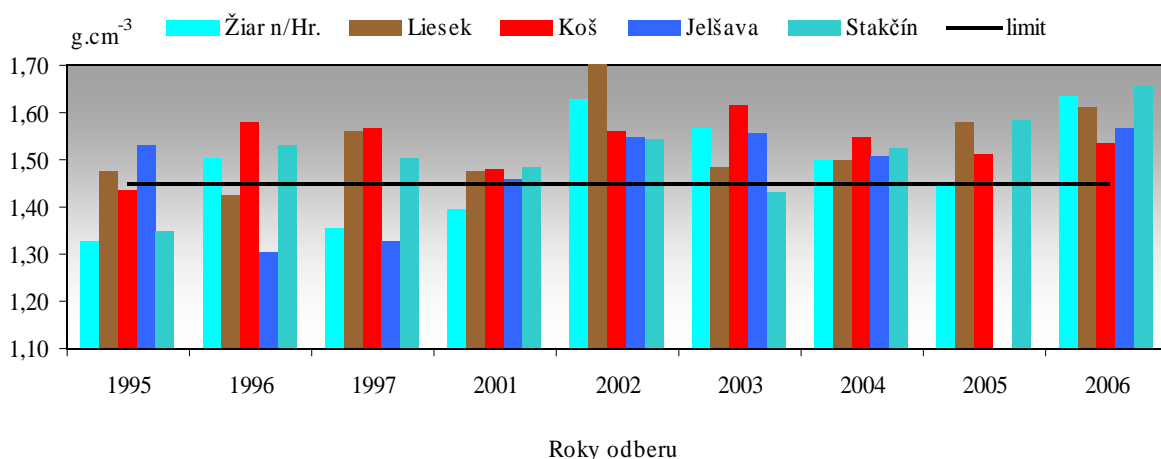
**Obr. 9** Objemová hmotnosť (pd) podornice vybraných pôdných druhov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Černoze, hnedozeme a fluvizeme.



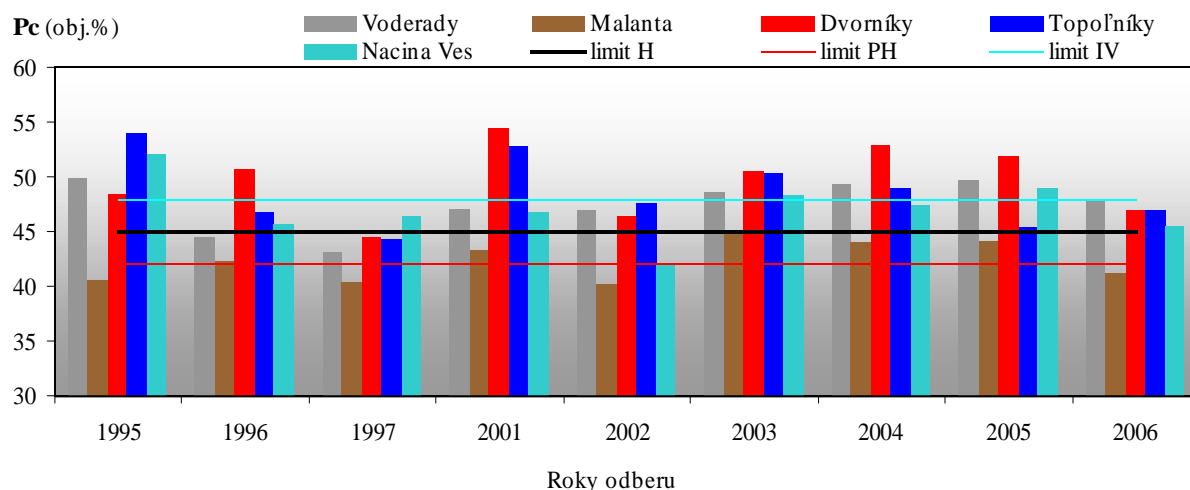
**Vysvetlivky:** limit PH (červený) platí pre lokalitu Dvorníky (červený stĺpec), limit IV (bledomodrý) pre lokalitu Nacina Ves (zelenomodrý stĺpec), pre ostatné platí limit H (čierny)

Limity objemovej hmotnosti (obr. 9 a 10) a celkovej pórovitosti (obr. 11 a 12) v rámci hlinitých pôd boli najmenej krát prekročené pri ČM v 22 % prípadov na lokalite Voderady, nasledovali FMc (33 % prípadov), PG (67-88 % prípadov – obr. 10) a najhoršie sú na tom HM reprezentované lokalitou Malanta. Ak hodnotíme aj lokality v rámci piesčito-hlinitých (lokalita Dvorníky – 0 % prípadov), resp. ílovitých (lokalita Nacina Ves – 88 % prípadov) pôdných druhov, môžeme vidieť vplyv zrnitosti na kompakciu pôdy.

**Obr. 10** Objemová hmotnosť (pd) podornice vybraných pôdných druhov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Pseudogleje.

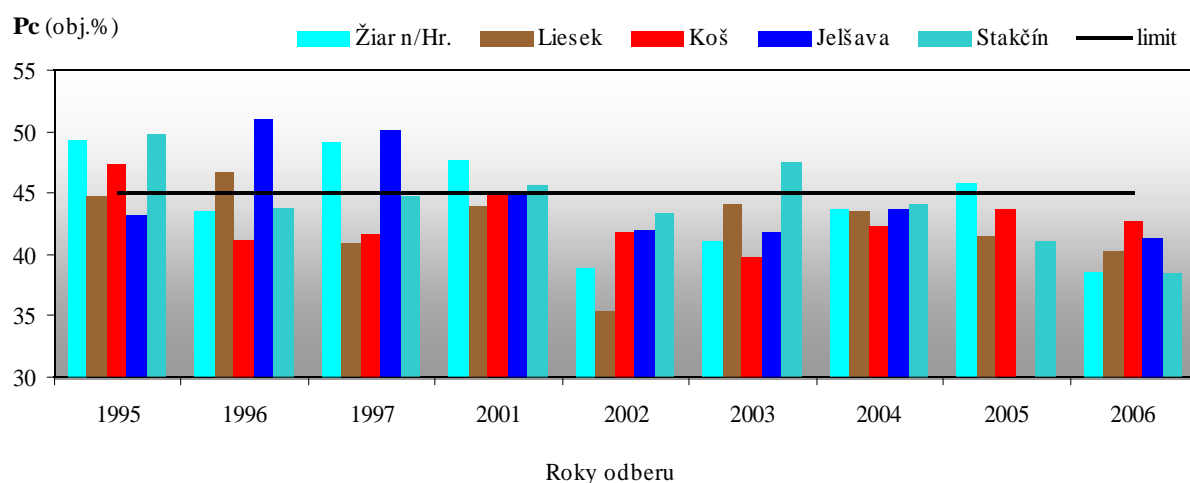


**Obr. 11** Celková pórovitosť (Pc) podornice vybraných pôdnych druhov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Černoze, hnedoze a fluvizeme.



Vysvetlivky ako pre obr. 9

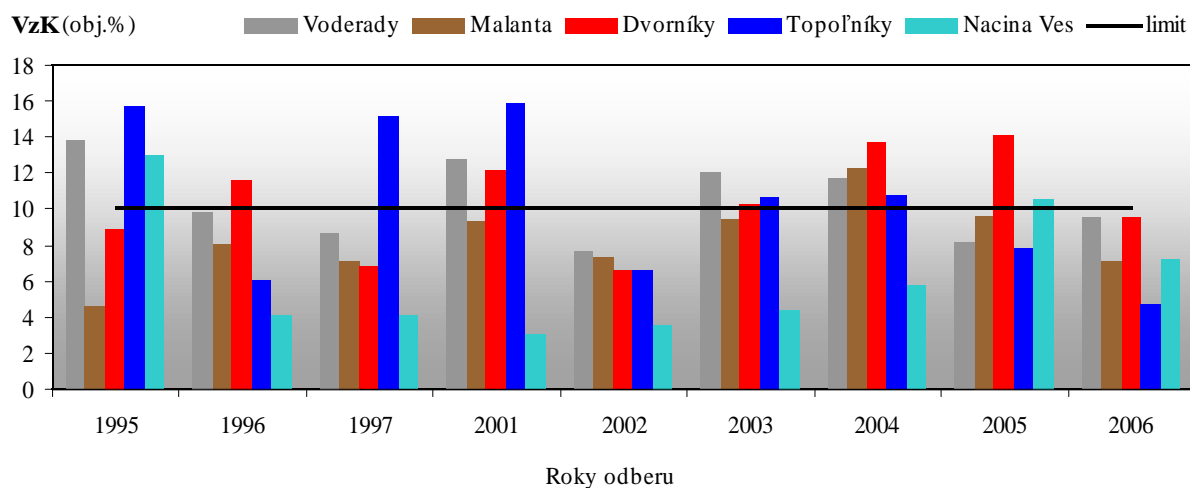
**Obr. 12** Celková pórovitosť (Pc) podornice vybraných pôdnych druhov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Pseudogleje.



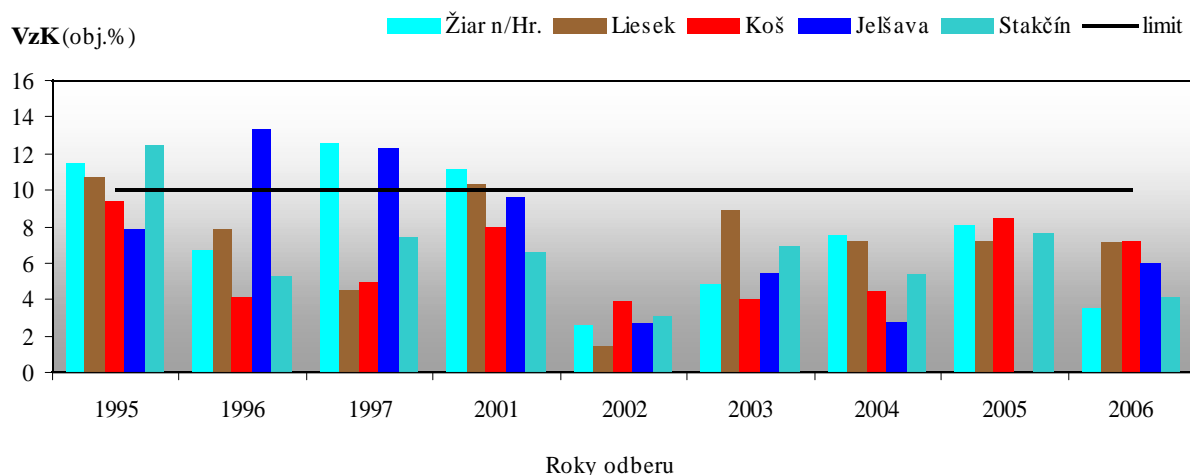
Čo sa týka minimálnej vzdušnej kapacity (obr. 13 a 14) sú rozdiely medzi danými pôdnymi typmi. Z hlinitých pôd najpriaznivejší stav z hľadiska obsahu pôdneho vzduchu je pri ČM (lokalita Voderady – 67 % prípadov), nasleduje FMc (Topoľníky – 55 % prípadov), potom PG (0-33 % prípadov) a HM (11 % prípadov). Tento stav je pravdepodobne dôsledok rozdielu v obsahu organickej hmoty, príp. obsahu karbonátov v podornici medzi sledovanými lokalitami (Barančíková 2002), čím je ovplyvnená štruktúrnosť pôdy (Hlušičková, Lhotský 1994).

V prípade MKK (obr. 15 a 16) najpriaznivejší stav dosahujú lokality Malanta na HM, Voderady na ČM a Liesek na PG (zrejme vplyvom flyšového substrátu, ktorý obsahuje viac pieskovej frakcie). Najväčšie hodnoty sú pri fluvizemiach, kde sú tvarované póry v procese vztlánania.

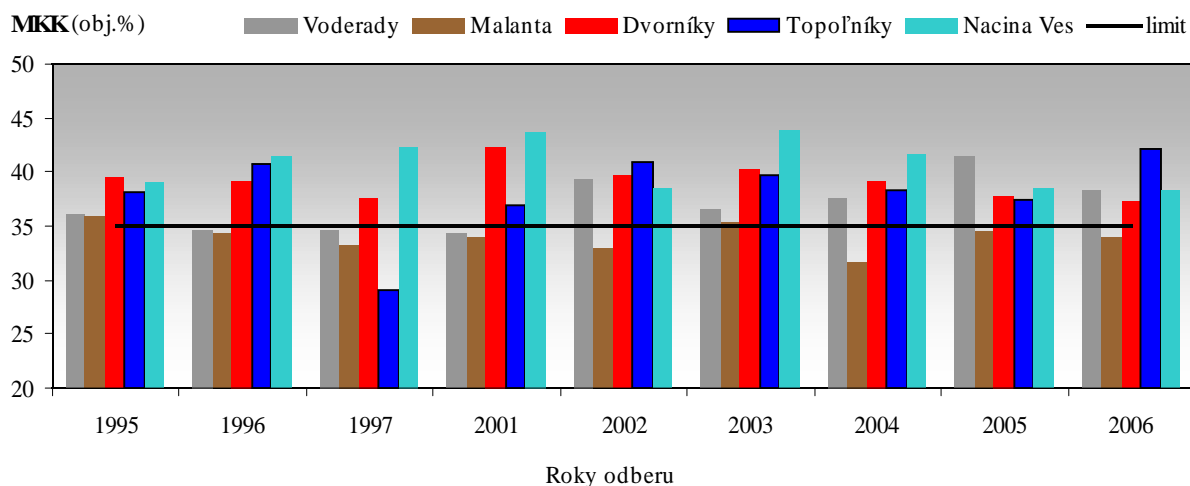
**Obr. 13** Vzdušná kapacita (VzK) podornice vybraných pôdných druhov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Černoze, hnedoze a fluvizeme.



**Obr. 14** Vzdušná kapacita (VzK) podornice vybraných pôdných druhov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Pseudogleje.

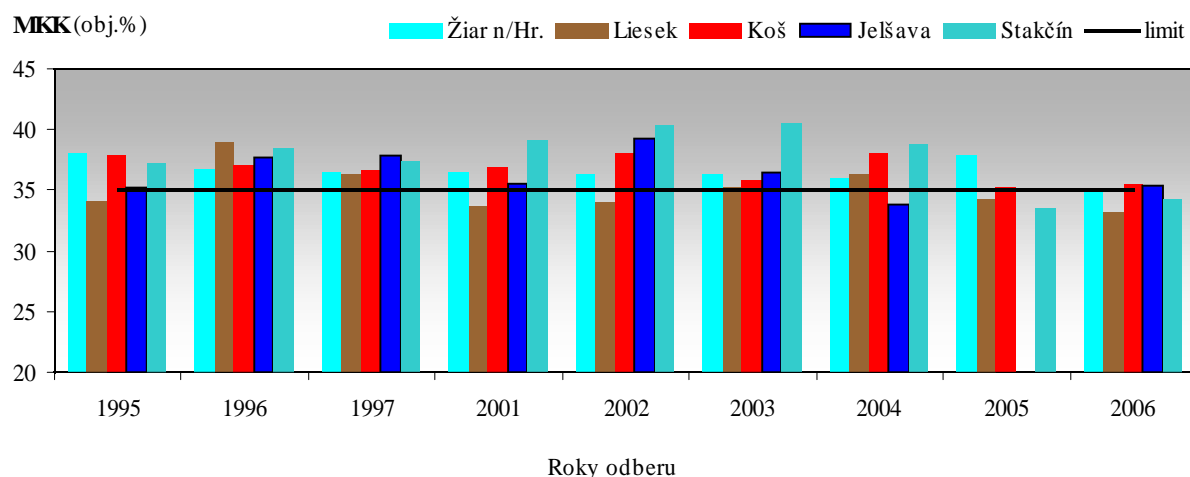


**Obr. 15** Maximálna kapilárna kapacita (MKK) podornice vybraných pôdných druhov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Černoze, hnedoze a fluvizeme.





**Obr. 16** Maximálna kapilárna kapacita (MKK) podornice vybraných pôdnych druhov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Pseudogleje.



## Záver

Fyzikálny stav sledovaných pôd v poslednom cykle sa zhoršoval v smere od zrnitostne ľahších ku ťažším pôdam, keď pri hlinito-piesčitých sú hodnoty meraných parametrov pod limitom, podornice piesčito-hlinitých ho už dosahujú krajnými hodnotami, rovnako ako ornice hlinitých až ílovitých pôdnych druhov. Podornice hlinitých až ílovitých pôd sú už zhutnené s výnimkou hlinitých ČM a FMc. Kompakcia zasahuje hlavne podornice sledovaných pôd.

Z hľadiska pôdnych typov kompaktiou najviac trpia pseudogleje a fluvizeme. Ďalej pozorujeme pri ČM a HM vzhľadom na priaznivú textúru čiastočne zhoršený fyzikálny stav najmä v ornici, čo je pravdepodobne v dôsledku intenzívneho využívania týchto pôd v závislosti od pestovanej plodiny.

V prípade vývoja kompaktie na sledovaných pôdnych typoch došlo v prevažnej väčšine k miernemu zlepšeniu fyzikálneho stavu v poslednom odberovom cykle, hlavne v porovnaní s druhým cyklom.

Výsledky týkajúce sa sledovaných pôdnych typov z kľúčových lokalít (každoročný odber z vybraných lokalít) potvrdzujú zistenia získané v základnej sieti.

## 5.9. Hodnotenie vývoja erózie pôd

Výsledkom fyzikálnej degradácie pôdy procesmi vodnej erózie je výrazné znižovanie produkčnej schopnosti poľnohospodárskych pôd. Dochádza k ireverzibilným, alebo pomaly reverzibilným zmenám fyzikálnych, chemických a biologických vlastností pôd. Nakoľko je erózia pôdy výsledkom vzájomného pôsobenia viacerých faktorov (klimatické, topografické, hydrologické, pôdne, geologické, vegetačné atď.) je zhodnotenie záujmovej lokality z hľadiska negatívneho vplyvu erózie na pôdu pomerne náročný proces. Získané informácie o stave erodovanosti pôdy v konkrétnej lokalite môžu slúžiť ako odrazový mostík pri uplatňovaní vhodných protieróznych opatrení.

V rámci monitoringu erózie využívame pre zhodnotenie eróznej ohrozenosti poľnohospodárskych pôd ako aj sledovanie vývoja (tempa) pôsobenia vodnej erózie viaceré metódy. Konkrétne sa jedná o:

- porovnávanie rozdielov v hrúbke diagnostických horizontov ako aj profilových zmien základných pôdnych parametrov v typických radoch sond lokalizovaných po spádnici svahu (erózný transekt)
- stanovenie koncentrácie rádioaktívneho izotopu cézia ( $^{137}\text{Cs}$ ), ktorý využívame ako značkovací prvok (profilová distribúcia cézia) v profiloch sond lokalizovaných po spádnici svahu
- využitie empirického modelu univerzálnej rovnice straty pôdnej hmoty (USLE) modifikovanej pre podmienky Slovenska v prostredí GIS na vyjadrenie ohrozenosti poľnohospodárskych pôd vodnou eróziou

### *Ciele riešenia*

- sledovanie a vyhodnocovanie negatívneho vplyvu vodnej erózie na kvantitatívne zmeny monitorovaných pôdnych parametrov (obsah humusu, pH/KCl, zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti, prístupný fosfor a draslík) na vybraných erózných transektoch (radoch sond lokalizovaných po spádnici svahu) v priestore (priestorová diferenciácia)
- stanovenie intenzity recentnej erózie (za posledných približne 40 rokov) na sledovaných erózných transektoch na základe vyhodnotenia profilovej distribúcie rádioaktívneho izotopu cézia ( $^{137}\text{Cs}$ ) v jednotlivých častiach transektov
- vypočítanie potenciálnej a aktuálnej priemernej ročnej straty pôdy v podmienkach konkrétnej lokality využitím empirického modelu univerzálnej rovnice straty pôdy (USLE)
- zrealizovanie grafického mapového výstupu potenciálnej ohrozenosti poľnohospodárskych pôd SR vodnou eróziou v prostredí GIS využitím empirického modelu univerzálnej rovnice straty pôdnej hmoty

## Materiál a metódy

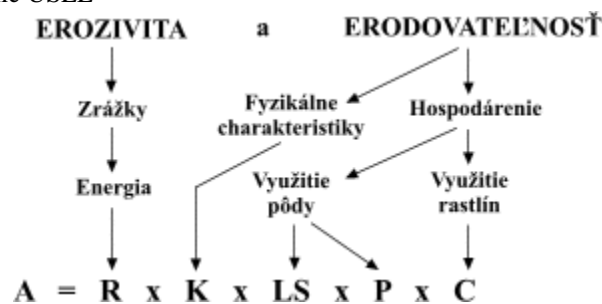
V monitorovacom roku 2006 sme lokalizovali tri nové erózne transeky (katény) na ktorých sme sledovali negatívny vplyv vodnej erózie na kvantitatívne zmeny pôdných parametrov (zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti, pH/KCl, obsah humusu a prístupných živín P a K) v priestore (priestorová heterogenita). Transeky sa nachádzajú na orných pôdach v erózne senzitívnych oblastiach (z hľadiska intenzity zrážok, protieróznej odolnosti pôdy, svahovitosti, kultúre obhospodarovania atď.). Výber vhodných transektov sa uskutočnil na základe terénneho prieskumu pričom hlavnou požiadavkou bol predovšetkým reliéf záujmového územia. Súčasťou eróznej katény (rad sond lokalizovaných po spádnicí svahu) musí byť:

- vrcholová (eróziou minimálne ovplyvnená) časť svahu - referenčná sonda
- svah na ktorom možno predpokladať intenzívnu eróziu - erózna sonda
- úpätie svahu (báza) kde dochádza k akumulácii translokovanej pôdnej hmoty - akumulačná sonda

Stanovenie sledovaných pôdných parametrov (zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti, pH/KCl, obsah humusu a prístupných živín P - Égner a K - Schachtschabel) sa uskutočnilo podľa štandardných analytických metód (Fiala et al., 1999) používaných v rámci ČMS – Pôda v laboratóriách VÚPOP Bratislava. Pôdne vzorky sme odobrali z hĺbok 0-0,10; 0,25-0,30; 0,30-0,35; 0,35-0,40; 0,40-0,45 m.

