



# Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy

Stredisko pre Čiastkový monitorovací systém - Pôda, Bratislava

Ústredný kontrolný a skúšobný  
ústav poľnohospodársky, Bratislava

Lesnícky výskumný ústav, Zvolen

## MONITORING PÔD SR



- monitorovacie lokality na poľnohospodárskych pôdach
- monitorovacie lokality na lesných pôdach

Výber údajového bloku

- Územná identifikácia monitorovacích lokalít
- Klasifikácia pôdy a označenie horizontu
- Fyzikálne vlastnosti
- Pôdna reakcia a obsah uhličitanov
- Makroživiny
- Mikroživiny
- Humus
- Výmenné kationy a sorpčný komplex
- Totálny obsah rizikových stopových prvkov
- Stopové prvky vo výžuhu 2M HNO<sub>3</sub>, 2M HCl
- Stopové prvky - mobilné a prijateľné formy
- Organické kont. a indikatory rád. znečistení

**Výsledky "Čiastkového monitorovacieho systému - Pôda"  
ako súčasť Monitoringu životného prostredia SR za rok 2005  
(4. rok 3. cyklu monitoringu pôd SR)**

Bratislava, december 2005



## TITULNÝ LIST

- 1. Koordinačné pracovisko:** Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, Bratislava
- 2. Spoluriešiteľské organizácie:** Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky (ÚKSUP), Bratislava  
Lesnícky výskumný ústav (LVÚ), Zvolen
- 3. Koordinátor:** doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.
- 4. Názov úlohy:** Komplexný monitoring vlastností pôd SR
- 5. Doba riešenia:** I/2005 – XII/2005
- 6. Názov správy:** Monitoring pôd SR
- 7. Druh správy:** priebežná
- 8. Celkové náklady (v tis. Sk):**
- |  |       |
|--|-------|
| <b>VÚPOP Bratislava</b>  |       |
| plán:  | 7 500 |
| skutočnosť:  | 7 500 |
| <b>ÚKSUP Bratislava</b>  |       |
| plán:  | 2 200 |
| skutočnosť:  | 2 200 |
| <b>LVÚ Zvolen</b>  |       |
| (financovanie lesných pôd bolo zabezpečované v rámci ČMS-lesy) |       |
- 9. Autorský kolektív:** doc. Ing. Jozef Kobza, CSc. (VÚPOP)  
RNDr. Gabriela Barančíková, CSc. (VÚPOP)  
Ing. Emil Fulajtár, CSc. (VÚPOP)  
RNDr. Jarmila Makovníková, CSc. (VÚPOP)  
Ing. Miroslav Medved', CSc. (VÚPOP)  
Ing. Pavel Pavlenda, PhD. (LVÚ)  
Ing. Juliana Schlosserová, CSc. (ÚKSUP)  
Ing. Ján Styk, PhD. (VÚPOP)  
Ing. Miloš Širáň (VÚPOP)  
Ing. Gabriela Tóthová (ÚKSUP)  
RNDr. Ján Vojtáš, CSc. (VÚPOP)
- 10. Dátum vypracovania správy:** december 2005

## AUTORSKÝ REFERÁT

Priebežná správa ČMS-P zahŕňa dosiahnuté výsledky v roku 2005. V správe je hodnotených 6 pôdných skupín základnej siete 3. monitorovacieho cyklu. Jedná sa o nasledovné pôdy:

- kambizeme na flyši (TTP)
- kambizeme na flyši (OP)
- kambizeme na kyslých substrátoch (TTP)
- rendziny a pararendziny (TTP)
- čiernice na karbonátových fluviálnych sedimentoch (OP)
- čiernice na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch (OP)

Súčasne bol hodnotený aj súčasný stav a vývoj parametrov dôležitých vlastností pôd v sieti kľúčových monitorovacích lokalít (z odberov v roku 2005).

V správe je hodnotený celý rad dôležitých vlastností poľnohospodárskych pôd, ktoré v zmysle návrhu EK pre monitoring pôd (Thematic Strategy for Soil Protection), OECD a ďalšími doporučeniami súvisia s acidifikáciou, alkalizáciou a salinizáciou pôd, desertifikáciou pôd (variantný návrh riešenia), kontaminácie pôd, úbytku pôdnej organickej hmoty a prístupných živín, kompaktie a erózie pôd.

Na základe nami dosiahnutých výsledkov dochádza k viac alebo menej výrazným zmenám sledovaných parametrov vlastností pôd na orných pôdach oproti pôdam pod trvalými trávnyimi porastami.

Plošný prieskum kontaminácie poľnohospodárskych pôd bol v roku 2005 piatym (posledným) rokom III. cyklu, ktorý sa začal realizovať v roku 2001.

Zistené nadlimitné hodnoty v jednotlivých okresoch sú uvedené v priložených tabuľkách (viď. Subsystém PPKP).

Monitoring lesných pôd (LVÚ Zvolen) prechádza v súčasnosti v medzinárodnom meradle systémom organizačných zmien (prechod ICP Forest na Forest Focus), pričom sa pripravujú nové manuály pre ďalšie zabezpečovanie budúcich prác. Vzhľadom ku skutočnosti, že ani v roku 2005 neboli pre monitoring lesných pôd pridelené finančné prostriedky, neboli v tomto roku zabezpečované odborné, analytické ani hodnotiace práce, a preto v správe je uvedený len stručný odpočet činností (predovšetkým organizačných a metodických) za rok 2005.

## OBSAH

<b>ÚVOD</b> (J. Kobza)	7
<b>ROZHODUJÚCE TERMÍNY A AKTIVITY VYPLÝVAJÚCE Z RIEŠENIA ÚLOHY ČMS-P</b> (J. Kobza)	7
<b>ŠTRUKTÚRA A CIELE MONITORINGU PÔD PRE ROK 2005</b> (J. Kobza)	9
<b>VECNE PLNENIE A VÝSLEDKY RIEŠENIA</b> (J. Kobza)	11
<b>ČÚ 01: BUDOVANIE SYSTÉMU MONITORINGU PÔD SR PODĽA EURÓPSKEJ SMERNICE MONITORINGU PÔD A NÁVRH LEGISLATÍVNYCH DOKUMENTOV NA OCHRANU PÔDY</b> (J. Kobza)	15
<b>ČÚ 02: VÝVOJ PÔD A METÓDY JEHO HODNOTENIA</b> (J. Kobza, J. Makovníková, M. Medveď)	23
<b>ČÚ 03: ACIDIFIKÁCIA, ALKALIZÁCIA A DESERTIFIKÁCIA PÔD</b> (J. Makovníková, E. Fulajtár, M. Širáň)	49
<b>ČÚ 04: DIFÚZNA KONTAMINÁCIA PÔD</b> (J. Vojtáš)	77
<b>ČÚ 05: LOKÁLNA KONTAMINÁCIA PÔD</b> (J. Kobza, J. Vojtáš)	115
<b>ČÚ 06: HODNOTENIE VÝVOJA EKOLOGICKÝCH FUNKCIÍ PÔD</b> (J. Makovníková)	131
<b>ČÚ 07: HODNOTENIE VÝVOJA KVANTITATÍVNEHO A KVALITATÍVNEHO ZLOŽENIA HUMUSU</b> (G. Barančíková)	145
<b>ČÚ 08: HODNOTENIE VÝVOJA KOMPAKCIE PÔD</b> (M. Širáň)	169
<b>ČÚ 09: HODNOTENIE VÝVOJA ERÓZIE PÔD</b> (J. Styk)	181
<b>SUBSYSTÉM: PLOŠNÝ PRIESKUM KONTAMINÁCIE POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD</b> (ÚKSUP Bratislava)	199
<b>SUBSYSTÉM: MONITORING LESNÝCH PÔD</b> (LVÚ Zvolen)	221
<b>POROVNANIE DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV RIEŠENIA S PLÁNOVANÝMI CIEĽMI A SO SVETOVOU ÚROVŇOU</b> (J. Kobza)	225
<b>REALIZÁCIA VÝSLEDKOV RIEŠENIA</b> (J. Kobza)	225
<b>ODPOČET ČERPANIA FINANČNÝCH PROSTRIEDKOV ZA ROK 2005</b> (J. Kobza)	226
<b>ROZBOR NÁKLADOV, PRÍNOSOV A EKONOMICKÁ EFEKTÍVNOŠŤ RIEŠENIA</b> (J. Kobza)	226
<b>ZÁVER</b> (J. Kobza)	226



## ÚVOD

ČMS-Pôda bol aj v roku 2005 koordinovaný Výskumným ústavom pôdozvedectva a ochrany pôdy (VÚPOP Bratislava) a realizovaný podľa schváleného projektu ČMS-P (2000), ako aj schválenej koncepcie monitoringu životného prostredia ministrom životného prostredia (marec, 2005). Rok 2005 bol štvrtým rokom 3. monitorovacieho cyklu. V tomto roku pokračovali analytické práce pôdných vzoriek zo základnej monitorovacej siete (z odberového roku 3. cyklu – 2002). Celá monitorovacia sieť je rozdelená podľa pôdných typov a subtypov, ako aj kultúr využívania rozdelená do 24 základných skupín, z ktorých každý rok sa alikvótno analyzuje a vyhodnocuje 6 skupín pôd základnej siete (I. úroveň).

Každoročne je realizovaná užšia sieť tzv. kľúčových monitorovacích lokalít (II. úroveň), ktorá zahŕňa odbery pôdných a rastlinných vzoriek, ich analýzy a vyhodnotenie. Podľa jednotlivých sledovaných parametrov sú vyhodnocované aj v tejto správe v príslušných kapitolách podľa odborných okruhov.

Každoročne je tiež realizovaná špeciálna sieť lokalít pre sledovanie erózie a alkalizácie a salinizácie pôd, ako aj pre hodnotenie vývoja ekologických funkcií pôd z pohľadu ich zraniteľnosti (III. úroveň).

Zároveň sú v správe hodnotené dosiahnuté údaje z Plošného prieskumu kontaminácie poľnohospodárskych pôd (ÚKSUP Bratislava), v rámci monitoringu lesných pôd je predkladaný len odpočet činností za rok 2005 (LVÚ Zvolen), ktorý v súčasnosti prechádza určitými organizačnými zmenami v nadväznosti na transformáciu ICP Forest na Forest Focus. Tento subsystem nie je samostatne finančne zabezpečený (finančne je zabezpečovaný v rámci ČMS-lesy).

Priebežne sa zdokonaľuje informačný systém monitoringu životného prostredia, a teda aj časti pôda prostredníctvom SAŽP v Ban. Bystrici s možným prepojením na Európsku environmentálnu agentúru (EEA) so sídlom v Kodani.

## ROZHODUJÚCE TERMÍNY A AKTIVITY VYPLÝVAJÚCE Z RIEŠENIA ÚLOHY ČMS-PÔDA V ROKU 2005

- 25. 1. 2005 - oponentúra úlohy a správy ČMS-P za rok 2004 (VÚPOP Bratislava)
- 26. 1. 2005 - pracovná porada k plánu analýz na r. 2005
- 10. 2. 2005 - pracovná porada ku kontaminácii pôd (SAŽP – Ban. Bystrica)
- 1. 3. 2005 - koordinačná porada so spoluriešiteľským pracoviskom LVÚ Zvolen (VÚPOP - RP Ban. Bystrica)
- 16. 3. 2005 - koordinačná porada úlohy ČMS-P ohľadne informačného systému monitoringu životného prostredia (SAŽP Ban. Bystrica)
- marec, 2005 - ministrom ŽP schválená nová koncepcia aktualizácie a racionalizácie environmentálneho monitoringu
- 4. 4. 2005 - spracované a poslané podklady do Správy o stave životného prostredia (MŽP SR)

- 12. 4. 2005 - koordinačná porada k informačnému systému monitoringu životného prostredia (SAŽP Ban. Bystrica)
- 24. – 26. 5. 2005 - pracovné zasadnutie v Brne k monitoringu pôd Podunajských krajín
- 2. 6. 2005 - koordinačná porada ČMS-P v Bratislave
- 27. 6. 2005 - kontrolný deň na úlohe ČMS-P za účasti zástupcu MP SR  
(Ing. R. Szallayová)
- 28. – 29.7. 2005 - medzinárodná pracovná porada ku lokálnej kontaminácii pôd (SAŽP Ban. Bystrica)
- 30. 8. 2005 - vyplnené a poslané podklady k monitoringu pôd pre MŽP SR
- 22. 9. 2005 - aktívna účasť na pracovnom seminári „Monitoring životného prostredia SR“ (UEL Zvolen)
- 26. 9. 2005 - koordinačná porada ČMS v rezorte pôdohospodárstva (MŽP SR)
- 29. 9. 2005 - koordinačná porada so spoluriešiteľom ÚKSUP-u (ÚKSUP – Zvolen)
- 7. 11. 2005 - koordinačná porada na SAŽP v Bratislave
- 6.-7. 12. 2005 - koordinačná porada k monitoringu ŽP (MŽP SR) v Modre

V roku 2005 boli v rámci riešenej úlohy vypracované 2 výstupy, a to: „Hodnotenie stavu a trendov vývoja vlastností poľnohospodárskych pôd Slovenska z výsledkov monitoringu pôd SR“, ako podklad pre Vykonávací predpis Zákona č. 2209/2004 Z.z. Taktiež bol vypracovaný výstup v anglickom jazyku: „European soil monitoring and its implementation in conditions of Slovakia“. Priebežne je zabezpečovaná aktualizácia príslušných www stránok pri VÚPOP, ako aj v rezortoch MŽP SR a SAŽP, ako aj MP SR.



## ŠTRUKTÚRA MONITORINGU PÔD PRE ROK 2005

Monitoring pôd je z metodického a organizačného hľadiska realizovaný pomocou nasledovných subsystémov:

- Monitoring pôd v základnej sieti monitorovacích lokalít na poľnohospodárskych, lesných pôdach a pôdach nad hornou hranicou lesa (I. úroveň)
- Monitoring pôd v typických kľúčových lokalitách (II. úroveň)
- Monitoring pôd v špeciálnej sieti lokalít pre sledovanie salinizácie, alkalizácie a erózie pôd (III. úroveň)
- Plošný prieskum kontaminácie poľnohospodárskych pôd (PPKP)

## CIELE MONITORINGU PÔD PRE ROK 2005

Ciele monitoringu pôd vychádzajú z aktualizovaného a schváleného Projektu ČMS-P (2000), schválenej Konceptie monitoringu životného prostredia (marec, 2005), ako aj z uznesení koordinačných rád VÚPOP Bratislava, taktiež spoluriešiteľských pracovísk ÚKSUP-u v Bratislave a LVÚ vo Zvolene.

### *1. Terénne a odberové práce*

- odber pôdných a rastlinných vzoriek v sieti 18 kľúčových lokalít v rámci SR (na základe rozhodnutia koordinačnej rady zostávajúce 3 lokality – Chopok, Sitno, Donovaly, sa budú odberať v 5-ročných cykloch ako základná sieť, avšak podľa metódy odberu vzoriek kľúčových lokalít)
- odber pôdných vzoriek zo 2 nových transektov pre sledovanie erózie pôd tak, aby bol dodržaný 5-ročný pozorovací cyklus (jednotlivé transekty sa nebudú odberať každoročne, pretože zmeny sledovaných parametrov boli len minimálne a štatisticky nepreukazné)
- odber pôdných vzoriek na 8 vybraných monitorovacích lokalitách za účelom sledovania salinizácie a alkalizácie pôd
- odber pôdných a rastlinných vzoriek z 10-tich lokalít pre hodnotenie vývoja ekologických funkcií pôd z pohľadu ich zraniteľnosti

### *2. Analytické práce*

- analýzy z 3. cyklu základnej siete (z odberov v roku 2002)
- analýzy z kľúčových lokalít (z odberov v roku 2005)
- analýzy pôdných vzoriek pre sledovanie erózie pôd (špec. sieť, z odberov v roku 2005)
- analýzy pôdných vzoriek pre sledovanie alkalizácie a salinizácia pôd (špec. sieť, z odberov v roku 2005)

- analýzy pôdnych a rastlinných vzoriek pre hodnotenie vývoja ekologických funkcií pôd z pohľadu ich zraniteľnosti (špec. sieť z odberov v roku 2005)

### **3. Databáza ČMS-Pôda**

- aktualizácia databázy novým číselníkom pôd podľa nového Morfogenetického klasifikačného systému pôd Slovenska (2000)
- priebežné napĺňanie databázy nameranými údajmi z 3. cyklu monitorovania pôd
- postupné dobudovávanie a aktualizácia informačného systému monitoringu životného prostredia, priebežná aktualizácia www stránky monitoringu pôd na serveroch VÚPOP, MP SR, SAŽP
- tvorba výstupov pre MP SR, MŽP SR, SAŽP a podkladov do Správy o stave životného prostredia

### **4. Hodnotenie dosiahnutých výsledkov a tvorba výstupov**

- vypracovanie nových legislatívnych návrhov „Hodnotenie stavu a trendov vývoja vlastností poľnohospodárskych pôd Slovenska z výsledkov monitoringu pôd SR“ ako metodické usmernenie pre aplikáciu niektorých ustanovení Zákona č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskeho pôdneho fondu. Tiež vypracovanie informačného materiálu v angl. jazyku „European soil monitoring and its implementation in conditions of Slovakia“
- spracovanie podkladov z doterajších výsledkov monitoringu pôd SR pre Správu o stave životného prostredia
- spracovanie podkladov za ČMS-P pre novú koncepciu monitoringu životného prostredia, ktorá bola schválená ministrom životného prostredia v marci 2005
- vypracovanie priebežnej správy ČMS-Pôda za rok 2005-10-24 dielčie hodnotenie a prezentácia dosiahnutých výsledkov na viacerých odborných a vedeckých seminároch a konferenciách u nás i v zahraničí
- vypracovávanie podkladov pre zabezpečenie informačného toku získaných informácií smerom k EEA (Európska environmentálna agentúra) prostredníctvom SAŽP, ktorá je poverená koordináciou informačného systému monitoringu životného prostredia (pod gesciou MŽP SR)

### **SPÔSOB RIEŠENIA**

1. Budovanie systému monitoringu pôd SR podľa Európskej smernice monitoringu pôd a návrh legislatívnych dokumentov na ochranu pôdy (Kobza)
2. Vývoj pôd a metódy jeho hodnotenia (Kobza, Makovníková)
3. Acidifikácia, alkalizácia, a desertifikácia pôd (Makovníková, Fulajtár st., Širáň)
4. Difúzna kontaminácia pôdy (Vojtáš)

5. Lokálna kontaminácia pôd (Kobza)
6. Hodnotenie vývoja ekologických funkcií pôd z pohľadu ich zraniteľnosti (Makovníková)
7. Hodnotenie vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia humusu (Barančíková)
8. Hodnotenie vývoja kompaktie pôd (Širáň)
9. Hodnotenie vývoja vodnej erózie pôd (Styk)

## VECNE PLNENIE A VÝSLEDKY RIEŠENIA

Sledované parametre v oblasti prevádzky ČMS-P v roku 2005 v rámci VÚPOP Bratislava:

- odber pôdnych vzoriek na chem. rozbor v sieti kľúčových lokalít:	90 vzoriek
- odber pôdnych vzoriek na základný fyz. rozbor v sieti kľúčových lokalít:	120 vzoriek
- odber rastlinných vzoriek v sieti kľúčových lokalít:	18 vzoriek
- odber pôdnych vzoriek na chem. rozbor pre sledovanie erózie pôd:	25 vzoriek
- odber pôdnych vzoriek na zákl. fyz. rozbor pre sledovanie erózie pôd:	20 vzoriek
- odber pôdnych vzoriek pre sledovanie salinizácie pôd:	32 vzoriek
- odber pôdnych vzoriek na chem. rozbor pre hodnotenie vývoja ekolog. funkcií pôd:	10 vzoriek
- odber rastl. vzoriek pre hodnotenie vývoja ekolog. funkcií pôd:	10 vzoriek
Spolu: Počet pôdnych vzoriek na chem. rozbor:	157
Počet pôdnych vzoriek na fyz. rozbor:	140
Počet rastlinných vzoriek (ťažké kovy):	28

## Sumarizácia analýz v roku 2005

### SPU Nitra – Katedra pedológie a geológie

<b>analýza</b>	<b>počet</b>
252	
C HK	252
Q 4/6 HL	252
Q 4/6 HK	252
pH/H <sub>2</sub> O	810
pH/1 M KCl	774
pH/0,2 M KCl	855
pH/CaCl <sub>2</sub>	894
Cox	963
<b>Spolu:</b>	<b>5 304</b>

### SPU Nitra – Katedra agrochémie a výživy rastlín

<b>analýza</b>	<b>počet</b>
Nt	286
P (Égner)	300
K (Schachtschabel)	300
P (Mehlich II.)	194
K (Mehlich II.)	194
Mg (Mehlich II.)	194
<b>Spolu:</b>	<b>1468</b>

### VÚJE – Jaslovské Bohunice

<b>analýza</b>	<b>počet</b>
<sup>137</sup> Cs	35

## VUPOP Bratislava (Rožňavská)

Rozklady	Lúčavka kráľovská	151	
	2M HNO <sub>3</sub>	556	
	2M HCl	394	
	DTPA	128	
	1M NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	60	
Organika	PCB	6	
	PAH	6	
	NEL	33	
Ťažké kovy	As	671	
	Cd	814	
	Co	211	
	Cr	635	
	Cu	745	
	Fe	18	
	Mn	128	
	Ni	822	
	Pb	825	
	Zn	798	
	Hg	501	
		pH (H <sub>2</sub> O)	90
		pH (KCl)	133
	pH (CaCl <sub>2</sub> )	90	
	pH vodný výluh	94	
	Zrnitosť	25	
	Valčeky	792	
	Al Sokolov	88	

Cox	214
Hydrolytická kys.	18
Ntot.	18
P	53
F <sup>-</sup>	5
CEC výluh	207
K <sup>+</sup>	428
Na <sup>+</sup>	455
Ca <sup>2+</sup>	483
Mg <sup>2+</sup>	483
CaCO <sub>3</sub>	20
Vodné výluhy	142
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	83
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	83
Cl <sup>-</sup>	160
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	100
Odparok	149
Pasty	74
EC	94
Výživový zvyšok	20
<b>Spolu</b>	<b>12103</b>

**Uvedené počty analýz sú k 30.11.2005.**

**ČÚ 01**

**BUDOVANIE SYSTÉMU MONITORINGU PÔD SR PODĽA EURÓPSKEJ  
SMERNICE MONITORINGU PÔD A NÁVRH LEGISLATÍVNYCH DOKUMENTOV  
NA OCHRANU PÔDY**

**Zodpovedný riešiteľ:** doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.





## SÚČASNÝ STAV EURÓPSKEJ PÔDNEJ POLITIKY V SÚVISLOSTI S MONITORINGOM A STRATÉGIOU OCHRANY PÔDY A ICH IMPLEMENTÁCIU PRI OCHRANE A VYUŽÍVANÍ PÔDY V SR

Koncepcia európskej pôdnej politiky a stratégií ochrany pôdy a jej trvalo udržateľného využitia bola zakotvená v návrhu Európskej komisie (EK) na 6. Environmentálnom akčnom programe, ktorý bol prijatý Európskou radou a Európskym parlamentom dňa 22. júla 2002. Jedná sa o 7 základných stratégií pre nasledovné oblasti:

- pôda
- moria a oceány
- ovzdušie
- pesticídy
- zastavané územia
- odpady
- prírodné zdroje

Pôda – konkrétnejšie pôdny pokryv zohráva ako jedna zo základných zložiek životného prostredia významnú úlohu najmenej z dvoch hľadísk – a to zohľadnením jej produkčných i mimoprodukčných (ekologických) funkcií. Je to výrazný krajínovotvorný prvok s obrovským regulačným a detoxikačným potenciálom. Je teda spoločným záujmom, akým smerom sa pôdy uberajú. Sledovanie aktuálneho vývoja pôd sa uskutočňuje prostredníctvom jednotného systému monitorovania pôd.

Jednou z iniciatív Európskej stratégie pre výkon monitoringu pôd je aj stimulácia národných stratégií ochrany pôdy a ich hodnotenia. Európska komisia sa tak zaväzuje ustanoviť priblíženie takeého pôdneho monitorovacieho procesu, ktorý by lepšie pomohol manažovať aktivity na pôde, lepšie chrániť pôdu a jej funkcie transparentným spôsobom v rámci celého európskeho spoločenstva.

Európska stratégia pre výkon monitoringu pôd je zahrnutá v nasledovných hlavných bodoch:

- Monitoring pôd je chápaný ako integrovaná časť monitoringu životného prostredia
- Pre každú z uvedených reálnych hrozieb sú identifikované konkrétne parametre a indikátory pre potrebu ich monitorovania
- Bude vypracovaný program meraných základných pôdnych parametrov každej monitorovacej lokality, ktoré budú súčasťou európskej pôdnej monitorovacej siete s možnosťou prepojenia na existujúce údaje o pôdach vo vzťahu k európskej pôdnej mape v M 1: 1 000 000
- Existujúce národné údaje budú harmonizované do takej miery, ako to bude len možné
- Taktiež bude nevyhnutné harmonizovať všetky budúce aktivity (popis pôdneho profilu a lokality, odber pôdnych vzoriek, analytické metódy a pod.)
- Súčasťou tejto iniciatívy bude aj stimulácia národných stratégií ochrany pôdy a ich hodnotenia

- Dôležitým krokom bude tiež vytvorenie základnej (štartovacej) databázy nevyhnutnej pre celkové hodnotenie pôd európskeho spoločenstva

Na začiatku roka 2005 vyšla európska publikácia k monitoringu pôd pod tématickou stratégiou ochrany pôdy (Van-Camp. L. et al., 2004), na ktorej vypracovaní sa podieľal aj Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy v Bratislave. Jednotlivé doporučované parametre a indikátory sú tu uvedené podľa konkrétnych ohrození:

- erózia pôdy
- kontaminácia pôdy
- zastavaná pôda
- pôdna organická hmota a biodiverzita
- záplavy a zosuvy
- salinizácia a sodifikácia

Niektoré sú súčasťou iných ČMS (napr. ČMS – geologické faktory – záplavy a zosuvy).