Pri hodnotení eróznej ohrozenosti poľnohospodárskych pôd v lokálnej (v rámci záujmového územia) a regionálnej mierke (v rámci celého územia SR) využívame empirický model univerzálnej rovnice straty pôdnej hmoty - USLE (Wischmeier-Smith, 1978) (obr. 1). Aplikovaním uvedenej rovnice na monitorovanej lokalite získame údaje o priemernom množstve pretransportovanej pôdnej hmoty z hektára v tonách za rok (potenciálna erózia:  $A_p = R.K.L.S$ , aktuálna erózia:  $A_a = R.K.L.S.C.P$ ). Výsledkom sú buď numerické, alebo grafické výstupy podávajúce informáciu o ohrozenosti poľnohospodárskych pôd procesmi vodnej erózie.

Obr. 1 Empirické vyjadrenie USLE



A – priemerná ročná strata pôdy v tonách z hektára (t/ha /rok)

R – erózna účinnosť dažďa

K – protierózna odolnosť pôdy (koeficient erodovateľnosti)

L – vplyv dĺžky svahu

S – vplyv svahovitosti

C – vplyv rastlinného krytu

P – spôsob obhospodarovania

Recentnú eróziu (intenzita vplyvu eróznno-akumulačných procesov za obdobie posledných približne 40 rokov) sledujeme pomocou metódy kedy využívame rádioaktívny izotop  $^{137}\text{Cs}$  ako značkovací prvok (Linkeš, Lehotský, Stankoviansky, 1992, Fulajtár, Janský, 2001, Styk 2005). Vo viacerých krajinách je to pomerne populárna a používaná metóda stanovenia intenzity priebehu erózie za určité časové obdobie. Distribúciu cézia stanovujeme v pôdnych profiloch sond lokalizovaných po spádnicu erózneho transektu. Analýzy pôdnych vzoriek (hlbky odberu: 0-10, 30-35, 35-40, 35-45 cm) na  $^{137}\text{Cs}$  boli urobené vo Výskumnom ústave jadrových elektrární v Trnave polovodičovým gamaspektrometrickým systémom.

### ***Dosiahnuté výsledky***

#### *Transekt pri Suchej Doline*

Záujmovú lokalitu sme umiestnili západne od obce Suchá Dolina v členitom reliéfe Šarišskej vrchoviny. Konkrétne sa jedná o klimatický región mierne teplý, mierne vlhký, pahorkatinový až vrchovinový s priemerným ročným úhrnom zrážok 700 mm. (Atlas krajiny SR, 2002). Na eróznom transekte sa nachádza stredne ťažká (hlinitá, resp. prachovito-hlinitá), hlboká pôda vyvinutá na polygenetických hlinách. Celý sledovaný úsek je charakteristický pôdnym typom luvizem kultizemná, pseudoglejová (Morfog. klas. systém, 2000). V čase odberu pôdnych vzoriek sa na záujmovej lokalite pestovala ozimná pšenica.

Mocnosť profilu (najmä hĺbka humusového horizontu) je nasledovná: plošina (referenčná časť) - hĺbka orniceového humusového horizontu je 0,27 m, svah (erózna časť) - hĺbka orniceového humusového horizontu je 0,27, akumulačná časť (tu dochádza k akumulácii translokovanej pôdnej hmoty) - hĺbka orniceového humusového horizontu je 0,44 m. Erózný transekt sa nachádza na ornej pôde (ozimná pšenica), jeho dĺžka je 347 m a svahovitosť sa pohybuje do 11°.

Využitím empirického modelu univerzálnej rovnice straty pôdnej hmoty – USLE v konkrétnych podmienkach záujmovej lokality sme dosiahli numerické vyjadrenie potenciálneho a aktuálneho (zohľadnenie ochranného vplyvu vegetácie – ozimná pšenica) priemerného ročného odnosu pôdy.

#### ***Potenciálna strata pôdy:***

$$R - 25,59 \quad K - 0,30 \quad L - 3,95 \quad S - 3,40$$

$$A_p = R \cdot K \cdot L \cdot S = \mathbf{103,10 \text{ t/ha/rok}}$$

#### ***Aktuálna strata pôdy:***

$$R - 25,59 \quad K - 0,30 \quad L - 3,95 \quad S - 3,40 \quad C - 0,18$$

$$A_a = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C = \mathbf{18,55 \text{ t/ha/rok}}$$

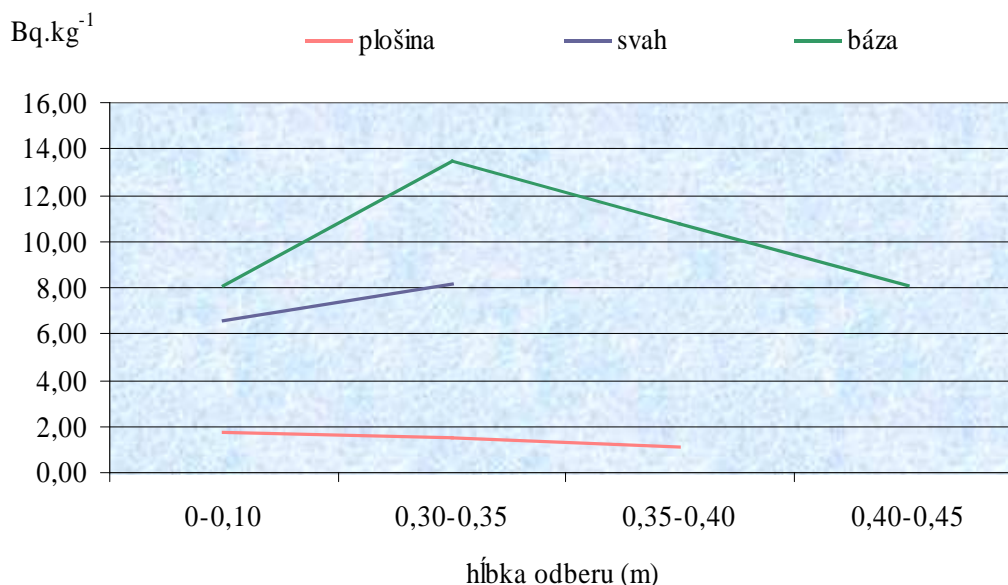
Výsledok potvrdzuje predpoklad, že pôda je potenciálne extrémne ohrozená eróznno-akumulačnými procesmi, nakoľko priemerná ročná strata pôdy z hektára predstavuje 103,10 ton. Pôdu na sledovanom transekte z pohľadu potenciálnej erózie zaradujeme do kategórie erodovanosti: extrémna. Vypočítaná hodnota potenciálnej straty pôdy vysoko prekračuje limit stanovený zákonom č. 220/2004 (hlboká pôda - 30t/ha/rok).

Pri zohľadnení aktuálneho rastlinného krytu (ozimná pšenica) poklesne vypočítaná hodnota aktuálnej erózie na 18,55 t/ha/rok (kategória erodovanosti: vysoká). V porovnaní

s potenciálnou eróziou ide o výrazne nižšiu hodnotu čo je ovplyvnené dobrým protieróznym účinkom hustosiatych ozimín.

Distribúcia  $^{137}\text{Cs}$  v profile jednotlivých častí eróznej katény dokumentuje prítomnosť eróžno-akumulačných procesov na pôde záujmovej lokality. Štandardnú schému profilovej distribúcie cézia, kedy sa tento izotop nachádza iba v ornícovom (orbou premiešanom) horizonte (0-0,30 m) a pod ním sú jeho hodnoty na prahu merateľnosti, sme zaznamenali len v eróznej časti svahu. Nízke hodnoty koncentrácie cézia namerané v referenčnom profile sú vo veľkej miere ovplyvnené prítomnosťou intenzívnej orbovej erózie, ktorá sa prejavuje predovšetkým vo vrcholovej (referenčnej časti transektu). Je to dôsledok nesprávnej agrotechniky (orba po spádnici svahu).

**Obr. 2** Profilová distribúcia rádioaktívneho izotopu cézia v pôde jednotlivých častiach transektu pri Suchej Doline



V akumuláčnej časti erózneho transektu bola ešte v hĺbke 0,45 m nameraná vysoká aktivita  $^{137}\text{Cs}$ . Táto skutočnosť potvrdzuje akumuláciu pôdnych častíc pretransportovaných vplyvom vodnej erózie z eróznej časti svahu (obr. 2).

Namerané hodnoty aktivity cézia v pôdnom profile jednotlivých častí eróznej katény využijeme pri zhodnotení priebehu recentnej erózie. Je to erózia za obdobie posledných 43 rokov (od roku 1963). V tomto roku bola podľa Wallinga a Quina (1993) zaznamenaná najväčšia intenzita rádioaktívneho spádu. Distribúcia cézia v profile je posudzovaná na základe rozdielu hĺbky jeho merateľnej koncentrácie v pôdnych profiloch sond akumuláčnej a referenčnej časti transektu.

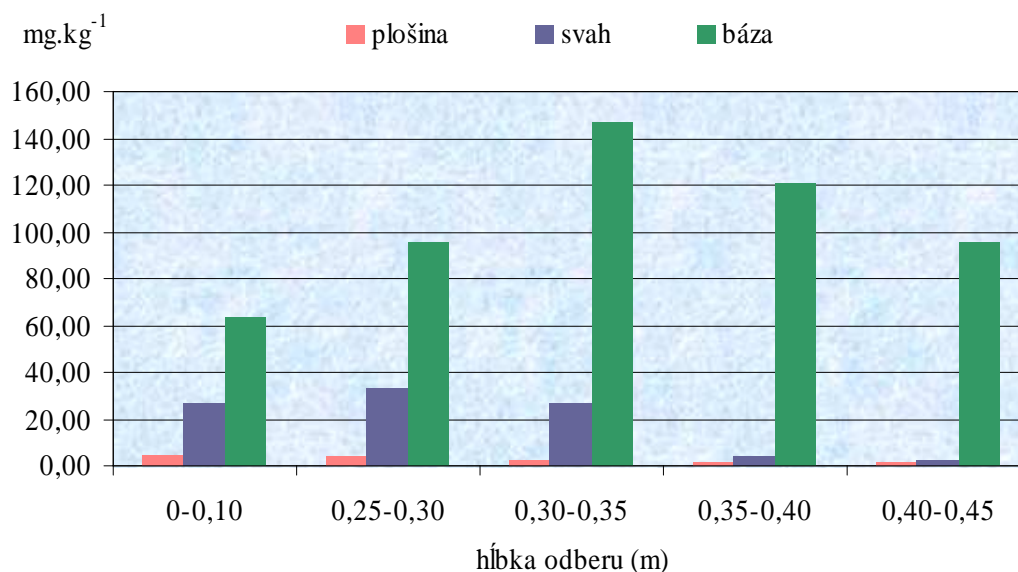
V tomto prípade je to dosť problematické nakoľko koncentrácia cézia v celom referenčnom profile je príliš nízka. Pri predpoklade že hlavná akumulácia tohto izotopu by mala byť v referenčnej časti svahu do hĺbky ornice teda 0,30 m a v akumuláčnej časti svahu boli vysoké koncentrácie cézia zaznamenané ešte v hĺbke 0,45 m, tak pretransportovaná vrstva pôdy predstavuje približne 0,15 m. Priemerná hrúbka vrstvy pôdnej hmoty každoročne (za obdobie približne 43 rokov) pretransportovaná z erózných častí svahu je 3,49 mm. Pri aktuálnej objemovej hmotnosti 1,42 g.cm<sup>-3</sup> predstavuje približne 49,55 t/ha/rok.

Priemerná ročná akumulácia pôdnej hmoty je v porovnaní s vypočítanou hodnotou aktuálnej straty pôdy (USLE) vyššia, no ide o priemernú ročnú stratu, resp. akumuláciu za pomerne dlhé obdobie (43 rokov). Počas tejto doby v jednotlivých rokoch vôbec nemuselo

dochádzať k odnosu pôdy (v závislosti od množstva a intenzity zrážok a pestovanej plodiny). Naopak pri výrazných erózných udalostiach a pri pestovaní plodiny so slabším protieróznym účinkom mohla byť vrstva translokovanej pôdy oveľa väčšia ako priemer.

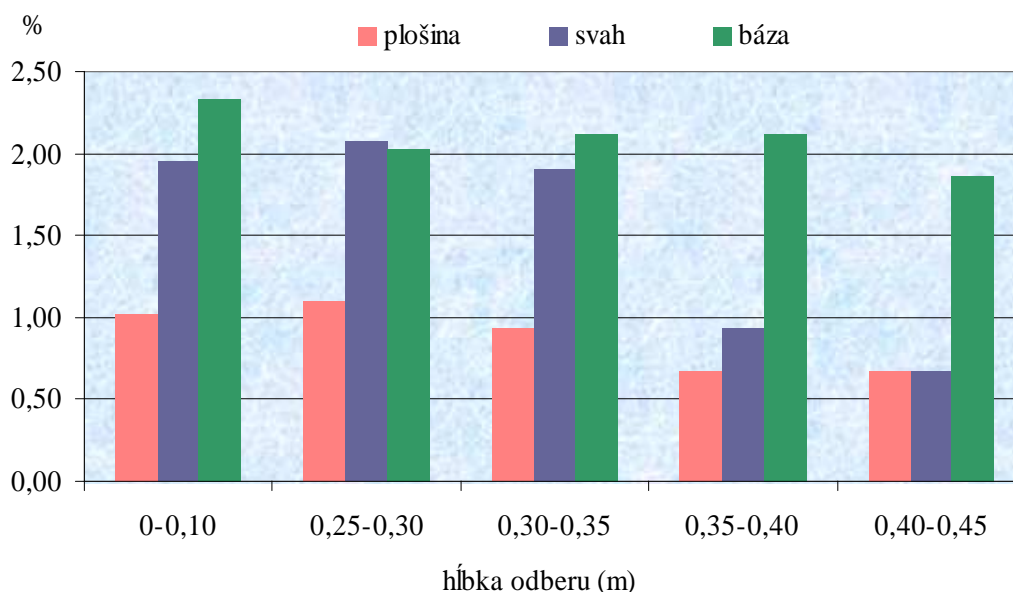
Vplyv erózie na pôdu sa prejavuje aj pri výrazných kvantitatívnych zmenách obsahov prístupného fosforu a humusu v rámci jednotlivých častí erózneho transektu. Priestorová heterogenita je spôsobená tým, že humus aj fosfor sú pomerne pevne viazané na povrchy koloidného podielu pôdnej hmoty a pri jej translokácii v smere pôsobenia vodnej erózie sa premiestňujú spolu s ňou.

**Obr. 3** Priestorová heterogenita prístupného fosforu v pôde jednotlivých častí transektu pri Suchej Doline



O prítomnosti orbovej erózie, ktorou je ovplyvnená už aj vrcholová časť transektu svedčia extrémne nízke obsahy fosforu v referenčnom profile. Orbou bola postupne pretransportovaná ornica do nižších častí svahu. Dochádzalo k priorávaniu na fosfor a humus ochudobneného podorničia, čo má za následok výrazné zníženie obsahov prístupného fosforu a humusu v profile referenčnej časti záujmovej lokality.

**Obr. 4** Priestorová heterogenita humusu v pôde jednotlivých častí transektu pri Suchej Doline



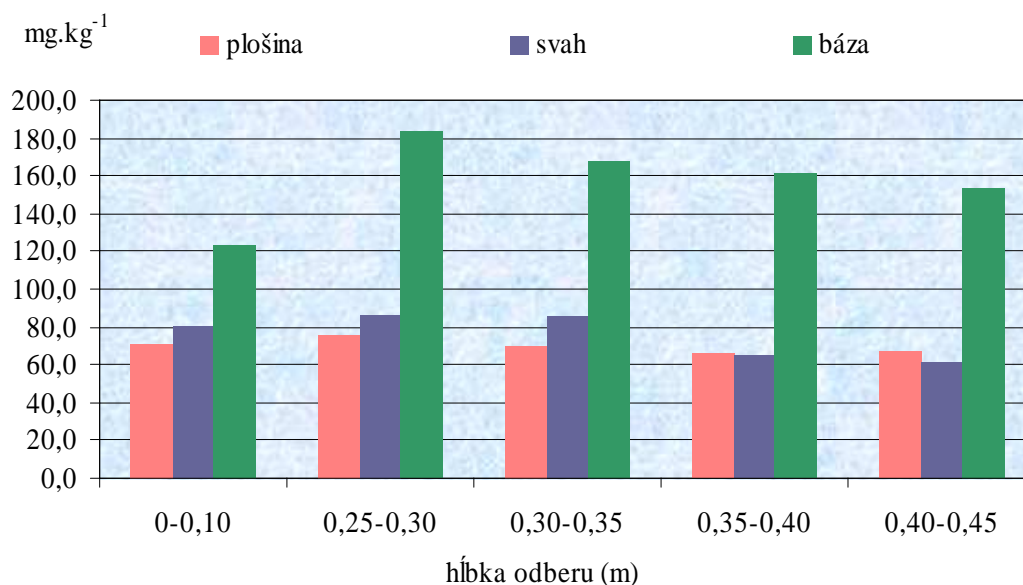
Pri profilových priebehoch prístupného fosforu a humusu je viditeľné, že ich najvyššie obsahy boli stanovené v akumuláčnej časti záujmového územia kde dochádza k akumulácii eróziou pretransportovanej pôdnej hmoty (predovšetkým z orníčného horizontu) z eróznej časti monitorovaného územia. Obsah humusu a prístupného fosforu je v tejto časti svahu ešte aj v hĺbke 0,40-0,45 m nadpriemerný (obr. 3, 4).

**Tab. 1** Podiel zrnitostných frakcií v jednotlivých pôdnych profiloch častí transektu pri Suchej Doline

Transekt Suchá Dolina	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)				
		2-0,25 mm	0,25-0,05 mm	0,05-0,02 mm	0,02-0,002 mm	< 0,002 mm
plošina	0-0,10	2,14	35,85	24,42	22,32	15,27
	0,25-0,30	2,38	32,37	27,80	23,31	14,14
	0,30-0,35	1,74	32,49	28,70	21,88	15,18
	0,35-0,40	2,41	23,74	36,99	22,28	14,59
	0,40-0,45	1,84	24,91	34,49	22,44	16,31
svah	0-0,10	3,33	24,00	37,79	23,00	11,88
	0,25-0,30	3,61	20,39	41,49	22,40	12,11
	0,30-0,35	3,37	30,44	31,84	22,43	11,92
	0,35-0,40	3,81	25,23	33,44	24,37	13,16
	0,40-0,45	4,36	18,37	40,68	22,24	14,35
báza	0-0,10	4,80	40,35	27,57	18,10	9,19
	0,25-0,30	4,84	38,32	27,83	19,43	9,57
	0,30-0,35	4,16	36,16	29,38	20,57	9,74
	0,35-0,40	3,55	39,35	25,28	21,48	10,34
	0,40-0,45	3,75	36,54	28,12	21,09	10,50

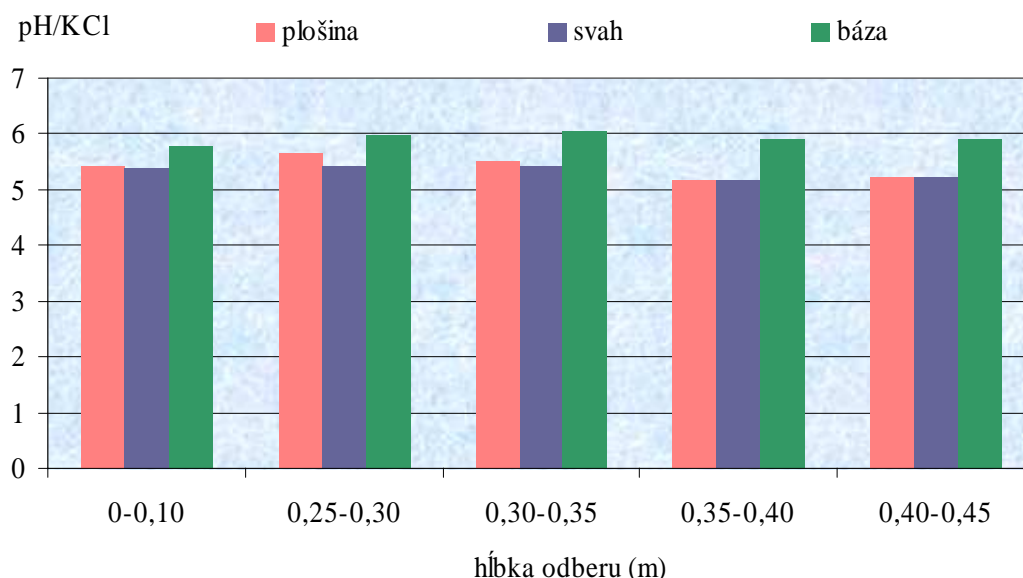
Na celom sledovanom eróznom transekte sa nachádza stredne ťažká (hlinitá, resp. prachovito-hlinitá) pôda, ktorej pôdotvorným substrátom sú polygenetické hliny. V pôdnych profiloch jednotlivých častí sledovaného územia sme zaznamenali prevahu prachovej (0,002-0,05 mm) a pieskovej (0,05-2,0 mm) zrnitostnej frakcie. Vplyv erózie sa prejavil najmä v akumuláčnej časti svahu kde dochádza k sedimentovaniu väčšinou týchto zrnitostných frakcií. Výsledkom je zníženie obsahu ílového podielu pôdy v celom pôdnom profile (tab. 1)

**Obr. 5** Priestorová heterogenita prístupného draslíka v pôde jednotlivých častí transektu pri Suchej Doline



Vplyv eróznno-akumulačných procesov na priestorovú distribúciu prístupného draslíka sa prejavil v jeho výraznej akumulácii v pôdnom profile bázy svahu (obr. 5). Jeho zvýšené obsahy boli stanovené až do hĺbky 0,45 m čo korešponduje s hrúbkou translokovanej pôdnej hmoty (určenej metódou využívajúcou cézium ako značkovací prvok).

**Obr. 6** pH/KCl pôdy v jednotlivých častiach transektu pri Suchej Doline



Pôda referenčnej a eróznej časti monitorovaného územia má kyslú pôdnu reakciu a smerom k pôdotvornému substrátu pH mierne klesá (priorávanie kyslejšieho substrátu). Vplyvom akumulácie pretransportovanej pôdnej hmoty (orničnej vrstvy) z eróznej časti transektu sa pH v báze svahu prakticky nemení v celom monitorovanom pôdnom profile (obr. 6). Na základe pH môžeme tejto časti pôdy zaradiť do kategórie slabokyslá.

Zmeny objemovej hmotnosti a celkovej pórovitosti v rámci transektu potvrdzujú prítomnosť orbovej erózie vo vrcholovej časti transektu, vplyvom ktorej sa dostalo na povrch zrnitostne ťažšie podorničie (tab. 2). Následkom týchto zmien je zvýšenie objemovej hmotnosti pôdy a naopak pokles jej celkovej pórovitosti v tejto časti svahu. Objemová hmotnosť ornice v ostatných častiach záujmovej lokality neprekračuje limitnú hodnotu vzťahujúcu sa k zhutneniu pôdy stanovenú pre hlinité pôdy ( $>1,45 \text{ g.cm}^{-3}$ ).

**Tab. 2** Zmeny základných fyzikálnych vlastností pôdy v jednotlivých častiach transektu pri Suchej Doline

Transekt	Hĺbka	Objemová hmotnosť	KN	PO	MKK	RVK
Suchá Dolina	m	( $\text{g.cm}^{-3}$ )	obj. %	obj. %	obj. %	obj. %
plošina	0-10	1,62	38,90	40,27	33,80	31,30
	30-35	1,90	28,47	28,08	25,80	24,30
svah	0-10	1,37	45,30	47,74	36,10	32,28
	30-35	1,51	40,50	42,15	35,03	32,80
báza	0-10	1,42	44,40	45,40	35,77	31,60
	30-35	1,54	40,05	41,48	33,38	30,60

KN - kapilárna nasiaklivosť, PO - celková pórovitosť, MKK - maximálna kapilárna kapacita, RVK - retenčná vodná kapacita



## Transekt pri Kežmarku

Erózný transekt sme lokalizovali do členitého reliéfu Podtatranskej kotliny severozápadne od Kežmarku. Jedná sa o klimatický región mierne chladný s priemerným ročným úhrnom zrážok 700 mm (Atlas krajiny SR, 2002). Sledované územie je charakteristické stredne ťažkými (hlinitými, prachovito-hlinitými), hlbokými pôdami vyvinutými na glaciofluviálnych sedimentoch. Transekt s dĺžkou 465 m sa nachádza na intenzívne využívanej ornej pôde (jarný jačmeň) na svahu so sklonom v priemere 10°. Monitorovaný úsek je charakteristický čiernicou kultizemnou. Mocnosť orbou premiešaného orniceového humusového horizontu v rámci eróznej katény je variabilná (referenčný profil – 0,25 m, erózný profil – 0,25 m, akumulčný profil – 0,50 m).

Numerickým vyjadrením potenciálneho a aktuálneho (zohľadnenie ochranného vplyvu vegetácie – jarný jačmeň) priemerného ročného odnosu pôdy (v podmienkach záujmového územia) využitím modelu USLE sme dosiahli nasledovné hodnoty:

### Potenciálna strata pôdy:

$$R - 21,31 \quad K - 0,23 \quad L - 3,95 \quad S - 4,58$$

$$A_p = R \cdot K \cdot L \cdot S = \mathbf{64,65 \text{ t/ha/rok}}$$

### Aktuálna strata pôdy:

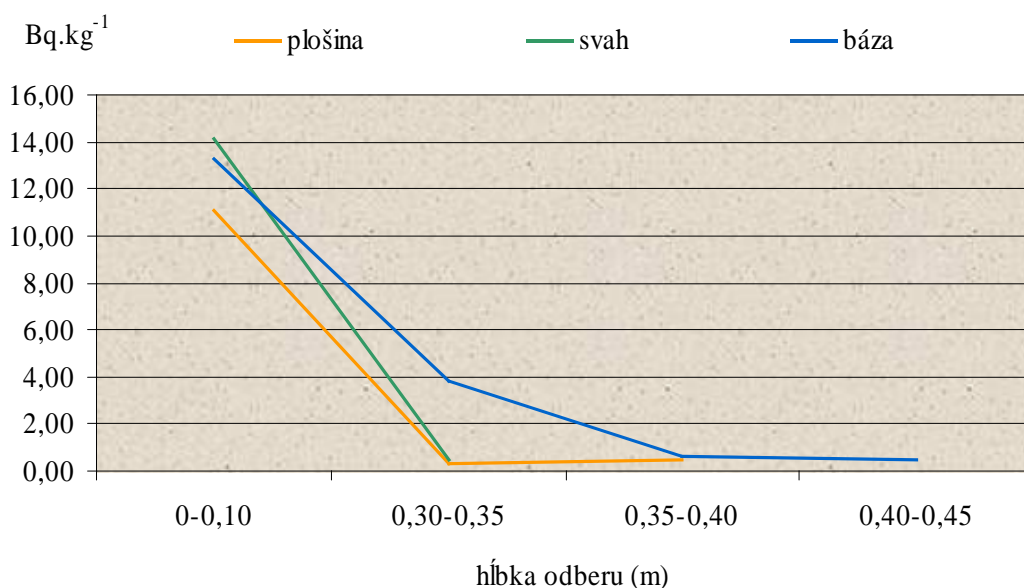
$$R - 21,31 \quad K - 0,23 \quad L - 3,95 \quad S - 4,58 \quad C - 0,31$$

$$A_a = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C = \mathbf{20,04 \text{ t/ha/rok}}$$

Pôda záujmovej lokality je potenciálne extrémne ohrozená eróznno-akumulčnými procesmi (priemerná ročná strata pôdy z hektára predstavuje 64,65 ton). Z pohľadu potenciálnej erózie zaradujeme pôdu na eróznom transekte do kategórie erodovanosti: extrémna. Vypočítaná hodnota potenciálnej straty pôdy prekračuje limit stanovený zákonom č. 220/2004 (hlboká pôda - 30t/ha/rok).

Zohľadnením aktuálneho rastlinného krytu (jarný jačmeň) získame hodnotu aktuálnej erózie, ktorá je 20,04 t/ha/rok (kategória erodovanosti: vysoká). Pri porovnaní s potenciálnou eróziou ide o nižšiu hodnotu čo je ovplyvnené relatívne dobrým protieróznym účinkom hustosiatych jarín.

**Obr. 7** Profilová distribúcia rádioaktívneho izotopu cézia v jednotlivých častiach transektu pri Kežmarku



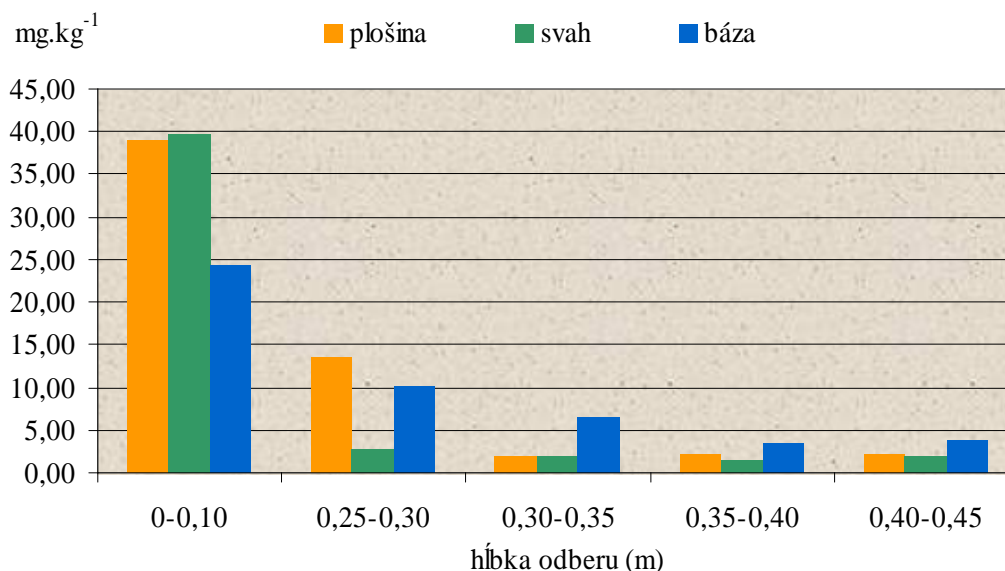
Klasická schéma distribúcie cézia v pôdnom profile bola zaznamenaná v referenčnej a eróznej časti monitorovanej lokality. Relatívne rovnomerná distribúcia  $^{137}\text{Cs}$  sa nachádza iba v orbou pravidelne premiešanom orníčnom horizonte pričom v podornici sú koncentrácie cézia na prahu merateľnosti. V akumuláčnej časti svahu (báza) sme vyššiu aktivitu tohto izotopu zaznamenali do hĺbky 0,30-0,40 m, hlbšie jeho koncentrácia výrazne klesla (obr. 7).

Recentnú eróziu posudzujeme na základe priestorovej aktivity rádioaktívneho cézia v pôdnom profile. Jedná sa o rozdiel hĺbky výskytu merateľnej koncentrácie  $^{137}\text{Cs}$  v pôdnych profiloch akumuláčnej a referenčnej časti záujmovej lokality. V tomto prípade ide o vrstvu hrubú 100 mm. Priemerná ročná akumulácia pôdnej hmoty (za obdobie datované od najvyššieho spádu cézia) je vo výške vrstvy 2,32 mm. Pri aktuálnej objemovej hmotnosti ornice v báze svahu ( $1,36 \text{ g.cm}^{-3}$ ) to predstavuje priemernú ročnú stratu (resp. akumuláciu) pôdnej hmoty 31,55 t/ha.

Podobne ako v prípade transektu pri Suchej Doline aj tu je priemerná ročná akumulácia pôdnej hmoty v porovnaní s vypočítanou hodnotou aktuálnej straty pôdy (USLE) vyššia. Ide o ročný priemer za pomerne dlhé obdobie kedy počas jednotlivých rokov mohlo alebo vôbec nemuselo dochádzať k erózii (v závislosti od pestovanej plodiny, množstva a intenzity zrážok).

Zmeny obsahu prístupného fosforu a humusu v rámci pôdnych profilov jednotlivých častí transektu (priestorová heterogenita) sú výsledkom vplyvu vodnej erózie na pôdu v tejto monitorovanej lokalite. Z priebehu grafu obsahu fosforu v pôdnom profile eróznej časti svahu vidíme že jeho obsah s pribúdajúcou hĺbkou výrazne klesá, čo je výsledkom straty vrchných na fosfor bohatších vrstiev pôdy (humusový horizont). V báze svahu sme predpokladali vyššie obsahy fosforu v rámci hlbších vrstiev pôdneho profilu (akumulácia translokovanej pôdnej hmoty). Tento predpoklad sa nenaplnil a obsah fosforu je v podornici veľmi nízky (obr. 8).

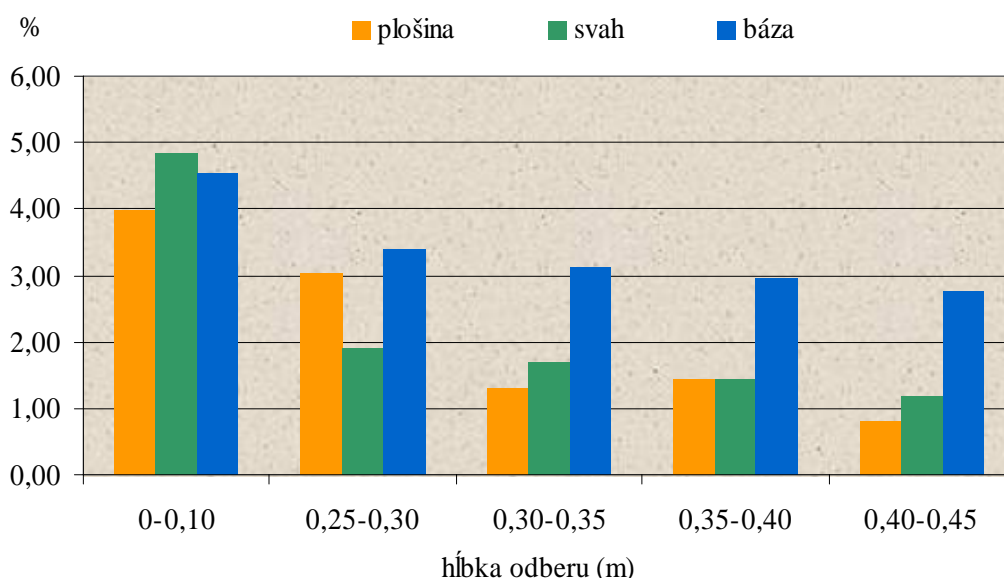
**Obr. 8** Priestorová heterogenita prístupného fosforu v pôde jednotlivých častí transektu pri Kežmarku



Aj humus (podobne ako fosfor) je pomerne pevne asociovaný na povrchy jemného podielu pôdy preto pri odnose pôdnej hmoty vplyvom erózie dochádza k jeho translokácii v smere pôsobenia erózie. Z obrázku 9 je zrejmé, že rozdiely v jeho obsahoch v rámci jednotlivých častí záujmovej lokality sú výraznejšie ako v prípade prístupného fosforu. Jeho

obsah sa v rámci hlbších vrstiev profilu akumuláčnej časti svahu prakticky nemení, pričom v eróznom profile s narastajúcou hĺbkou pôdy klesá.

**Obr. 9** Priestorová heterogenita humusu v pôde jednotlivých častí transektu pri Kežmarku



Stredne ťažká (hlinitá, prachovito-hlinitá) pôda záujmovej lokality sa vyvinula na glaciofluvialných sedimentoch podtatranského regiónu. V pôde jednotlivých častí eróznej katény má pomerne vysoké zastúpenie ílová frakcia, dominuje však piesková a prachová frakcia. Vplyvom erózie dochádza k akumulovaniu týchto zrnitostných frakcií v báze svahu čoho výsledkom je zníženie obsahu ílového podielu pôdy v celom pôdnom profile (tab. 3).