Ide v podstate o prvý európsky dokument v rámci európskej pôdnej politiky, ktorý sa dotýka vyslovene len pôdy. Ten bol v podstate aj východným materiálom pri príprave novej koncepcie monitoringu životného prostredia v SR.

## **KONCEPCIA AKTUALIZÁCIE A RACIONALIZÁCIE ENVIRONMENTÁLNEHO MONITORINGU SR**

V rámci Koncepcie dobudovania komplexného monitorovacieho a informačného systému životného prostredia boli vypracované projekty na dobudovanie jednotlivých čiastkových monitorovacích systémov (ČMS). Projekty boli vypracované už s predpokladom očakávaných nových záväzkov spojených s členstvom v EÚ. V súvislosti so zapojením SR do európskych štruktúr, je potrebné získavať a poskytovať informácie o životnom prostredí v rozsahu a štruktúre danej v krajinách EÚ. Súčasný stav jednotlivých ČMS je charakterizovaný jasnou organizačnou štruktúrou, definovaným základným monitoringom, optimalizovanou monitorovacou sieťou. Neustále prebieha implementácia EÚ legislatívy, resp. realizácia a naplnenie jej cieľov na národnej úrovni (hlavne tvorba koncepčných a strategických dokumentov). Preto je nutné celý systém považovať za otvorený systém, ktorý musí pružne reagovať na podnety a zmeny.

V tejto súvislosti boli v roku 2005 realizované nasledovné úlohy:

- aktualizácia všetkých ČMS, vrátane prehodnotenia ich výstupov (charakteristík/ukazovateľov/znakov)
- odsúhlasenie návrhov úprav (zmien a doplnkov)
- jednotlivé ČMS boli aktualizované na základe materiálov vypracovaných jednotlivými vedúcimi ČMS a ich gestorujúcou organizáciou. Úlohou bolo špecifikovať (charakteristiky/ukazovatele/znaky) pre jednotlivé ČMS, EÚ a SR legislatívu, finančné podmienky zabezpečenia ČMS
- zabezpečovanie informácií z monitorovania celej environmentálnej situácie v SR a ich následné vyhodnocovanie a poskytovanie pre prax

Čo sa týka ČMS-Pôda, sú sledované dôležité pôdne parametre v súlade s odporúčaním Európskej komisie pre výkon monitoringu pôd v členských krajinách EÚ. Jedná sa o monitorovanie tých dôležitých parametrov pôdy, ktoré súvisia s konkrétnymi ohrozeniami pôdy, ako je kontaminácia pôdy, acidifikácia pôdy, alkalizácia a salinizácia pôdy, vývoj kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia humusu a obsahu prístupných živín, ako aj fyzikálna degradácia pôdy – utlačanie a erózia pôdy. Nový rozmer nadobúda sledovanie desertifikácie pôd, čo vyplýva priamo z Konvencie o desertifikácii (1994). Túto problematiku sme zaradili do riešenia v roku 2005, ako aj problematiku lokálnej kontaminácie pôd. Dochádza teda k postupnému zosúladovaniu metodických postupov predovšetkým vo vzťahu k návrhu Európskej komisie k monitoringu pôd na európskej úrovni, ako aj k OECD, GEMS, UNEP, TUR a ďalšími aktivitami. Tiež s ukazovateľmi, ktorých sledovanie určujú medzinárodné dohovory s environmentálnym zameraním, ako aj s ukazovateľmi, ktorých sledovanie určujú zákony v systéme environmentálneho práva SR, taktiež s ukazovateľmi potrebnými pre zabezpečenie komplexného integrovaného manažmentu krajiny.

Subsystemami koncepcie ČMS-Pôda je aj plošný prieskum kontaminácie poľnohospodárskych pôd, ktorý zabezpečuje ÚKSUP Bratislava a monitoring lesných pôd, ktorý zabezpečuje LVÚ Zvolen a ktorý prechádza v súčasnosti organizačnými zmenami v rámci prechodu ICP Forest na Forest Focus.

V rámci budovania a podpory legislatívy na ochranu a využívanie pôd SR, v roku 2005 boli vypracované výstupy ako metodické usmernenie pre výkon Zákona č. 220/2004 o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy pod názvom „Hodnotenie stavu a trendov vývoja vlastností poľnohospodárskych pôd Slovenska z výsledkov monitoringu pôd SR“. Predpokladaný výstup sústreďuje pozornosť na rozhodujúce degradačné procesy poľnohospodárskej pôdy SR, ktorými sú acidifikácia, erózia, kompakcia (zhutňovanie), úbytok obsahu a znižovanie kvality pôdnej organickej hmoty, ako aj znečisťovanie pôdy rizikovými látkami so zameraním na opatrenia pre elimináciu týchto procesov a ochranu pôd. Získané poznatky (z monitoringu pôd), a z nich odvíjajúce sa doporučenia využíva Pôdna služba pre návrh preventívnych a regulačných opatrení.

V rámci preventívnych, resp. regulačných opatrení treba pozornosť sústreďovať predovšetkým na rešpektovanie zásad správnej poľnohospodárskej praxe a zabezpečeniu 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). Predložený materiál predkladá konkrétne regulačné opatrenia smerujúce k dodržaniu princípov a zákonov na ochranu poľnohospodárskej pôdy. Je sprievodcom na ceste k citlivému vzťahu k pôde, jej ochrane a zachovaniu jej funkcií.

Zistené poznatky sú podkladom pre výkon Pôdnej služby a dôsledný výkon legislatívy v oblasti ochrany a využívania pôdy už spomínaného Zákona č. 220/2004 Z.z. (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.

Vypracovaný materiál bude ďalej slúžiť ako podklad k niektorým pripravovaným zákonom, ako napr. Zákon o lokálnej kontaminácii pôd, ktorý by mal nadobudnúť účinnosť od 1.1.2006 a taktiež Zákon o environmentálnej zodpovednosti pri prevencii a odstraňovaní environmentálnych škôd, ktorý by mal nadobudnúť účinnosť 1.4.2007.

Jedným z preventívnych opatrení je 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.

Ďalší pripravený výstup je informačného charakteru a dotýka sa implementácie európskeho monitoringu pôd v podmienkach Slovenska, ako aj toku dôležitých informácií o pôdach Slovenska smerom k EEA (Európska environmentálna agentúra). Práve pre roky 2005 – 2008 je jedna z priorít EEA práve ochrana pôdy, ktorou sa bude potrebné naďalej zaoberať nielen po stránke získavania nových informácií, ale aj po stránke legislatívnej.

## **PRÍPRAVA NOVEJ ENVIRONMENTÁLNEJ LEGISLATÍVY**

V tejto časti treba spomenúť prípravy na novom zákone o lokálnej kontaminácii pôd, ktorý by mal nadobudnúť účinnosť od 1.1.2006. Uvedený odborný okruh patrí medzi priority pri získavaní environmentálnych informácií (EEA) pre nasledovné obdobie. Preto sme zaradili, resp. vyčlenili túto problematiku v rámci kontaminácie pôd ako špecifický okruh problémov (ČÚ 05) pre riešenie v roku 2005.

V termínoch 10.2. a 28. – 29.7.2005 sa uskutočnili na pôde SAŽP v Bratislave a v Banskej Bystrici medzinárodné pracovné semináre k problematike lokálnej kontaminácie pôd. Ako členovi Národného referenčného centra pre pôdu (NRC) mi boli zaslané viaceré odborné materiály na ich posúdenie a pripomienkovanie. Námety a výsledky by sa mali premietnúť aj pri tvorbe pripravovaného už spomínaného zákona vrátane tvorby registra lokálnej kontaminácie pôd (gestor je SAŽP v Ban. Bystrici).

Druhým pripravovaným environmentálnym zákonom je zákon o environmentálnej zodpovednosti pri prevencii a odstraňovaní environmentálnych škôd (gestor SAŽP Trnava), ktorý by mal nadobudnúť účinnosť od 1.4.2007. Vychádzať by sa malo zo Smernice európskeho parlamentu a Rady 2004/35/ES z 21. apríla 2004. Účelom tejto smernice je vytvoriť rámec environmentálnej zodpovednosti za prevenciu a odstraňovanie environmentálnych škôd založenej na zásade „znečisťovateľ platí“.

V súvislosti s environmentálnou zodpovednosťou a odstraňovania škôd na pôde je zámerom našej pripravovanej legislatívy prijať potrebné opatrenia aspoň na zabezpečenie tak, aby sa príslušné znečisťujúce látky odstránili, kontrolovali a zabránilo sa tak ich šíreniu alebo sa znížilo ich množstvo tak, aby kontaminovaná pôda, berúc do úvahy jej súčasné použitie alebo jej budúce použitie schválené v čase, kedy ku škode došlo, už nepredstavuje žiadne závažné riziko nepriaznivého účinku na zdravie ľudí.

V pripravovanom zákone bude uvedený aj zoznam konkrétnych prípadov environmentálnych škôd a konkrétnych prípadoch zodpovednosti podľa tejto smernice s nasledujúcimi informáciami a údajmi pri každom konkrétnom prípade:

- typ environmentálnej škody, dátum vzniku a /alebo zistenia škody a dátum, kedy sa začalo konanie podľa tejto smernice
- klasifikačný kód činnosti zodpovednej právnickej osoby (osôb)\*
- informácie či zodpovedné strany alebo spôsobilé subjekty využili súdne preskúmanie
- výsledok procesu nápravy
- dátum skončenia konania

\* Môže sa použiť kód NACE (nariadenie Rady EEC 3037/90 z 9. októbra 1990 o štatistickej klasifikácii hospodárskych činností v Európskom spoločenstve (Ú.v. ES L 293, 24.10.1990, s.1).

## **MEDZINÁRODNÉ AKTIVITY V RÁMCI BUDOVANIA MONITORINGU**

V dňoch 24. – 26.5.2005 sa uskutočnilo v Brne pracovné rokovanie v rámci budovania monitoringu v sieti Podunajských krajín. Jednalo sa o účasť pri zabezpečovaní úlohy vyplývajúcej z medzinárodných záväzkov a dohôd SR (Arge Donau Länder). Boli prezentované jednotlivé monitorovacie systémy v zúčastnených krajinách, pričom bolo poukázané na značnú heterogenitu prezentovaných systémov medzi jednotlivými krajinami.

Pre budúce stretnutie bol dohodnutý konkrétny metodický postup v rámci kompatibility monitorovacích systémov a ich prezentáciu na ďalšom rokovaní v roku 2006.



**ČÚ 02**

**VÝVOJ PÔD A METÓDY JEHO HODNOTENIA**

**Zodpovedný riešiteľ:** doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.  
RNDr. Jarmila Makovníková, CSc.  
Ing. Miroslav Medveď, CSc.





## ÚVOD

Realizácia komplexného monitoringu pôd bola v roku 2005 v súlade so schválenou Koncepciou monitoringu životného prostredia (marec, 2005) ako aj s návrhom Európskej komisie pre monitoring pôd. Jednotlivé dôležité parametre pôdy boli v roku 2005 sledované podľa konkrétnych ohrození, ako je kontaminácia pôd, erózia a kompakcia (utlačanie) pôd, acidifikácia a alkalizácia pôd, vývoj kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia humusu a obsahu prístupných živín (P, K, Mg), pričom v roku 2005 sme do riešenia zahrnuli zatiaľ len v metodologickej polohe aj problém desertifikácie pôd.

## CIELE A SPÔSOB RIEŠENIA

V tejto časti hodnotíme aktuálny stav a vývoj tých vlastností pôd, ktoré nie sú predmetom riešenia ostatných čiastkových úloh, a to je predovšetkým obsah prístupných živín P (Egner), K (Schacht.), a P,K,Mg (Mehlich II.). Tiež sme sa pokúsili o modelovanie vývoja pôdných indikátorov a vyjadrenie určitej súvzťažnosti niektorých dôležitých parametrov, a to v priestore a čase v niektorých pôdach Slovenska.

Rok 2005 bol štvrtým rokom 3. cyklu monitorovania pôd SR. V tomto roku bola analyzovaná a vyhodnotená alikvótna časť základnej monitorovacej siete (I. úroveň) v nasledovných skupinách pôd:

- kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši (TTP)
- kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši (OP)
- kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach (TTP)
- rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové (TTP)
- čiernice na karbonátových fluvialných sedimentoch (OP)
- čiernice na nekarbonátových fluvialných sedimentoch (OP)

Súčasne boli analyzované pôdne vzorky z kľúčových monitorovacích lokalít (II. úroveň) z odberov v roku 2005, avšak v správe sú hodnotené len tie, ktoré prislúchajú k uvedeným pôdnym skupinám základnej monitorovacej siete. Tiež boli analyzované pôdne vzorky zo špec. siete lokalít (erózia pôd, alkalizácia a salinizácia pôd) z odberov v roku 2005, ktoré sú hodnotené v tejto správe (III. úroveň).

Boli použité jednotné analytické postupy pre monitoring pôd (Fiala a kol., 1999). Získané výsledky boli hodnotené v hĺbke 0-10 cm, 20-30 cm a 35-45 cm (TTP) a 0-10 cm a 35-45 cm (OP).

## DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

### 1. Obsah prístupných živín (P, K, Mg) v základnej monitorovacej sieti hodnotených pôd a ich doterajší vývoj

V tejto časti hodnotíme súčasný stav prístupných živín (P,K,Mg) ako aj ich doterajší vývoj vo vybraných pôdach SR. Obsah prístupných živín bol v roku 2005 analyzovaný a hodnotený len v ornici poľnohospodárskych, pretože ich doterajší vývoj v hlbších častiach pôdneho profilu bol prevažne štatisticky nepreukazný, pričom bolo zohľadnené aj ekonomické stanovisko a efektívnosť sledovania, čo je v súlade i s novou schválenou Koncepciou monitoringu životného prostredia (marec, 2005).

Obsah prístupných živín bol hodnotený jednak podľa pôvodne zaužívaných analytických metód (P podľa Egnera a K podľa Schachtschabela) zo stredu geodeticky zameranej monitorovacej lokality ako aj podľa Mehlicha II. zo zmesnej vzorky monitorovacej lokality, ktorá pozostáva zmiešaním 5-tich separátnych vzoriek z plochy monitorovacej lokality (314 m<sup>2</sup>).

#### 1.1. Fosfor

V tab. 1 je uvedený obsah prístupného fosforu (stanoveného podľa Egnera) v ornici, resp. A horizonte (v hĺbke 0-10 cm) hodnotených pôd základnej monitorovacej siete v roku 2005.

**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> )			
			X <sub>min.</sub>	X <sub>max</sub>	R	X
1	KM, KMg na flyši	TTP	3,0	75,0	72,0	19,2
2	KM , KMg na flyši	OP	8,0	100,0	92,0	40,9
3	KM na kyslých substrátoch	TTP	6,0	83,0	77,0	23,2
4	RA, PR	TTP	3,0	101,0	98,0	28,4
5	ČA na karb. fluv. sed.	OP	10,0	122,0	112,0	32,5
6	ČA na nekarb. fluv. sed.	OP	28,0	226,0	198,0	90,9

Vysvetlivky: KM – kambizem, RA – rendzina, PR – pararendzina, ČA – čiernica, TTP – trvalý trávny porast, OP – orná pôda, X<sub>min.</sub> – minimálna hodnota, X<sub>max.</sub> – maximálna hodnota, X – aritmetický priemer, R – variačné rozpätie

Obsah prístupného fosforu (podľa Egnera) v hodnotených pôdach (Tab. 1) je pod trvalými trávnyimi porastami podľa kritérií ÚKSUP-u malý až stredný, na orných pôdach stredný až vysoký, čo je dôsledok fosforečného hnojenia najmä na orných pôdach, hlavne však v minulosti. Získané údaje sú hlavne na orných pôdach značne variabilné, o čom svedčí aj širšie variačné rozpätie (R=92–198) oproti pôdam pod trvalými trávnyimi porastami (nerovnomernosť P-hnojenia).

Pre porovnanie uvádzame aj obsah prístupného fosforu (podľa Mehlicha II.) v tých istých pôdach (Tab. 2), avšak v zmesných vzorkách.

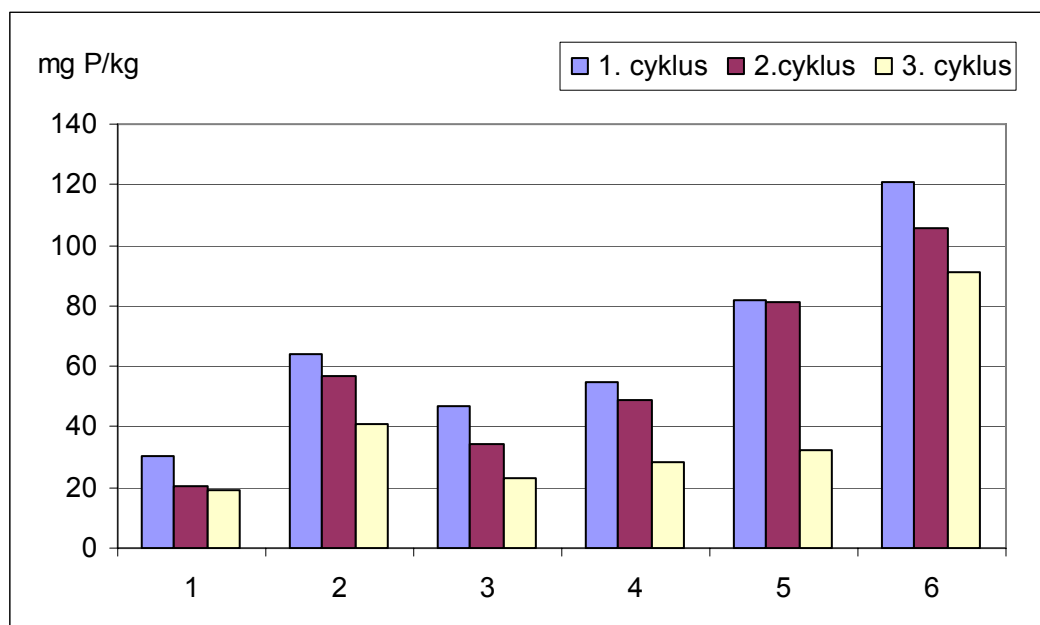
**Tab. 2** Obsah prístupného fosforu (Mehlich II.) v zmesných vzorkách ornice vybraných pôd 3. cyklu monitorovania pôd

P.č.	Pôdy	Kultúra	P (mg.kg <sup>-1</sup> )			
			Xmin	Xmax	R	X
1	KM, KMg na flyši	TTP	3,0	83,7	80,7	29,9
2	KM, KMg na flyši	OP	7,5	72,5	65,0	41,3
3	KM na kyslých substrátoch	TTP	16,3	130,0	113,7	46,0
4	RA, PR	TTP	5,0	140,0	135,0	41,2
5	ČA na karb. fluv. sed.	OP	13,7	162,5	148,8	50,6
6	ČA na nekarb. fluv. sed.	OP	10,0	365,0	355,0	105,9

Obsah prístupného fosforu (podľa Mehlicha II.) je v ornici hodnotených pôd prevažne malý až stredný, na čierniciach až vysoký. Malý obsah prevláda na pôdach pod trvalými trávnyimi porastami, stredný až vysoký obsah bol zistený na orných pôdach (vplyv P-hnojenia). Celkovo však hodnoty prístupného fosforu podľa Mehlicha II. sú vyššie ako hodnoty stanovené podľa Egnera. Metóda podľa Mehlicha II. je vhodná pre všetky minerálne i organické pôdy a výsledky stanovení majú korelačný vzťah k predchádzajúcim metódam. Určité odchýlky v porovnaní s údajmi v tab. 1 spôsobuje spôsob odberu pôdnych vzoriek, v tomto prípade (tab. 2) sa jedná o zmesné vzorky z monitorovacej plochy (314 m<sup>2</sup>), čím je viac zvýraznená variabilita z jednotlivých odberov. To vidieť aj z variačného rozpätia (R=65 – 355), ktoré je širšie, ako pri jednorázovom odbere zo stredu monitorovacej plochy.

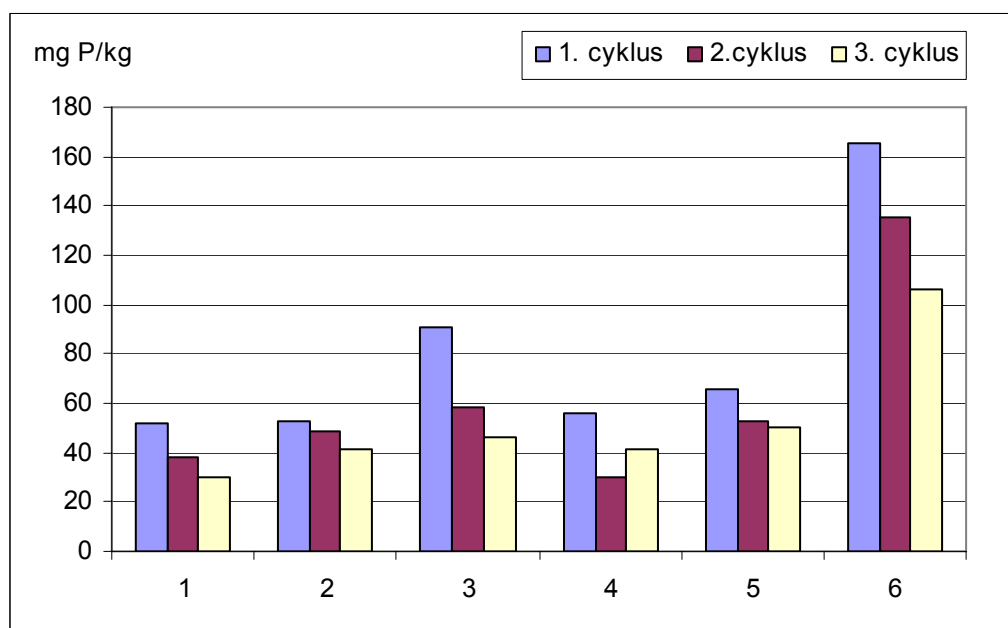
Zaujímavé je v tomto smere i porovnanie doterajšieho vývoja obsahu prístupného fosforu stanoveného podľa Egnera zo stredu monitorovacích lokalít (Obr. 1) ako aj vývoja obsahu prístupného fosforu stanoveného podľa Mehlicha II. v zmesných vzorkách z plochy monitorovacej lokality (Obr. 2). Označenie na osi x (1-6) je ako v tabuľkách 1-2.

**Obr. 1** Vývoj obsahu prístupného fosforu (Egner) v ornici sledovaných pôd



Trend doterajšieho vývoja obsahu prístupného fosforu (obr. 1) prebieha v smere jeho poklesu, a to na všetkých hodnotených pôdach. Podobné výsledky sme dosiahli i pri obsahu prístupného fosforu podľa Mehlicha II. (obr. 2), i keď získané výsledky sú variabilnejšie už z uvedených dôvodov priestorovej legislatívy, ktorá sa viac prejavuje na zmesných vzorkách.

**Obr. 2** Vývoj obsahu prístupného fosforu (Mehlich II.) v ornici sledovaných pôd



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 poľnohospodárskej pôde 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.

## 1.2. Draslík

Obsah prístupného draslíka (podľa Schachtschabela) v ornici hodnotených pôd je uvedený v tab. 3.

**Tab. 3** Zastúpenie 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	KM, KMg na flyši	TTP	65,0	295,0	230,0	147,1
2	KM, KMg na flyši	OP	120,0	310,0	190,0	187,0
3	KM na kyslých substrátoch	TTP	70,0	420,0	350,0	159,5
4	RA, PR	TTP	90,0	338,0	248,0	166,5
5	ČA na karb. fluv. sed.	OP	90,0	390,0	300,0	202,6
6	ČA na nekarb. fluv. sed.	OP	90,0	800,0	710,0	274,3

Súčasný stav obsahu prístupného draslíka (podľa Schachtschabela) v ornici hodnotených pôd sa pohybuje prevažne v rozpätí strednej až dobrej zásobenosti, pri niektorých čierniciach až v oblasti vysokej zásobenosti. Podobné výsledky sme dosiahli i pri obsahu prístupného draslíka podľa Mehlicha II. uvedené v tab. 4.