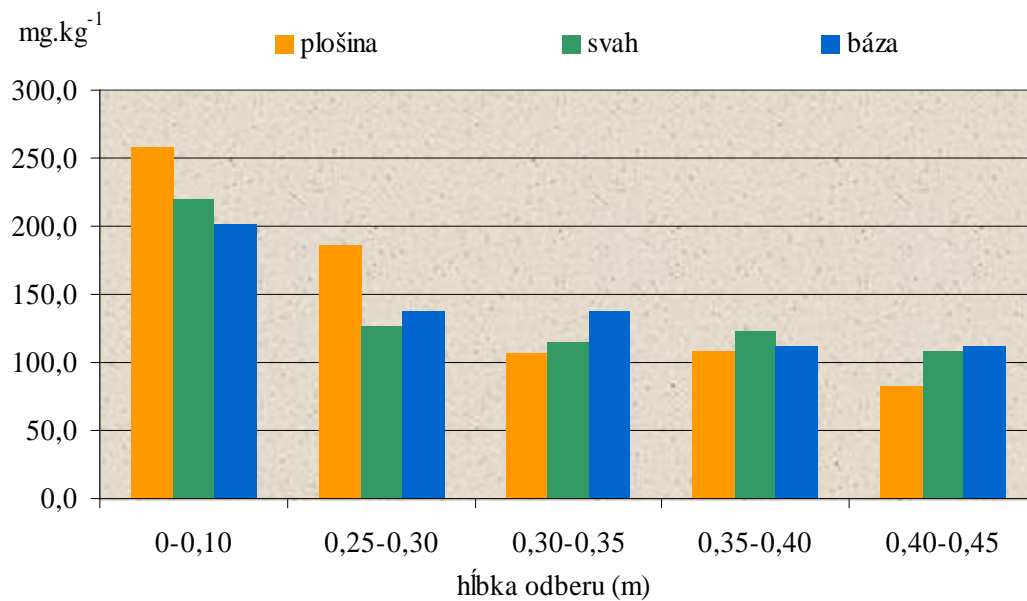
**Tab. 3** Podiel zrnitostných frakcií v jednotlivých pôdných profiloch častí transektu pri Kežmarku

Transekt Suchá Dolina	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)				
		2-0,25 mm	0,25-0,05 mm	0,05-0,02 mm	0,02-0,002 mm	< 0,002 mm
plošina	0-0,10	9,38	17,11	25,37	24,30	23,85
	0,25-0,30	8,57	17,50	21,71	25,82	26,39
	0,30-0,35	14,00	21,40	17,06	22,91	24,64
	0,35-0,40	11,05	19,16	18,17	26,39	25,23
	0,40-0,45	24,59	29,51	12,64	14,52	18,74
svah	0-0,10	9,61	18,76	20,54	31,00	20,09
	0,25-0,30	6,03	6,91	26,49	30,93	29,64
	0,30-0,35	1,87	8,22	24,02	33,40	32,49
	0,35-0,40	3,16	6,24	27,02	31,13	32,45
	0,40-0,45	5,13	13,48	23,05	28,62	29,73
báza	0-0,10	12,85	19,54	21,09	27,40	19,12
	0,25-0,30	12,68	21,14	19,93	27,02	19,23
	0,30-0,35	13,61	22,01	20,86	25,92	17,61
	0,35-0,40	12,74	21,67	18,53	24,41	22,64
	0,40-0,45	12,53	20,63	19,95	25,47	21,42

Najvyššiu koncentráciu prístupného draslíka v ornici referenčnej časti katény (plošina). Vplyv erózie na zmeny priestorovej distribúcie draslíka v jednotlivých pôdných profiloch sledovaných častí transektu nebol výrazný (obr. 10). Jeho profilový priebeh v rámci jednotlivých častí monitorovaného územia je podobný. Zaujímavé môže byť zhodnotenie jeho

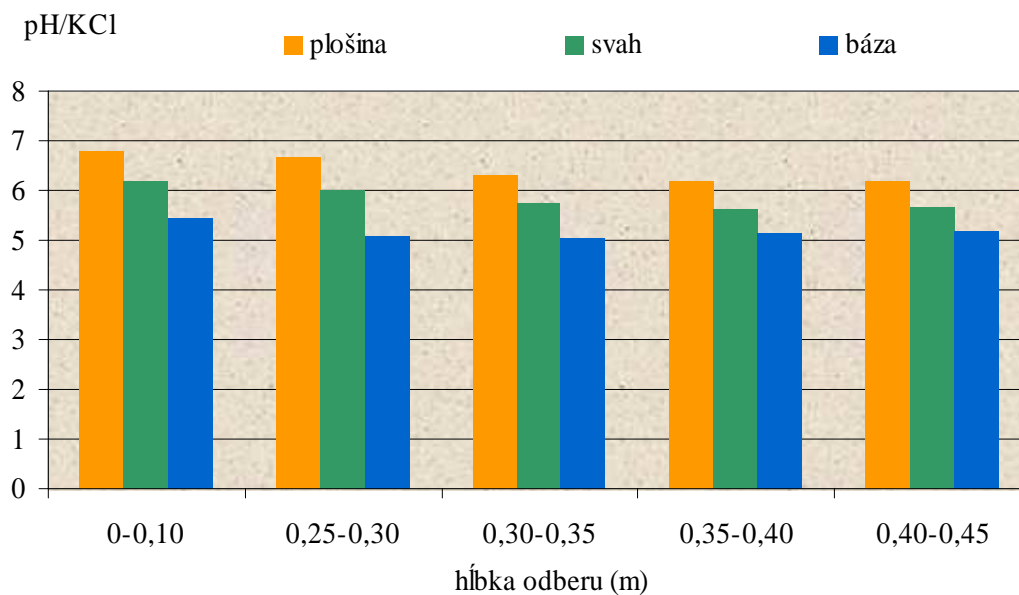
vývoja keď sa na záujmovú lokalitu vrátíme za päť rokov v druhom cykle sledovania (časová dynamika zmien).

**Obr. 10** Priestorová heterogenita prístupného draslíka v pôde jednotlivých častí transektu pri Kežmarku



Na základe výmennej pôdnej reakcie zaraďujeme pôdy záujmovej lokality do kategórie slabokyslá, v báze svahu je pôda kyslá. Nevýrazné zmeny v rámci pôdnej reakcie v jednotlivých častiach transektu môžeme pripísať prirodzenej priestorovej variabilite tohto parametra (obr. 11).

**Obr. 11** pH/KCl pôdy v jednotlivých častiach transektu pri Kežmarku



Hodnota objemovej hmotnosti prekračujúca limit pre zhutnenie pôdy stanovený pre pôdny druh hlinitá ( $>1,45 \text{ g.cm}^{-3}$  pri celkovej pórovitosti  $< 45 \text{ obj.}\%$ ) bola zaznamenaná len v referenčnej časti (plošina) monitorovaného územia (tab. 4). Je to spôsobené vyšším podielom ílovej frakcie a nízkym obsahom pórov. Vyššie hodnoty objemovej hmotnosti v podornici sú spôsobené tým, že táto časť pôdneho profilu nie je preorávaná.

**Tab. 4** Zmeny základných fyzikálnych vlastností pôdy v jednotlivých častiach transektu pri Kežmarku

Transekt Kežmarok	Hĺbka m	Objemová hmotnosť ( $\text{g.cm}^{-3}$ )	KN obj. %	PO obj. %	MKK obj. %	RVK obj. %
plošina	0-0,10	1,51	43,68	41,76	39,52	34,30
	0,30-0,35	1,59	41,99	40,83	38,92	37,40
svah	0-0,10	1,06	46,97	59,41	35,24	30,40
	0,30-0,35	1,44	45,96	44,50	41,60	39,90
báza	0-0,10	1,36	48,08	48,96	40,53	36,60
	0,30-0,35	1,64	39,25	37,92	35,80	33,80

KN - kapilárna nasiaklivosť, PO - celková pórovitosť, MKK - maximálna kapilárna kapacita, RVK - retenčná vodná kapacita

#### *Transekt pri Tachtách*

Záujmová lokalita bola umiestnená severne od obce Tachty v pomerne členitom reliéfe Cerovej vrchoviny. Konkrétne sa jedná o klimatický región teplý, mierne vlhký, s chladnou zimou a priemerným ročným úhrnom zrážok 600 mm. (Atlas krajiny SR, 2002). Na transekte sa nachádza stredne ťažká (piesčito-hlinitá), stredne hlboká vyvinutá na karbonátových pieskoch. Monitorovaný úsek je charakteristický pôdnym typom regozem kultizemná (Morfog. klas. systém, 2000). V čase odberu pôdnych vzoriek sa na záujmovej lokalite pestovala ozimná pšenica.

Priebeh hĺbky humusového horizontu v rámci transektu je nasledovná: plošina (referenčná časť) - hĺbka orniceového humusového horizontu je 0,25 m, svah (erózna časť) - hĺbka orniceového humusového horizontu je 0,25, akumulčná časť - hĺbka orniceového humusového horizontu je 0,45 m. Erózný transekt sa nachádza na ornej pôde (ozimná pšenica), jeho dĺžka je 250 m a svahovitosť sa pohybuje do  $10^\circ$ .

V konkrétnych podmienkach záujmovej lokality sme vypočítali potenciálnu a aktuálnu (zohľadnenie ochranného vplyvu vegetácie – ozimná pšenica) priemernú ročnú stratu pôdnej hmoty (využitie empirického modelu USLE):

#### **Potenciálna strata pôdy:**

$$R - 20,20 \quad K - 0,55 \quad L - 3,36 \quad S - 2,88$$

$$A_p = R \cdot K \cdot L \cdot S = \mathbf{107,50 \text{ t/ha/rok}}$$

#### **Aktuálna strata pôdy:**

$$R - 20,20 \quad K - 0,55 \quad L - 3,36 \quad S - 2,88 \quad C - 0,18$$

$$A_a = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C = \mathbf{19,35 \text{ t/ha/rok}}$$

Na záujmovej lokalite sa nachádzajú zrnitostne stredne ťažké pôdy s relatívne nízkym obsahom pôdnej organickej hmoty (regozeme) čo ovplyvňuje ich senzitivitu k erózii. Pôda je

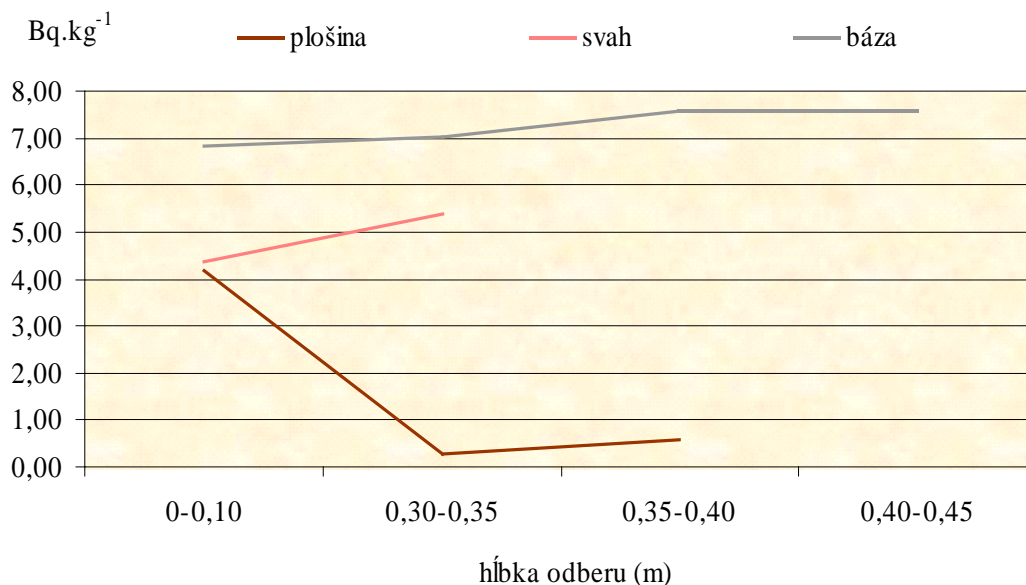
potenciálne extrémne ohrozená eróznou-akumulačnými procesmi. Priemerná ročná strata pôdy z hektára predstavuje 107,50 ton. Touto hodnotou sa pôda na sledovanom transekte z pohľadu potenciálnej erózie zaradujeme do kategórie erodovanosti: extrémna (výrazné prekročenie limitu pre stratu pôdy uvedeného v zákone č. 220/2004).

Pri zohľadnení aktuálneho rastlinného krytu (ozimná pšenica) hodnota aktuálnej erózie poklesne na 19,35 t/ha/rok (kategória erodovanosti: vysoká). V porovnaní s potenciálnou eróziou ide o výrazne nižšiu hodnotu čo je ovplyvnené dobrým protieróznym účinkom hustosiatych ozimín.

Prítomnosť eróznou-akumulačných procesov na pôde záujmovej lokality dokumentuje distribúcia  $^{137}\text{Cs}$  v profile jednotlivých častí eróznej katény. Nižšie hodnoty koncentrácie cézia namerané v referenčnom pôdnom profile dokumentujú prítomnosť orbovej erózie, ktorá sa prejavuje predovšetkým vo vrcholovej (referenčnej časti transektu). Orbová erózia vzniká dôsledkom nesprávnej agrotechniky (orba po spádnici svahu). V pôdnom profile akumuláčnej časti erózneho transektu bola nameraná aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v hĺbke 0,45 m oveľa vyššia ako v profiloch z ostatných častí monitorovanej lokality. Táto skutočnosť potvrdzuje akumuláciu pôdnych častíc pretransportovaných vplyvom vodnej erózie z eróziou ovplyvnených častí svahu (obr. 12).

Rozdiel hĺbky výskytu merateľnej koncentrácie  $^{137}\text{Cs}$  v pôdnych profiloch akumuláčnej a referenčnej časti záujmovej lokality predstavuje v tomto prípade 150 mm. Priemerná ročná akumulácia pôdnej hmoty za obdobie datované od najväčšieho spádu cézia (43 rokov) je 3,48 mm. Priemerná ročná strata (resp. akumulácia) pôdnej hmoty pri aktuálnej objemovej hmotnosti ornice v báze svahu ( $1,39 \text{ g.cm}^{-3}$ ) je 48,37 ton z hektára plochy.

**Obr. 12** Profilová distribúcia rádioaktívneho izotopu cézia v pôde jednotlivých častiach transektu pri Tachtách

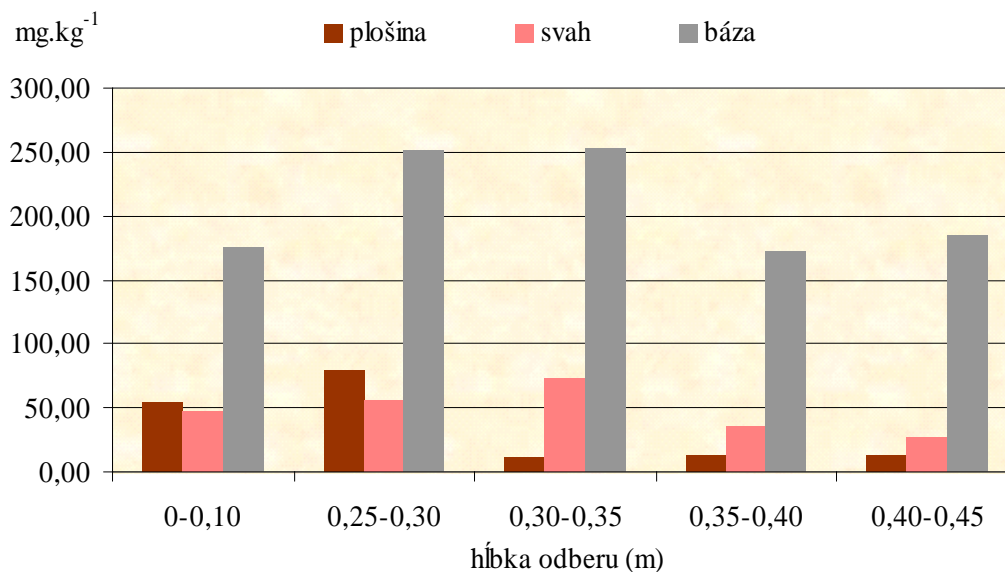


V porovnaní s vypočítanou aktuálnou stratou pôdy podľa empirického modelu USLE je táto hodnota vyššia pretože ide o ročný priemer za pomerne dlhé obdobie. Počas jednotlivých rokov mohlo v závislosti od pestovanej plodiny a intenzity a množstva zrážok dochádzať k rôznemu odnosu pôdnej hmoty (od nízkeho až po extrémny).

Vplyv erózie na kvantitatívne zmeny obsahov prístupného fosforu a humusu je v rámci jednotlivých častí erózneho transektu výrazný. Dochádza k priestorovej heterogenite týchto

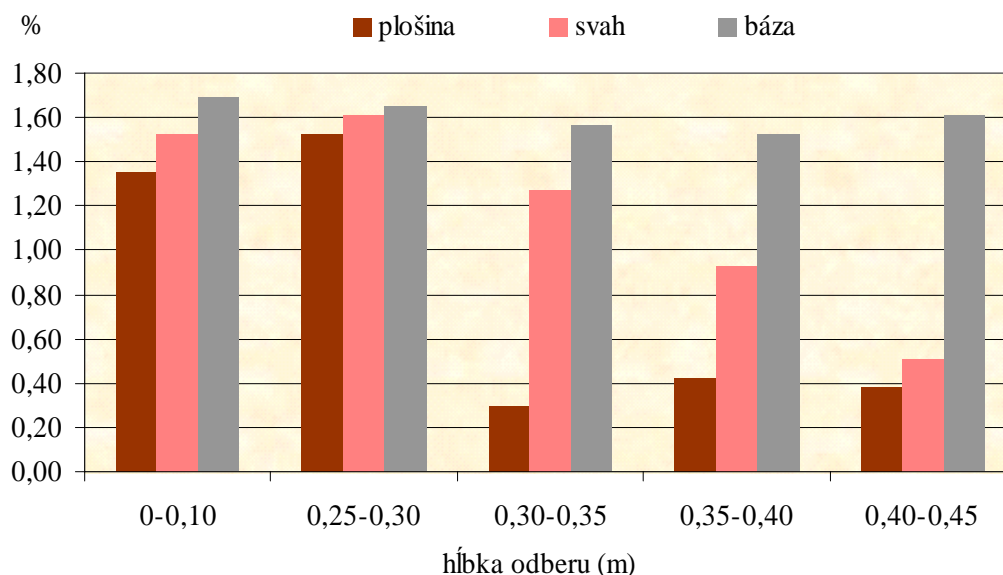
pôdnych parametrov nakoľko sú pomerne pevne viazané na povrchy jemného podielu pôdnej hmoty. Pri translokácii pôdy v smere pôsobenia vodnej erózie sa premiestňujú spolu s ňou. Z obrázkov 13 a 14 je viditeľné, že v báze eróznej katény (kde dochádza k akumulácii translokovanej pôdy) sú obsahy fosforu a humusu oveľa vyššie v rámci celého pôdneho profilu ako v referenčnej a eróznej časti svahu. Obsahy humusu a prístupného fosforu sú v tejto časti svahu ešte aj v hĺbke 0,40-0,45 m nadpriemerné pre tento pôdny typ (regozem).

**Obr. 13** Priestorová heterogenita prístupného fosforu v pôde jednotlivých častí transektu pri Tachtách



Orbovou eróziou je ovplyvnená predovšetkým vrcholová časť transektu. Potvrdzujú to nižšie obsahy prístupného fosforu a humusu (najmä v podornici) v referenčnom profile v porovnaní s pôdnym profilom v eróznej časti svahu. Orbou bola postupne pretransportovaná ornica do nižších častí svahu. Dochádzalo k priorávaniu na fosfor a humus ochudobneného podorničia, čo má za následok výrazné zníženie obsahov prístupného fosforu a humusu v profile referenčnej časti záujmovej lokality.

**Obr. 14** Priestorová heterogenita humusu v pôde jednotlivých častí transektu pri Tachtách



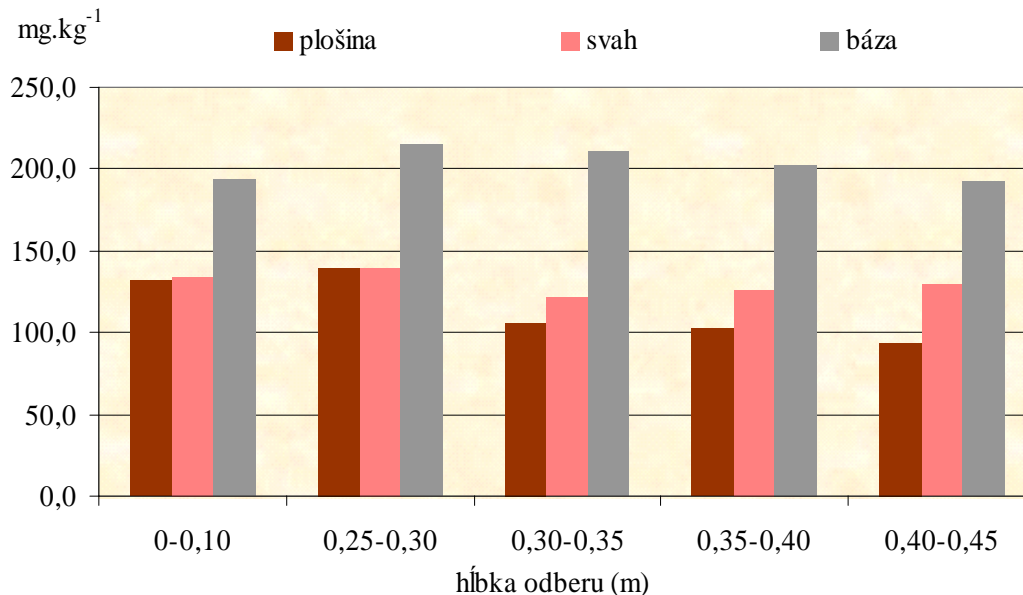
Na celom sledovanom eróznom transekte sa nachádza stredne ťažká (piesčito-hlinitá) pôda, ktorej pôdotvorným substrátom sú neogénne karbonátové piesky. V pôdnych profiloch jednotlivých častí sledovaného územia sme na základe zrnitosti rozboru stanovili výraznú prevahu pieskovej (0,05-2,0 mm) zrnitostnej frakcie. Vplyv eróznno-akumulačných procesov sa prejavil najmä v báze svahu kde dochádza k akumulovaniu najmä pieskovej a prachového zrnitostného podielu pôdy. Výsledkom je zníženie obsahu ílovej frakcie pôdy v celom pôdnom profile tejto časti monitorovaného územia (tab. 5).