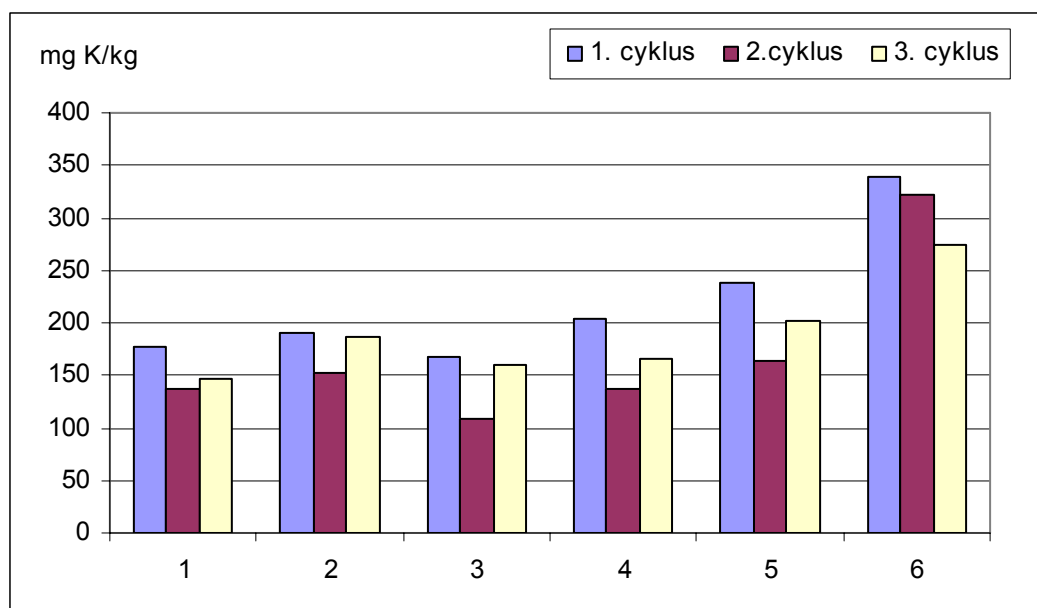
**Tab. 4** Obsah prístupného draslíka (Mehlich II.) v zmesných vzorkách ornice vybraných pôd 3. cyklu monitorovania pôd

P.č.	Pôdy	Kultúra	K (mg.kg <sup>-1</sup> )			
			Xmin	Xmax	R	X
1	KM, KMg na flyši	TTP	85,0	360,0	275,0	189,5
2	KM , KMg na flyši	OP	160,0	365,0	205,0	272,0
3	KM na kyslých substrátoch	TTP	100,5	600,5	500,0	330,2
4	RA, PR	TTP	145,0	385,0	240,0	252,5
5	ČA na karb. fluv. sed.	OP	97,5	477,5	380,0	226,5
6	ČA na nekarb. fluv. sed.	OP	220,0	690,0	470,0	431,8

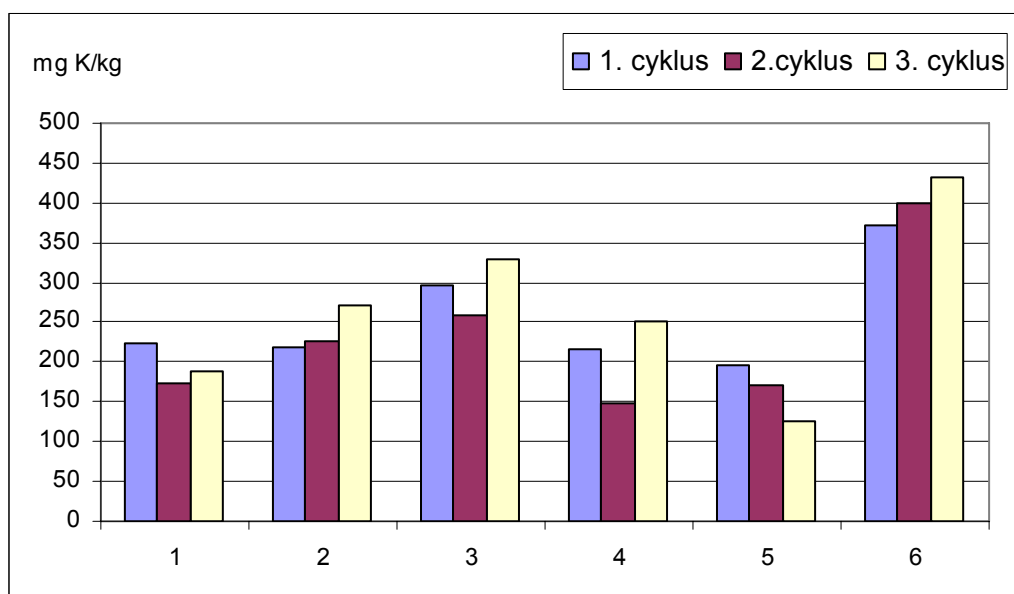
Potvrdila sa celkovo lepšia zásobenosť hodnotených pôd draslíkom oproti fosforu, čo vyplýva zo skutočnosti, že naše pôdy sú prirodzene lepšie zásobené draslíkom ako fosforom (prísun draslíka do pôdy zvetrávaním hornín a minerálov, kde je tento prvok často zabudovaný a v ktorých je i potenciálne prístupný – sludy – najmä biotit, živce, pyroxény, amfiboly a ďalšie).

Doterajší vývoj obsahu prístupného draslíka je o niečo variabilnejší oproti fosforu čo zdôrazňuje aj ÚKSUP (2000), a čo pramení jednak z jeho rozdielnych minerálnych zdrojov ako aj rozdielnej úrovne hnojenia.

**Obr. 3** Vývoj obsahu prístupného draslíka (Schacht.) v ornici sledovaných pôd



**Obr. 4** Vývoj obsahu prístupného draslíka (Mehlich II.) v ornici sledovaných pôd



Prevažne zvýšenie obsahu prístupného draslíka v 3. cykle oproti 2. cyklu sme zistili obidvoma metódami (podľa Schachtschabela i podľa Mehlicha II.), ako aj pri rôznom spôsobe odberu vzoriek. Toto zvýšenie môže byť spôsobené zvýšenou úrovňou draselného hnojenia v poslednom období. Obsahy prístupného draslíka v hodnotených pôdach sa blížia k úrovni na začiatku monitorovania pôd v SR, t.j. na začiatok 90-tych rokov minulého storočia.

### 1.3. Horčík

Súčasný obsah prístupného horčíka v ornici hodnotených pôd Slovenska je uvedený v tab. 5.

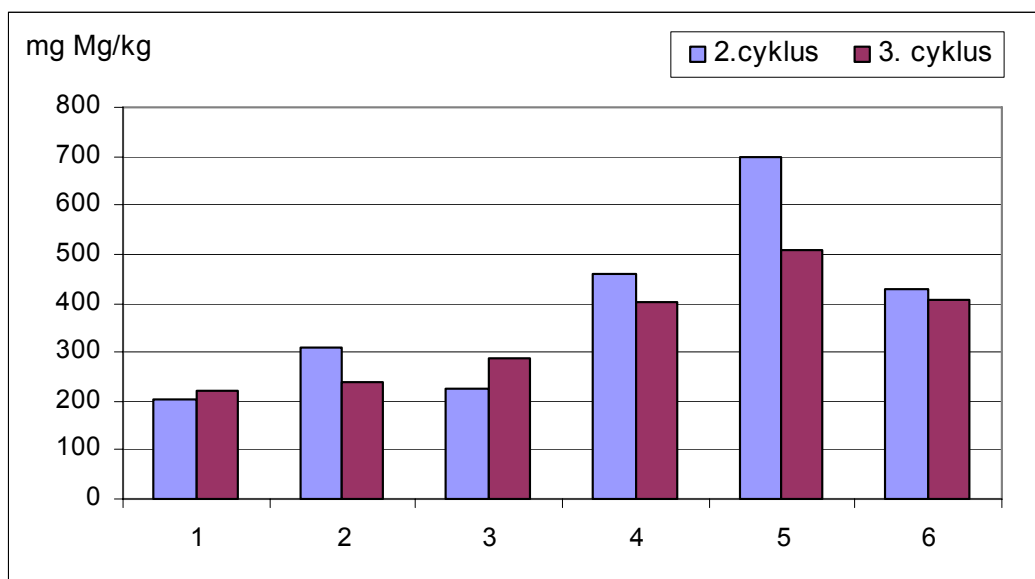
**Tab. 5** Obsah prístupného horčíka (Mehlich II.) v zmesných vzorkách ornice vybraných pôd 3. cyklu monitorovania pôd

P.č.	Pôdy	Kultúra	Mg (mg.kg <sup>-1</sup> )			
			Xmin	Xmax	R	X
1	KM, KMg na flyši	TTP	80,0	500,0	420,0	219,4
2	KM, KMg na flyši	OP	280,0	365,0	85,0	238,0
3	KM na kyslých substrátoch	TTP	45,0	540,0	495,0	288,0
4	RA, PR	TTP	115,0	1055,0	940,0	402,0
5	ČA na karb. fluv. sed.	OP	115,0	1780,0	1665,0	510,4
6	ČA na nekarb. fluv. sed.	OP	245,0	810,0	565,0	408,6

Na základe dosiahnutých výsledkov v tab. 5 možno konštatovať, že priemerný obsah prístupného horčíka je podľa ÚKSUP-u (1993) v hodnotených pôdach vysoký, čo len potvrdzuje naše konštatovanie aj predchádzajúcich hodnotení, že naše pôdy sú dobre zásobené týmto prvkom aj bez dodávania tohto prvku do pôdy (napr. pri vápnení dolomitickým vápencom). Namerané hodnoty sú však v jednotlivých pôdach značne variabilné (R=85 – 1665).

Podobná variabilita tohto prvku je zreteľná aj v čase (obr. 5).

**Obr. 5** Vývoj obsahu prístupného horčíka (Mehlich II.) v ornici sledovaných pôd



Vývoj obsahu prístupného horčíka je znázornený len od 2. cyklu (v 1. cykle na začiatku monitorovania pôd nebol sledovaný). I keď tu sú hodnoty variabilné, prevažne zisťujeme určitý optický pokles tohto prvku v hodnotených pôdach, čo však ide skôr na vrub značnej variability tohto prvku ako v priestore, tak aj v čase a nie v dôsledku zníženia inputu tohto prvku do pôdy, pretože k poklesu došlo aj na karbonátových pôdach (ktoré sa ani v minulosti nevápnilo ani nepoužívali dolomitické vápence –  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ). V každom prípade, namerané údaje prístupného horčíka determinujú jeho vysokú zásobenosť v hodnotených pôdach, pričom možno konštatovať, že tento prvok nie je limitujúcim prvkom našich pôd z pohľadu ich úrodnosti, čo sme konštatovali v predchádzajúcich správach. K podobnému konštatovaniu dospel aj ÚKSUP (2000), ktorý uvádza, že väčšina poľnohospodárskych pôd SR je dostatočne zásobená horčíkom, a to vďaka prirodzeným zásobám tejto živiny v pôdotvorných substrátoch Karpatského oblúka a Podunajskej nížiny.

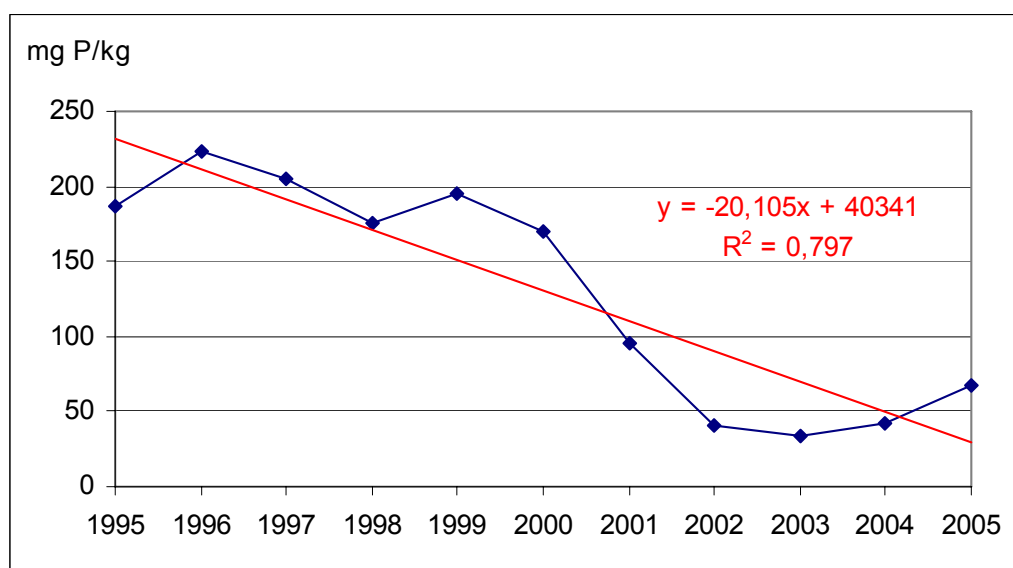
## **2. Priestorová a časová variabilita na príklade obsahu prístupných živín na kľúčovej monitorovacej lokalite**

Pri posudzovaní časových zmien a trendov hodnotených vlastností pôd je dôležité aj posúdenie a porovnanie jej variability s variabilitou v priestore, v našom prípade máme na mysli veľkosť monitorovacej plochy (kruhového tvaru o polomere  $r = 10$  m a celkovej ploche  $P = 314$  m<sup>2</sup>). Totiž miera variability v čase (i keď často opticky výrazná) nemusí vždy presahovať variabilitu sledovaného parametra v priestore, v takom prípade sú zistené zmeny v čase nerelevantné. Vyplýva to aj zo skutočnosti, že individuálne pôdne jednotky (ktoré sú predmetom monitorovania) sú otvorené dynamické systémy a sú výsledkom veľmi dlhého vývoja – genézy pôd (Linkeš a kol., 1997). Nachádzajú sa v stave dynamickej rovnováhy so súčasným stavom pôsobenia aktívnych zložiek ich okolia, ktorými sú: klíma, vegetácia, ľudský činiteľ a jeho vplyvy, a na veľkej časti územia aj podzemná voda. Je všeobecne známe, že variabilita pôdnych parametrov v priestore je významný faktor a závisí značne od konkrétneho pôdneho typu, ale aj konkrétneho meraného parametra, ako aj kultúry využívania (orná pôda, trvalý trávny porast a pod.). Keďže v našej monitorovacej sieti disponujeme

širokou škálou pôd s rôznym spôsobom ich využívania a rôznou intenzitou priestorovej variability sledovaných a meraných parametrov, túto skutočnosť sme premietli do veľkosti plochy monitorovacej plochy. Na základe predchádzajúceho testovania variability viacerých dôležitých parametrov sme determinovali najväčšiu veľkosť plochy do cca 300 m<sup>2</sup> (v našom prípade 314 m<sup>2</sup>), kedy priestorová variabilita viacerých meraných a hodnotených parametrov dosahuje ešte „únosnú“ mieru.

V tejto časti sme sa zamerali na parametre obsahu prístupných živín – fosforu a draslíka, ktoré patria k najvariabilnejším sledovaným parametrom najmä v poľnohospodárskych a predovšetkým v orných pôdach. Pokúsili sme sa porovnať ich variabilitu v čase a v priestore monitorovacej lokality (lokality Macov pri Dunajskej Strede, pôdy typ: čiernica). Ich časový vývojový rad bol hodnotený za obdobie rokov 1995 až 2005, t.j. prakticky takmer od začiatku realizácie monitoringu pôd na Slovensku. Priestorové hodnotenie monitorovacej lokality pozostávalo z 5-tich separátnych odberov v tvare písmena Z. Variabilita prístupných živín P a K v ploche monitorovacej lokality bola testovaná vo vybraných rokoch (1995, 2000, 2005) k ich variabilite v čase. Taktiež boli vypočítané základné matematicko-štatistické charakteristiky v jednotlivých súboroch ako v priestore, tak aj v čase.

**Obr. 6** Vývoj obsahu prístupného P (Egner) v ornici čiernice na kľúčovej lokalite Macov I.



Na obr. 6 je znázornený doterajší vývoj prístupného fosforu v ornici čiernice kultizemnej (ČAa). Jeho obsah najmä po roku 2000 výrazne poklesol, čo je výsledok skutočnosti, že po tomto roku neboli do pôdy dodávané žiadne fosforečné hnojivá. Znázornený trend je výrazný v smere poklesu s pomerne vysokou mierou preukaznosti ( $R^2 = 0,797$ ).



**Tab. 6** Časová a priestorová variabilita príst. P (Egner) na príklade kľúčovej monitorovacej lokality Macov I.

Variabilita	n	x	s	v %	Testovanie rozdielu časovej a priestorovej variability pomocou t-testu (t : p)	
					d	T
v čase (t) (1995-2005)	11	130,52	74,69	57,23	d	T
v priestore monitorovacej lokality (p)						
r. 1995 (p <sub>1</sub> )	5	186,78	6,56	3,51	56,30	1,73
r. 2000 (p <sub>2</sub> )	5	169,94	20,87	12,28	39,40	1,19
r. 2005 (p <sub>3</sub> )	5	66,90	9,05	13,45	63,60	1,95

Vysvetlivky: tab.t<sub>14</sub> pre P<sub>0,05</sub> = 2,14

tab.t<sub>14</sub> pre P<sub>0,01</sub> = 2,98

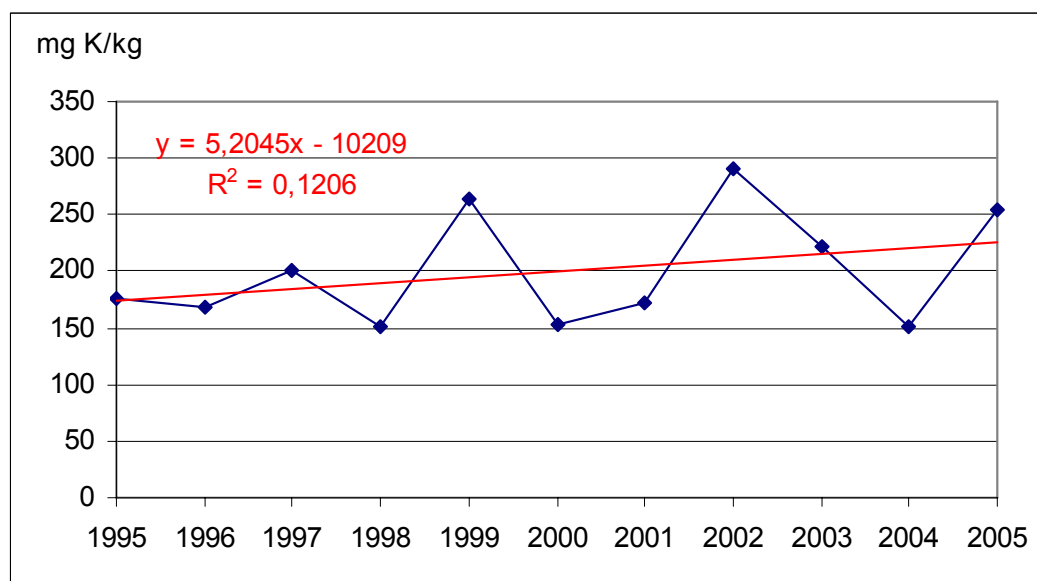
n – počet nameraných údajov, x – aritmetický priemer, s – smerodajná odchýlka, v – variačný koeficient, d – rozdiel dvoch priemerných diferencií,

T – t hodnota vypočítaná

V tabuľke 6 sú uvedené základné matematicko-štatistické charakteristiky variability v čase a na ploche monitorovacej lokality vo vybraných rokoch (1995, 2000 a 2005). Výraz, ktorý udáva mieru variability v porovnateľnej forme, je variačný koeficient (v). Je to vlastne smerodajná odchýlka vyjadrená v percentách priemeru. Jeho hodnota je pomerne vysoká pri hodnotení variability prístupného fosforu v časovom rade (roky 1995 – 2005). Pomerne nízke hodnoty variačného koeficientu sú na monitorovacej ploche v hodnotených rokoch, čo len potvrdzuje naše predchádzajúce výskumy o relatívne nízkej variabilite na našich monitorovacích lokalitách, a to aj pri takých parametroch, ktoré patria medzi najvariabilnejšie (prístupné živiny). Pri testovaní rozdielov jednotlivých súborov na ploche monitorovacej lokality vo vybraných rokoch (1995, 2000 a 2005) k súboru v časovom rade kde  $n_1 \neq n_2$  bol použitý t – test, pričom jeho vypočítané hodnoty boli vo všetkých prípadoch nižšie oproti tabuľkovým hodnotám pri P<sub>0,05</sub> a P<sub>0,01</sub>, čo zároveň determinuje štatisticky nepreukazný rozdiel (platí nulová hypotéza).

Vývoj obsahu prístupného draslíka je znázornený na obr. 7.

**Obr. 7** Vývoj obsahu prístupného K (Schacht.) v ornici čiernice na kľúčovej lokalite Macov I.



Na základe znázorneného vývoja obsahu prístupného draslíka (podľa Schacht.) na tej istej monitorovacej lokalite – Macov pri Dunajskej Strede, pôda: čiernica kultizemná (ČAa), tento má oproti fosforu odlišný priebeh v tvare určitej nepravidelnej sínusoidy, pričom jeho obsah sa pohybuje podľa kritérií ÚKSUP-u v rozpätí dobrej až vysokej zásobenosti, a to aj napriek tomu, že ani v tomto prípade neboli použité na danej lokalite po roku 2000 žiadne draselné hnojivá. Jeho stále pretrvávajúci dobrý až vysoký obsah je dôsledkom K-hnojenia v minulosti ako stará zásoba tejto živiny v pôde. Výrazné kolísanie tohto prvku na danej lokalite v jednotlivých rokoch môže byť spôsobené kultiváciou – najmä nerovnakou hĺbkou orby, nerovnomerným odberom tejto živiny pestovanými plodinami, vodným režimom pôdy a pod.

**Tab. 7** Časová a priestorová variabilita príst. K (Schacht.) na príklade kľúčovej monitorovacej lokality Macov I.

Variabilita	n	x	s	v %	Testovanie rozdielu časovej a priestorovej variability pomocou t- testu	
					d	Tvyp.
v čase (t) (1995-2005)	11	200,00	49,70	24,85	d	Tvyp.
v priestore monitorovacej lokality (p)						
r. 1995 (p <sub>1</sub> )	5	175,60	18,35	10,42	24,40	1,10
r. 2000 (p <sub>2</sub> )	5	153,80	11,30	7,35	46,20	2,11
r. 2005 (p <sub>3</sub> )	5	254,00	30,08	11,84	54,00	2,33*

\* rozdiel je preukazný

tab. t<sub>14</sub> pre P<sub>0,05</sub> = 2,14

tab. t<sub>14</sub> pre P<sub>0,01</sub> = 2,98

Podobne ako pri fosfore, tak aj pri draslíku sme vypočítali základné matematicko-štatistické charakteristiky, a to v priestore i v čase. Vypočítaný variačný koeficient i v tomto prípade dosahuje najvyššiu hodnotu pri časovom rade, pri priestorovom hodnotení variability tohto prvku na ploche monitorovacej lokality vo vybraných rokoch (1995, 2000 a 2005) sú hodnoty variačného koeficientu nižšie, čo potvrdzuje taktiež našu pôvodnú hypotézu o variabilite sledovaných parametrov, o ktorej sme sa už zmienili pri fosfore. Vypočítané hodnoty t-testu v rokoch 1995 a 2000 v porovnaní s tabuľkovými hodnotami sú nižšie (podobne ako pri fosfore), čo znamená štatisticky nepreukazný rozdiel, i keď v roku 2000 je tento rozdiel blízko hranice preukaznosti. V roku 2005 bol už zistený preukazný rozdiel hodnotených súborov prístupného draslíka na ploche monitorovacej lokality vo vzťahu k jeho časovému vývojovému radu (nulová hypotéza neplatí).

Na základe dosiahnutých údajov matematicko-štatistického hodnotenia a testovania môžeme konštatovať, že variabilita je výraznejšia v čase, i keď dôležitý vplyv na ňu má samozrejme aj počet prípadov v hodnotených súboroch (n). To znamená, že monitorovanie sledovaných parametrov (vrátane prístupných živín) v dlhodobejšom časovom horizonte je opodstatnené a zistenú variabilitu v čase nemožno zamieňať za priestorovú variabilitu monitorovacej lokality (variabilita v čase presahuje variabilitu monitorovacej plochy). Možno teda hovoriť o konkrétnych zistených trendoch v čase, ktoré prekračujú rámec variability plochy monitorovacej lokality. Súčasne zistené výsledky potvrdzujú správnosť určenej veľkosti plochy monitorovacej lokality.

### 3. Obsah a vývoj mikroelementov vo vybraných poľnohospodárskych pôdach Slovenska

Obsah mikroelementov v pôde rešpektuje nielen rozdielne vlastnosti pôdnej hmoty, ale aj náročnosť jednotlivých druhov plodín na mikroelementy. Preto sme sledovali obsah dôležitých mikroelementov Cu, Mn a Zn (stanovené v DTPA), t.j. jedná sa o obsah prvkov, ktoré sa v relatívnej pohyblivej forme môžu potenciálne dostávať koreňovým systémom do rastlín. Príčinou rozdielov medzi obsahmi určitej mikroživiny 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 8 je uvedené základné štatistické vyjadrenie obsahu uvedených mikroelementov (Cu, Mn, Zn) za posledný odberový 3. cyklus monitorovania pôd v povrchovom horizonte vybraných pôd.

**Tab. 8** Obsah mikroelementov vo výluhu DTPA v mg.kg<sup>-1</sup> v povrchovom horizonte (0-10 cm) vybraných poľnohospodárskych pôd SR (3. cyklus)

P.č.	Pôdy	Kultúra	Cu			Mn			Zn		
			Xmin	Xmax	X	Xmin	Xmax	X	Xmin	Xmax	X
1	KM, KMg na flyši	TTP	0,83	2,90	1,92	21,00	403,17	112,90	0,50	8,83	2,88
2	KM, KMg na flyši	OP	0,95	3,53	1,81	28,17	229,31	88,58	0,46	4,73	1,72
3	KM na kysl. substr.	TTP	0,61	60,33	7,52	26,22	210,37	101,50	0,56	21,48	4,77
4	RA, PR	TTP	1,09	3,27	2,12	14,83	258,53	78,00	0,70	49,31	6,65
5	ČA na karb. fluv. sed.	OP	1,34	3,32	2,37	6,37	19,47	12,14	0,35	4,76	1,24
6	ČA na nekarb. fluv. sed.	OP	1,61	5,07	2,62	15,76	159,21	70,66	0,53	7,14	3,18

Priemerný obsah medi v hodnotených pôdach sa pohybuje v rozpätí 1,81 – 7,52 mg.kg<sup>-1</sup>, čo podľa kritérií ÚKSUP-u (1993) je obsah stredný až vysoký.

Priemerný obsah mangánu v hodnotených pôdach sa pohybuje v pomerne širokom rozpätí, a to priemerne 12,14 – 112,90 mg.kg<sup>-1</sup>, čo je obsah podobne ako pri medi stredný až vysoký.

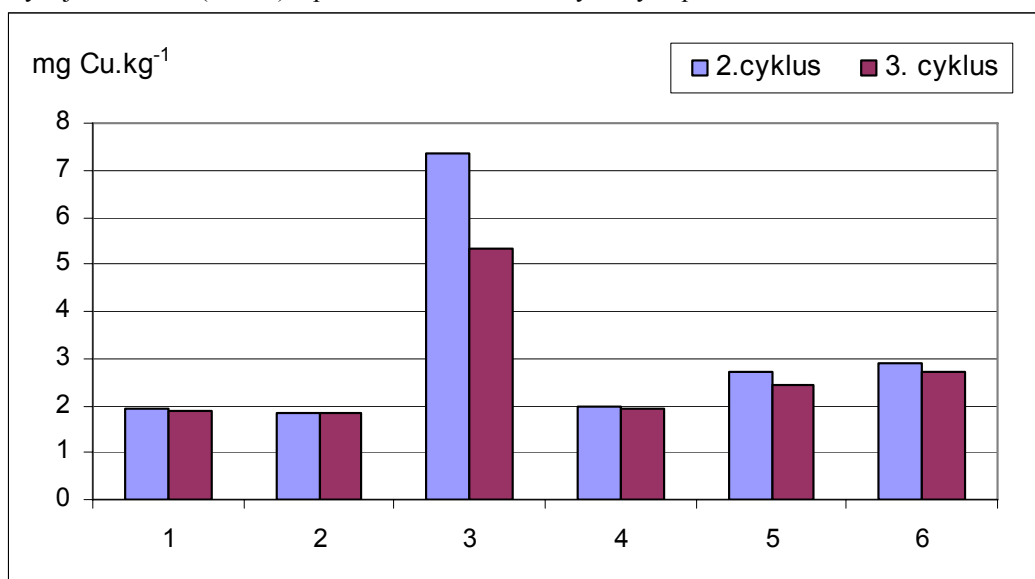
Priemerný obsah zinku v hodnotených pôdach sa pohybuje v rozpätí 1,24 – 6,65 mg.kg<sup>-1</sup>, čo je taktiež priemerný obsah stredný až vysoký.