**Tab. 5** Podiel zrnitostných frakcií v jednotlivých pôdnych profiloch častí transektu pri Tachtách

Transekt Tachty	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)				
		2-0,25 mm	0,25-0,05 mm	0,05-0,02 mm	0,02-0,002 mm	< 0,002 mm
plošina	0-0,10	0,41	61,54	9,89	9,44	18,72
	0,25-0,30	0,88	62,74	10,04	9,76	16,58
	0,30-0,35	0,26	64,59	9,36	7,56	18,23
	0,35-0,40	0,33	67,09	9,32	7,27	15,98
	0,40-0,45	0,26	69,92	8,48	7,09	14,26
svah	0-0,10	1,29	53,86	15,93	12,67	16,26
	0,25-0,30	1,03	51,88	17,41	13,08	16,60
	0,30-0,35	0,86	52,91	16,90	12,72	16,61
	0,35-0,40	0,79	50,06	16,68	12,67	19,80
	0,40-0,45	1,16	51,95	17,84	10,81	18,25
báza	0-0,10	2,52	62,08	12,04	9,93	13,43
	0,25-0,30	2,40	57,24	14,99	10,84	14,54
	0,30-0,35	2,01	56,80	14,61	11,18	15,39
	0,35-0,40	1,90	56,50	15,76	10,66	15,19
	0,40-0,45	1,71	57,55	15,52	10,19	15,03

Negatívny vplyv vodnej a orbovej erózie dokumentuje aj priestorová distribúciu prístupného draslíka v pôdnych profiloch jednotlivých častí eróznej katény. Pokým orbovou eróziou je ovplyvnená predovšetkým referenčná (vrcholová) časť transektu (nižšie obsahy draslíka v porovnaní s eróznou časťou), vodná erózia sa prejavila najmä na svahu záujmovej lokality (obr. 15). Vyššie obsahy prístupného draslíka boli stanovené v báze svahu až do hĺbky 0,45 m čo korešponduje s hrúbkou translokovanej pôdnej hmoty (určenej metódou cézia).

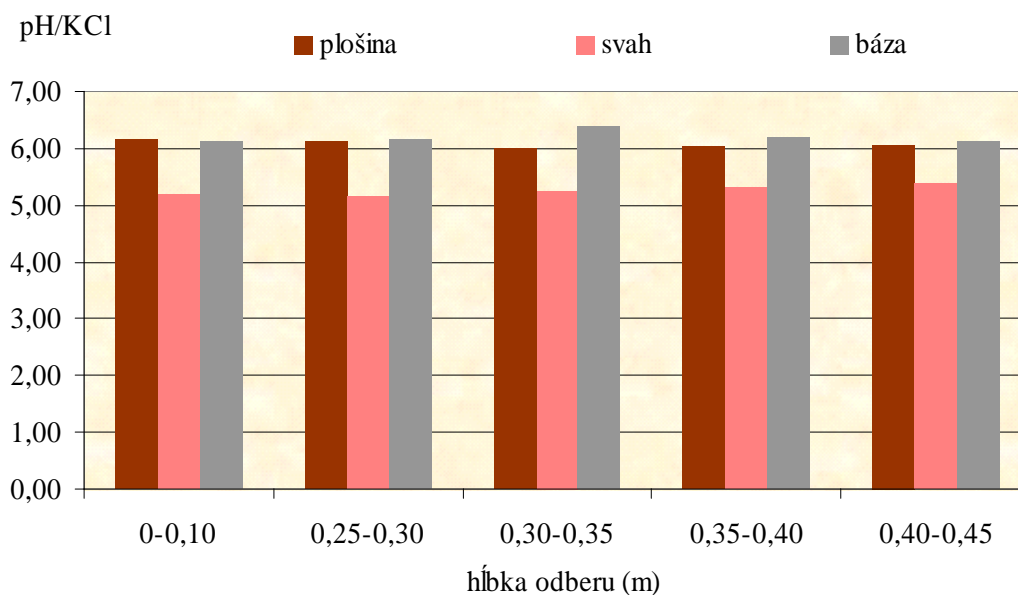
**Obr. 15** Priestorová heterogenita prístupného draslíka v pôde jednotlivých častí transektu pri Tachtách





Výmenou pôdnou reakciou sa pôda v záujmovej lokalite zaraďuje do kategórie slabo kyslá, v eróznej časti svahu je pôda kyslá. Nevýrazné zmeny v priebehu pôdnej reakcie v jednotlivých častiach transektu môžeme pripísať prirodzenej priestorovej variabilite tohto parametra (obr. 16).

**Obr. 16** pH/KCl pôdy v jednotlivých častiach transektu pri Tachtách



ornici jednotlivých častí monitorovanej lokality sú spôsobené tým, že táto časť pôdneho profilu nie je preorávaná. Objemová hmotnosť a pórovitosť ornice sa v rámci celého erózneho transektu výrazne nemení a vytvára pre väčšinu poľnohospodárskych plodín optimálne podmienky vodného, vzdušného a tepelného režimu (tab. 6). Nebola prekročená limitná hodnota objemovej hmotnosti vzťahujúca sa k zhutneniu pôdy ( $>1,55 \text{ g.cm}^{-3}$  pre piesčito-hlinité pôdy).

**Tab. 6** Zmeny základných fyzikálnych vlastností pôdy v jednotlivých častiach transektu pri Tachtách

Transekt Suchá Dolina	Hĺbka m	Objemová hmotnosť ( $\text{g.cm}^{-3}$ )	KN obj. %	PO obj. %	MKK obj. %	RVK obj. %
plošina	0-10	1,34	47,93	50,10	38,24	30,90
	30-35	1,57	39,75	42,10	35,22	33,20
svah	0-10	1,32	45,38	50,20	35,96	31,50
	30-35	1,65	39,07	37,79	35,10	33,15
báza	0-10	1,39	46,81	47,60	34,22	28,15
	30-35	1,65	37,86	37,80	34,29	32,80

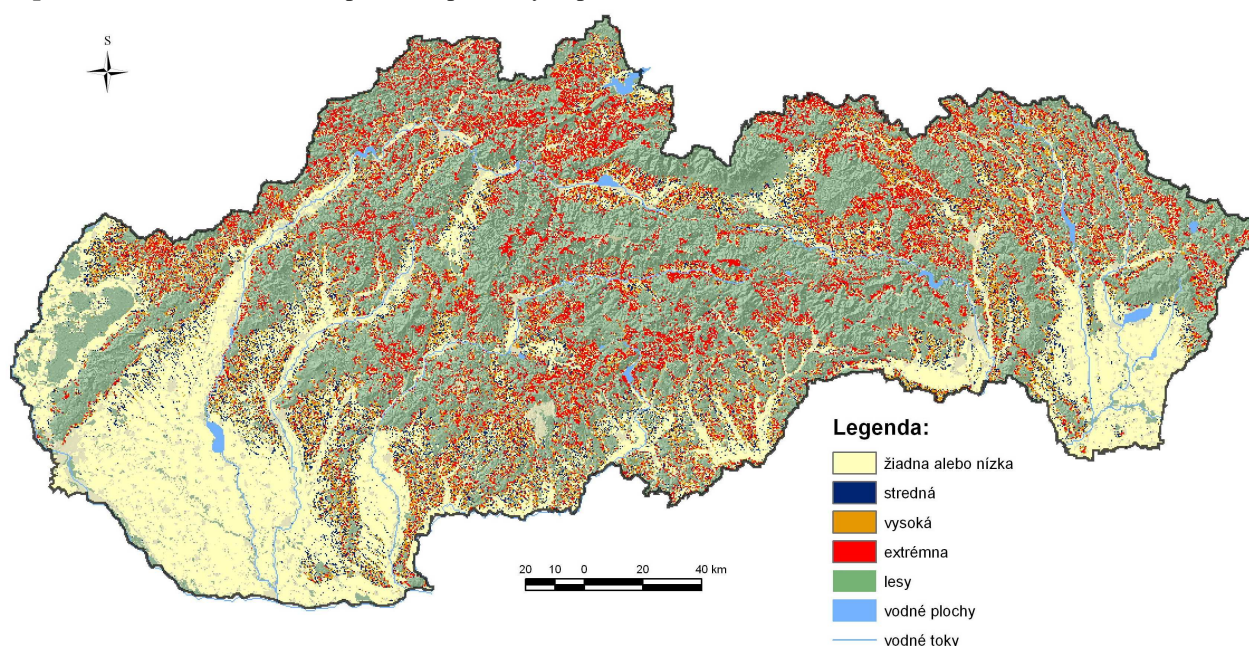
KN - kapilárna nasiaklivosť, PO - celková pórovitosť, MKK - maximálna kapilárna kapacita, RVK - retenčná vodná kapacita

### Potenciálne ohrozenie poľnohospodárskych pôd SR vodnou eróziou

Potenciálna erózia znamená možnú (teoretickú) ohrozenosť poľnohospodárskej pôdy procesmi vodnej erózie keď sa nezohľadní pôdochranná účinnosť vegetačného krytu. Pre vytvorenie mapy potenciálnej ohrozenosti poľnohospodárskych pôd SR vodnou eróziou sme využili model univerzálnej rovnice straty pôdnej hmoty USLE modifikovaný pre podmienky Slovenska v prostredí GIS (Styk, Pálka, 2005).

Model USLE je postavený na kombinácii najdôležitejších faktorov veľkou mierou ovplyvňujúcich erózný proces (erozivita dažďa, erodibilita pôdy, faktory reliéfu). Mapa potenciálnej ohrozenosti pôd vodnou eróziou vznikla prekrytím digitálnych vrstiev jednotlivých faktorov. Podkladom pre všetky mapy je tieňovaný reliéf (hillshade) vytvorený z DMR s rozlíšením 20 m.

**Mapa 1** Potenciálna ohrozenosť poľnohospodárskych pôd SR vodnou eróziou



**Tab. 1** Kategórie erodovanosti poľnohospodárskych pôd SR

Kategórie erodovanosti	Výmera v ha	% z PPF
<b>Žiadna, alebo nízka</b>	1 378 697	56,7
<b>Stredná</b>	227 392	9,3
<b>Vysoká</b>	332 519	13,7
<b>Extrémna</b>	494 371	20,3
<b>Spolu</b>	2 432 979	100

Potenciálne ohrozená poľnohospodárska pôda procesmi vodnej erózie predstavuje 43,3% z aktuálnej výmery PPF. Pri tvorbe mapy sme neuvažovali s faktorom ochranného krytu vegetácie, ktorá má v niektorých prípadoch výrazný protierózný účinok (trávne porasty na výrazných svahoch). Výmera kategórie extrémnej erózie (20,3 %) predstavuje pomerne vysoké číslo. Jedná sa predovšetkým o poľnohospodársku pôdu horských a podhorských oblastí, ktorá sa nachádza na výrazných svahoch.

## Záver

Pri zhodnotení potenciálnej ohrozenosti poľnohospodárskych pôd vodnou eróziou sme pracovali s modelom univerzálnej rovnice straty pôdnej hmoty (USLE) v podmienkach GIS. Model bol modifikovaný pre podmienky Slovenska. Mapový výstup vznikol na základe prekrytia digitálneho modelu reliéfu a vytvorených digitálnych vrstiev jednotlivých erózných faktorov, ktoré sú nevyhnutnou súčasťou USLE. Mapa potenciálnej ohrozenosti poľnohospodárskych pôd SR slúži ako podklad pre plošné vyjadrenie jednotlivých kategórií eróznej ohrozenosti (erodovanosti pôdy). Na základe uvedeného môžeme konštatovať že takmer 43,3 % poľnohospodárskej pôdy je potenciálne ohrozené vodnou eróziou rôznej intenzity (kategórie erodovanosti: žiadna alebo nízka – 56,7%, stredná – 9,3%, vysoká – 13,7%, extrémna – 20,3%).

Na príklade monitorovaných lokalít pri Suchej Doline, Kežmarku a Tachtách sme v zhode s cieľmi čiastkovej úlohy sledovali negatívny vplyv vodnej erózie na pôdu v priestore (priestorová heterogenita) prejavujúci sa on-site.

Na výpočet potenciálnej (nezohľadnil sa ochranný vplyv vegetačného krytu) a aktuálnej erózie v konkrétnych podmienkach monitorovaných lokalít sme využili empirický model univerzálnej rovnice straty pôdy (USLE). Dosiahnuté výsledky potenciálnej erózie potvrdzujú extrémnu erodovanosť pôdy vo všetkých záujmových lokalitách (vysoké prekročenie limitu pre túto kategóriu). Pri zohľadnení konkrétnej pestovanej plodiny (v týchto prípadoch ozimné a jarné obilniny) hodnoty aktuálnej erózie sú niekoľkonásobne nižšie (dobrý protierózný účinok obilnín) a zaraďujú sledované pôdy do kategórie vysokej erodovanosti. Vypočítané hodnoty aktuálnej erózie neprekračujú limity pre stratu pôdy uvedené v zákone 220/2004 Zz.

Sledovaním priestorovej aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v pôdnom profile jednotlivých častí eróznej katény sme posudzovali tzv. recentnú eróziu. Ide o eróziu prebiehajúcu na konkrétnej lokalite za dlhšie časové obdobie. V našom prípade ide o obdobie od roku 1962 kedy bol zaznamenaný najvyšší spád rádioaktívneho izotopu cézia (Walling, Quine, 1993). Na základe výpočtov sme dosiahli hodnoty priemernej ročnej straty pôdnej hmoty (resp. akumulácie v báze svahu), ktoré sú vo všetkých prípadoch približne dva krát väčšie ako sú hodnoty aktuálnej erózie. Musíme si však uvedomiť že ide o priemer za obdobie približne 43 rokov kedy erózia môže byť jeden rok vysoká až extrémna, ale na druhý rok môže výrazne poklesnúť (v závislosti od pestovanej plodiny, množstva a intenzity zrážok).

Fosfor a humus sú vhodné indikátory sledovania vplyvu erózie na pôdu nakoľko sú pomerne pevne asociované na povrchy jemného podielu pôdy. Pri odnose a následnej akumulácii pôdnej hmoty vplyvom erózie dochádza aj k ich translokácii. Kvantitatívne zmeny prístupného fosforu, draslíka a humusu v priestore (priestorová diferenciácia) sme zaznamenali na všetkých monitorovaných lokalitách. Profilové priebehy sledovaných pôdných parametrov v jednotlivých častiach erózných transektov svedčia o prítomnosti vodnej erózie, ale na vrcholoch svahov sa vo všetkých prípadoch prejavila aj orbová erózia (tzv. erózia z orania). Prítomnosť orbovej erózie svedčí o dlhodobom využívaní nevhodnej agrotechniky (orba po spádnici svahu).

Pôdy záujmových lokalít sa vyvinuli na rôznych substrátoch (polygenetické hliny, glaciofluviálne sedimenty, neogénne piesky). Hodnoty výmennej pôdnej reakcie v pôdných profiloch jednotlivých častí transektov sa pohybujú len v malom rozpätí. Nevýrazné zmeny pH v rámci transektu môžeme pripísať skôr prirodzenej priestorovej variabilite tohto parametra ako vplyvu eróžno-akumulačných procesov.

Výraznejší vplyv erózie na priestorovú heterogenitu zrnitostných frakcií v pôdnych profiloch jednotlivých častiach erózných transektov sa prejavil zvýšením percentuálneho zastúpenia prachovej a pieskovej frakcie pôdy v akumuláčnych častiach monitorovaných území. Je to dôsledok translokácie pôdnej hmoty kedy práve tieto zrnitostné frakcie ľahšie podliehajú vplyvu vody. Ílová frakcia pôdy sa vo väčšej miere podieľa pri formovaní vodostálejších pôdnych agregátov.

Vodná erózia v konkrétnych záujmových lokalitách nevýrazne ovplyvnila zmeny základných fyzikálnych vlastností pôdy. Vyššie hodnoty objemovej hmotnosti namerané v podornici sú spôsobené nepreorávaním tejto časti pôdneho profilu.

## 6. PLOŠNÝ PRIESKUM KONTAMINÁCIE PÔD ZA ROK 2006

Rok 2006 (odberový rok 2005) je prvým rokom nového (IV) cyklu „Plošného prieskumu kontaminácie pôd“ v SR. Jedná sa o subsystém ČMS-Pôda a je priamo prepojený so systémom agrochemického skúšania pôd tým, že využíva jeho organizovaný odber pôdnych vzoriek. Predmetom plnenia úlohy je naďalej sledovať obsahy kontaminujúcich látok v pôdach vo vybraných katastrálnych územiach. Výbery sa uskutočňujú na základe doteraz zistených zvýšených obsahov kontaminujúcich látok, ktoré boli preukázané analýzami pôd v predošlých cykloch (I. až III. cyklus) PPKP.

Z dôvodov kompletnosti sú do súboru zaradené aj výsledky analýz pôd z katastrálnych území zaradených do Koordinovaného cieleného monitoringu (KCM), kde sa sledujú vybrané parametre Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, As a niektoré doplňujúce parametre podľa požiadaviek koordinačného centra. Ďalej sú zaradené aj pôdne vzorky z Ekologického poľnohospodárstva, v ktorých sa sledovali nasledovné parametre: Cr, Ni, As, Cd, Hg, Pb, PAU<sup>1</sup>, PCB<sup>2</sup>, CLU<sup>3</sup>, NEL<sup>4</sup>.

### **Predkladaná ročná správa a výsledky reprezentujú stav vykonaných prác k 15. 11. 2006.**

V rámci **PPKP 2006** sa analyzovalo 184 pôdnych vzoriek, pričom celkový počet analýz na obsahy ťažkých kovov (Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Pb) a organických kontaminantov (PAU, PCB, CLU, NEL) bol 3468 (tab. č. 9.). Sledované kontaminanty boli kontrolované v 16 poľnohospodárskych podnikoch, v 13 vybraných okresoch, čo predstavuje výmeru 3022,4 ha poľnohospodárskej pôdy o počte honov 322. Z tejto kontrolovanej výmery pôdy bolo 336,5 ha nadlimitných, čo predstavuje 21 honov. Výsledky v predpísanom členení sú spracované v tabuľkách č.2. až č. 5. Analýzy pôdnych vzoriek na anorganické a organické kontaminanty ešte pokračujú.

### **Limitné hodnoty sledovaných parametrov pre pôdu (mg.kg<sup>-1</sup> suchej hmoty) podľa rozhodnutia MP SR č. 531/1994-540**

Parameter	Limit	Parameter	Limit
Fluór	5,0	Kadmium	0,30
Chróom	10,0	Ortuť	0,30
Kobalt	10,0	Olovo	30,0
Nikel	10,0	Minerálne oleje	500,0
Meď	20,0	PAU (suma)	20,0
Zinok	40,0	PCB (suma)	1,0
Arzén	5,0	Chlórované uhľovodíky (suma)	1,0

<sup>1</sup> PAU – polyaromatické uhľovodíky

<sup>2</sup> PCB – polychlórované byfenyly

<sup>3</sup> CLU – chlórované uhľovodíky

<sup>4</sup> NEL – minerálne oleje

**Prehľad počtu vzoriek a vykonaných analýz v rámci PPKP 2006 - odberový rok 2005**  
(od 15. 11. 2005 - 15. 11.2006)

**Tab.1**

Počet		Počet nadlimitných		Parametre	
analýz	vzoriek	analýz	vzoriek	kód	názov
271	271	0	0	54112	Horčík
271	271	0	0	54115	Fosfor
271	271	12	12	54119	Draslík
271	271	0	0	54124	Chróm
62	62	0	0	54128	Nikel
263	263	0	0	54133	Arzén
271	271	21	21	54148	Kadmium
271	271	0	0	54180	Ortuť
271	271	0	0	54182	Olovo
271	271	0	0	54998	Rozloha honu
271	271	0	0	54999	pH
51	51	0	0	54210	Minerálne oleje
97	97	0	0	54302	Fluoranten
97	97	0	0	54303	Benzo(a)pyren
46	46	0	0	54304	Naftalen
46	46	0	0	54305	Acenaftylen
46	46	0	0	54306	Acenaften
46	46	0	0	54307	Fluoren
97	97	0	0	54308	Fenantren
97	97	0	0	54309	Antracen
97	97	0	0	54310	Pyren
97	97	0	0	54311	Benzo(a)antracen
97	97	0	0	54312	Chrysen
51	51	0	0	54313	Benzo(b)fluoranten
51	51	0	0	54314	Benzo(k)fluoranten
97	97	0	0	54315	Dibenzo(a,h)antracen
97	97	0	0	54316	Benzo(g,h,i)perylene
51	51	0	0	54317	Indenol(1,2,3-cd)pyren
51	51	0	0	55195	PCB 28
51	51	0	0	55201	PCB 52
51	51	0	0	55208	PCB 101
51	51	0	0	55220	PCB 138
51	51	0	0	55221	PCB 153
51	51	0	0	55303	PCB 180
97	97	0	0	58301	DDT
97	97	0	0	58306	α-HCH
97	97	0	0	58307	β-HCH
97	97	0	0	58308	γ-HCH
97	97	0	0	58309	δ-HCH
97	97	0	0	58312	Heptachlór
97	97	0	0	58313	Heptachlór-epoxid
97	97	0	0	58314	Endrin
97	97	0	0	58315	Dieldrin
97	97	0	0	58316	Aldrin
97	97	0	0	58317	Endosulfán
97	97	0	0	58318	Suma CLRH
<b>5224</b>		<b>33</b>			<b>Spolu</b>

**Prehľad kontrolovanej rozlohy, počtu honov, parametrov v rámci PPKP 2006 - odberový rok 2005**

(od 15. 11. 2005 - 15. 11. 2006)

**Tab. 2**

Agis	Názov okresu	Kontrolované hony		Sledované parametre	Nadlimitné hony		Nadlimitné parametre
		ha	počty		ha	počty	
102	Bratislava II	-	51	NEL, PAU, PCB, CLU	-	-	-
302	Ilava	278,7	28	Cr, As, Cd, Hg, Pb, CLU	63,0	2	Cd
306	Považská Bystrica	234,8	23	Cr, As, Cd, Hg, Pb, CLU	116,2	12	Cd
307	Prievidza	349,4	31	Cr, As, Cd, Hg, Pb	52,9	3	Cd
308	Púchov	164,7	11	Cr, As, Cd, Hg, Pb, CLU	-	-	-
502	Čadca	414,1	46	Cr, As, Cd, Hg, Pb, Ni, PAU, CLU	-	-	-
506	Martin	212,6	16	Cr, As, Cd, Hg, Pb, Ni CLU	56,2	2	Cd
510	Tvrdošín	350,9	20	Cr, As, Cd, Hg, Pb	-	-	-
511	Žilina	590,4	47	Cr, As, Cd, Hg, Pb, CLU	-	-	-
603	Brezno	48,2	2	Cr, As, Cd, Hg, Pb	48,2	2	Cd
606	Lučenec	14,0	4	Cr, As, Cd, Hg, Pb	-	-	-
609	Rimavská Sobota	203,7	18	Cr, As, Cd, Hg, Pb, CLU	-	-	-
613	Zvolen	160,9	25	Cr, As, Cd, Hg, Pb, CLU	-	-	-
<b>Spolu</b>		<b>3022,4</b>	<b>322</b>		<b>336,5</b>	<b>21</b>	-

### Hodnoty sledovaných parametrov v mg/kg v pôde v rámci PPKP 2006 - odberový rok 2005

(od 15. 11. 2005 - 15. 11. 2006)

**Tab. 3 – Chemické prvky**

Agis	Názov okresu	pH			Chróm			Nikel		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
302	Ilava	4,9	6,6	7,0	0,6	1,1	1,9	-	-	-
306	Považská Bystrica	4,9	6,5	7,0	0,8	1,6	2,2	-	-	-
307	Prievidza	4,8	6,1	7,1	0,49	0,49	0,49	-	-	-
308	Púchov	5,3	6,0	6,7	0,7	1,0	1,2	-	-	-
502	Čadca	4,3	5,1	6,8	0,5	0,9	1,5	1,2	2,4	5,1
506	Martin	4,4	5,7	6,7	0,49	1,7	7,5	0,6	2,5	4,6
510	Tvrdošín	4,2	5,5	6,8	0,6	0,9	1,3	-	-	-
511	Žilina	4,2	5,7	6,9	0,5	1,0	4,1	-	-	-
603	Brezno	6,6	6,6	6,6	1,8	1,8	1,8	-	-	-
606	Lučenec	4,5	5,0	5,4	0,49	0,6	0,7	-	-	-
609	Rimavská Sobota	4,2	4,9	6,7	0,49	0,6	0,7	-	-	-
611	Zvolen	4,3	4,8	5,6	0,49	0,5	0,7	-	-	-

Agis	Názov okresu	Kadmium			Ortuť			Olovo		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
302	Ilava	0,13	0,20	0,35	0,047	0,066	0,103	5,8	9,9	16,0
306	Považská Bystrica	0,07	0,27	0,43	0,050	0,059	0,105	4,4	12,7	17,5
307	Prievidza	0,049	0,14	0,36	0,037	0,053	0,068	3,7	9,0	22,0
308	Púchov	0,06	0,10	0,14	0,038	0,048	0,061	5,7	7,4	9,1
502	Čadca	0,06	0,13	0,20	0,041	0,063	0,086	4,1	7,9	10,7
506	Martin	0,08	0,18	0,39	0,051	0,063	0,093	7,3	10,6	20,2
510	Tvrdošín	0,10	0,17	0,22	0,050	0,060	0,080	3,9	6,8	8,1
511	Žilina	0,07	0,19	0,26	0,000	0,061	0,086	3,9	9,3	14,0
603	Brezno	0,57	0,57	0,57	0,045	0,045	0,045	20,4	20,4	20,4
606	Lučenec	0,049	0,05	0,06	0,063	0,076	0,089	5,2	5,4	5,7
609	Rimavská Sobota	0,049	0,07	0,08	0,042	0,066	0,089	2,6	4,6	6,5
611	Zvolen	0,07	0,09	0,13	0,051	0,064	0,087	5,7	7,5	9,4

Agis	Názov okresu	Arzén		
		min.	priem.	max.
302	Ilava	1,999	1,999	1,999
306	Považská Bystrica	1,999	1,999	1,999
307	Prievidza	1,999	1,999	1,999
308	Púchov	1,999	1,999	1,999
502	Čadca	1,999	1,999	1,999
506	Martin	1,999	1,999	1,999
510	Tvrdošín	1,999	1,999	1,999
511	Žilina	1,999	1,999	1,999
603	Brezno	1,999	1,999	1,999
606	Lučenec	1,999	1,999	1,999
609	Rimavská Sobota	1,999	1,999	1,999
611	Zvolen	1,999	1,999	1,999

Agis	Názov okresu	Fluoranten			Benzo(a)pyren			Naftalen		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.



102	Bratislava II	0,0200	0,0336	0,3010	0,0245	0,0328	0,3130	-	-	-
502	Čadca	0,0265	0,0321	0,0890	0,0490	0,0490	0,0490	0,0365	0,0365	0,0365

Agis	Názov okresu	Acenaftylen			Acenaften			Fluoren		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
102	Bratislava II	-	-	-	-	-	-	-	-	-
502	Čadca	0,038	0,038	0,038	0,035	0,035	0,035	0,037	0,037	0,037

Agis	Názov okresu	Fenantren			Antracén			Pyren		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
102	Bratislava II	0,0195	0,0195	0,0195	0,0320	0,0320	0,0320	0,0205	0,0298	0,2180
502	Čadca	0,0365	0,0365	0,0365	0,0365	0,0387	0,0710	0,0250	0,0250	0,0250

Agis	Názov okresu	Benzo(a)antracén			Chrysen			Dibenzo(a,h)antracén		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
102	Bratislava II	0,020	0,024	0,222	0,023	0,037	0,486	0,031	0,031	0,031
502	Čadca	0,033	0,037	0,087	0,035	0,035	0,035	0,055	0,055	0,055

Agis	Názov okresu	Benzo(g,h,i)perylene			Benzo(b)fluoranten			Benzo(k)fluoranten		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
102	Bratislava II	0,024	0,024	0,024	0,023	0,048	0,711	0,024	0,035	0,443
502	Čadca	0,054	0,054	0,054	-	-	-	-	-	-

Agis	Názov okresu	Indenol(1,2,3-cd)PY		
		min.	priem.	max.
102	Bratislava II	0,026	0,026	0,026

#### Minerálne oleje (NEL)

Agis	Názov okresu	Minerálne oleje (NEL)		
		min.	priem.	max.
102	Bratislava II	19,3	30,1	62,0

#### Polychlórované bifenylly (PCB)

Agis	Názov okresu	PCB 28			PCB 52			PCB 101		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
102	Bratislava II	0,00017	0,00017	0,00017	0,00021	0,00021	0,00021	0,00018	0,00018	0,00018

Agis	Názov okresu	PCB 138			PCB 153			PCB 180		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
102	Bratislava II	0,0001	0,0001	0,0001	0,00017	0,00017	0,00017	0,00011	0,00011	0,00011

**Tab. 4 (pokračovanie) – Chlórované uhľovodíky (CLU)**

Agis	Názov okresu	DDT			Alfa HCH			Beta HCH		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
102	Bratislava II	0,0055	0,0055	0,0055	0,0060	0,0060	0,0060	0,0085	0,0085	0,0085
302	Ilava	0,0055	0,0055	0,0055	0,0060	0,0060	0,0060	0,0085	0,0085	0,0085
306	Považská Bystrica	0,0055	0,0055	0,0055	0,0060	0,0060	0,0060	0,0085	0,0085	0,0085
308	Púchov	0,0055	0,0055	0,0055	0,0060	0,0060	0,0060	0,0085	0,0085	0,0085
502	Čadca	0,0055	0,0055	0,0055	0,0060	0,0060	0,0060	0,0085	0,0085	0,0085
506	Martin	0,0055	0,0055	0,0055	0,0060	0,0060	0,0060	0,0085	0,0085	0,0085
511	Žilina	0,0055	0,0055	0,0055	0,0060	0,0060	0,0060	0,0085	0,0085	0,0085
609	Rimavská Sobota	0,0055	0,0055	0,0055	0,0060	0,0060	0,0060	0,0085	0,0085	0,0085
611	Zvolen	0,0055	0,0055	0,0055	0,0060	0,0060	0,0060	0,0085	0,0085	0,0085
Agis	Názov okresu	Gama HCH			Delta HCH			Heptachlor		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
102	Bratislava II	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0050	0,0050	0,0050
302	Ilava	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0050	0,0050	0,0050
306	Považská Bystrica	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0050	0,0050	0,0050
308	Púchov	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0050	0,0050	0,0050
502	Čadca	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0050	0,0050	0,0050
506	Martin	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0050	0,0050	0,0050
511	Žilina	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0050	0,0050	0,0050
609	Rimavská Sobota	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0050	0,0050	0,0050
611	Zvolen	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0050	0,0050	0,0050
Agis	Názov okresu	Heptachlor epoxide			Endrin			Dieldrin		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
102	Bratislava II	0,0090	0,0090	0,0090	0,0068	0,0068	0,0068	0,0035	0,0035	0,0035
302	Ilava	0,0090	0,0090	0,0090	0,0068	0,0068	0,0068	0,0035	0,0035	0,0035
306	Považská Bystrica	0,0090	0,0090	0,0090	0,0068	0,0068	0,0068	0,0035	0,0035	0,0035
308	Púchov	0,0090	0,0090	0,0090	0,0068	0,0068	0,0068	0,0035	0,0035	0,0035
502	Čadca	0,0090	0,0090	0,0090	0,0068	0,0068	0,0068	0,0035	0,0035	0,0035
506	Martin	0,0090	0,0090	0,0090	0,0068	0,0068	0,0068	0,0035	0,0035	0,0035
511	Žilina	0,0090	0,0090	0,0090	0,0068	0,0068	0,0068	0,0035	0,0035	0,0035
609	Rimavská Sobota	0,0090	0,0090	0,0090	0,0068	0,0068	0,0068	0,0035	0,0035	0,0035
611	Zvolen	0,0090	0,0090	0,0090	0,0068	0,0068	0,0068	0,0035	0,0035	0,0035
Agis	Názov okresu	Aldrin			Endosulfán			Suma CLRH		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
102	Bratislava II	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,009	0,009	0,009
302	Ilava	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,009	0,009	0,009
306	Považská Bystrica	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,009	0,009	0,009
308	Púchov	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,009	0,009	0,009
502	Čadca	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,009	0,009	0,009
506	Martin	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,009	0,009	0,009
511	Žilina	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,009	0,009	0,009
609	Rimavská Sobota	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,009	0,009	0,009
611	Zvolen	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,009	0,009	0,009

**Prehľad nadlimitných parametrov v mg/kg v jednotlivých okresoch v rámci PPKP 2006 - odberový rok 2005 (od 15. 11. 2005 - 15. 11. 2006)**

**Tab. 5**

Agis	Názov okresu	Kadmium		
		min.	priem.	max.
302	Ilava	0,32	0,34	0,35
306	Považská Bystrica	0,31	0,36	0,43
307	Prievidza	0,35	0,35	0,36
506	Martin	0,38	0,39	0,39
603	Brezno	0,57	0,57	0,57

## 7. MONITORING LESNÝCH PÔD – INFORMÁCIA O STAVE V ROKU 2006

Prvé podrobnejšie zisťovanie pôdných vlastností na plochách monitorovacej siete 16x16 km na lesnom pôdnom fonde (112 trvalých monitorovacích plôch – TMP), ktoré je súčasťou Čiastkového monitorovacieho systému Lesy, sa vykonalo v roku 1993. Monitoring stavu lesa v Slovenskej republike sa realizuje ako súčasť „Medzinárodného kooperatívneho programu hodnotenia a monitorovania vplyvu znečistenia ovzdušia na lesy“ (International Co-operative Programme on the Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests - ICP Forests). Počiatky programu siahajú do roku 1985, keď bola prijatá konvencia CLRTAP UN/ECE (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution). Metodická harmonizácia odberov pôdných vzoriek a analytických postupov pre stanovenie jednotlivých veličín bola výsledkom aktivít Forest Soil Coordinating Centre (FSCC) v Gente (Belgicko) a Forest Soil Expert Panels (FSEP). Aj z tohto dôvodu sú metodické odchýlky medzi monitoringom pôd na Slovensku na poľnohospodárskom pôdnom fonde a na lesnom pôdnom fonde.

V roku 1998 sa uskutočnil opakovaný odber so stanovením limitovaného počtu vlastností veličín.

Až v roku 2003, po prijatí nového nariadenia: „Regulation (EC) No 2152/2003 of the European Parliament and the Council of 17 November 2003 concerning monitoring of forests and environmental interactions in the Community (Forest Focus)“, a následnom prijatí demonštračného projektu BioSoil v jednotlivých členských krajinách sa na európskej úrovni rozhodlo o novom podrobnom zisťovaní stavu pôd v danej sieti plôch (približne spolu 6000 plôch v Európe).

Projekt BioSoil má dve vecné zložky: pôda a biodiverzita, formálne má tri moduly: modul pôdy – úroveň I. (plocha extenzívneho monitoringu – na Slovensku 112 plôch), modul pôdy – úroveň II (plochy intenzívneho monitoringu – v Európe 560, na Slovensku 7 plôch) a modul biodiverzita (pre plochy I. úrovne monitoringu).

V rámci projektu sa hodnotia plochy I. aj II. úrovne. Formálne sú tieto aktivity rozdelené do dvoch modulov. Hlavným cieľom je vykonať aktualizovanú a podrobnú inventarizáciu pôdných vlastností na monitorovacích plochách I. a II. úrovne. Rozsahom cieľov a zahrnutých aktivít idú pôdne moduly projektu BioSoil nad rámec pôvodných zámerov monitoringu pôd v rámci programu ICP Forests.

Kým odbornú koordináciu monitoringu pôd v rámci ICP Forests zabezpečovalo iba FSCC, v súčasnosti dôležitú úlohu má aj Spojené výskumné centrum Európskej komisie (JRC) v Ispre. Súvisí to aj s tým, že JRC zodpovedá v rámci Európy a v rámci informácií o životnom prostredí za dátové banky o lesoch a o pôdach.

Podrobnejšie ciele v celoeurópskom rozsahu možno definovať nasledovne:

- kompletizácia informácií o pôdach na plochách I. a II. úrovne (týka sa nových krajín podieľajúcich sa na programe),
- zvýšenie kvality databáz o pôdach z hľadiska opisu pôdneho profilu a klasifikácie pôd,
- získanie aktuálnych podkladov pre vypracovanie korelatívnych štúdií o stave lesa na monitorovacích plochách,
- otestovanie aktualizovaného manuálu pre odber a analýzy pôdných vzoriek v záujme lepšej harmonizácie s možným širším využitím nad rámec monitoringu lesných pôd,

- súčasť implementácie EU pôdnej stratégie a stratégie ochrany pôdy pre územie európskych lesov,
- získanie informácií o zásobách pôdneho uhlíka z hľadiska záväzkov Kjótskeho protokolu,
- identifikácia prípadných zmien vlastností pôd (hodnotenie stavu a zmien od prieskumu začiatkom deväťdesiatych rokov).

Na Slovensku projekt koordinuje Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen. Po prípravných prácach v roku 2005 prebehla v roku 2006 väčšina terénnych prác. Podieľali sa na nich (po niekoľkých pracovných stretnutiach, školení pre klasifikáciu pôd podľa WRB 1998 a po inštrukcii v teréne) popri pracovníkoch Národného lesníckeho centra – Ústavu pre lesné zdroje a informatiku vo Zvolene aj ďalšie odborné inštitúcie, resp. experti z iných inštitúcií (Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy Bratislava, Ústav ekológie lesa SAV Zvolen, Lesnícka fakulta TU Zvolen).

Hodnotenia a odbery vzoriek sa v roku 2006 uskutočnili na všetkých 112 plochách I. úrovne (vrátane plôch momentálne bez lesného porastu), plochy II. úrovne budú predmetom vzorkovania a opisov v roku 2007. Na rok 2007 sa plánujú aj opakované kontrolné odbery na vybratých plochách.

Popri zabezpečení vzorkovania, laboratórnych analýz a vyhodnotení stavu je predmetom projektu aj podrobná pedologická charakterizácia (opis pôdneho profilu) a klasifikácia pôd na monitorovacích plochách prvej aj druhej úrovne. Vychádza sa zo zistení, že systém monitorovacích plôch na lesnom pôdnom fonde, vybudovaný v rámci ICP Forests) je, napriek určitým problémom v metodologickej harmonizácii, najrozvinutejším a metodicky najprepracovanejším systémom, ktorý by mohol tvoriť kostru monitoringu pôd v Európe všeobecne – nielen na LPF. Odbery vzoriek na plochách prvej úrovne zahrnovali pokryvný humus (oddelene L a F+H) a fixne určené hĺbky 0-10 cm a 10-20 cm v piatich opakovaníach (následne sú analyzované zmesných vzoriek pre danú hĺbku), najmä pre zámery kvantifikácie zásob uhlíka aj vzorky až do hĺbky 80 cm aspoň z jednej sondy. Popri tom je súčasťou terénnych prác odber vzoriek pre určenie objemovej hmotnosti a odber vzoriek podľa horizontov ako predpoklad klasifikácie pôd.

Odbery vzoriek na plochách druhej úrovne budú v plnom rozsahu odberových hĺbok minimálne v 24 opakovaníach za plochu (s následným možným zmiešaním tak, aby sa analyzovali minimálne 3 zmesné vzorky za odberovú hĺbku).

V roku 2006 sa začalo s laboratórnymi prácami (zatiaľ ich zabezpečuje výlučne Centrálné lesnícke laboratórium NLC), ktoré by mali pokračovať počas roka 2007 a čiastočne aj 2008.

V roku 2007 sa uskutoční tiež preklasifikovanie pôdnych jednotiek pre jednotlivé plochy na aktuálnu verziu WRB 2006.

Spôsob a rozsah vyhodnotenia na národnej úrovni je zatiaľ otvorený, predpokladáme čo najpodrobnejšie spracovanie a prezentáciu výsledkov v priebehu rokov 2008 až 2009.

## 8. REALIZÁCIA VÝSLEDKOV RIEŠENIA

V súlade so zákonom č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy predmetom celoplošného záujmu je ochrana vlastností a funkcií poľnohospodárskej pôdy v takom rozsahu, aby sa zachovala jej biologická rozmanitosť. Práve monitorovanie priebehu zmien vlastností poľnohospodárskej pôdy, rozhodujúcich z hľadiska jej ekologických funkcií má tu významné postavenie. Súčasťou monitorovania pôd na Slovensku je sledovanie dôležitých parametrov na základe konkrétnych ohrození, ako je kontaminácia pôd, alkalizácia a salinizácia pôd (tiež aj acidifikácia pôd), úbytok pôdnej organickej hmoty (kvantitatívne a kvalitatívne hodnotenie) a prístupných živín fosforu a draslíka, kompakcia a erózia pôd. Získané poznatky v priebehu riešenia budú podkladom pre výkon Pôdnej služby pre návrh preventívnych a regulačných opatrení na poľnohospodárskej pôde, ako aj pre dôsledný výkon legislatívy v oblasti ochrany a využívanie pôdy, najmä pre výkon niektorých ustanovení zákona č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskeho pôdneho fondu (pri praktickej aplikácii ustanovení § 3 až 8), ako aj o zmene zákona č. 245/2003 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov týkajúcich sa riešenia hrozby poškodenia poľnohospodárskej pôdy a skutočného poškodenia vlastností a funkcií poľnohospodárskej pôdy. Jedným z preventívnych opatrení bude aj posilnenie edukačnej a školiacej činnosti pre užívateľov poľnohospodárskej pôdy, ako aj pre výchovu budúcich odborníkov na školách a univerzitách najmä poľnohospodárskeho a environmentálneho zamerania, čo sa už v súčasnosti aj realizuje.