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 s vysokou mierou pravdepodobnosti prakticky vylúčiť, ich obsahy odrážajú skôr prirodzené chemické procesy v pôde. Preto často nachádzame vyššie hodnoty mikroelementov práve na kyslých pôdach, v ktorých dochádza k ich výraznejšiemu vytesňovaniu a uvoľňovaniu do pôdneho roztoku, kde sa v prijateľnej forme stávajú zásobárňou pre ich príjem rastlinami, čo však pri ich vysokej koncentrácii môže byť pre niektoré rastliny až škodlivé a súvisí už s kontamináciou pôd, ktorá je náplňou iných čiastkových úloh.

Čo sa týka vývoja mikroelementov vo vybraných poľnohospodárskych pôdach Slovenska, tento je graficky znázornený pre jednotlivé prvky Cu, Mn a Zn (vo výluhu DTPA) na obrázkoch 8-10.

Monitorovanie obsahu mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska sme začali realizovať až od 2. monitorovacieho cyklu, t.j. od roku 1997. V uvedených grafoch sú porovnané obsahy uvedených mikroelementov Cu, Mn a Zn v 2. a 3. cykle.

**Obr. 8** Vývoj obsahu Cu (DTPA) v povrchovom horizonte vybraných pôd



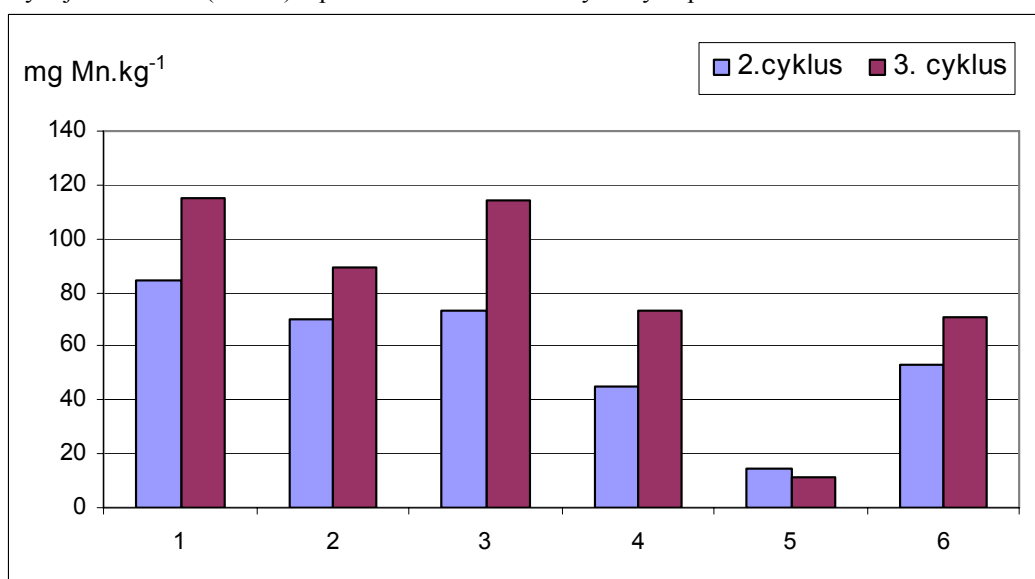
Obsah Cu v porovnávaných pôdach je relatívne vyrovnaný, pričom pozorujeme v poslednom období skôr optický pokles, i keď získané rozdiely sú štatisticky nepreukazné, čo platí pre všetky testované prvky (tab.9).

**Tab. 9** Hodnotenie rozdielov mikroelementov podľa F-testu

Hodnoty F-testu	Mikroelementy		
	Cu	Mn	Zn
vypočítané	2,45	3,06	1,24
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 je uvedený na obr. 9.

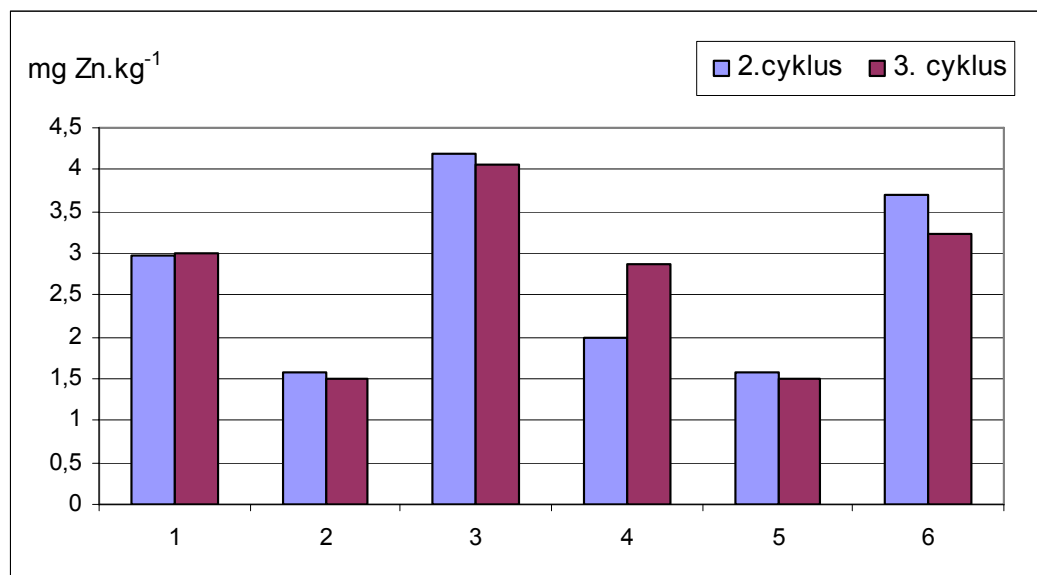
**Obr. 9** Vývoj obsahu Mn (DTPA) v povrchovom horizonte vybraných pôd



Na rozdiel od medi, v prevažnej časti hodnotených pôd pozorujeme jeho nárast. Jeho vyššie hodnoty zisťujeme práve na kyslejších pôdach (kambizeme na kyslých substrátoch, ale aj na flyši), kde sa mangán nachádza prevažne v dvojmočnej forme ( $Mn^{2+}$ ). Zvýšenie mangánu najmä na kyslých pôdach možno čiastočne zdôvodniť nedostatkom vápnenia, ktoré eliminuje vplyv Mn na kyslých pôdach.

Vývoj obsahu zinku je graficky znázornený na obr. 10.

**Obr. 10** Vývoj obsahu Zn (DTPA) v povrchovom horizonte vybraných pôd



Vývoj obsahu zinku v poslednom období je v porovnaní s predchádzajúcimi prvkami pomerne variabilný. Jeho prístupnosť je najvyššia práve na kyslých pôdach, čo je logické, že nižšie hodnoty zisťujeme na pôdach s rezervami  $CaCO_3$ , ako sú rendziny a čiernice na karbonátových fluviálnych sedimentoch (histogramy 4 a 5 v obr. 10).

Na základe dosiahnutých výsledkov obsahu mikroelementov (Cu, Mn a Zn) vo vybraných poľnohospodárskych pôdach Slovenska, tieto nie sú v súčasnosti limitovanými prvkami (z pohľadu ich hodnotenia ako mikroživín), ich nárast najmä na kyslých pôdach je skôr výsledkom absencie vápnenia a ich mobilizácie, pričom pri pretrvávajúcom trende aj v budúcnosti môže dochádzať skôr k zvýšeniu toxicity sledovaných prvkov, hodnotených aj ako ťažké kovy.

#### 4. Príspevok k procesu monitorovania pôdných indikátorov a modelovania ich vývoja

Súčasťou posudzovania antropogénnych vplyvov na životné prostredie je proces monitorovania pôdných indikátorov a modelovania ich potenciálneho vývoja.

Modelovanie pôdných indikátorov, ktoré sú súčasťou existujúcich databáz, môže vychádzať zo statického alebo dynamického prístupu k modelovaniu. Statický model umožňuje predovšetkým stanovenie kritických záťaží v pôdnom ekosystéme, dynamický model kladie dôraz na časové zmeny sledovaných indikátorov a tým umožňuje navrhnúť preventívne opatrenia eliminujúce alebo zmierňujúce negatívny trend ich vývoja. Integrované

modely majú zakomponované viaceré navzájom prepojené pôdne procesy, ktoré zvyšujú verifikačnú hodnotu daného modelu.

K modelom zameraným na acidifikáciu pôdy patrí napr. MAGIC (využitý pri modelovaní acidifikácie v oblasti Tatier (Kopáček et al., 2004)), SAFE, PROFILE, SMART, SMART 2 (De Klein et al., 1997), k modelom zameraným na eróziu napr. model USLE, RUSLE. Modely MAGIC a SMART patria k jednoduchším bio-geo-chemickým modelom (De Klein et al., 1997), ktoré využívajú pri predikcii procesy zvetrávania, výmenné procesy v sorpčnom komplexe, cyklus N a C a SUMO modelovú simuláciu vplyvu vegetačného krytu sledovaného územia. Výsledky týchto dvoch modelov vzájomne korešponujú, model SMART je jednoduchší vzhľadom na potrebné vstupné parametre. Pri modelovaní acidifikácie pôdy fiktívne delia len na dve vrstvy, orníčný horizont a podornicu. Model SAFE má už preddefinovaný proces zvetrávania ako kombináciu textúry pôdy a substrátu, avšak modeluje proces acidifikácie pre jednotlivé pôdne horizonty. Ide o dynamickú verziu statického jednoduchšieho modelu PROFILE, ktorý je zameraný predovšetkým na stanovenie kritických záťaží.

Jednotlivé modely spájajú interdisciplinárne postavené modely ako je napr. kombinovaný model na predikciu obsahu hliníka (vplyvom acidifikačných procesov) a obsahu organickej hmoty WHAM (De Vit et al., 2001), model SWAP model pre ekosystém pôda – voda – vegetácia – ovzdušie.

#### *Statický model rovnovážneho stavu objemovej hmotnosti s využitím údajov z databáz KPP a ČMS-P*

*(Jarmila Makovníková, Boris Pálka, Miloš Širáň)*

#### Východiskový stav modelu

Metodologický postup modelovania rovnovážnej objemovej hmotnosti vychádza z analýzy údajov existujúcich databáz VÚPOP, a to databázy Komplexného prieskumu pôd a Čiastkového monitorovacieho systému pôda. Databázy obsahujú numerické údaje o základných charakteristikách pôd, klíme, reliéfe pre celé územie Slovenska. Komplexný pôdoznalecký terénny prieskum (KPP) bol uskutočnený v rokoch 1961-1972 (Linkeš a kol., 1996) a mapoval poľnohospodársky využívané pôdy Slovenska. Mapované sú v mierke 1:5000 a zmenšené do mierky 1:10000. V súčasnosti z tohto prieskumu existuje v digitálnej forme len databáza výberových sond a ostatné dáta sú väčšinou v analógovej podobe, ktoré sa priebežne digitalizujú.

Modelovanie objemovej hmotnosti vychádza z dvoch parametrov úzko korelujúcich práve s objemovou hmotnosťou a to z textúry pôdy a obsahu organickej hmoty v pôde.

$$OH = A \cdot e^{Bp} + C \cdot \ln \text{hum} + D$$

OH – rovnovážny stav objemovej hmotnosti v  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , A, B, C, D – modelové korelačné parametre, p - obsah ílovej frakcie < 0,01 mm v %, hum – obsah humusu v %,

Zaujímavé územie, na ktorom sme aplikovali uvedený model pre výpočet rovnovážneho stavu objemovej hmotnosti, predstavuje plochu 50 000 ha a zahŕňa 49 katastrálnych území. Uvedený model, transformovaný cez geografický informačný systém (GIS) ArcView umožnil doplnenie databázy v záujmovom území o fyzikálnu charakteristiku pôd, a to rovnovážnu hodnotu objemovej hmotnosti, ktorá implementuje hodnotu textúry

pôdy. Modelový systém je otvorený a umožňuje neustálym dopĺňaním údajov zvyšovať verifikáciu (spoľahlivosť) použitého modelu.

## Dosiahnuté výsledky

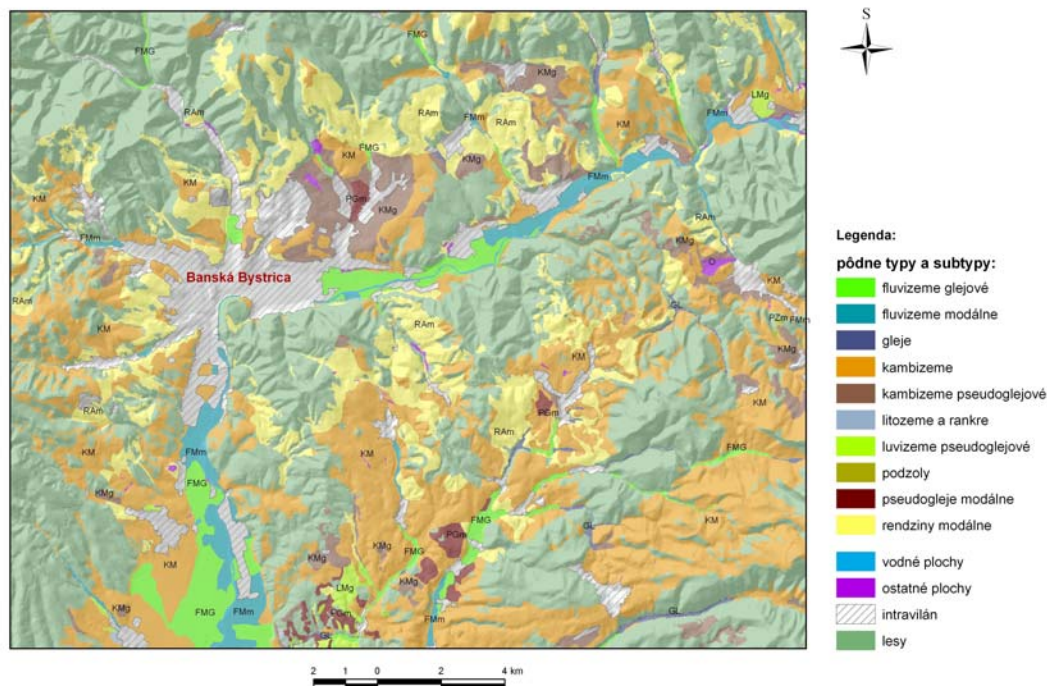
Prevládajúcim pôdnym typom na modelovom území sú kambizeme.

**Tab. 1** Pôdne pomery v záujmovom území

Pôdny typ a subtyp	Výmera (ha) p.p.
fluvizeme glejové	1485
fluvizeme modálne	997
gleje	176
kambizeme	12550
kambizeme pseudoglejové	1935
litozeme a rankre	18
luzizeme pseudoglejové	228
podzoly	13
pseudogleje modálne	376
rendziny modálne	5600

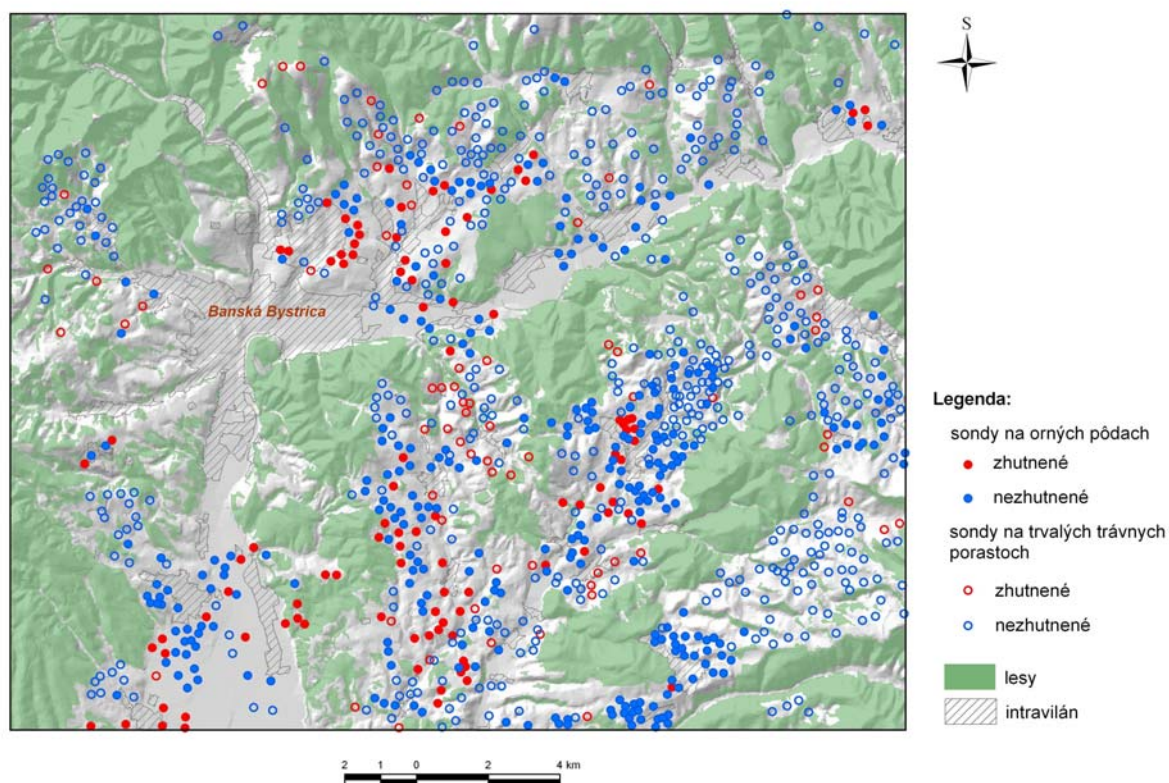
Údaje o obsahu humusu a ílu boli spracované do databázy a vyhodnocované v mapovom prostredí. Na základe údajov textúry a humusu bola modelovaná objemová hmotnosť. Pomocou nej ako priameho indikátora zhutnenia a na základe súčasného poznania pôdných procesov a faktorov, ktoré ovplyvňujú zhutnenie pôdy sme zistili potenciálny stav zhutnenia v modelovom území. Pod trávnyimi porastami sme stanovili stav prirodzeného zhutnenia pôdy (ako výsledok sedimentácie minerálnej časti pôdy a synchronných pôdotvorných procesov).

**Obr. 1** Modelové územie



Získané údaje sme prostredníctvom GISu preniesli do mapy potenciálneho zhutnenia poľnohospodárskych pôd v modelovom území (Obr.2).

**Obr.2** Potenciálne zhutnenie orných pôd a trvalých trávnych porastov



**Tab. 2** Potenciálne zhutnenie orných pôd a trvalých trávnych porastov

Pôdny typ/ subtyp	Potenciálne zhutnenie (% z celkového počtu sond)	
	Orné pôdy	Trávne porasty
fluvizeme modálne	7,1	0
fluvizeme glejové	<b>37,5</b>	6,3
kambizeme	24,3	11,5
kambizeme pseudoglejové	<b>32,4</b>	20
kambizeme kyslé	13	9,1
luvizeme pseudoglejové	27,8	-
pseudogleje modálne	<b>41,7</b>	-
rendziny modálne	22,2	14,2

Najväčšie riziko prirodzeného zhutnenia (sondy pod trávnyimi porastami) bolo zistené pri kambizemiach pseudoglejových (20 %). Najviac náchylné na zhutnenie na orných pôdach (potenciálne zhutnenie – vplyv agrotechnických opatrení) boli pôdy so stagnáciou zrážkovej vody v pôdnom profile – pseudogleje modálne, kambizeme pseudoglejové a luvizeme pseudoglejové, prípadne s vysokou hladinou podzemnej vody - fluvizeme glejové (27,8 – 41,7 %). Je tu vysoká pravdepodobnosť, že sú tieto pôdy obrábané pri vyššej pôdnej vlhkosti a dochádza k znásobovaniu utlačacieho efektu poľnohospodárskymi mechanizmami. Tento



stav na základe údajov KPP možno považovať za východiskový, pretože tlaky na pôdu až do súčasnosti narastali. Za posledných 30-40 rokov došlo k podstatnému nárastu hmotnosti poľnohospodárskych mechanizmov a dopravných prostriedkov, a to o 50 – 150 % (Zrubec, 1998). % zhutnených sond v rámci Monitoringu pôd SR na daných pôdnych typoch (bez špecifikácie subtypov) sa pohybovalo v rozmedzí 33 – 45 % (Širáň, 2004).

## 5. Zabezpečenie kvality výsledkov skúšok pre ČMS -Pôda.

Výsledky skúšok pre ČMS-Pôda slúžia ako podklady pre monitorovanie zmien kvality pôd. Preto prvoradým cieľom chemického laboratória vykonávajúceho tieto skúšky je produkovať presné a súčasne správne výsledky. K splneniu tohto cieľa musí byť v laboratóriu zavedené operatívne riadenie kvality, ktoré zabezpečuje kvalitu výsledkov. Operatívne riadenie kvality môže byť vnútorné, ale aj externé.

Vnútorné riadenie kvality je súhrn činností, ktoré musí laboratórny personál vykonať pre kontrolu jednotlivých operácií a výsledkov merania za účelom potvrdenia, že výsledky skúšok sú spoľahlivé. Pritom ako spoľahlivé označujeme len také výsledky, ktoré sú súčasne presné a správne. V laboratóriách vykonávajúcich skúšky pre ČMS -Pôda by vnútorné riadenie kvality malo zahŕňať minimálne :

- kontrolu presnosti dvoch paralelných stanovení
- kontrolu analýzou certifikovaného referenčného materiálu a vnútorných kontrolných vzoriek

### ***Kontrola presnosti dvoch paralelných stanovení***

Pri kontrole presnosti dvoch paralelných stanovení (v bežnej analytickej praxi sa spravidla vykonávajú dve paralelné stanovenia) sa presnosť výsledkov, získaných použitou analytickou metódou, určuje pomocou dovolenej diferencie paralelných stanovení, t.j. maximálneho rozpätia, ktoré možno ešte vysvetliť prítomnosťou náhodných chýb. Pre stanovenie dovolenej diferencie sa vychádza z vypočítanej smerodajnej odchýlky, ktorú získame buď z výsledkov viacnásobnej analýzy jednej vzorky alebo z výsledkov paralelných stanovení.

Stanovenie smerodajnej odchýlky z viacnásobnej analýzy jednej vzorky vychádza z väčšieho počtu stanovení ( $n \geq 10$ ). Ak analyzujeme len jednu vzorku a počet paralelných stanovení tejto vzorky je  $n$ , tak smerodajná odchýlka  $S_x$ , ktorá charakterizuje rozptyl jednotlivých výsledkov  $i$  okolo priemernej hodnoty  $\bar{x}$  je daná vzťahom

$$S_x = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2}$$

Tu je potrebné zdôrazniť, že hodnota smerodajnej odchýlky určená z mnohokrát opakovaného stanovenia určitej látky v alikvótnych podieloch čistého roztoku je bezcenná pre posúdenie presnosti stanovenia tejto látky v skúšobnej vzorke, nakoľko skúšobná vzorka sa spravidla musí pred meraním určitým spôsobom upravovať (napr. rozkladom). V takto určenej smerodajnej odchýlke by neboli zahrnuté všetky zdroje

variability, ktoré vyplývajú z analytického postupu. Určená smerodajná odchýlka by charakterizovala iba presnosť merania, teda nie presnosť analýzy.

Ak nie sú k dispozícii viacnásobné, ale iba paralelné stanovenia, vypočítame smerodajnú odchýlku  $S_x$  podľa vzťahu

$$S_x = \left[ \frac{1}{2k} \sum_{i=1}^k R_i^2 \right]^{1/2}$$

kde  $k$  je celkový počet vzoriek

$R_i$  je rozdiel dvoch paralelných stanovení, t.j.  $R_i = (x_{i1} - x_{i2})$ , kde  $x_{i1}$  je výsledok prvého a  $x_{i2}$  je výsledok druhého paralelného stanovenia vzorky

Vzorky, ktoré slúžia ako podklad pre takéto hodnotenie musia byť pre daný materiál reprezentatívne. Z toho dôvodu je účelnejšie štatistické hodnotenie vykonať priamo z výsledkov bežných analýz, než zo samoučelnej overovacej série stanovení.

Dovolenú diferenciu ( $R_{max}$ )  $n$  paralelných stanovení potom vypočítame použitím tabelovaného koeficientu  $a_s$  (ECKSCHLAGER, 1980) pre zvolenú hladinu významnosti  $\alpha$  podľa vzťahu

$$R_{max} = a_s \cdot S_x$$

kde  $a_s$  je tabelovaná hodnota pre paralelné stanovenia (tab.1)

$S_x$  je smerodajná odchýlka

**Tab. 1** Hodnoty koeficientu  $a_s$  pre výpočet dovolenej diferencie rôzneho počtu paralelných stanovení  $n$  pri hladinách významnosti  $\alpha$  (ECKSCHLAGER, 1980)

n	$a_s$		
	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
2	2,33	2,77	3,64
3	2,90	3,31	4,12
4	3,24	3,63	4,40
5	3,48	3,86	4,60

Z tabuľky 1 a zo vzťahu  $R_{max} = a_s \cdot S_x$  vyplýva, že pre 95 %-ný interval spoľahlivosti (v analytickej praxi volíme spravidla hladinu významnosti  $\alpha = 0,05$ ) dvoch paralelných stanovení platí  $R_{max} = 2,77 \cdot S_x$ .