V rámci preventívnych, resp. regulačných opatrení treba pozornosť sústreďovať predovšetkým na rešpektovanie zásad správnej poľnohospodárskej praxe a zabezpečovanie dôslednej ochrany pôdy voči uvedeným ohrozeniam pôdy. Je to nevyhnutné pre každého, kto svojou činnosťou ovplyvňuje poľnohospodársku pôdu v záujme zachovania schopností a funkcií pôdy pre seba, ako aj pre budúce generácie (princíp trvalej udržateľnosti).

Navyše po vstupe SR do spoločenstva krajín EÚ sa získané výsledky dostávajú do nových dimenzií, čím sa ich spoločenská hodnota ešte zvyšuje – využitie dosiahnutých výsledkov pre zabehnutie európskeho systému monitorovania pôd, ako aj pre hodnotenie aktuálneho stavu, vývoja, ochrany a environmentálneho hodnotenia pôd v krajinách EÚ, pričom na uvedených aktivitách sa Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy už v súčasnosti aktívne podieľa.

## 9. EKONOMICKÉ A SPOLOČENSKÉ PRÍNOSY RIEŠENIA

Vynaložené náklady zodpovedajú rozsahu riešenia a dosiahnutých výsledkov a aktivít na tejto úlohe v roku 2006 (terénne práce spojené s odberom pôdnych vzoriek, analytické práce ako aj vyhodnocovacie práce, aktualizácia informačného systému monitoringu pôd a životného prostredia SR, taktiež medzinárodné aktivity ohľadne monitoringu pôd). I keď ekonomickú efektívnosť nami dosiahnutých výsledkov nie je jednoduché číselne vyjadriť, celý rad získaných odborných poznatkov a nehmotných výstupov (textové, tabelárne, grafické i metodické) je možné už v súčasnosti využiť v odbornej i decíznej praxi, čo sa napokon už aj realizuje. Ekonomickú efektívnosť riešenia sa ešte zvýši pri ďalšom zhodnocovaní dosiahnutých výsledkov nielen u nás, ale aj v rámci členských krajín EÚ, kedy získané poznatky nadobudnú viac aj medzinárodný význam, čo sa v súčasnosti už aj zhodnocuje.

Hlavný spoločenský prínos dosiahnutých výsledkov aktuálneho stavu a vývoja poľnohospodárskych pôd spočíva v zhodnocovaní ich ďalšieho využívania a ich efektívnu ochranu, ako aj tvorbu príslušnej účinnej legislatívy jednak v rámci Slovenska, tak aj v rámci členských krajín EÚ.

## **10. VECNÝ A ČASOVÝ HARMONOGRAM RIEŠENIA A ODOVZDÁVANIA VÝSLEDKOV**

Výskumná úloha „Tvorba a hodnotenie poznatkov o vývoji vlastností pôdneho krytu SR pre efektívnu ochranu pôdy v poľnohospodárskej krajine“ bola schválená úvodnou oponentúrou dňa 15. marca 2006 na obdobie riešenia rokov 2006-2009. Vecný a časový harmonogram riešenia úlohy bol stanovený a schválený nasledovne:

### **ČÚ 01: Budovanie systému monitoringu pôd SR podľa Európskej smernice monitoringu pôd a návrh legislatívnych dokumentov na ochranu pôdy.**

Začiatok riešenia: 01/2006

Ukončenie riešenia: 12/2009

#### **Plánované realizačné výstupy:**

##### *a/ Podklad pre legislatívny predpis k tvorbe zákona o lokálnej kontaminácii pôd*

Keďže v priebehu roka došlo k neplánovanej zmene riešenia tohto výstupu (Zákon o lokálnej kontaminácii totiž nebude, pretože sa pripravuje v roku 2007 podobný zákon o environmentálnej zodpovednosti pri prevencii a odstraňovaní environmentálnych škôd), ako náhradný výstup z riešenia bude spracovaný:

„Kritériá pre identifikáciu rizikových oblastí kontaminácie pôd a metodika ich plošného a profilového vyhodnocovania“.

Začiatok riešenia: 01/2006

Ukončenie riešenia: 12/2006

##### *b/ Podklad pre legislatívny predpis k tvorbe nového zákona o environmentálnej zodpovednosti pri prevencii a odstraňovaní environmentálnych škôd*

Začiatok riešenia: 01/2006

Ukončenie riešenie: 12/2007

##### *c/ Závazné metódy terénnych a laboratórnych prác pre monitoring pôd SR v zmysle návrhu EÚ*

Začiatok riešenia: 01/2008

Ukončenie riešenia: 12/2009

## **ČÚ 02: Vývoj pôd a metódy jeho hodnotenia**

*a/ Hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja vlastností pôdy za obdobie rokov 2002-2006 v poľnohospodárskej krajine vo väzbe na spôsob jej využívania a ďalšiu ochranu (publikácia – monografia).*

Začiatok riešenia: 01/2006

Ukončenie riešenia: 12/2007

*b/ Vývoj metód skorého varovania zo zistených negatívnych trendov vývoja pôd a strategické opatrenia pre zvýšenie efektívnosti ochrany pôdy v poľnohospodárskej krajine (metodika).*

Začiatok riešenia: 01/2008

Ukončenie riešenia: 12/2009

## **ČÚ 03: Acidifikácia, alkalizácia a desertifikácia pôd**

*a/ Metodický postup modelovania potenciálnej zraniteľnosti pôd vzhľadom k acidifikácii z analýzy údajov existujúcich databáz VÚPOP*

Začiatok riešenia: 01/2006

Ukončenie riešenia: 12/2006

*b/ Potenciálna kategorizácia poľnohospodárskych pôd vzhľadom k acidifikácii, mapové výstupy postupne pre vybrané regióny*

Začiatok riešenia: 01/2007

Ukončenie riešenia: 12/2007

*c/ Vývoj a spôsob sledovania alkalizácie a salinizácie pôd v zmenených klimatických podmienkach (metodika)*

Začiatok riešenia: 01/2008

Ukončenie riešenia: 12/2009

## **ČÚ 04: Difúzna kontaminácia pôd**

*a/ Aktuálny stav a vývoj rizikových prvkov v poľnohospodárskych pôdach SR*

Začiatok riešenia: 01/2006

Ukončenie riešenia: 12/2007



*b/ Metodické riešenie na odlíšenie antropogénnej a geogénnej kontaminácie pôd (metodika)*

Začiatok riešenia: 01/2008

Ukončenie riešenia: 12/2008

*c/ Návrh na nové hygienické limity (v spolupráci s ďalšími zainteresovanými pracoviskami)*

Začiatok riešenia: 01/2008

Ukončenie riešenia: 12/2009

#### **ČÚ 05: Lokálna kontaminácia pôd**

*a/ Aktuálny stav kontaminácie poľnohospodárskych pôd zaťažených území SR spojený s analýzou rizík*

Začiatok riešenia: 01/2006

Ukončenie riešenia: 12/2009

*b/ Návrh opatrení na obhospodarovanie pôdy na vybranom kontaminovanom území s PCB vrátane Návrhu remediačných postupov (súvislosť s Národným realizačným plánom Štokholmského dohovoru o perzistentných organických látkach POPs) – metodická príručka*

Začiatok riešenia: 01/2008

Ukončenie riešenia: 12/2009

#### **ČÚ 06: Obsah makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach SR**

*a/ Súčasný stav a vývoj obsahu makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach SR (v spolupráci s ÚKSUP-om Bratislava) – publikácia*

Začiatok riešenia: 01/2007

Ukončenie riešenia: 12/2007

*b/ Aktuálny stav a vývoj obsahu makro- a mikroelementov v ekologicky obhospodarovaných územiach (v spolupráci s ÚKSUP-om Bratislava) – publikácia*

Začiatok riešenia: 01/2008

Ukončenie riešenia: 12/2009

## **ČÚ 07: Hodnotenie vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdnej organickej hmoty**

a/ *Vypracovanie metodiky pre určovanie minimálneho limitného obsahu organického uhlíka pre pôdne typy a druhy a mapového výstupu stavu*

b/ *Vypracovanie review na tému: „Možnosti využitia nukleárnej magnetickej rezonancie ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$ ,  $^{15}\text{N}$  NMR) na prehĺbenie poznatkov o organických formách základných biogénnych prvkov“*

Začiatok riešenia: 01/2006

Ukončenie riešenia: 12/2006

c/ *Eliminácia /sequestrácia C na poľnohospodárskych pôdach Slovenska (mapový výstup)*

d/ *Možnosti modelovania množstva organického uhlíka v pôde na základe výsledkov validácie modelu RothC na vybraných lokalitách (metodika)*

Začiatok riešenia: 01/2007

Ukončenie riešenia: 12/2007

e/ *Kategorizácia poľnohospodárskych pôd (orných pôd, trvalých trávnych porastov) z hľadiska množstva a kvality pôdnej organickej hmoty*

f/ *Hodnotenie sorpčnej kapacity humusu jednotlivých pôdných typov s využitím získaných poznatkov o chemickej štruktúre HK*

Začiatok riešenia: 01/2008

Ukončenie riešenia: 12/2008

g/ *Návrh najvhodnejších indikátorov na monitorovanie kvalitatívnych parametrov základných biogénnych prvkov. Charakteristika organických foriem biogénnych prvkov (C, P, N) na základe výsledkov  $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$ ,  $^{15}\text{N}$  NMR HK hlavných pôdných typov Slovenska*

Začiatok riešenia: 01/2009

Ukončenie riešenia: 12/2009

## **ČÚ 08: Hodnotenie vývoja kompaktie pôd**

a/ *Metodika plošného vyhodnocovania potenciálnej kompaktie pôd SR*

Začiatok riešenia: 01/2006

Ukončenie riešenia: 12/2006

*b/ Mapové výstupy potenciálnej kompakcie postupne vybraných regiónov SR*

Začiatok riešenia: 01/2007

Ukončenie riešenia: 12/2009

### **ČÚ 09: Hodnotenie vývoja erózie pôd**

*a/ Mapový výstup ohrozenosti poľnohospodárskych pôd vodnou eróziou pri využití empirického modelu všeobecnej rovnice straty pôdnej hmoty (USLE) modifikovanej pre konkrétne pôdno-klimatické podmienky Slovenska v prostredí GIS*

Začiatok riešenia: 01/2006

Ukončenie riešenia: 12/2006

*b/ Metodická príručka pre sledovanie intenzity recentnej erózie poľnohospodárskych pôd vyhodnotením profilovej distribúcie rádioaktívneho izotopu cézia (<sup>137</sup>Cs)*

Začiatok riešenia: 01/2007

Ukončenie riešenia: 12/2008

*c/ Metodická príručka kvantitatívneho stanovenia odnosu a akumulácie pôdnej hmoty spôsobeného eróznno-akumulačnými procesmi využitím vhodných kalibračných modelov (pomerný, zjednodušený rovnovážny, základný rovnovážny)*

Začiatok riešenia: 01/2008

Ukončenie riešenia: 12/2009

PS: Okrem uvedených výstupov v priebehu riešenia výskumnej úlohy, na konci každého roku riešenia bude vypracovaná priebežná správa dosiahnutých výsledkov. Taktiež dielčie hodnotenia budú prezentované na rôznych našich i medzinárodných odborných a vedeckých podujatiach. Súčasne bude prebiehať transformácia dosiahnutých informácií aj vo vzťahu k EÚ na základe uzavretých medzinárodných dohôd a konvencií v rámci environmentálneho hodnotenia pôd a tvorby medzinárodného informačného systému monitoringu životného prostredia na základe požiadaviek EEA (Európska environmentálna agentúra so sídlom v Kodani).

## **11. PREDPOKLADY VYRIEŠENIA ÚLOHY V ZOSTÁVAJÚCOM ČASE RIEŠENIA**

Predpoklady úspešného vyriešenia úlohy v požadovanom termíne závisia od pridelenia plánovaných finančných prostriedkov, ktoré sú nevyhnutné pre realizáciu tejto úlohy v ďalších rokoch riešenia (2007-2009) a boli schválené úvodnou oponentúrou úlohy 15.3.2006. V danom prípade existujú reálne predpoklady úspešného vyriešenia úlohy v požadovanom termíne, o čom svedčí aj odborne erudovaný pracovný tím riešiteľov, ktorí sa na realizácii tejto úlohy podieľajú.

## 12. ČERPANIE FINANČNÝCH ZDROJOV A POROVNANIE S PLÁNOM

Čerpanie finančných zdrojov na úlohe v roku 2006 a porovnanie s plánom je uvedené v nasledovnej tabuľke 1.

**Tab. 1** Čerpanie finančných zdrojov v tis. Sk k 31.12.2006 a ich porovnanie s plánom

Čerpanie finančných zdrojov (porovnanie)	Kalkulačná položka 2006		
	Bežné	Kapitálové	Spolu
Plán	7 000	-	7 000
Skutočnosť	7639	-	7639

## 13. ZÁVER

Rok 2006 bol 5. rokom 3. cyklu monitorovania pôd SR. V danom roku boli hodnotené prevažne intenzívne obhospodarované poľnohospodárske pôdy využívané predovšetkým ako orné pôdy. Jedná sa o pseudogleje a luvizeme, černoze, hnedozeme a fluvizeme. Jednotlivé dôležité vlastnosti pôd boli sledované a hodnotené v súlade s návrhom EK pre realizáciu monitoringu pôd podľa konkrétnych ohrození, ako sú napr. kontaminácia pôd (difúzna a lokálna), acidifikácia, alkalizácia a salinizácia pôd, úbytok pôdnej organickej hmoty, ako aj prístupných živín, kompácia a erózia pôd.

Z hľadiska kontaminácie pôd sa jedná prevažne o pôdy, ktoré sa nachádzajú mimo hlavných oblastí znečistenia, aj mimo výskytu hlavných oblastí výskytu geochemických anomálií. Z hodnotených a porovnávaných pôd pretrváva však určité riziko z pohľadu ich kontaminácie predovšetkým na fluvizemiach, a to hlavne vyskytujúcich sa na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch. V tomto prípade ide o resedimentáciu pôdno-sedimentárneho materiálu i zo vzdialenejších oblastí znečistenia, príp. i z oblastí výskytu geochemických anomálií. Prejavuje sa to hlavne pri kadmiu, ale aj pri zinku a medi, ktoré sú hlavnými prvkami ich výskytu práve z oblastí metalického zrudnenia a práve nadlimitné priemerné hodnoty ich koncentrácií boli zistené práve na už zmienených fluvizemiach nekarbonátových. Čo sa týka vývoja kontaminácie na hodnotených pôdach, tento je zatiaľ bez výraznejších zmien.

Porovnanie vývoja hodnôt pôdnej reakcie, ako základného indikátora acidifikácie pôd v doteraz hodnotenom období potvrdzuje značnú rezistentnosť sledovaných a porovnávaných pôd (nedošlo k štatisticky preukazným zmenám hodnôt pH). Významným indikátorom acidifikácie je aj obsah aktívneho hliníka. V rámci hodnotených pôd bola zistená miera korelácie medzi Al a pH determinovaná korelačným koeficientom – 0,66.

Vychádzajúc z hodnotení slaniskovania a slancovania bolo zistené, že proces slancovania je výraznejší a dominantný. Z hľadiska rizikovosti vzniku, rozširovania a rozvoja solných pôd, charakterizovaného chemickým zložením podzemných vôd, je takéto riziko najreálnejšie na dolnej časti Žitného ostrova v úseku Zlatná na Ostrove – Komárno.

Zaujímavé sú aj dosiahnuté výsledky v hodnotení kvality a vývoja pôdnej organickej hmoty. Hodnoty vybraných parametrov na sledovanie detailných zmien v chemickej štruktúre humínových kyselín (HK) ukazujú na postupné zvyšovanie stabilných aromatických štruktúr, ktoré sú dôsledkom intenzívneho obrábania. Uvedené trendy sú relevantné k postupnej arylácii štruktúr, na druhej strane percentuálne zastúpenie labilnejších alifatických štruktúr je zatiaľ dostatočné na udržanie rovnováhy medzi procesmi humifikácie

a mineralizácie. Výraznejšie mineralizačné tendencie sú charakteristické pre organickú hmotu pseudoglejov. V poslednom období bol zistený mierny nárast obsahu organického uhlíka v hodnotených pôdach.

Čo sa týka obsahu prístupných živín, možno konštatovať, že v hodnotených pôdach prevláda stredný obsah prístupného fosforu (okrem fluvizemí, kde je jeho obsah dobrý až vysoký). Obsah prístupného draslíka je prevažne dobrý, čo súvisí s jeho lepšou zásobenosťou v našich pôdach, ako aj so starou zásobou tohto prvku najmä na orných pôdach (vplyv často vysokého K-hnojenia najmä v minulosti). V poslednom období zisťujeme v hodnotených pôdach výraznejší pokles obsahu fosforu, obsah draslíka zaznamenáva skôr jeho nárast oproti predchádzajúcemu monitorovaciemu cyklu. Obsah základných mikroelementov (Cu, Mn, Zn) je prevažne stredný.

Dôležitým degradačným fenoménom je aj kompakcia pôd, ktorá zasahuje hlavne podornice hodnotených pôd. Bolo zistené, že z hodnotených pôd v roku 2006 kompakciou sú najviac zaťažené pseudogleje a fluvizeme. V rámci hodnotenia vývoja kompakcie, došlo na sledovaných pôdach k miernemu zlepšeniu fyzikálneho stavu v poslednom monitorovanom období.

K dôležitým prejavom fyzikálnej degradácie pôd patrí aj erózia pôd. V roku 2006 boli hodnotené 3 nové transekty v rámci územia SR (Suchá Dolina, Kežmarok a Tachty). Vodná erózia na uvedených lokalitách nevýrazne ovplyvnila zmeny základných fyzikálnych vlastností pôd. Vyššie hodnoty objemovej hmotnosti namerané v podornici sú zrejme spôsobené nepreorávaním tejto časti pôdneho profilu. Bola súčasne spracovaná novšia aproximácia potenciálnej ohrozenosti poľnohospodárskych pôd SR vodnou eróziou (mapové zobrazenie v prostredí GIS). Zároveň bolo zistené, že 43,3 % výmery poľnohospodárskych pôd je ohrozených procesmi vodnej erózie.

Koordinátor a riešiteľský kolektív touto cestou ďakujú rezortu MP SR a vedeniu VÚPOP v Bratislave za vytvorenie podmienok pre riešenie tejto výskumnej úlohy v roku 2006.