Rozdiel dvoch paralelných stanovení, tzv. rozpätie  $R$  sa porovnáva s dovoľenou diferenciou opakovateľnosti  $R_{max}$ . Pri kontrole opakovateľnosti môžu nastať tieto prípady:

1. Ak je skutočné rozpätie  $R \leq R_{max}$ , t.j. ak je menšie ako dovoľená diferenciu, vypočíta sa priemer oboch paralelných stanovení a udá sa ako výsledok analýzy.

2. Ak  $R > R_{max}$ , potom musíme vykonať tretie stanovenie a potom môžu nastať tieto dva prípady:

a) Tretie stanovenie sa zhoduje s jedným z výsledkov v medziach hodnoty  $R_{max}$  a od druhého sa líši viac, než odpovedá  $R_{max}$ . Potom vylúčime odlišný výsledok a vypočítame priemer z dvoch výsledkov, ktoré sa spolu zhodujú.

b) Tretie stanovenie sa zhoduje s obidvomi pôvodnými výsledkami v medziach dovolenej diferencie paralelných stanovení. V takom prípade vypočítame priemer zo všetkých troch výsledkov.

Stanovenie dovolenej diferencie paralelných stanovení má zásadný význam pri rutinnom používaní analytickej metódy. Pri jej určovaní je však dôležité, aby boli splnené tieto podmienky :

1. Dovolená diferenciacia môže byť stanovená len pre analytickú metódu, ktorá je presne špecifikovaná do najmenších podrobností. I malá zmena analytického postupu môže viesť k výraznej zmene hodnoty dovolenej diferencie.
2. Musí byť stanovená z analýz vykonaných na dostatočne veľkom počte vzoriek toho istého materiálu.
3. Analýzy, z ktorých výsledkov je dovolená diferenciacia určená, musia byť vykonávané za rovnakých podmienok ako analýzy, ku ktorým kontrole sa hodnoty dovolenej diferencie budú používať.
4. Dovolená diferenciacia platí len pre analýzy určitého materiálu, stále približne rovnakého zloženia a nie pre stanovenie rôznych obsahov tej istej zložky v rôznych materiáloch.
5. Nie je vhodné určovať dovolenú diferenciaciu paralelných stanovení z výsledkov tzv. overovacej série stanovení. Spoľahlivá môže byť len taká hodnota dovolenej diferencie, ktorá bola určená z výsledkov dlhodobe vykonávanej analytickej kontroly daného materiálu.

### ***Kontrola analýzou certifikovaného referenčného materiálu a vnútorných kontrolných vzoriek***

Pri kontrole analýzou certifikovaného materiálu (CRM) je správnosť a presnosť analytickej metódy sledovaná zaraďovaním referenčných vzoriek do každej stanovovanej série skúšobných vzoriek. Vyhodnocovanie zaradených vzoriek sa vykonáva pomocou regulačných diagramov. Zaznamenávaním výsledkov stanovení referenčných vzoriek do diagramu v závislosti na čase resp. poradí analýzy možno sledovať stabilitu procesu stanovenia, prípadne odhaliť prítomnosť systematickej chyby. Konštrukcia regulačného diagramu spočíva v zakreslení centrálnej línie (CL), ktorá predstavuje certifikovanú hodnotu analyzovaného referenčného materiálu a z troch s CL rovnobežných čiar (medzí) nad a pod centrálnou líniou. Horná pomocná medza (HPM) a dolná pomocná (DPM) ležia vo vzdialenosti  $\pm 1 S_x$  od centrálnej línie. Horná varovná medza (HVM) a dolná varovná medza (DVM) ležia vo vzdialenosti  $\pm 2 S_x$  od centrálnej línie. Horná regulačná medza (HRM) a dolná regulačná medza (DRM) ležia vo vzdialenosti  $\pm 3 S_x$  od centrálnej línie. Pritom  $S_x$  predstavuje smerodajnú odchýlku.

Pri kontrole analýzou vnútorných kontrolných vzoriek (VK) je možné kontrolovať len presnosť metódy. Ako kontrolnú vnútornú vzorku možno použiť ľubovoľný materiál, ktorý však musí byť dostatočne homogénny a stabilný, a svojím zložením a fyzikálnymi vlastnosťami sa musí čo najviac zhodovať so stanovovanými skúšobnými vzorkami. Materiál je vhodné dávkovite zabaliť a uskladniť tak, aby bolo možné po dlhší čas z neho odoberať jednotlivé dávky reprezentujúce vnútornú kontrolnú vzorku. Všeobecne sa pre rutinnú analýzu akceptuje 5 % - ná frekvencia analýz s použitím vnútornej kontrolnej vzorky (EURACHEM, 2003). To znamená, že každá dvadsiata analýza sa má vykonať s použitím kontrolnej vzorky. Výsledky analýzy vnútorných kontrolných vzoriek sa

následne zaznamenávajú do regulačných diagramov, kde parametre regulačného diagramu stanovené na základe štatistického spracovania dát z minimálne 10 násobného stanovenia analytu vo vnútornej kontrolnej vzorke. Pri ďalšom zaradovaní vnútornej kontrolnej vzorky do každej analyzovanej série skúšobných vzoriek sa táto úvodná séria výsledkov priebežne rozširuje neskôr získanými výsledkami za súčasného stanovenia nových regulačných medzí. Výhodou je, že vnútorné kontrolné vzorky sú dostupné v každom laboratóriu v dostatočnom množstve.

Regulačné diagramy sú vyhodnocované podľa pravidiel uvedených v STN ISO 8258.

V prípade, že niektorý výsledok analýzy vnútornej kontrolnej vzorky alebo certifikovaného referenčného materiálu prekročí regulačné medze ( $\pm 3 S_x$ ), musíme považovať výsledky analýz skúšobných vzoriek získané v období medzi analýzou tejto VKV (resp. CRM) a najbližšej vyhovujúcej analýzy VKV (resp. CRM) za nespoľahlivé a prislúchajúce skúšobné vzorky sa musia znova analyzovať.

Hlavným nástrojom externej kontroly kvality činnosti laboratória sú medzilaboratórne porovnávacie skúšky (MPS). Je to jedna z najlepších ciest posúdenia výkonu metódy a úrovne laboratória (EURACHEM, 2003). Svojimi výsledkami v MPS si laboratórium potvrdzuje účinnosť vlastného systému zabezpečenia a interného riadenia kvality a svoju spôsobilosť v oblasti v ktorej pôsobí. Táto externá kontrola kvality umožňuje nielen identifikáciu systematických chýb, ale i zistenie negatívnych dlhodobých trendov, ktoré potom možno operatívne preventívnymi opatreniami včas eliminovať. V prípade identifikácie systematických chýb nasleduje analýza príčin ich vzniku a laboratórium prijme nápravné opatrenia k ich odstráneniu. Laboratórium by malo každoročne aspoň raz demonštrovať svoje kompetencie účasťou na MPS.

V súčasnosti, vo všeobecnosti, ani tie najprepracovanejšie systémy zabezpečovania kvality negarantujú 100 % správny a spoľahlivý výsledok každej analýzy (EURACHEM, 2003). V dobre pracujúcom laboratóriu, kde je zavedený a dodržiavaný systém zabezpečovania kvality výsledkov je výskyt nedovolených odchýlok zriedkavý.

### **5.1. Návrh na zvýšenie kvality výsledkov stanovenia aktívneho hliníka v pôde**

V rámci ČMS - Pôda sa výmenný hliník stanovuje podľa Sokolova. Podľa tejto metódy sa výmenný hliník stanovuje súčasne so stanovením výmennej acidity. Výmenná acidita, ktorá je spôsobená vytesnenými  $H^+$  iónmi a vodíkovými iónmi uvoľnenými hydrolyzou  $AlCl_3$  sa stanovuje titráciou s odmerným roztokom NaOH. Oddelene v paralelnom stanovení sa stanovujú titráciou len vytesnené  $H^+$  ióny, keď hliník je viazaný roztokom NaF do komplexnej neutrálnej soli. Obsah výmenného  $Al^{3+}$  sa stanoví z rozdielu týchto dvoch stanovení. Metóda je jednoduchá a spoľahlivá pokiaľ nie sú pôdne extrakty sfarbené. Ak sú pôdne extrakty sfarbené, čo sa pri analyzovaní vzoriek z ČMS - Pôda stáva pomerne často, tak v takom prípade nemožno považovať túto metódu za spoľahlivú, pretože požadovaná farebná zmena použitého indikátora je obtiažne identifikovateľná a veľmi závislá na zrkových schopnostiach vykonávateľa skúšky.

Z týchto dôvodov navrhujem stanovovať výmenný hliník podľa GILLMANA (ISO 14254).

Uvedená norma ponúka 2 spôsoby stanovenia výmenného hliníka :

### *Odmernou analýzou*

Princíp stanovenia je taký istý ako pri stanovení aktívneho hliníka podľa Sokolova . Rozdiel je len v príprave pôdneho roztoku, keď miesto extrakcie v 1M KCl sa použije opakovaná extrakcia s 0,1M BaCl<sub>2</sub> (ISO 11260) a v alternatíve, že pôdny extrakt sa nemusí titrovať odmerným roztokom NaOH za stáleho miešania do farebnej zmeny indikátora, ale do pH 7,8. Titrácia sa považuje za ukončenú, ak hodnota pH je stála najmenej 30 sekúnd.

### *Metódou plameňovej atómovej absorpčnej spektrometrie (FAAS)*

Hliník je možné stanoviť priamo v pôdnom extrakte pripravenom podľa ISO 11260 (nadbytok bária v roztoku slúži ako ionizačný pufer) metódou FAAS v plameni acetylén - oxid dusný spravidla pri 396,2 nm.

Vzľadom k prístrojovému vybaveniu pracoviska odporúčam používať k stanoveniu výmenného hliníka v pôdnom extrakte metódu FAAS.

## **5.2. Využitie sorpčných vlastností pôd k hnojeniu**

Z hodnoty kationovej výmennej kapacity pôdy a zastúpenia výmenných katiónov je možné vypočítať potrebné dávky živín na optimálne dosýtenie bez obavy z možného nepriaznivého pôsobenia. Ako príklad výpočtu dávky živín uvediem výpočet dávky draslíka a horčíka pre pôdu s celkovou kationovou výmennou kapacitou (KVK) 15,2 mmol chemických ekvivalentov na 100g pôdy, keď hodnota výmenného draslíka bola 0,04 mmol chemických ekvivalentov a výmenného horčíka 0,69 mmol chemických ekvivalentov na 100g pôdy.

Základom výpočtu je predstava o vhodnom percentuálnom zastúpení uvedených živín v sorpčnom komplexe. Ak predpokladáme optimálnu hladinu nasýtenia kationovej výmennej kapacity pre draslík 3% a pre horčík 10%, potom pre výpočet optimálnej zásoby (OZ) výmenného katiónu v mmol chemických ekvivalentov na 100g pôdy platí:

**optimálny obsah výmenného katiónu v %**

$$\text{OZ} = \text{celková KVK} \cdot \frac{\text{optimálny obsah}}{100}$$

V prípade draslíka je táto optimálna zásoba 0,456 mmol chemických ekvivalentov a v prípade horčíka 1,52 mmol chemických ekvivalentov na 100g pôdy. Aké množstvo živín je potrebné do pôdy dodať vypočítame ak od optimálnej zásoby živiny odčítame zistené množstvo živiny v pôde. V prípade draslíka je potrebné dodať 0,416 mmol chemických ekvivalentov a v prípade horčíka 0,83 mmol chemických ekvivalentov na 100g pôdy. V prepočítaní na mg draslíka resp. horčíka na 1kg pôdy to predstavuje 163,6 mg draslíka a 100,9 mg horčíka. Tieto množstvá v prepočítaní na 1 ha, pri úvahe že 1 ha obsahuje približne 3000 ton ornice predstavujú 488 kg draslíka a 303 kg horčíka.

Rešpektovanie sorpčnej kapacity pôd a vzájomného zastúpenia výmenných katiónov v pôde je možným praktickým návodom pre efektívnejšie využívanie živín z hnojiva a z pôdnej zásoby. Minimalizuje tiež straty živín z pôdy vyplavením, čím rešpektuje aj požiadavky na ochranu životného prostredia.

## ZÁVER

V tejto časti rozoberáme tie vlastnosti pôd, ktoré sú z pohľadu úrodnosti pôd dôležité a súčasne nie sú náplňou ostatných čiastkových úloh. Jedná sa predovšetkým o hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja makro- a mikrobiogénnych prvkov v ornici vybraných skupín pôd, hodnotených v roku 2005. Obsah prístupných živín, najmä fosforu a draslíka prebieha v hodnotených pôdach v smere ich poklesu, pričom tento sa blíži k úrovni na začiatku monitorovania pôd v SR, t.j. na začiatok 90-tych rokov minulého storočia. Zároveň sa potvrdila pomerne vysoká zásobenosť hodnotených pôd horčíkom a to vďaka prirodzeným zásobám tohto prvku v pôdotvorných substrátoch Karpatského oblúka a Podunajskej nížiny.

Na príklade hlavných makrobiogénnych prvkov a ich matematicko-štatistického zhodnotenia a testovania sa ukazuje vyššia variabilita v čase oproti priestorovej heterogenite. To znamená, že monitorovanie sledovaných parametrov v ďalšom časovom horizonte má svoje opodstatnenie.

Súčasťou tejto časti je aj príspevok k monitorovaniu pôdných indikátorov a modelovania ich potenciálneho vývoja. V stave rozpracovanosti a vývoja je statický model rovnovážneho stavu objemovej hmotnosti s využitím údajov monitoringu pôd.

K spoľahlivosti dosiahnutých výsledkov a pripravovaných výstupov je dôležité predovšetkým aj zabezpečenie kvality, ktoré je spracované v samostatnom príspevku tejto časti.

## ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

ČSN ISO 11260 :Kvalita pôdy - Stanovení kationtové výmenné kapacity pri pH pôdy a výmenných kationtů za použití roztoku chloridu barnatého. Český normalizační institut, Praha 1998.

DE KLEIN C. A., MONAGHAN, R., M., SINCLAIR, A., G., 1997: Soil acidification: a provisional model for New Zealand pastoral systém. New Zealand Journal of Agricultural Research, vol. 40, p.541-557

DE VIT, H., A., GROSETH, T., MULDER, J, 2001: Predicting aluminium and soil organic matter solubility using model WHAM. Soil Science Society of America Journal, 65, p. 1089-1100

ECKSCHLAGER , K. - HORSÁK , I. - KODEJŠ , Z. : Vyhodnocování analytických výsledků a metod . SNTL , Praha 1980 , 124 s.

EURACHEM : Zabezpečenie kvality skúšobných laboratórií . Validácia softvéru a skúšobných metod. Slovenská spoločnosť pre priemyselnú chémiu , Bratislava 2003 , 112 s.

ISO 14254 : Soil quality: Determination of exchangeable acidity using 0,1 mol.l<sup>-1</sup> BaCl<sub>2</sub>.

KOBZA, J., BARANČÍKOVÁ, G., ČEPKOVÁ, V., DOŠEKOVÁ, A., FULAJTÁR, E., HOUŠKOVÁ, B., MAKOVNÍKOVÁ, J., MATÚŠKOVÁ, L., MEDVEĎ, M., PAVLENDÁ, P., SCHLOSSEROVÁ, J., STYK, J., VOJTÁŠ, J. (2002): Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd (1997-2001). VÚPOP Bratislava, 180 s.

KOPÁČEK, J., HARDEKOPF, D., MAJER, V., PŠENÁKOVÁ, P., STUHLÍK, E., VESELÝ, J., 2004: Response of apline lakes and soils to changes in acid deposition: the MAGIC model applied to the Tatra Mountains region Slovakia-Poland. J. Limnol., 63 (1), p.143-156

LINKEŠ, V.A KOL. (1997): Monitoring pôd SR. VUPU Bratislava, 128 s.

LINKEŠ, V., PESTÚN, V., DŽATKO, M., 1996: Príručka pre používanie máp pôdno-ekologických jednotiek.3. upr. vyd., Bratislava, 103 s.

STN ISO 8258 : Shewhartove regulačné diagramy. Slovenský ústav technickej normalizácie , Bratislava 1995 , 36 s.

ŠIRÁŇ, M., 2004: Zhutnenie pôdy a jeho vývoj. Slov. pedologické dni 22.-24.6.2004, Mojmirovce (zborník referátov), VÚPOP Bratislava, s. 317-322

ÚKSUP (1993): Agrochemické kritériá pre hodnotenie agrochemických rozborov pôd od roku 1990

ÚKSUP (2000): Výsledky ASP na Slovensku v rokoch 1995-1999 (X. cyklus ASP), Bratislava, 2000, 100 s.

ZRUBEC, F., 1998: Metodika zúrodnenia zhutnených pôd. VÚPOP Bratislava, 40 s.





**ČÚ 03**

**ACIDIFIKÁCIA, ALKALIZÁCIA A DESERTIFIKÁCIA PÔD**

**Zodpovedný riešiteľ:** A – RNDr. Jarmila Makovníková, CSc.  
B – Ing. Emil Fulajtár, CSc.  
C – Ing. Miloš Širáň



## A. ACIDIFIKÁCIA PÔD

### Úvod

Trvalo udržateľné využívanie pôdy je podmienené pôdno-ekologickými podmienkami, ktoré eliminujú negatívne zmeny a negatívne trendy vývoja pôdneho systému ako celku. Acidifikácia, negatívny proces okyslenia pôdy, predstavuje jeden zo závažných procesov chemickej degradácie, ktorý priamo aj nepriamo ovplyvňuje chemické procesy v pôde. 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 ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ), ktorých diaľkový prenos atmosférou mení problém acidifikácie z lokálnej na regionálnu až kontinentálnu úroveň. Schopnosť agroekosystému vyrovnáť sa s prirodzenou i antropogénnou acidifikáciou je daná kapacitou a potenciálom pufrácej 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.

Degradačný proces acidifikácie pôd je determinovaný priamymi a nepriamymi indikátormi. Priamym indikátorom stavu acidifikácie pôdy je hodnota pôdnej reakcie ako faktor intenzity (analytické stanovenie pôdnej reakcie ako relatívne dynamického parametra priamo indikuje stav a vývoj procesu acidifikácie) ako aj pomer ekvivalentných množstiev výmenných kationov  $\text{Al}^{3+}/\text{Ca}^{2+}$  (Grišina, Baranova, 1990) v sorpčnom komplexe pôdy. Pomer  $\text{Al}^{3+}/\text{Ca}^{2+}$  indikuje stupeň degradácie pôdy.

### Ciele a spôsob riešenia

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 biopristupnosť je vnútorne regulovaná v prevažnej miere hodnotou pôdnej reakcie (Borůvka a kol., 1997, Mestek a Volka, 1993, Makovníková, 2000).

V pôdnych vzorkách odobraných v 1. (rok 1993), 2. (rok 1997) a 3. (rok 2002) odberovom cykle z monitorovacích lokalít vybraných skupín pôd (1 – kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši - TTP, 2 - kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši - OP, 3 – kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach - TTP, 4 – rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové - TTP, 5 – čiernice na karbonátových fluviaálnych sedimentoch - OP, 6 – čiernice 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 hydroxoniových a hydroxidových iónov v pôdnom roztoku) ako aj výmenná pôdna reakcia (roztokom neutrálnej soli KCl a  $\text{CaCl}_2$ ) 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.

## Dosiahnuté výsledky

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

Hodnotenie pôdnych 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 3. monitorovacom cykle (rok 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>
kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši - TTP	0-10	4,18	6,53	5,27	3,22	6,49	4,67	3,68	6,19	4,39
	20 - 30	4,10	7,15	5,35	2,93	6,40	4,58	3,62	6,44	4,89
	35-45	4,21	7,22	5,31	2,92	6,70	4,24	3,57	6,45	4,79
kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši - OP	0-10	4,27	7,66	6,29	3,44	6,70	5,53	3,78	7,41	5,93
	35-45	4,35	7,90	6,48	3,46	6,90	5,37	3,79	7,44	5,95
kambizeme na kys. substr. a pestrých bridliciach - TTP	0-10	3,83	6,74	5,17	3,26	5,95	4,40	3,57	6,48	4,76
	20 - 30	4,00	6,76	5,41	2,73	6,07	4,42	3,18	6,49	4,89
	35-45	4,40	6,88	5,51	2,65	6,30	4,25	3,44	6,71	4,93
rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové - TTP	0-10	5,68	7,10	6,57	4,46	5,90	5,31	4,79	6,59	6,25
	20 - 30	5,65	7,20	6,49	4,75	6,00	5,47	4,97	6,34	5,87
	35-45	6,29	7,46	6,76	4,91	6,25	5,49	5,28	6,70	6,04
čiernice na karb. fluviaálnych sedimentoch - OP	0-10	7,43	8,07	7,75	6,83	7,38	7,09	7,06	7,67	7,39
	35-45	7,47	8,10	7,88	6,80	7,40	7,15	7,25	7,78	7,45
čiernice na nekarb. fluviaálnych sedimentoch - OP	0-10	5,63	6,78	6,20	4,25	5,59	4,85	4,85	5,91	5,40
	35-45	5,46	7,08	6,34	4,23	5,83	4,88	4,66	6,32	5,48

<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

Kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši využívané ako orné pôdy a kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši využívané ako trvalé trávne porasty predstavujú morfogeneticky príbuzné skupiny pôd s odlišným spôsobom využívania. Vyššia hodnota priemernej pôdnej reakcie (hodnoty sa pohybujú v slabo kyslej oblasti) v celom profile bola stanovená v skupine orných pôd, kde je možné predpokladať aj vplyv agrotechnických opatrení na úpravu pôdnej reakcie. V skupine pôd využívaných ako trvalý trávny porast sa na acidifikácii podieľajú aj kyslé koreňové výlučky trávneho pokryvu, hodnoty pôdnej reakcie sa pohybujú v kyslej až slabo kyslej oblasti a v hĺbke 0 – 10 cm je rozdiel priemerných hodnôt medzi skupinami 1,02 jednotky pH.

V skupine pôd kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach využívaný ako trvalé trávne porasty sme stanovili najnižšie priemerné hodnoty aktívnej aj výmennej pôdnej reakcie v rámci sledovaných skupín pôd. Priemerná hodnota aktívnej pôdnej reakcie je o 0,67 jednotiek nižšia ako v morfo geneticky príbuznej skupine pôd využívanej 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-fosforečnanov 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).

Rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové využívané ako trvalé trávne porasty majú hodnotu pôdnej reakcie v slabo kyslej až neutrálnej oblasti podľa stupňa vyluhovania karbonátov. Rozdiel priemernej hodnoty pôdnej reakcie oproti skupine pôd využívaných ako orné pôdy (Makovníková, 2004) je 0,97 jednotiek.

Čiernice vyvinuté na karbonátových aluviálnych sedimentoch patria k potenciálne rezistentným pôdam s nízkou zraniteľnosťou voči acifikácii. Vysoká pórovitosť humusového horizontu ako aj vysoký obsah uhličitanov zvyrazňujú pufráciu týchto pôd. Čiernice na karbonátových fluviálnych sedimentoch si udržiavajú hodnotu pôdnej reakcie v neutrálnej až slabo alkalickú oblasti. Priemerná hodnota aktívnej pôdnej reakcie je o 1,35 vyššia oproti čierniciam na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch. Prítomnosť karbonátov v substráte najvýraznejšie ovplyvnila hodnoty pôdnej reakcie v týchto dvoch morfo geneticky príbuzných skupinách pôd.

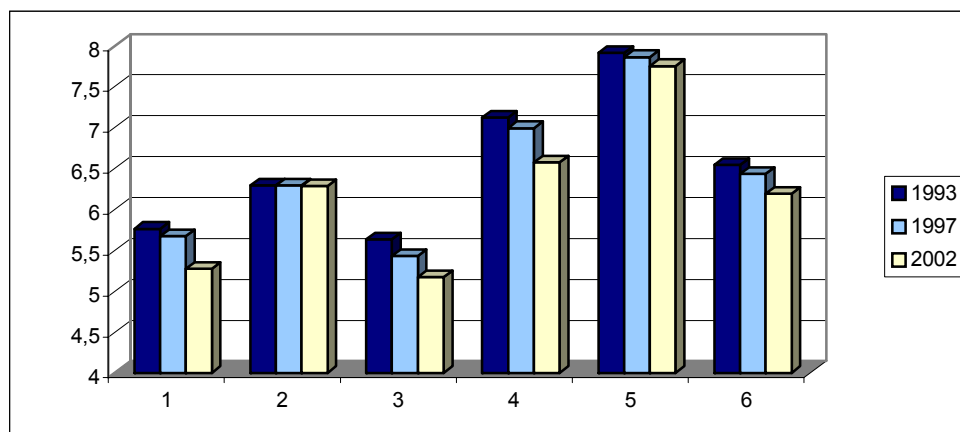
V rámci vybraných sledovaných skupín pôd, najvyššie hodnoty aktívnej (8,07) aj výmennej (7,09) pôdnej reakcie pH v H<sub>2</sub>O v hĺbke 0 – 10 cm ako aj v hĺbke 35 – 45 cm (8,10 a 7,15) sme stanovili v skupine čiernice na karbonátových fluviálnych sedimentoch využívané ako orné pôdy. Najnižšie hodnoty aktívnej pôdnej reakcie pH v H<sub>2</sub>O v hĺbke 0 – 10 cm (3,83) a v hĺbke 20 – 30 cm (4,00) sme stanovili v skupine kambizemí na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach využívaných ako trvalý trávny porast, v hĺbke 35 – 45 cm (4,21) to bolo v skupine kambizemí pseudoglejových na flyši využívaných ako trvalé trávne porasty.

Rozdiel medzi aktívnou a výmennou hodnotou pôdnej reakcie (pH/H<sub>2</sub>O – pH/KCl) úzko súvisí s kvalitou ílového podielu pôdy (Šály, 2004). V hĺbke 0 – 10 cm je najvyšší v skupine rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové, TTP (rozdiel hodnôt je 1,26). Vysoký rozdiel majú pôdy s prevahou smektitu v ílovom podiele (Šály, 2004), kde sú sorpčné miesta ľahšie prístupné výmene. Nízku hodnotu rozdielu (0,64) sme stanovili v skupine pôd čiernice na karbonátových fluviálnych sedimentoch, ide o pôdy s prevahou illitu a chloritu v ílovej frakcii pôdy. Vo všetkých sledovaných skupinách sa tento rozdiel s hĺbkou zvyšuje.

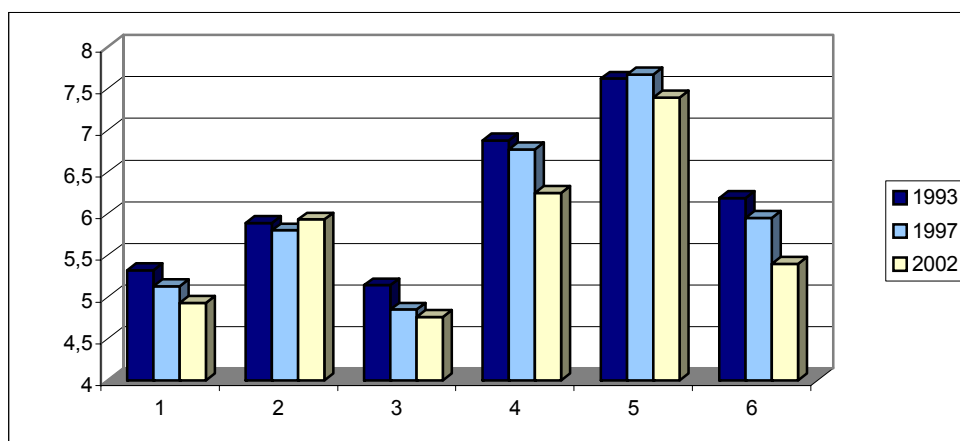
## **2. Vyhodnotenie vývoja pôdnej reakcie vo vybraných skupinách pôd zo základnej siete a na kľúčových lokalitách**

Pri posudzovaní časových zmien sme hodnotili párované hodnoty vo všetkých troch sledovaných cykloch. Na obrázku 1 a 2 je znázornené porovnanie priemerných hodnôt aktívnej a výmennej pôdnej reakcie v hĺbke 0 – 10 cm v jednotlivých skupinách pôd v 1., 2. a 3. monitorovacom cykle (v rokoch 1993, 1997 a 2002).

**Obr. 1** Hodnoty pH v H<sub>2</sub>O vo vybraných skupinách pôd v 1., 2. a 3. monitorovacom cykle (v rokoch 1993, 1997 a 2002) (hlbka 0-10 cm)



**Obr. 2** Hodnoty pH v CaCl<sub>2</sub> vo vybraných skupinách pôd v 1., 2. a 3. monitorovacom cykle (v rokoch 1993, 1997 a 2002) (hlbka 0-10 cm)



1 – kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši - TTP, 2 - kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši - OP, 3 – kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach - TTP, 4 – rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové - TTP, 5 – čiernice na karbonátových fluvialných sedimentoch - OP, 6 – čiernice na nekarbonátových fluvialných sedimentoch - OP

Pufračné systémy pôd v sledovaných skupinách pôd ovplyvňujú prirodzenú schopnosť pôd vyrovnáť sa s acidifikačnou záťažou a to antropogénnou ako aj vnútropôdnou. Kambizeme sú vyvinuté na heterogénnych substrátoch, čo následne determinuje aj ich rôznu odolnosť voči acidifikácii. V kambizemiach vyvinutých na flyši je dominantná aktivita pufrajúceho systému silikátov až výmenných kationov, v kambizemiach vyvinutých na kyslých substrátoch je dominantná aktivita pufrajúceho systému silikátov, výmenných kationov až hliníka. Tieto skupiny pôd patria k stredne až slabo rezistentným pôdam, čo sa prejavilo negatívnym trendom priameho indikátora acidifikácie, poklesom hodnôt pôdnej reakcie pH v H<sub>2</sub>O ako aj pH v CaCl<sub>2</sub> v hĺbke 0 – 10cm v skupinách kambizemí využívaných ako trvalé trávne porasty. V skupine kambizemí využívaných ako orné pôdy sa hodnoty pH stabilizovali aplikáciou agrotechnických opatrení. Acidifikačný trend v rokoch 1993, 1997 a 2002 bol zistený aj v skupine rendziny, pararendziny a litozeme s pufračným systémom karbonátov, silikátov až výmenných kationov, kde mohlo dôjsť k čiastočnému vyluhovaniu karbonátov a tým k zníženiu rezistencie pôd. V prípade rendziny pôsobí neutralizačné pôsobenie karbonátov, avšak v podmienkach mierne chladnej klímy v nadmorskej výške 1035 m, na svahu 7° - 12° sa môže rendzina akceleráciou rozpúšťania a translokáciou karbonátov z

A horizontu stáť náchylnejšia k výkyvom pôdnej reakcie smerom ku kyslej oblasti. Čiernice na karbonátových fluvialných sedimentoch s pufrujúcim systémom karbonátov si v priebehu sledovaného obdobia udržuju relatívne stabilnú hodnotu pôdnej reakcie, ktorá len mierne osciluje okolo rovnovážnej hodnoty. Acidifikačný trend sme zaznamenali aj v skupine čiernic na nekarbonátových fluvialných sedimentoch využívaných ako orné pôdy, čo je predovšetkým dôsledok zníženia aplikácie agrotechnických opatrení zameraných na úpravu pôdnej reakcie slabo kyslých pôd. Negatívny trend vo vývoji acidifikácie sa môže prejavíť znížením dostupnosti živín, vyplavovaním živín, narušením pôdnej štruktúry, znížením biologickej aktivity pôdy ako aj znížením retenčnej schopnosti pôd s negatívnym dopadom na kvalitu pestovaných plodín.

Preukaznosť zmien medzi prvým a tretím cyklom štatisticky hodnotí Wilcoxonov poradový test pre pH v H<sub>2</sub>O v r. 1993 a 2002 (tab. 2). Pri poklese kritéria "Z" pod kritickú hodnotu  $\alpha = 0,05$  sú zmeny pôdnej reakcie v roku 1993 a 2002 štatisticky preukazné. K preukazným zmenám priameho indikátora acidifikácie došlo v skupine kambizemí a kambizemí pseudoglejových na flyši a kambizemí na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach využívaných ako trvalý trávny porast, v skupine rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové využívané ako trvalý trávny porast a čiernice na nekarbonátových fluvialných sedimentoch využívané ako orné pôdy.

**Tabuľka 2** Wilcoxonov poradový test pre pH v H<sub>2</sub>O v hĺbke 0-10 cm v r. 1993 a 2002 - Wilcoxon ranks test of pH/H<sub>2</sub>O in 1993 and 2002 years

Pôdny predstaviteľ <sup>1</sup>	1	2	3	4	5	6
Z kritérium <sup>2</sup>	0,004	0,54	0,001	0,002	0,01	0,007

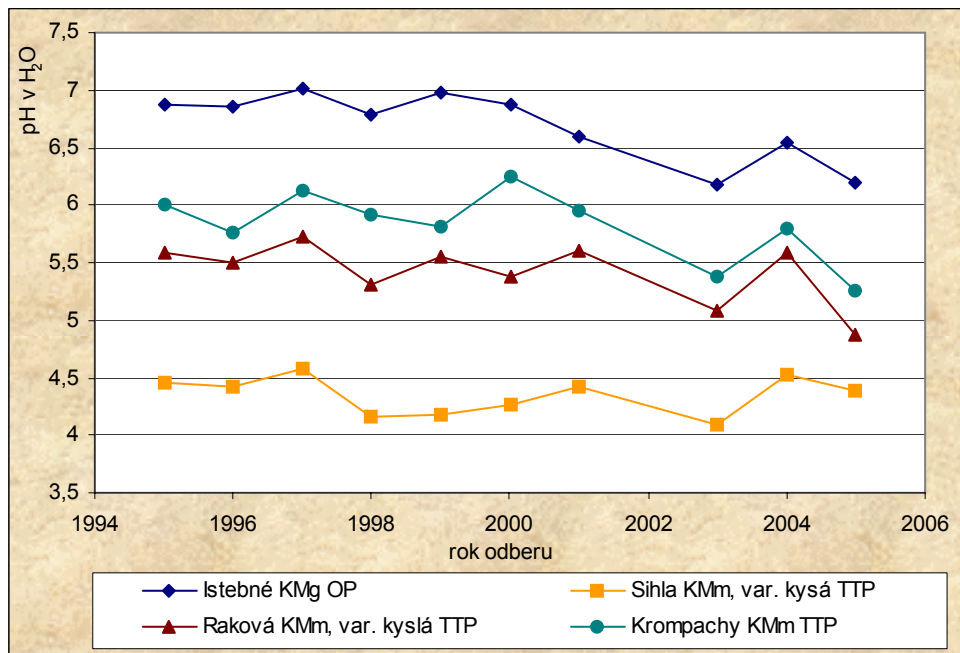
Vysvetlivky: <sup>1</sup>Soil representative <sup>2</sup>Z parameter

1 – kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši - TTP, 2 - kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši - OP, 3 – kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach - TTP, 4 – rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové - TTP, 5 – čiernice na karbonátových fluvialných sedimentoch - OP, 6 – čiernice na nekarbonátových fluvialných sedimentoch – OP

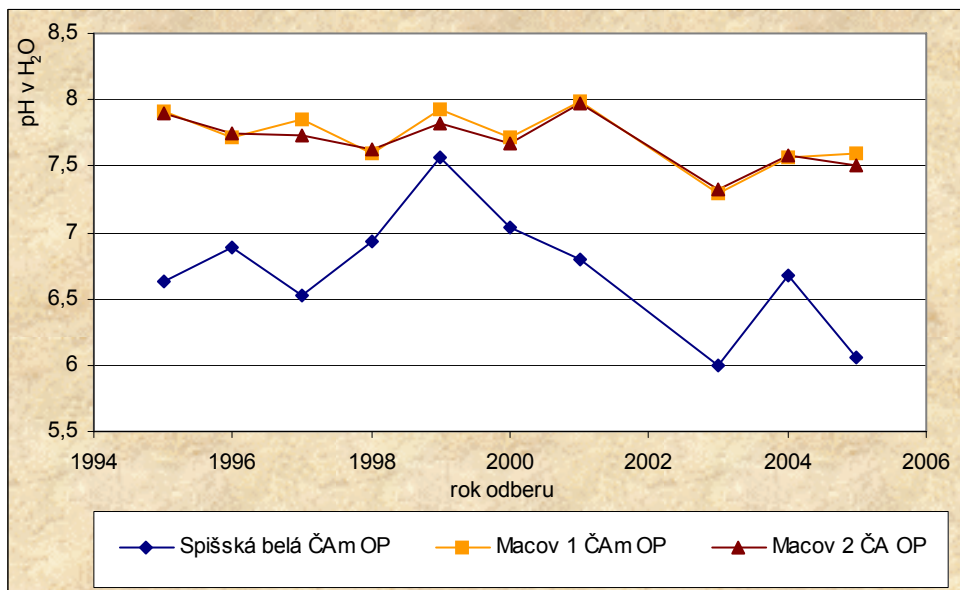
Tendenčné časové zmeny parametrov acidifikácie sledované na kľúčových lokalitách (obr. 3, 4) sú podmienené kapacitou a potenciálom pufrujúceho systému sledovaných pôd, zastúpeného v prípade kambizemí pufrujúcim systémom silikátov, výmenných kationov až hliníka v kontexte s lokálnou acidifikačnou záťažou na sledovanej lokalite. Vývoj pôd v skupinách smerom k okysleniu potvrdzuje aj polynomický klesajúci trend vývoja pôdnej reakcie na reprezentujúcich kľúčových lokalitách (obr. 3). Nestabilita pufrujúceho systému sa prejavuje výrazným rozkolísaním hodnôt pôdnej reakcie. Vyrovnaný priebeh hodnôt pôdnej reakcie, ktorý osciluje okolo rovnovážnej hodnoty môžeme pozorovať v prípade lokality Sihla, kde už rovnovážna hodnota pôdnej reakcie spadá do silne kyslej oblasti a už nedochádza k ďalšiemu okysleniu.

Vyrovnaný priebeh vývoja pôdnej reakcie sme zaznamenali v skupine čiernic na karbonátových sedimentoch s neutralizačným pufrujúcim systémom karbonátov (lokality Macov 1 a Macov 2), na lokalite Spišská Belá je zrejмый vplyv aplikácie agrotechnických opatrení v priebehu sledovaného obdobia.

**Obr. 3** Vývojové trendy pH v H<sub>2</sub>O na klúčových lokalitách - Kambizeme



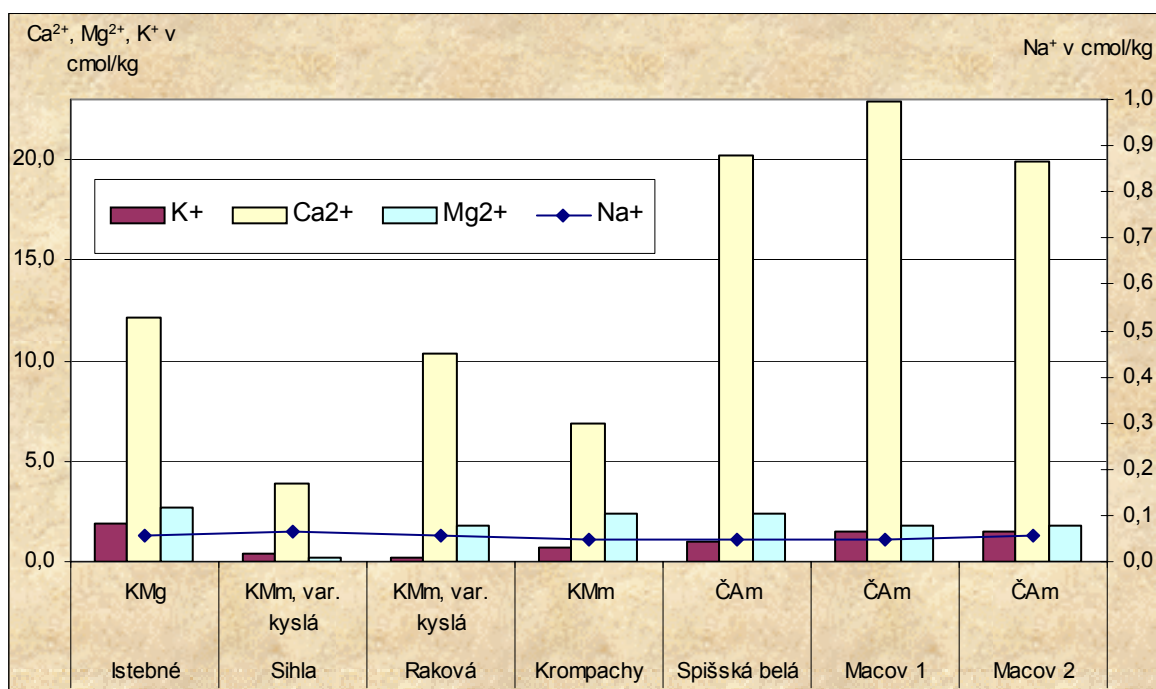
**Obr. 4** Vývojové trendy pH v H<sub>2</sub>O na klúčových lokalitách - Čiernice



Kvalitatívne a kvantitatívne zloženie výmenných katiónov v sorpčnom komplexe pôd ovplyvňuje predovšetkým pufručnú funkciu pôdy, trofickú funkciu, štruktúru ako aj vodný a vzdušný režim pôdy (Hanes, 1999). Aktuálny stav bázických výmenných katiónov v sorpčnom komplexe klúčových lokalít je na obr. 5



**Obr. 5** Kvantitatívne zloženie bázických katiónov na kľúčových lokalitách

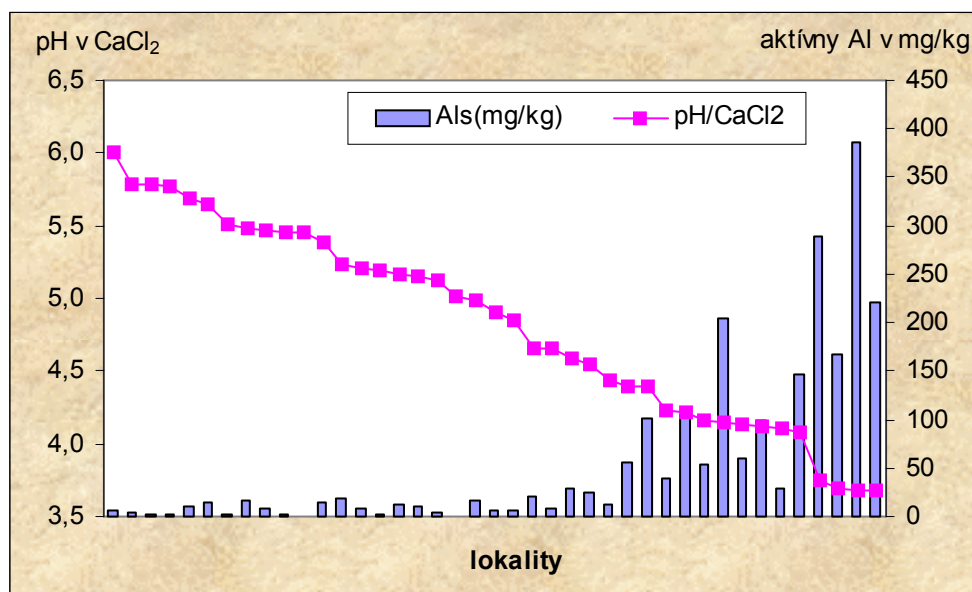


Prevládajúcim katiónom je vápnik, najnižšie zastúpenie má sodík, menej ako 1,5 %. Pomer  $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$  v rozmedzí 4:1 až 6:1, ktorý uvádza Čurlík (2003) ako najpriaznivejší pre poľnohospodársky využívané pôdy, sme stanovili na lokalitách Raková (5,6 : 1) a Istebné (4,6 : 1). Katión  $\text{Ca}^{2+}$  je dominantným katiónom na lokalitách Sihla (18 : 1), Macov (12,5 : 1) a Spišská Belá (8,5 : 1).

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

Štatisticky preukázaný trend acidifikácie, pokles hodnôt pôdnej reakcie v sledovaných skupinách pôd, je nepriaznivý predovšetkým v súvislosti s vysokou mierou zápornej korelácie medzi hodnotami pôdnej reakcie a obsahom aktívneho hliníka (Makovníková, Kanianska, 1996, Kozák, Borůvka, 1998). V rámci sledovaných skupín pôd je miera korelácie determinovaná korelačným koeficientom  $-0,73$  (obr. 6, Als – aktívny hliník podľa Sokolova). Už malý gradient pH v slabo kyslej až kyslej oblasti spôsobí výrazné zmeny v biopristupnosti kovov v sorpčnom komplexe.

**Obr. 6** Hodnoty pH v CaCl<sub>2</sub> v kontexte s obsahom aktívneho hliníka vo vybraných skupinách pôd v rokoch 1993, 1997 a 2002



Vychádzajúc z parametrov rozpustnosti hliníka, aktívny Al bol nameraný len v pôdach s hodnotami pH/KCl < 6,00 (lokality s pH/KCl < 6,00) (tab. 3).

**Tab. 3** Popisná štatistika aktívneho hliníka v hĺbke 1 – 10 cm v 3. monitorovacom cykle (v roku 2002)

Pôdny predstaviteľ <sup>1</sup>	Al v mg.kg <sup>-1</sup>		
	Min	Max	X <sup>2</sup>
kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši - TTP	5,52	385,12	86,36
kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši - OP	4,20	54,52	16,32
kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach - TTP	1,45	289,80	55,85
čiernice na nekarbonátových fluvialných sedimentoch – OP	2,66	6,66	4,22

Vysvetlivky: <sup>1</sup>Soil representative <sup>2</sup>arithmetic mean

Obsah aktívneho hliníka (tab. 3) v sledovaných skupinách pôd sa v roku 2002 pohyboval v rozsahu od 1,45 v skupine kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach využívané ako trvalý trávny porast do 385,12 mg.kg<sup>-1</sup> v skupine, kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši využívané ako trvalý trávny porast. Najvyššia priemerná hodnota v hĺbke 0 – 10 cm, a to 86,36 mg.kg<sup>-1</sup> bola stanovená v skupine kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši využívané ako trvalý trávny porast.

## Záver

- ❖ najnižšie priemerné hodnoty aktívnej (5,17) aj výmennej pôdnej reakcie (4,40) v rámci sledovaných skupín pôd sme stanovili v skupine pôd kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach využívaný ako trvalé trávne porasty
- ❖ rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové využívané ako trvalé trávne porasty majú hodnotu pôdnej reakcie v slabo kyslej až neutrálnej oblasti (s priemernou hodnotou aktívnej 6,57 a výmennej pôdnej reakcie 5,31) podľa stupňa vyluhovania karbonátov

- ❖ čiernice na karbonátových fluvialných sedimentoch si udržujú hodnotu pôdnej reakcie v neutrálnej až slabo alkalickéj oblasti (s priemernou hodnotou aktívnej 7,55 a výmennej pôdnej reakcie 7,09)
- ❖ najvyšší priemerný obsah aktívneho hliníka v hĺbke 0 – 10 cm, a to 86,36 mg.kg<sup>-1</sup> bol stanovený v skupine kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši využívané ako trvalý trávny porast, miera korelácie determinovaná korelačným koeficientom – 0,73 bola stanovená medzi hodnotou pH/CaCl<sub>2</sub> a obsahom aktívneho Al
- ❖ k štatisticky preukazným zmenám priameho indikátora acidifikácie došlo v skupine kambizemí a kambizemí pseudoglejových na flyši a kambizemí na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach využívaných ako trvalý trávny porast, v skupine rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové využívané ako trvalý trávny porast a čiernice na nekarbonátových fluvialných sedimentoch využívané ako orné pôdy.

### Zoznam použitej literatúry

- Bedrna, Z., 1994: Resistibility of Landscape to acidification. *Ekologia*, 13, s.77 – 86
- Borůvka, L., Křišťoufková, S., Kozák, J., Huan Wei, Ch., 1997: Speciation of Cd, Pb, and Zn in heavy polluted soils. *Rostlinná. Výroba*, 43: 187-192.
- Fiala, K a kol., 1999: Návrh metodík chemického rozboru pôd pre účely pôdneho monitoringu. Bratislava, 60s.
- Grišina, L. A., Baranova, T.A., 1990: Vplyv kyslých zrážok na vlastnosti pôd lesného ekosystému južnej tajgy. *Lesné pôdoznanectvo*, 10, 121-136
- Hanes, J, 1999.: Analýza sorpčných vlastností pôd, VÚPOP Bratislava, 138 s.
- Kanianska, R., 2000: Acidifikácia pôd vplyvom kyslých atmosférických polutantov, Bratislava, 96s.
- Makovníková, J., Kanianska, R.: Aktívny hliník a jeho súčasný stav v pôdach SR. *Rostlinná výroba*, 42/7, 1996, s. 289 - 292
- Makovníková, J, 2000: 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, 126s.
- Makovníková, J., 2002: Stav a vývojové trendy aktívneho hliníka v pôdach SR. *Poľnohospodárstvo* 12, s. 619 – 624
- Makovníková, J, 2004.: Acidifikačné trendy poľnohospodárskych pôd Slovenska. Stav a vývoj indikátorov acidifikácie. Zborník referátov z konferencie pôdoznanecov SR, Mojmírovce 22. - 24. jún, 2004. Societas pedologica slovac, VÚPOP Bratislava, A4, CD ROM, ISBN: 80-89128-11-4
- Mestek, O.,Volka K., 1993: Interakce těžkých kovů s půdními složkami. *Chemické Listy*, 87. 95-806.
- Šály, R., 2004: Príspevok k zloženiu pôdnych karbonátov. Zborník referátov z konferencie pôdoznanecov SR, Mojmírovce 22. - 24. jún, 2004. Societas pedologica slovac, VÚPOP Bratislava, A4, CD ROM, ISBN: 80-89128-11-4



## B. MONITORING VÝVOJA SOĽNÝCH PÔD V ROKU 2005

Monitoring vývoja soľných pôd v roku 2005 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 katastroch 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 antropogenná 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	<b>IŽA</b> okres Komárno	Čiernica modálna karbonátová v počiatkovom štádiu slancovania
400 176	<b>GABČÍKOVO</b> okres Dunajská Streda	Čiernica modálna slabo slanisková
400 177	<b>ZLATNÁ NA OSTROVE</b> okres Komárno	Čiernica černozemná slabo slanisková, hlboko slancová
400 178	<b>KOMÁRNO-HADOVCE</b>	Čiernica černozemná slanisková, slabo slancová
400 179	<b>ZEMNÉ</b> okres Nové Zámky	Čiernica glejová slabo slanisková, slabo slancová
400 138	<b>KAMENÍN</b> okres Nové Zámky	Slanec slaniskový
400 229	<b>MALÉ RAŠKOVCE</b> okres Trebišov	Slanec
400 063	<b>ŽIAR NAD HRONOM</b>	Slanec - slanisko

Odber pôdnych vzoriek sa uskutočňuje v ročných intervaloch v jarých mesiacoch apríl – máj. To umožňuje stanoviť ten obsah solí, ktorý zostal v pôde po jesenných, zimných a skorých jarých 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 pôdnych horizontov do hĺbky cca 1 m, pretože vývoj soľných pôd tu prebieha od spodných horizontov smerom k povrchu pôdy. Analýzy pôdnych vzoriek zahŕňajú rozbor vodného výluhu (Hraško, J. a kol., 1962) a rozbor nasýteného extraktu pôdnych 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 soľných pôd.

## Použité metódy stanovenia

$\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  - plameňová fotometria

$\text{Mg}^{2+}$  - atómová absorpčná spektrofotometria (AAS)

$\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  - titračne ( $0,05 \text{ mol.l}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$ )

Elektrická vodivosť (EC) – konduktometricky

pH – potenciometricky

odparok – gravimetricky

$\text{SO}_4^{2-}$  - gravimetricky

$\text{Cl}^-$  - titračne podľa Mohra

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

## Kritériá hodnotenia soľných pôd

### *Hodnotenie zasolenia (slaniskovania) pôd*

Podľa elektrickej vodivosti (ECe) a celkového obsahu solí.

ECe ( $\text{mS.m}^{-1}$ )	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 slancovania pôd*

Zastúpenie výmenného sodíka (ESP) v sorpčnom komplexe.

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

## Výsledky a ich hodnotenie

V roku 2005 sa v monitorovaných pôdach opätovne potvrdila prítomnosť oboch foriem soľných procesov – slaniskovania i slancovania, ako aj značná mineralizácia podzemných vôd.