## 14. POUŽITÁ LITERATÚRA

- Arnold, R.W. et al.: Global soil change. Edited and printed in Budapest, 1990, 110 pp.
- Baldock, J.A., Nelson, P.N.: Soil Organic Matter. In: Handbook of Soil Science. (Ed. Sumner, M.E.), 1999, str. B25-B84.
- Barančíková, G., Madaras, M.: Kvalita pôdy a prístup k hodnoteniu mimoprodukčných funkcií pôdy. In: Pôda-jedna zo základných zložiek životného prostredia. Zborník referátov. 2002, s.109-115
- Barančíková, G., Makovníková, J.: The influence of humic acid quality on the sorption and mobility of heavy metals. *Plant Soil and Environment*, č.12, vol. 49, 2003, str. 565-571.
- Barančíková, G., Senesi, N., Brunetti, G.: Chemical and spectroscopic characterization of humic acids isolated from different Slovak soil types. *Geoderma*, vol. 78, 1997, str. 251-266.
- Barančíková, G.: Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty. In: Kobza, J. a kol.: Monitoring pôd SR. Výsledky ČMS – pôda za obdobie 1997-2001 (2. cyklus), VÚPOP, Bratislava, 2002, s. 54-73
- Barančíková, G.: Monitoring kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia humusu. In: Kobza a kol. Výsledky čiastkového monitorovacieho systému pôda (3.rok 3.cyklu monitoringu pôd). Bratislava, 2004, str. 97-107
- Barančíková, G.: Monitoring kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia humusu. In: Kobza a kol. Výsledky čiastkového monitorovacieho systému pôda (4.rok 3.cyklu monitoringu pôd). Bratislava, 2005, str. 145-167
- Barančíková, G.: Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty In: Kobza, J. a kol.: Monitoring pôd Slovenskej republiky (Soil monitoring of Slovak republic). Bratislava: VÚPOP, 2002a, s. 54-73
- Barančíková, G.: Monitoring obsahu a kvality organickej hmoty, 2006. In: Kobza, J. a kol.: Priebežná správa ČMS-pôda za rok 2006.
- Bayer, C., Martin-Neto, L., Mielniczuk, J., Ceretta, A.: 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*, vol. 53, 2000, str. 95-104.
- Bedrna, Z.: Resistibility of Landscape to acidification. *Ekologia*, 13, 1994 s.77 – 86
- Bielek, P., Šurina, B., Ilavská, B., Vilček, J.: Naše pôdy (Our soils). Soil Fertility Research Institute, Bratislava, 1998, 80 pp.
- Borůvka, L., Křišťoufková, S., Kozák, J., Huan Wei, Ch.: Speciation of Cd, Pb, and Zn in heavy polluted soils. *Rostlinná. Výroba*, 43, 1997, 187-192
- Brejda, J.J., Moortman, T.B., Karlen, D.L., Dao, T.H.: Identification of regional soil quality factors and Indicators: I. Central and Southern High Plains. *Soil. Sci. Soc. Am.J.* 64, 2000, 2115-2124
- Causarano, H.J., Franzluebbers, A.J., Reeves, D.W., Shaw, J.N.: Soil organic carbon sequestration in cotton production systems of the southeastern united states. *J. Environ. Qual.*, vol. 35, 2006, str. 1374-1383.

Commission of the European Communities: Proposal for a Directive of the European parliament and of the council establishing a framework for the protection of soil amending Directive 2004/35/EC, Brussels, 2006, str. 30.

Dai, X.Y., Ping, C.L., Candler, R., Haumaier, L., Zech, W.: Characterization of soil organic matter fractions of Tundra soils in Arctic Alaska by Carbon-13 nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 65, 2001, str. 87-93.

Demo M. a kol.: Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine. Nitra, 1998, 302 s.

Dieckow, J., Conceicao, P.C., Milori, D.M.B.P., Martin-Neto, L., Bayer, C., Yanatta, J.A., Mielniczuk, J.: Organic matter composition as revealed by <sup>13</sup>C NMR and Laser induced Fluorescence spectroscopy: Implication of Tillage and Cropping in a Subtropical Acrisol. In: F.H. Frimmel, G. Abbt-Braun (eds.) Humic substances-Linking structure to functions, Proceedings of the 13th meeting of the IHSS, Karlsruhe, 2006, str.517-520.

Doane, T.A., Devenere, O.C., Horwath, W.R.: Short-term soil carbon dynamics of humic fractions in low-input and organic cropping systems. *Geoderma*, vol., 2003, 114, str. 319-33

Dos Santos, L.M., Simoes, M.L., da Silva, W.T.L., Milori, D.M.B.P., de Melo, W.J., Martin-Neto, L.: Spectroscopic studies of tropical soil organic matter under sewage sludge application. . In: F.H. Frimmel, G. Abbt-Braun (eds.) Humic substances-Linking structure to functions, Proceedings of the 13th meeting of the IHSS, Karlsruhe, 2006, str.521-524.

Dou, F., Hons, F.M.: Tillage and nitrogen effects on soil organic matter fractions in wheat-based systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 70, 2006, str. 1896-1905.

Duxbury, J.M., Smith, M.S., Doran, J.W.: Soil organic matter as a source and sink of plant nutrients. In: Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. (Eds. Coleman, D.C., Oades, J.M., Uehara.), 1989, str. 33-67.

Eckelmann, W., Baritz, R., Bialousz, S., Bielek, P., Carré, F., Houková, B., Jones, R.J.A., Kibblewhite, M., Kozak, J., Le Bas, C., Tóth, G., Tóth, T., Várallyay, G., Halla, M., Y., Zupan, M.: Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats. European Soil Bureau Research Report No.20, EUR 22185 EN, 94 s. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2006

Fageria, N.K.: Soil quality vs. environmentally-based agricultural management practices. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, vol. 33, č. 13-14, 2002, str. 2301-2329.

Fiala K. a kol.: Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém - Pôda. VÚPOP, Bratislava, 1999, 139 s.

Fiala, K a kol.: Návrh metodík chemického rozboru pôd pre účely pôdneho monitoringu. Bratislava, 1999, 60s.

Fiala, K. et al.: Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – Pôda. VÚPOP Bratislava, 1999, 142 s.

Franzuebbers, A.J.: Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil*.

Fulajtár, E., Janský, L.: Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana. VÚPOP Bratislava, 2001, 310 s.

Grišina, L. A., Baranova, T.A.: Vplyv kyslých zrážok na vlastnosti pôd lesného ekosystému južnej tajgy. *Lesné pôdoznanectvo*, 10, 1990, 121-136

- Guo L. B., Gifford R. M.: Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis." *Global Change Biology*, 8, 2002, 345-360.
- Hanes, J.: Analýza sorpčných vlastností pôd, VÚPOP Bratislava, 1999, 138 s.
- Hertkorn, N., Permin, A., Perminova, I., Kovalevskii, D., Yudov, M., Petrosyan, V., Kettrup, A.: Comparative analysis of partial structures of peat humic and fulvic acid using one- and two-dimensional nuclear magnetic resonance spectroscopy. *J. Environ. Quality*, vol. 31, 2002, str. 375-387.
- Heuscher, A. S., Brandt, C. C., Jardine, M. P.: Using Soil Physical and Chemical Properties to Estimate Bulk Density Data. *Soil Sci. Soc. of America Journal* 69, 2005, s. 51-56
- Hlušičková, J., Lhotský, J.: Ochrana pôdnej štruktúry pred technogennou degradáciou. *Metodika ÚVTIZ*, Praha, 1994, 40 s.
- Houšková, B.: Vývoj fyzikálnych vlastností poľnohospodárskych pôd. In: Kobza, J. a kol.: *Monitoring pôd SR. Výsledky ČMS – pôda za obdobie 1997-2001 (2. cyklus)*, VÚPOP, Bratislava, 2002, s. 131-141
- Hraško, J. a kol.: *Rozbory pôd*. Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, Bratislava, 1962
- Huber, S. et al.: Proposal for a European soil monitoring and assessment framework. EEA Copenhagen, May 2001, 2001, 57 pp.
- Chefetz, B., Salloum, M.J., Desmukh, A.P., Hatcher, P.G.: Structural components of humic acids as determined by chemical modifications and Carbon-13 NMR, Pyrolysis-, and Thermochemolysis-Gas Chromatography/Mass spectrometry. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 66, 2002, str. 1159-1171.
- Chen, Z., Pawluk, S.: Structural variations of humic acids in two soils of Alberta Mollisols. *Geoderma*, 1995, str. 173-193.
- Chukov, S. N.: Study by <sup>13</sup>C – NMR spectroscopy of humic acids molecular parameters in anthropogenically disturbed soils. In: *Proceedings of 10th International Meeting of the IHSS*, Toulouse, 2000, str. 81-84.
- Jurčová, O.: Ako sme zahumusovali naše orné pôdy. *Roľnícke Noviny* (7.12.2000)
- Jurčová, O.: Treba skončiť s koristníckym vzťahom k živiteľke. *Roľnícke noviny*, BESEDA, (6.11.1996), str. 1-6.
- Kanianska, R.: *Acidifikácia pôd vplyvom kyslých atmosférických polutantov*, Bratislava, 2000, 96s.
- Kobza, J. a kol.: *Monitoring pôd SR. Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd*. VÚPOP Bratislava, 2002, 180 s. ISBN 80-89128-04-1
- Kobza, J. a kol.: *Monitoring pôd SR. Priebežná správa za rok 2005*. VÚPOP Bratislava, 2005, 227 s.
- Kobza, J., Makovníková, J., 1998: Watersoluble fluorine and its development features in the soils of aluminium plant surroundings in Žiar nad Hronom. *Ved. práce VUPU Bratislava*, č. 21, 1998, s. 189-194.
- Kolektív autorov: *Atlas krajiny Slovenskej republiky*, Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava, 2002, 342 s.



- Kolektív autorov: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. VÚPOP Bratislava, 2000, 76 s.
- Leifeld, J., Kogel-Knabner, I.: Soil organic matter fractions as early indicators for carbon stock changes under different land-use? *Geoderma*, vol. 124, 2005, str. 143-155.
- Linkeš, V. a kol.: Monitoring pôd Slovenskej republiky. Stav monitorovaných pôd za obdobie 1992-1996. VUPU Bratislava, 1997, 128 s.
- Linkeš, V., Kobza, J., Švec, M., Ilka, P., Pavlenda, P., Barančíková, G., Matúšková, L.: Monitoring pôd Slovenskej republiky. Súčasný stav monitorovacích vlastností pôd 1992-1996. VÚPÚ Bratislava, 1997, str. 80-90.
- Linkeš, V., Lehotský, M., Stankoviánsky, M.: Príspevok k poznaniu vývoja vodnej erózie pôd na pahorkatinách Podunajskej nížiny s využitím <sup>137</sup>Cs. *Vedecké práce č. 17. VÚPÚ Bratislava, 1992, s. 111-120*
- Litavec, T., Makovníková, J., Matúšková, L., Pechová, B., Váradiová, D.: Čiastkový monitorovací systém –Pôda: Záväzný metódy. Bratislava, 1999, str. 95-110
- Lugato, E., Berti, A., Giardini, L.: Soil organic carbon (SOC) dynamics with and without residue incorporation in relation to different nitrogen fertilisation rates. *Geoderma*, vol. 135, 2006, str. 315-321.
- Machado, S., Rhinhart, K., Petrie, S.: *J. Environ. Qual.*, vol. 35, 2006, str. 1548-1553.
- Makovníková, J.: Distribúcia Cd, Pb, Cu, Zn v hlavných pôdnych predstaviteľoch Slovenska a jej hodnotenie so zreteľom na potenciály a bariéry transportu kovov do rastlín; VÚPOP - Pedodisertation, Bratislava, 2000, 126s.
- Makovníková, J.: Acidifikačné trendy poľnohospodárskych pôd Slovenska. Stav a vývoj indikátorov acidifikácie. Zborník referátov z konferencie pôdozalcov SR, Mojmírovce 22. - 24. jún, 2004. Societas pedologica slovacica, VÚPOP Bratislava, A4, CD ROM, 2004, ISBN: 80-89128-11-4
- Makovníková, J.: Závislosti medzi vybranými pôdnymi parametrami a prístupným obsahom kadmia, olova, medi a zinku. *Rostl. výroba*, 46, 2000, str. 289-296
- Makovníková, J.: Indikátory zraniteľnosti environmentálnych funkcií kambizemí. *Poľnohospodárstvo* 48, č.1, 2002, s.18-25
- Makovníková, J.: Stav a vývojové trendy aktívneho hliníka v pôdach SR. *Poľnohospodárstvo* 12, 2002, s. 619 – 624
- Makovníková, J., Kaniánska, R.: Aktívny hliník a jeho súčasný stav v pôdach SR. *Rostlinná výroba*, 42/7, 1996, s. 289 - 292
- Makovníková, J., Pálka, B., Širáň, M.: Modelovanie objemovej hmotnosti s využitím údajov z databáz KPP a ČMS-P, potenciálne zhutnenie a acidifikácia v záujmovom území. Štvrté pôdoznalecké dni v SR. Zborník referátov z vedeckej konferencie pôdozalcov SR (CD ROM), Čingov, 14.-16.6.2005. VÚPOP – SPS, Bratislava, 2005a, ISBN 80-89128-18-1
- Makovníková, J., Pálka, B., Širáň, M.: Rezistencia vybraných pôdných typov na modelovom území Banská Bystrica. Zborník prednášok, Pedologická sekcia SSPLPVV SAV, 2005b, s. 70-72, ISBN 80-89128-19-X
- Mathers, N.J., Mao, X.A., Xu, Z.H., Saffigna, P.G., Berners-Price, S.J., Perera, M.C.S.: Recent advances in the application of <sup>13</sup>C and <sup>15</sup>N NMR spectroscopy to soil organic matter studies. *Aust. J. Soil Res.*, 2000, vol. 38, str. 769-787

- Matúšková L., Vojtáš J.: Monitoring zaťaženia pôd rizikovými látkami, In.: Priebežná správa ČMS - pôda za rok 1999, VUPOP 1999
- Matúšková L., Vojtáš J.: Monitoring zaťaženia pôd rizikovými látkami, In.: Priebežná správa ČMS - pôda za rok 2000, VUPOP 2000
- Matúšková L., Vojtáš J.: Monitoring zaťaženia pôd rizikovými látkami, In.: Priebežná správa ČMS - pôda za rok 2001, VUPOP 2001
- Matúšková L., Vojtáš J.: Monitoring zaťaženia pôd rizikovými látkami, In.: Priebežná správa ČMS - pôda za rok 2002, VUPOP 2002
- Matúšková L., Vojtáš J.: Monitoring zaťaženia pôd rizikovými látkami, In.: Priebežná správa ČMS - pôda za rok 2003, VUPOP 2003
- Matúšková L., Vojtáš J.: Monitoring zaťaženia pôd rizikovými látkami, In.: Priebežná správa ČMS - pôda za rok 2004, VUPOP 2004
- Meloun M., Militký J.: Statistické zpracování experimentálních dat, East publishing a.s. Praha 1998
- Mestek, O., Volka K.: Interakce těžkých kovů s půdními složkami. Chemické Listy, 87, 1993, 95-806.
- MP SR, 2004: Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy. Príloha č. 2. Pod čiastkou 96 zo dňa 28.4.2004.
- Newman, R.H., Tate, K.R.:  $^{13}\text{C}$  NMR characterization of humic acids from soils of a development sequence. J.Soil Sci., vol. 42, 1991, str. 39-46.
- Olk, D.C., Cassman, K.G., Fan, T.W.M.: Characterization of two humic acids fractions from a calcareous vermiculitic soil: implications for the humification process. Geoderma, vol. 65, 1995, str. 195-208.
- Perez, G.M., Martin-Neto, L., Saab, S., Novotny, E.H., Milori, D.M.B.P., Bagnato, V.S., Colnago, L.A., Melo, W.J., Knicker, H.: Characterization of humic acids from a Brazilian oxisol under different tillage systems by EPR,  $^{13}\text{C}$  NMR, FTIR and fluorescence spectroscopy. Geoderma, vol. 118, 2004, str. 181-190.
- Piccolo, A.: The supramolecular structure of humic substances. Soil Sci., vol. 166, 2001, str. 810-832.
- Preston, C.M., 1996: Application of NMR to soil organic matter analysis: History and prospects. In: Soil Sci., vol. 161, 1996, pp. 144-166.
- Preston, C.M., Newman, R.H., Rother, P.: Using  $^{13}\text{C}$  CPMAS NMR to assess effects of cultivation on the organic matter of particle size fractions in a grassland soil. Soil Sci., vol. 157, 1994, str. 26-35.
- Rosell, R.A., Andriulo, A.E., Schnitzer, M., Crespo, M.B., Migliarina, A.M.: Humic acids properties of an Argiudoll soil under two tillage systems. Sci. Tot. Envir. Vol. 81/82, 1989, str. 391-400.
- Senesi, N., D'Orazio, V., Ricca, G.: Humic acids in the first generation of EUROSOLS. Geoderma, vol. 116, 2003, str. 325-344.
- Schnitzer, M., McArthur, D.F.E., Schulten, H.-R., Kozak, L.M., Huang, P.M.: Long-term cultivation effects on the quantity and quality of organic matter in selected Canadian prairie soils. Geoderma, vol. 130, 2006, str. 141-156.

Skjemstad, J.O. - Dalal, R.C. - Janik, L.J. - McGrowan, J.A. (2001): Changes in chemical nature of soil organic carbon in vertisols under wheat in south-eastern Queensland. In: Aust. J. Soil Res., vol. 39, 2001, pp. 343-359.

Sotáková, S., a kol.: Návody na cvičenie z pôdoznanectva, Príroda, 1988, Bratislava

Sotáková, S.: Organická hmota a úrodnosť pôdy. Bratislava, Príroda, 1982, 234 str.

Styk, J., Pálka, B.: Potenciálna ohrozenosť poľnohospodárskych pôd SR vodnou eróziou vyhodnotená využitím empirického modelu USLE. In: Sobocká, J. et al.: Zborník prednášok. VII. zjazd Slovenskej spoločnosti pre poľnohospodárske, lesnícke, potravinárske a veterinárske vedy pri SAV (pedologická sekcia). VÚPOP, Bratislava, 2005, s. 73-77

Styk, J.: Erózia poľnohospodárskej pôdy. In: Kobza, J. et al.: Hodnotenie stavu a trendov vývoja vlastností poľnohospodárskych pôd Slovenska z výsledkov Monitoringu pôd SR. VÚPOP, Bratislava, 2005, s.8-11

Styk, J.: Recent soil erosion estimation using of <sup>137</sup>Cs technique. Vedecké práce VÚPOP Bratislava 2005, č. 27, p. 119-126

Šály, R.: Príspevok k zloženiu pôdnych karbonátov. Zborník referátov z konferencie pôdoznalcov SR, Mojmirovce 22. - 24. jún, 2004. Societas pedologica slovacica, VÚPOP Bratislava, A4, CD ROM, 2004, ISBN: 80-89128-11-4

Ševcova, L., Romanenko, V., Sirotenko, O., Smith, P., Smith, J.U., Leech, P., Kanzyvaa, S., Rodionova, V.: Effect of natural and agricultural factors on long-term soil organic matter dynamics in arable soddy-podzolic soil-modeling and observation. Geoderma, vol. 116, 2003, str. 165-189

Ševcova, L.K., Sidorina, S.J.: Vlijanije dlitel'novo promenenija udobrenij na termografičeskije charakteristiky gumusovykh kyslot. Počvovedenije, 1988, č.6, str. 130-136.

Širáň, M.: Zhutnenie pôdy. In: Čiastkový monitorovací systém – Pôda, Priebežná správa, 2006

Širáň, M.: Zhutnenie pôdy a jeho vývoj. Zborník referátov, Tretie pôdoznalecké dni na Slovensku 22.-24. jún 2004, Mojmirovce, 2004, s. 317-322, ISBN 80-89128-11-4

Širáň, M.: Spatial variability of some physical properties on arable soils of different texture with regard to soil compaction. Vedecké práce VÚPOP Bratislava 2005, č. 27, ISBN 80-89128-17-3

Till. Res., 2002, vol. 66, str. 95-106

ÚKSUP: Agrochemické kritériá pre hodnotenie agrochemických rozborov pôd. Bratislava, 1993

ÚKSUP: Výsledky ASP na Slovensku v rokoch 1995-1999 (X. cyklus ASP), Bratislava, 2000, 100 s.

Valla, M., a kol.: Cvičení z půdoznalství II., SPN, Praha, 1983

Van-Camp, L. et al.: Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21 319 EN/5, 872 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2004

Vojtáš J., Matúšková L.: Monitoring zaťaženia pôd rizikovými látkami, Priebežná správa ČMS - pôda za rok 2005, VUPOP 2005

Walling, D.E., Quine, T.A.: Use of caesium-137 as a tracer of erosion and sedimentation. Handbook for the application of the caesium-137 technique. UK Overseas Development Administration Research Scheme R4579, University of Exeter, 1993

Wegner, K., Grzelakowska, A., Gonet, S.S., Pempkowiak, J.: Parameters of humic acids as diagnostic features of the soils. Humic Substances in Ecosystems 3, 1999, str. 117-124.

Wischmeier, W.H., Smith, D.D.: Predicting rainfall erosion losses – Guide to conservation planning, Agricultural Handbook 537, USDA, 1978

Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene a doplnení niektorých zákonov, 2004

Závodský, D a kol.: Mapping of critical levels/loads for the Slovak republic. Acid Rain research. report 37, 1996, 74 pp

Zbierka zákonov č.2/1994, čiastka 1, Vyhláška MZSR, ktorou sa ustanovujú hygienické požiadavky na cudzorodé látky v potravinách

Zeien H. - Brummer G.W., 1989: Chemische Extraktionen zur Bestimmung von Schwermetallbindungsformen in Boden. Mitteil. DBG, 59, 1989, s.505-510