### *Zasoľovanie – slaniskovanie pôd*

Zasoľovanie ako proces akumulácie sodných solí v pôdnom profile sme v roku 2005 zaznamenali vo všetkých monitorovaných pôdach a v prevažnej väčšine ich pôdných horizontov (Tab.2). Z celkového počtu 52 pôdných horizontov ôsmich pôdných profilov len v deviatich horizontoch bol celkový obsah solí nižší ako limitná hodnota 0,10 %.

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

Slabé – počiatkové zasolenie, s obsahom solí 0,10 – 0,15 %, sme zaznamenali takmer vo všetkých horizontoch lokalít Iža, Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce. Povrchové vrstvy (0 – 10 cm) uvedených lokalít sú však stredne zasolené z obsahom celkových solí 0,16 – 0,19 %. Tento jav – najvyšší obsah solí na povrchu pôdy - je typickým znakom procesu zasoľovania a v r. 2005 sa prejavil aj na uvedených lokalitách.

Stredne zasolený je profil lokality Malé Raškovce (0,22 – 0,31 % solí) a profil lokality Kamenín, v ktorom obsah solí v hĺbke 40 – 50 cm dosiahol 0,83 %, čo je silné zasolenie. Pôda lokality Žiar nad Hronom je, okrem povrchu pôdy (0 – 10 cm), silne zasolená v celom profile. Obsahuje 1,10 – 3,29 % solí, ktoré sú však antropogénneho pôvodu z exhalátov výroby hliníka.

Elektrická vodivosť pôdneho extraktu (ECe) v pôdach s nízkym obsahom solí (0,10 – 0,15 %) len ojedinele potvrdzuje prítomnosť procesu zasoľovania. Jej hodnoty sú prevažne menšie ako  $200 \text{ mS.m}^{-1}$  (Tab.4). V pôdach so stredným a vysokým obsahom solí (0,15 – 3,29 %) sa elektrická vodivosť zvyšuje na  $200 - 400 \text{ mS.m}^{-1}$  a indikuje slabé zasolenie.

Charakter zasoľovania indikovaný obsahom iónov  $\text{Cl}^-$  a  $\text{SO}_4^{2-}$  (Tab.2) potvrdzuje, že prebiehajúce zasoľovanie je chlorido-sulfátové. Výskyt oboch týchto iónov spolu so sodíkom ( $\text{Na}^+$ ) v stredných a substrátových horizontoch nasvedčuje, že proces zasoľovania prebieha od spodných vrstiev k povrchu pôdy.

### *Vývoj zasoľovania*

V priebehu posledných šiestich rokov (2000 – 2005) sme vo vývoji zasoľovania pôd nezaznamenali preukazné zmeny (Tab.3). Celkový obsah solí v pôdach s počiatkovým štádiom zasoľovania (Iža, Zemné, Gabčíkovo a Zlatná na Ostrove) len ojedinele v niektorých rokoch a horizontoch (2004, 2005) 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 typický 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.3). 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.3 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.4).

Nízky obsah sodíka (< 5 %) sa zachoval v celom profile lokality Iža a v prvých dvoch až troch povrchových horizontoch lokalít Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce a Zemné. V pôdach Kamenín, Malé Raškovce a Žiar nad Hronom, ktoré sú klasifikované ako slance je obsah výmenného sodíka (ESP%) veľmi vysoký a jeho obsah v jednotlivých horizontoch dosahuje 16 – 54 %, pričom vysoké hodnoty ESP sú v iluviálnych (Bn) horizontoch.

Hodnoty pôdnej reakcie (pH) ako indikátora alkalizácie pôdy potvrdzujú silne alkalickú reakciu všetkých pôd a horizontov (pH > 7,7). Extrémne silnú alkalickú reakciu (pH > 9) má profil lokality Žiar nad Hronom.

### *Vývoj slancovania a alkalizácie pôd*

Vývoj slancovania a alkalizácie pôd za obdobie posledných 6 rokov (2000-2005) hodnotíme podľa obsahu výmenného sodíka (ESP) a pôdnej reakcie (pH).

Slancovanie pôd definované obsahom výmenného sodíka nad 5 % (ESP>5%) udáva Tab.5. Z jej údajov vyplýva, že tento proces je prítomný vo všetkých monitorovaných pôdach a v porovnaní s procesom zasolovania (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 Kamenín je už pod ornice 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.5. Z údajov Tab.5 vyplýva, 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 ( $\text{Ca}^{2+}$ ), prípadne prítomnosť nižšieho obsahu sodíka ( $\text{Na}^+$ ) 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 ( $\text{Na}^+$ ) a je charakteristická pre typické slance lokalít Kamenín, Malé Raškovce a Žiar nad Hronom.

Z uvedených údajov slaniskovania a slancovania (Tab.3 a 5) 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 vyplýva 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 2005 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 2005 (tabuľka 6) sú s malými odchýlkami zhodné s výsledkami predchádzajúcich rokov. Hlavnými ukazovateľmi rizikovosti vzniku a rozvoja soľných 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 soľných pôd z hľadiska hodnôt EC a mineralizácie je na lokalite Gabčíkovo, Iža a Zemné s hodnotami EC 67 - 143  $\text{mS.m}^{-1}$  a celkovou mineralizáciou 525 - 965  $\text{mg.l}^{-1}$ . Lokality Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce s hodnotami EC 159 - 186  $\text{mS.m}^{-1}$  a mineralizáciou 1250 - 1479  $\text{mg.l}^{-1}$  sú rizikovejšie. Na týchto lokalitách hodnoty SAR 5,63 – 8,31 signalizujú aj reálne riziko sódového zasolovania.

Obsah jednotlivých iónov v chemickom zložení podzemných vôd signalizuje charakter možného zasolovania pôd. Vyššie zastúpenie aniónov  $\text{SO}_4^{2-}$  a  $\text{Cl}^-$  vytvára podmienky pre rozvoj sulfátového prípadne chloridosulfátového zasolovania. Riziko rozvoja sódového zasolovania v lokalitách Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce signalizuje aj zvýšený obsah iónov  $\text{HCO}_3^-$  (635-830  $\text{mg.l}^{-1}$ ), sodíka (282-339  $\text{mg.l}^{-1}$ ) a SAR (5,63-8,31).

### **Záver**

Výsledky monitoringu soľných pôd v roku 2005 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 slaboslancových 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 solných 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 (ECe 159-186 mS.m<sup>-1</sup>), vysoká mineralizácia podzemných vôd (1250 – 1479 mg.l<sup>-1</sup>), vysoký obsah sodíka (282-339 mg.l<sup>-1</sup>), vysoký obsah hydrogénuhličitanových iónov (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 635 – 830 mg.l<sup>-1</sup>) ako aj sodíkový adsorpčný pomer (SAR 5,63-8,31), ktorý indikuje reálne podmienky pre vznik sódového zasolovania, ktoré patrí k najhoršiemu druhu solných pôd.

**Tab. 2** Zasolovanie – slaniskovanie pôd v r. 2005 (rozbor vodného výluhu pôd)

Lokalita	Horizont	Hĺbka cm	pH	CO <sub>3</sub> <sup>2-</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>	Celkový obsah soli (odparok) %
				mmol/kg								
Iža 400180	Amlcp(S)	0-10	7,8	0,0	7,18	4,40	0,00	2,34	2,88	0,31	0,42	<b>0,19</b>
	Amlcp(S)	15-25	7,9	0,0	8,08	2,65	0,04	1,66	2,25	0,36	0,16	<b>0,13</b>
	Amlc	30-40	8,1	0,0	7,78	1,65	0,00	1,54	2,18	0,51	0,10	<b>0,11</b>
	CGo	75-85	8,1	0,0	7,28	1,15	0,00	1,02	2,44	0,74	0,02	0,08
	Cgon	90-100	8,2	0,0	6,18	1,65	0,00	0,78	2,47	0,77	0,04	0,05
Zemné 400179	Amlcp(S)	0-10	7,8	0,0	6,98	1,40	0,00	1,90	1,28	0,48	0,81	<b>0,16</b>
	Amlcp(S)	10-20	7,8	0,0	6,69	2,90	0,00	2,02	1,26	0,75	0,44	<b>0,15</b>
	A/Cgon	45-55	8,1	0,0	6,69	1,40	0,00	1,54	1,14	2,02	0,02	0,09
	CGrn	65-75	8,0	0,0	5,69	2,15	2,53	1,66	1,47	2,92	0,02	0,09
	CGrn	100-110	8,0	0,0	4,88	3,65	2,78	1,66	1,46	2,16	0,04	<b>0,10</b>
Gabčíkovo 400176	Amlcp(S)	0-10	7,9	0,0	8,19	1,35	0,00	1,13	3,11	0,13	0,99	<b>0,17</b>
	Amlcp(S)	10-20	8,0	0,0	6,39	0,90	0,00	1,13	2,63	0,19	0,32	<b>0,12</b>
	Amlc(S)	40-50	8,1	0,0	6,72	1,40	2,25	0,91	2,69	0,54	0,09	0,08
	A/Cgro(S)	65-75	8,1	0,0	4,75	2,00	2,23	0,78	3,61	0,93	0,06	<b>0,10</b>
	Cgroc(S)n	90-100	8,1	0,0	3,93	2,60	5,29	1,09	4,50	1,61	0,05	<b>0,13</b>
	Cgroc(S)n	100-110	7,9	0,0	2,95	2,65	6,79	1,18	4,71	1,79	0,05	<b>0,14</b>
Zlatná na Ostrove 400172	Amčcp	0-10	8,1	0,0	6,18	0,40	0,00	0,56	3,54	0,20	0,61	<b>0,10</b>
	Amčcp	10-20	8,0	0,0	5,98	0,65	0,00	0,56	3,56	0,25	0,30	0,09
	A/Cgoc(S)n	40-45	8,2	0,0	6,97	0,70	0,00	0,43	3,56	0,84	0,09	0,04
	Cgoc(S)n	50-65	8,3	0,0	7,28	0,35	0,00	0,39	3,71	1,54	0,08	0,07
	2CGoc(S)n	100-110	8,3	0,0	4,79	0,45	7,76	0,65	9,05	7,14	0,02	<b>0,17</b>
Komárno Hadovce 400138	Amčcp(S)	0-10	8,1	0,0	9,97	2,80	0,00	0,52	4,13	0,55	4,28	<b>0,17</b>
	Amčcp(S)	10-20	8,1	0,0	7,97	3,15	0,00	0,74	4,15	0,79	1,98	<b>0,15</b>
	A/CgocSn	40-50	8,2	0,0	7,48	3,90	0,00	0,65	4,96	3,12	0,38	<b>0,12</b>
	CGrocSn	55-60	8,3	0,0	6,87	4,15	4,44	0,56	5,74	5,76	0,16	<b>0,13</b>
	CGrocSn	70-80	8,3	0,0	4,48	4,50	5,93	0,30	6,76	7,02	0,05	<b>0,13</b>
	CGrocSn	100-110	8,5	0,0	4,89	3,95	4,99	0,22	6,07	6,20	0,03	<b>0,11</b>
Kamenín 400138	AmSn	0-10	7,8	0,0	-	-	2,79	0,14	1,37	25,75	0,31	<b>0,39</b>
	AmSn	10-20	8,3	0,0	-	-	5,57	0,14	2,30	31,81	0,70	<b>0,60</b>
	AmSn	20-30	8,8	0,0	-	-	5,15	0,22	2,42	41,02	0,77	<b>0,65</b>
	AmSn	40-50	9,0	0,0	-	-	6,99	0,22	3,69	46,66	1,07	<b>0,83</b>
	Bn(S)	60-70	8,8	0,0	-	-	12,10	0,22	2,18	48,12	0,75	<b>0,50</b>
	Bn	80-90	8,8	1,7	26,64	7,30	10,72	0,14	0,63	41,02	0,07	<b>0,38</b>
	Bn	100-110	8,6	0,0	13,96	5,40	5,36	0,14	0,97	19,16	0,10	<b>0,20</b>
Malé Raškovce 400229	Ae(S)	0-10	7,6	0,0	2,95	1,50	0,38	1,28	0,76	1,20	0,08	0,09
	A(S)n	20-30	7,7	0,0	4,26	1,50	2,06	0,00	0,07	10,68	0,13	<b>0,22</b>
	Asn	35-45	8,1	0,0	12,46	1,00	4,59	0,07	0,10	28,75	0,14	<b>0,29</b>
	BnS	50-60	8,2	0,0	12,95	1,00	11,02	0,25	0,13	38,40	0,08	<b>0,32</b>
	BnS	70-80	8,4	0,0	9,51	1,00	1,021	0,18	0,46	34,78	0,00	<b>0,23</b>
	BnS	120-130	8,6	0,0	15,08	1,50	7,76	0,09	0,06	36,88	0,09	<b>0,31</b>
Žiar nad Hronom 400063	An	0-10	9,4	0,0	-	-	83,62	0,46	19,27	46,66	3,35	<b>0,90</b>
	An	10-20	9,6	0,0	-	-	153,99	0,70	31,51	75,52	5,16	<b>1,10</b>
	A/Bn	20-30	9,5	0,0	-	-	127,79	0,62	26,78	92,06	4,57	<b>1,11</b>
	Bn	35-45	9,5	0,0	-	-	173,15	0,70	33,64	93,98	6,54	<b>1,09</b>
	Bn(S)	55-65	9,3	0,0	-	-	141,55	0,46	28,28	68,62	4,42	<b>3,04</b>
	Bn(S)	75-85	9,5	0,0	-	-	122,77	0,38	24,90	56,66	3,27	<b>3,29</b>

**Tab. 3** 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	2000	2001	2002	2003	2004	2005
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>	106	57	49	71	95	158
			15-25	<b>0,13</b>	0,05	<b>0,10</b>	0,08	0,09	<b>0,13</b>	43	51	38	72	71	95
		CGo(n)	30-40	0,08	0,09	0,07	0,07	0,09	<b>0,11</b>	29	45	36	65	58	79
			55-65	0,09	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08	38	47	26	74	57	64
			75-85	0,08	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	34	39	28	87	55	51
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>		57	60	87	80	119
			10-20	0,08	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>	53	63	46	92	83	86
		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	79	43	43	66	96	58
			65-75	<b>0,17</b>	<b>0,10</b>	<b>0,13</b>	0,08	<b>0,28</b>	<b>0,10</b>	136	92	80	105	<b>357</b>	101
			90-100 100-110	<b>0,15</b> <b>0,19</b>	<b>0,16</b> <b>0,13</b>	<b>0,15</b> <b>0,17</b>	<b>0,14</b> <b>0,15</b>	<b>0,23</b> <b>0,20</b>	<b>0,13</b> <b>0,14</b>	218 223	195 238	97 99	233 241	<b>365</b> <b>305</b>	182 <b>205</b>
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>		67	38	65	75	75
			10-20	<b>0,10</b>	<b>0,14</b>	<b>0,10</b>	0,08	<b>0,10</b>	0,09	40	58	36	59	64	67
		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	43	60	45	60	84	64
			50-65	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>	0,05	<b>0,12</b>	0,07	83	115	62	84	152	69
			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>	207	291	105	<b>304</b>	<b>352</b>	<b>320</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>		73	34	85	97	139
			10-20	<b>0,11</b>	0,09	<b>0,10</b>	0,08	<b>0,11</b>	<b>0,15</b>	42	63	37	79	79	128
		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>309</b>	212	149	156	208	141
			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>	<b>355</b>	<b>252</b>	147	233	244	186
			70-80 100-110	<b>0,27</b> <b>0,14</b>	<b>0,27</b> <b>0,18</b>	<b>0,20</b> <b>0,12</b>	<b>0,14</b> <b>0,17</b>	<b>0,19</b> <b>0,16</b>	<b>0,13</b> <b>0,11</b>	214 227	<b>375</b> <b>355</b>	117 68	<b>284</b> <b>362</b>	<b>351</b> <b>346</b>	<b>239</b> <b>234</b>
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>	164	39	68	92	71	98
			10-20	0,08	<b>0,13</b>	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>	<b>0,13</b>	<b>0,15</b>	52	43	48	65	65	98
		A/CGo(sn) CGr(s)n	35-45	0,09	<b>0,12</b>	0,08	0,07	<b>0,11</b>	0,09	85	73	37	66	57	58
			55-65	<b>0,16</b>	0,09	0,08	0,05	0,09	0,09	171	115	43	62	82	102
			90-100	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	0,04	0,09	<b>0,10</b>	218	<b>273</b>	53	80	129	158

pokračovanie tab. 3

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

*Poznámka:* odparok - obsah vodorozpustných solí sodíka vo vodnom výluhu pôdy  
 ECe - merná elektrická vodivosť nasýteného extraktu pôdy  
**0,11; 246** - nadlimitné hodnoty odparku a ECe

**Tab. 4** Slancovanie pôd – alkalizácia v r. 2005 (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	158	0,31	3,03	2,50	0,1	0,9
	Amlcp(S)	15-25	95	0,30	1,97	1,58	0,3	1,1
	Amlc	30-40	79	0,42	1,75	1,31	0,2	1,9
	CGo	75-85	64	0,57	1,76	0,91	0,3	2,8
	Cgon	90-100	51	0,85	1,63	0,56	0,6	4,5
Zemné 400179	Amlcp(S)	0-10	98	0,38	1,08	1,88	0,2	1,7
	Amlcp(S)	10-20	98	0,58	1,02	1,87	0,3	2,8
	A/Cgon	45-55	58	1,11	0,72	0,92	0,9	<b>6,0</b>
	CGrn	65-75	102	2,56	1,10	1,35	1,6	<b>8,3</b>
	CGrn	100-110	158	3,44	1,78	1,95	1,8	<b>8,6</b>
Gabčíkovo 400176	Amlcp(S)	0-10	119	0,17	1,83	2,10	0,1	0,4
	Amlcp(S)	10-20	86	0,19	1,28	1,63	0,1	0,7
	Amlc(S)	40-50	58	0,40	1,04	1,03	0,3	2,2
	A/Cgro(S)	65-75	101	0,89	1,83	1,33	0,5	4,0
	Cgroc(S)n	90-100	182	2,41	3,60	1,98	1,0	<b>6,6</b>
	Cgroc(S)n	100-110	205	2,79	4,18	2,41	1,1	<b>6,8</b>
Zlatná na Ostrove 400172	Amčcp	0-10	75	0,21	1,19	1,26	0,1	0,9
	Amčcp	10-20	67	0,25	1,05	1,16	0,2	1,2
	A/Cgoc(S)n	40-45	64	0,86	1,02	1,09	0,6	4,6
	Cgoc(S)n	50-65	69	1,86	1,09	0,97	1,3	<b>7,5</b>
	2CGoc(S)n	100-110	320	13,93	9,65	2,05	4,1	<b>10,6</b>
Komárno Hadovce 400138	Amčcp(S)	0-10	139	0,72	2,28	1,81	0,4	2,9
	Amčcp(S)	10-20	128	1,00	2,09	1,79	0,5	4,0
	A/CgocSn	40-50	141	3,92	2,78	1,46	1,9	<b>8,8</b>
	CGrocSn	55-60	186	7,61	4,37	1,41	3,2	<b>9,6</b>
	CGrocSn	70-80	239	11,64	7,04	1,33	4,0	<b>10,6</b>
	CGrocSn	100-110	234	5,84	6,99	1,26	2,0	<b>9,0</b>
Kamenín 400138	AmSn	0-10	288	40,86	1,14	0,48	32,2	<b>42,7</b>
	AmSn	10-20	293	40,70	0,82	0,22	40,0	<b>48,7</b>
	AmSn	20-30	367	55,64	2,35	0,31	34,1	<b>44,3</b>
	AmSn	40-50	354	55,71	4,25	0,69	25,1	<b>36,4</b>
	Bn(S)	60-70	382	46,89	0,71	0,21	48,9	<b>54,4</b>
	Bn	80-90	349	42,41	0,72	0,21	44,0	<b>51,4</b>
	Bn	100-110	276	30,92	1,29	0,34	24,2	<b>35,5</b>
Malé Raškovce 400229	Ae(S)	0-10	62	1,04	0,73	0,03	1,2	<b>7,2</b>
	A(S)n	20-30	77	9,48	0,06	0,24	17,6	<b>28,7</b>
	Asn	35-45	113	13,70	0,14	0,34	19,7	<b>31,0</b>
	BnS	50-60	221	26,57	0,31	0,66	27,0	<b>38,2</b>
	BnS	70-80	242	27,51	1,10	0,69	20,6	<b>31,9</b>
	BnS	120-130	178	21,50	0,16	0,54	25,8	<b>37,1</b>
Žiar nad Hronom 400063	An	0-10	247	47,62	30,71	1,33	8,4	<b>16,6</b>
	An	10-20	215	39,45	21,77	0,82	8,3	<b>16,4</b>
	A/Bn	20-30	387	79,83	44,68	1,45	11,8	<b>22,0</b>
	Bn	35-45	348	54,70	16,33	0,70	13,3	<b>23,8</b>
	Bn(S)	55-65	382	47,53	1,40	0,20	37,5	<b>46,9</b>
	Bn(S)	75-85	359	45,30	0,83	0,19	44,8	<b>51,9</b>

ESP&gt;5 % = nadlimitné hodnoty

**Tab. 5** Vývoj slancovania - alkalizácie

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

pokračovanie tab. 5

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

*Poznámka:* ESP - obsah výmenného sodíka v sorpčnom komplexe pôdy  
údaje vyznačené tučne signalizujú prítomnosť solných procesov

**Tab. 6** Chemické vlastnosti podzemných vôd, významné pre vznik a vývoj soľných pôd v roku 2005

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	7,8	114	896	627	0,0	503,3	49,3	248,7	18,5	98,9	109,3	0,5	2,23
	september	7,6	119	965	705	0,0	470,4	77,1	309,5	48,3	61,7	119,6	0,6	2,69
Zemné 400179	máj	7,7	115	916	681	0,0	348,9	149,1	239,7	32,2	45,7	57,0	0,9	1,51
	september	7,3	107	897	577	0,0	360,4	137,3	159,3	66,6	36,2	58,6	0,3	1,44
Gabčíkovo 400176	máj	7,3	143	1443	1158	0,0	285,7	78,8	666,4	44,0	78,7	17,8	2,2	0,37
	september	7,5	67	525	350	0,0	240,7	40,6	161,3	41,7	30,4	8,4	0,5	0,24
Zlatná na Ostrove 400177	máj	7,5	164	1288	1128	0,0	662,6	106,5	382,4	26,3	60,7	339,4	2,0	8,31
	september	7,4	159	1250	1071	0,0	635,3	116,7	360,9	46,0	52,5	282,7	0,7	6,76
Komárno-Hadovce 400178	máj	7,2	186	1479	1262	0,0	824,3	123,5	445,0	28,3	89,9	271,9	1,9	5,63
	september	7,4	163	1248	1069	0,0	830,8	295,1	295,1	47,3	67,1	286,3	0,7	6,27

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

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

EC - elektrická vodivosť

SAR - sodíkový adsorpčný pomer



## C. DESERTIFIKÁCIA A JEJ DÔSLEDKY

### Úvod

Jednou zo súčasných hrozieb, ktorej dopady sa snaží ľudstvo zmierniť, je i dezertifikácia t.j. výskyt, príp. rozširovanie sucha na Zemi. Jej význam narastá v súvislosti s globálnou zmenou klímy, keď je zaznamenaný rast priemernej teploty vzduchu a pokles zrážkových úhrnov. Definíciu sucha existuje viac. Tú všeobecnú zahrnutú v medzinárodných dohovoroch (pomer ročného úhrnu zrážok k evapotranspirácii 0,05 – 0,65) Slovensko síce nedosahuje, no treba dodať, že ona ani našu skutočnú situáciu v tomto smere plne nevystihuje. Totiž v rámci Európy patríme skôr k suchším územiám s potrebou aktívneho riešenia tohto problému. Sucho ako nedostatok vody môže postihovať atmosféru, pôdu a nakoniec i samotné rastliny. Keďže problém dezertifikácie zasahuje aj pôdu, bude vhodné sledovať jej dôsledky na vývoj aktuálne pozorovaných pôdných vlastností na niektorých vybraných lokalitách v rámci Monitoringu pôd SR, ktorý zachytáva široké spektrum klimatických oblastí Slovenska.

Pre správny výber plôch a analytických metód a v konečnom dôsledku zistenie reálneho stavu ohľadom výskytu sucha u nás je potrebné vedieť, od ktorých faktorov závisí množstvo vody v pôde. V princípe ich možno rozdeliť do týchto skupín:

#### *Mimopôdne*

- prirodzené
  - klimatická oblasť
  - klimatický ukazovateľ zavlaženia
  - typ reliéfu krajiny
- antropogénne (spôsob obhospodarovania)
  - vplyv obrábania pôdy (konvenčné, s minimalizáciou, prípadne bez obrábania, resp. trvalé trávne porasty)
  - vplyv hnojenia pôdy (organické hnojenie, vápnenie)
  - vplyv mulčovania pôdy
  - vplyv tlaku mechanizačných a dopravných prostriedkov (kompakcia pôdy)
  - vplyv osevných postupov

#### *Vnútropôdne*

- pôdny typ (hrúbka a sekvencia pôdných horizontov s odlišnými vlastnosťami, výskyt iluviálnych horizontov pri pseudoglejoch a luvizemiach, pôdny substrát)
- pôdny druh (obsah ílovej frakcie < 0,01 mm, príp. 0,001 mm – ľahké, stredne ťažké alebo ťažké pôdy)
- obsah a kvalita organickej hmoty
- hĺbka hladiny a kvalita (mineralizácia) podzemnej vody
- pôdna reakcia (pH)

## Sieť pre sledovanie dezertifikácie

K oblastiam s výraznejším deficitom atmosférických zrážok ( $>100$  mm) na základe klimatického ukazovateľa zavlaženia (rozdiel potenciálnej evapotranspirácie  $E_0$  a ročného úhrnu zrážok  $r : E_0 - r$ ) patria Záhorie, Podunajská nížina, Juhoslovenská kotlina a Východoslovenská nížina. Nakoľko nemáme dost' praktických skúseností so sledovaním dezertifikácie v našich podmienkach, bude v prvej fáze vhodné zamerať sa na našu najväčšiu zrážkovo deficitnú oblasť Podunajskú nížinu, ale o to detailnejšie s dôrazom na výber vhodných a dostatočne citlivých analytických metód. Bude vybraných 6 monitorovacích lokalít zo základnej siete Monitoringu pôd SR v blízkosti staníc SHMÚ, po dve v troch oblastiach s rôznym deficitom zrážok na základe klimatického ukazovateľa zavlaženia ( $> 200$  mm, 150-200 mm a 100-150 mm), pričom vždy jedna sa nachádza na pôde s dosahom podzemnej vody (fluvizem) a druhá je bez jej vplyvu (černozem).

## Sledované parametre

- pôdna vlhkosť
  - priebeh počas roka (1x mesačne v zimnom období, 2x mesačne v letnom)
  - smerom do hĺbky po substrát (pri fluvizemiach až po hladinu podzemnej vody)
  - hydrolimity (plná vodná kapacita, bod zníženej dostupnosti, bod vädnutia)
- niektoré základné charakteristiky
  - zrnitosť – jednorázovo v mieste sledovaní
  - fyzikálne a hydrofyzikálne vlastnosti z fyzikálnych valcov – min. 3x za vegetačné obdobie (suchá, vlhká pôda a pri priemernej vlhkosti)
- organická hmota (kvantitatívne a kvalitatívne ukazovatele)
- stav zasolenia, kvalita podzemnej vody

## Spôsob sledovania pôdnej vlhkosti

V princípe vlhkosť pôdy môže byť meraná dvomi typmi metód:

- deštrukčné - gravimetrická
  - výhody: bez výraznejších finančných vstupov, poskytuje absolútne hodnoty vlhkosti
  - nevýhody: deštrukčná (meranie vždy v inom mieste – vplyv heterogenity pôdneho prostredia), poskytuje bodové hodnoty, pracná (fyzicky a časovo náročná), v zime pri zamrzutej pôde nepoužiteľná, problém pri stanovení hladiny podzemnej vody
- nedeštrukčné - neutrónová
  - time domain reflectometry (TDR)
  - tensiometrická a i.

*výhody*: merania v jednom mieste po celý rok, poskytuje hodnoty vlhkosti reprezentujúce väčší objem pôdy, možnosť merania po hladinu podzemnej vody, medzinárodný štandard

*nevýhody*: výraznejšie (počiatočné) finančné vstupy

1. variant - kúpa nového prístroja až do cca 1 000 000,-Sk, ale jednorázovo, bez obmedzenia počtu sond (možnosť rozširovania siete pre sledovanie dezertifikácie), výhoda pri zapájaní sa do medzinárodných projektov, použitie pri meraní kompaktie pôd (hlavne v kombinácii s penetrometrom – korekcia údajov podľa momentálnej vlhkosti v zmysle zákona 220/2004 Z. z.), ako aj zisťovaní príčin pôdnej erózie, príp. možnosť riešenia i ďalších úloh z hľadiska dezertifikácie

2. variant - formou služieb cca 2000,-Sk na sondu a rok v rozsahu našich požiadaviek

Z hľadiska princípov monitoringu (meranie v jednom bode v určitých časových intervaloch) i medzinárodných štandardov merania vlhkosti pôdy je vhodné použiť niektorú z nedeštrukčných metód. Na začiatok možno zisťovať pôdnu vlhkosť i v zmysle 2. variantu formou služieb s prípadnou kúpou prístroja v budúcnosti pri pozitívnych skúsenostiach.

### **Spôsob sledovania ďalších pôdnych charakteristík**

V zmysle metodík používaných v rámci Monitoringu pôd SR (Fiala a kol. 1999).

### **Záver**

Na základe prvých dosiahnutých výsledkov budeme v budúcnosti uvažovať o prípadnom rozšírení siete i do ostatných oblastí s deficitom zrážok na základe klimatického ukazovateľa zavlaženia.

### **Zoznam použitej literatúry**

*Kolektív*: Identifikácia priorit a rozvoja kapacít pre plnenie záväzkov SR vyplývajúcich z globálnych environmentálnych dohovorov. Tematická hodnotiacia správa o potrebách rozvoja kapacít pre Dohovor OSN o boji proti desertifikácii, MŽP SR v spolupráci s MP SR a United National Development Programme/Global Environmental Facility, 2005, 56 s.

*Fiala, K. a kol.*: Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – Pôda, VÚPOP Bratislava, 1999, 142 s.



**ČÚ 04**

**DIFÚZNA KONTAMINÁCIA PÔD**

**Zodpovedný riešiteľ:** RNDr. Ján Vojtáš, CSc.



## ÚVOD

V roku 2005 boli spracované a analyzované pôdne vzorky vo vybraných pôdach zo základnej siete odobraté v 3. odberovom cykle (rok odberu 2002).

## CIELE A SPÔSOB RIEŠENIA

**Hlavný cieľ:** zistiť aktuálny stav a vývoj kontaminácie vybraných poľnohospodárskych pôd

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

1. KAMBIZEME a KAMBIZEME PSEUDOGLEJOVÉ na flyši (TTP) – S1
2. KAMBIZEME a KAMBIZEME PSEUDOGLEJOVÉ na flyši (OP) – S2
3. KAMBIZEME na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach (TTP) – S3
4. RENDZINY, PARARENDZINY a LITIZEME KARBONÁTOVÉ (TTP) – S4
5. ČIERNICE na karbonátových fluviaálnych sedimentoch (prevažne OP) – S5
6. ČIERNICE na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch (prevažne OP) – S6

## DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

### A. Vyhodnotenie súčasného hygienického stavu vo vybraných pôdach podľa skupín zo základnej siete z roku 2002 (3. odberový cyklus)

Vo vybraných pôdach kambizeme, rendziny a čiernice (skupina S1 až S6) zo základnej siete sme stanovili základnú štatistickú charakteristiku sledovaných rizikových prvkov pre jednotlivé monitorované hĺbky za všetky skupiny S1 až S6 (tab. č.1). Toto kritérium popisuje parameter distribúcie prvku pre sledované hĺbkové úrovne.

**Tab. 1** Priemerné obsahy za všetky skupiny vybraných pôd – 3.odberový cyklus (rok 2002)

Hĺbka	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
0-10	1,70	0,30	3,63	9,75	4,56	19,19	14,39
20-30	1,43	0,20	3,03	7,07	3,16	14,97	8,05
35-45	0,99	0,11	3,12	7,01	3,51	9,14	7,83

Vyhodnotenie vybraných skupín pôd - základne 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 sa pohybuje v rozpätí pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky od 0,4 do 5,0 mg/kg. Maximálna hodnota 22,0 mg/kg. Bola stanovená pri sonde IČS 400 091 pôdny subtyp kambizem modálna v hĺbke 0-10cm (tab. č. 2).

## Kadmium

Priemerná hodnota kadmia sa pohybuje v rozpätí pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky od 0,10 do 0,45 mg/kg. Maximálna hodnota 1,86 mg/kg. Bola stanovená pri sonde IČS 400 013 pôdny subtyp rendzina kambizemná v hĺbke 0-10cm (tab. č. 2).

## Chróm

Priemerná hodnota chrómu sa pohybuje v rozpätí pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky od 2,2 do 4,3 mg/kg. Maximálna hodnota 10,7 mg/kg. Bola stanovená pri sonde IČS 400 120 pôdny subtyp rendzina modálna a IČS 400 059 kambizem modálna v hĺbke 0-10cm (tab. č. 2).

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

Skupiny pôd	Kultúra	Hĺbka odberu	As			Cd			Cr		
			Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp
KM a KMg na flyši	TTP	0-10	0,6	2,4	1,5	0,08	0,71	0,35	1,2	10,7	4,0
	TTP	20-30	0,3	2,0	0,9	0,03	0,80	0,20	1,2	7,4	3,2
	TTP	35-45	0,2	1,2	0,6	0,01	0,41	0,10	1,1	10,4	2,8
KM a KMg na flyši	OP	0-10	0,6	1,7	1,0	0,12	0,43	0,24	2,0	10,0	4,3
	OP	35-45	0,1	1,2	0,5	0,02	0,42	0,15	2,1	7,6	3,7
KM na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach	TTP	0-10	0,2	22,0	5,0	0,06	0,87	0,36	0,7	6,0	2,6
	TTP	20-30	0,02	17,8	3,3	0,03	0,42	0,18	0,7	4,2	2,2
	TTP	35-45	0,02	14,3	2,5	0,01	0,31	0,09	0,5	4,2	2,2
RA, PR a LI <sup>c</sup>	TTP	0-10	0,0	3,1	0,7	0,06	1,86	0,45	1,0	10,7	3,5
	TTP	20-30	0,10	1,7	0,5	0,07	0,82	0,26	1,2	6,7	3,5
	TTP	35-45	0,05	1,1	0,4	0,02	0,64	0,18	1,0	4,6	2,8
ČA na karbonátových fluviálnych sedimentoch	OP	0-10	0,9	2,7	1,7	0,12	0,54	0,23	2,0	5,9	4,0
	OP	35-45	0,52	2,6	1,6	0,05	0,43	0,19	1,7	6,6	4,2
ČA na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch	OP	0-10	0,4	3,9	1,2	0,14	0,37	0,22	2,1	5,2	3,1
	OP	35-45	0,09	2,2	0,6	<0,01	0,32	0,10	1,2	4,7	2,9



**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)

Pôdy	Kultúra	Hĺbka odberu	Cu			Ni		
			Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp
KM a KMg na flyši	TTP	0-10	4,1	9,4	6,4	1,0	10,1	3,6
	TTP	20-30	2,4	10,1	5,3	0,1	14,3	3,0
	TTP	35-45	2,2	8,2	4,1	0,2	8,9	2,2
KM a KMg na flyši	OP	0-10	4,2	13,2	7,4	1,2	13,0	4,8
	OP	35-45	2,6	10,9	5,7	0,6	11,3	3,8
KM na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach	TTP	0-10	2,1	122,5	20,6	0,2	7,1	1,7
	TTP	20-30	0,9	72,3	13,6	0,1	6,9	1,4
	TTP	35-45	0,8	40,8	9,1	-0,1	6,3	1,1
RA, PR a LI <sup>c</sup>	TTP	0-10	4,1	16,4	10,3	1,4	17,4	7,0
	TTP	20-30	4,4	17,1	9,4	1,6	16,4	7,0
	TTP	35-45	3,5	12,5	7,4	1,5	13,7	5,9
ČA na karbonátových fluviálnych sedimentoch	OP	0-10	5,8	18,9	13,8	2,3	10,4	6,0
	OP	35-45	5,1	17,9	12,9	2,0	10,8	5,9
ČA na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch	OP	0-10	8,3	20,4	12,3	1,0	11,9	5,9
	OP	35-45	4,0	18,4	10,0	0,7	11,6	5,3

### **Med'**

Priemerná hodnota medi sa pohybuje v rozpätí pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky od 4,1 do 20,6 mg/kg. Maximálna hodnota 122,5 mg/kg. Bola stanovená pri sonde IČS 400 335 pôdny subtyp kambizem modálna v hĺbke 0-10 cm (tab. č. 3).

### **Nikel**

Priemerná hodnota niklu sa pohybuje v rozpätí pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky od 1,1 do 7,0 mg/kg. Maximálna hodnota 17,4 mg/kg. Bola stanovená pri sonde IČS 400 046 pôdny subtyp rendzina kambizemná v hĺbke 0-10cm (tab. č. 3).

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

Pôdy	Kultúra	Hĺbka odberu	Pb			Zn		
			Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp
KM a KMg na flyši	TTP	0-10	7.6	36.8	19.9	4.7	18.5	12.0
	TTP	20-30	6.8	28.4	14.1	2.9	19.8	8.0
	TTP	35-45	3.8	19.2	8.6	2.6	18.3	5.7
KM a KMg na flyši	OP	0-10	9.6	21.0	14.4	6.7	21.5	12.0
	OP	35-45	4.5	19.0	9.5	4.7	15.1	9.0
KM na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach	TTP	0-10	8.6	46.4	22.6	4.7	62.1	15.1
	TTP	20-30	5.8	32.9	15.2	1.8	19.4	7.5
	TTP	35-45	3.1	24.7	10.3	1.1	21.4	5.9
RA, PR a LI <sup>c</sup>	TTP	0-10	5.8	102.6	27.9	8.3	117.4	24.1
	TTP	20-30	5.6	40.5	16.9	4.7	46.0	15.2
	TTP	35-45	4.1	25.8	10.2	4.2	41.9	12.3
ČA na karbonátových fluvialných sedimentoch	OP	0-10	8.1	17.5	11.9	8.8	25.5	16.2
	OP	35-45	3.6	16.7	9.6	4.7	23.7	14.4
ČA na nekarbonátových fluvialných sedimentoch	OP	0-10	10.7	66.9	20.3	4.7	28.2	14.9
	OP	35-45	3.2	21.5	9.3	3.2	27.8	8.9

Xmin – minimálna stanovená hodnota vybranej skupiny

Xmax – maximálna stanovená hodnota vybranej skupiny

Xp – priemerná hodnota vybranej skupiny

### **Olovo**

Priemerná hodnota olova sa pohybuje v rozpätí pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky od 8,6 do 27,9 mg/kg. Maximálna hodnota 102,6 mg/kg. Bola stanovená pri sonde IČS 400 013 pôdny subtyp rendzina kambizemná v hĺbke 0-10cm (tab. č. 4).

### **Zinok**

Priemerná hodnota zinku sa pohybuje v rozpätí pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky od 5,7 do 24,1 mg/kg. Maximálna hodnota 117,4 mg/kg. Bola stanovená pri sonde IČS 400 013 pôdny subtyp rendzina kambizemná v hĺbke 0-10cm (tab. č. 4).

## **B. Vývoj sledovaných parametrov v základnej sieti**

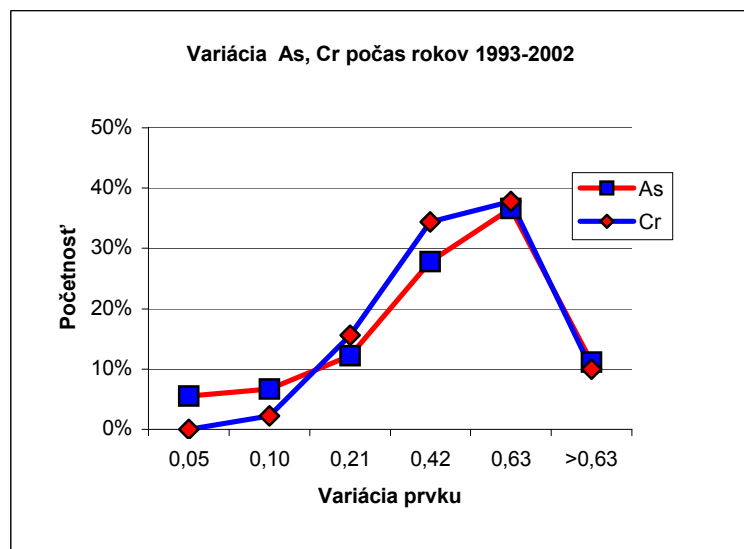
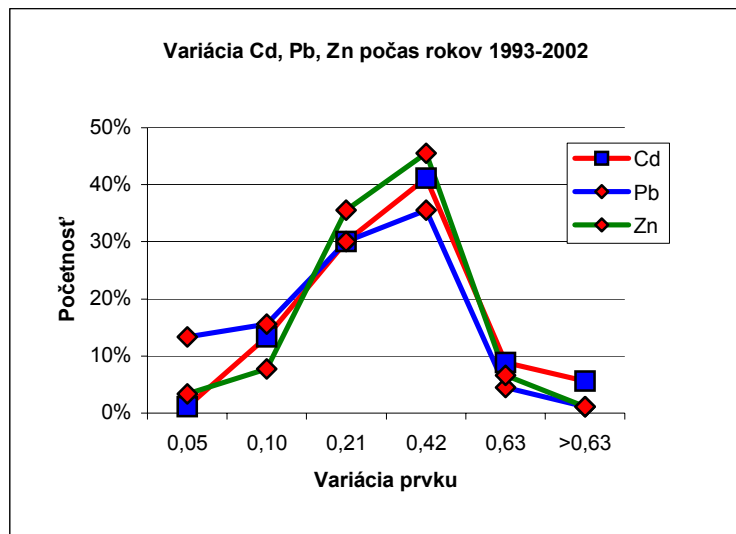
Pôdne vzorky odobraté z monitorovanej siete počas 1. až 3. odberového cyklu (odber roku 1993, 1997 a 2002) boli analyzované na potenciálne prístupne obsahy rizikových prvkov (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb a Zn) vo výluhu 2M HNO<sub>3</sub> pre skupiny pôd kambizeme, rendziny a čiernice (S1 až S6).

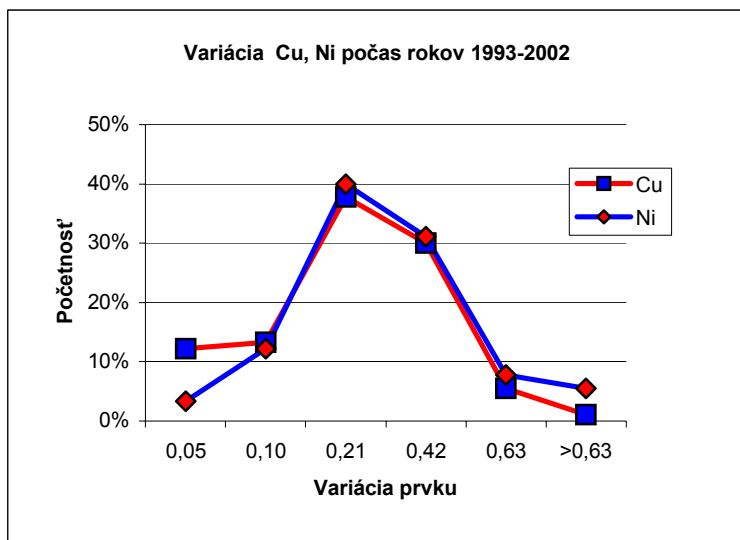
Vyhodnotenie vývojového trendu 6-tich vybraných skupín pôd v základnej sieti (porovnanie rokov 1993, 1997 a 2002) je uvedené na obr. č. 1 až č.14.

Pomocou koeficientu variácie priemerného obsahu prvku na odberovom mieste pôdnej sondy (hĺbky 0-45cm a 0-10cm) sme analyzovali trend a vývoj hygienického stavu PPF Slovenska (obr. 1 až 6).

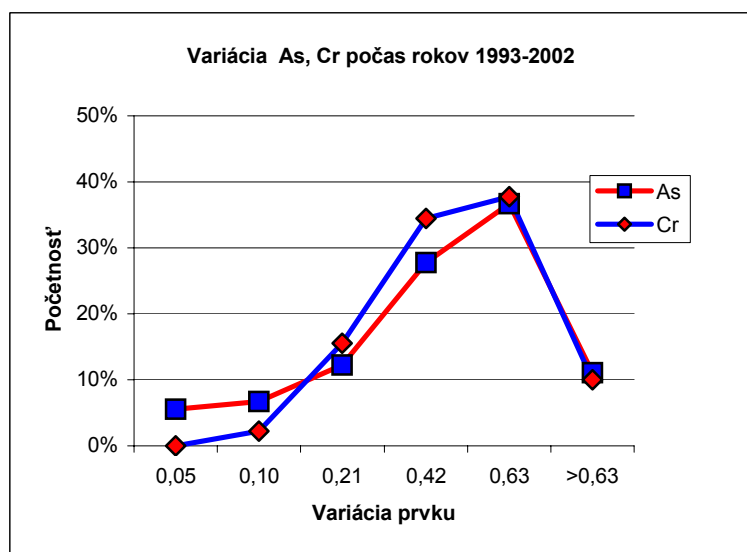
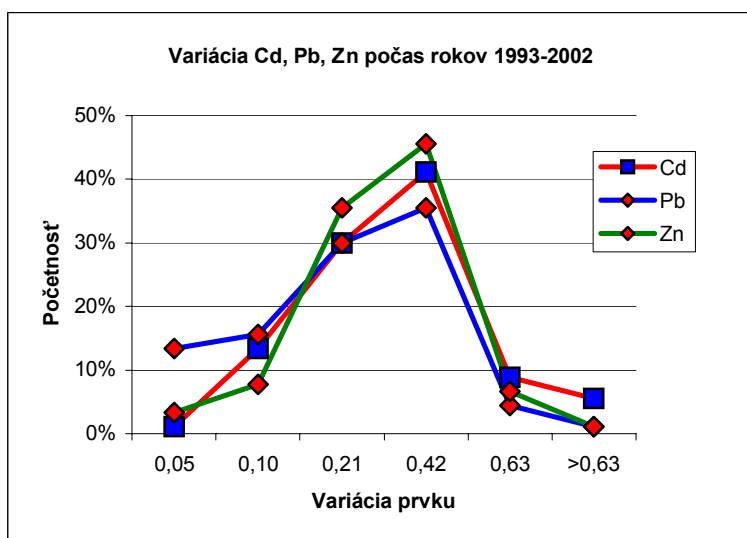
Na základe koeficientu variácie priemerného obsahu prvku sme sa pokúsili analyzovať zmenu distribúcie sledovaných prvkov v pôdnom profile za sledované obdobie (1. až 3. odberový cyklus). Variačný koeficient priemeru je porovnaný pre hĺbku 0-45 cm (obr. č. 1) a hĺbku 0-10 cm (obr. č. 2).

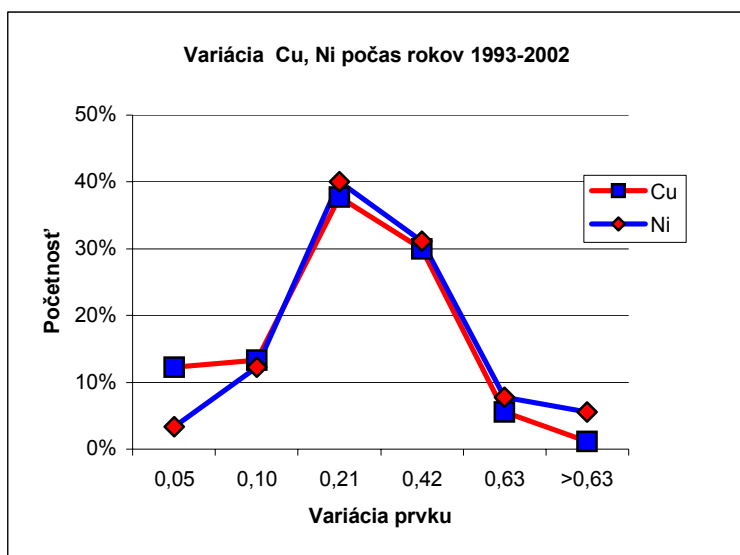
**Obr. 1-3** Zmena koeficientu variácie priemerného obsahu prvku v hĺbke 0-45cm pre vybranú pôdne sondy za obdobie 1993 až 2002 (1.,2. a 3. cyklus)





**Obr. 4-6** Zmena koeficientu variácie priemerného obsahu prvku v hĺbke 0-10cm pre vybranú pôdnu sondy za obdobie 1993 až 2002 (1.,2. a 3. cyklus)





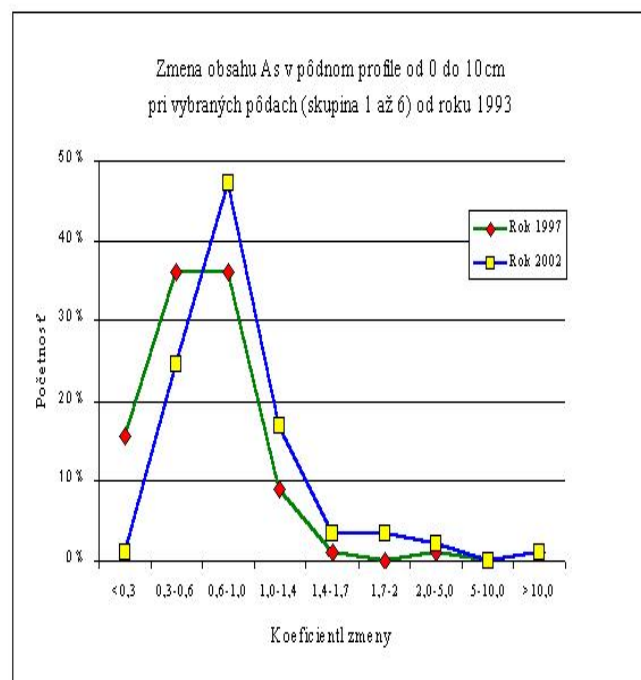
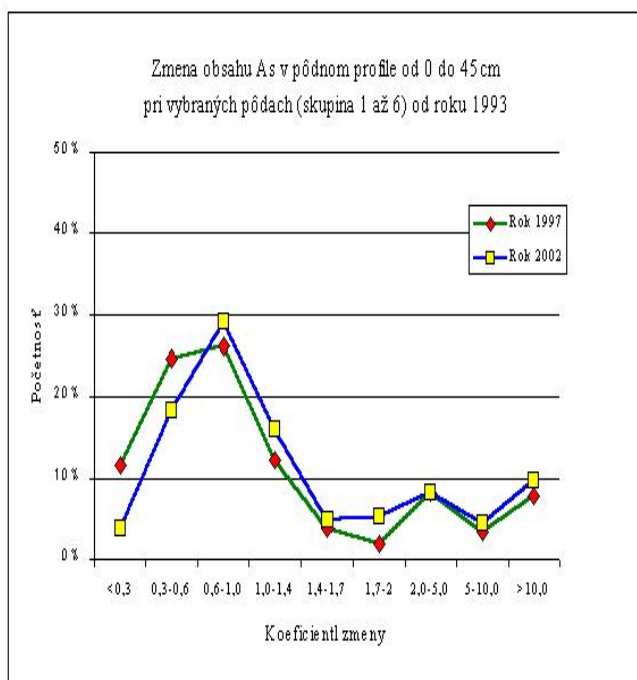
Na základe priebehu variačného koeficientu sme rozlíšili prvky s podobnými a rozdielnymi charakteristikami vystupovania v pôdnom profile a ich náchylnosť na vertikálnu migráciu.

Variačný koeficient priemerného obsahu prvku naznačuje rovnomernosť či nerovnomernosť vystupovania prvku v pôdnom profile.

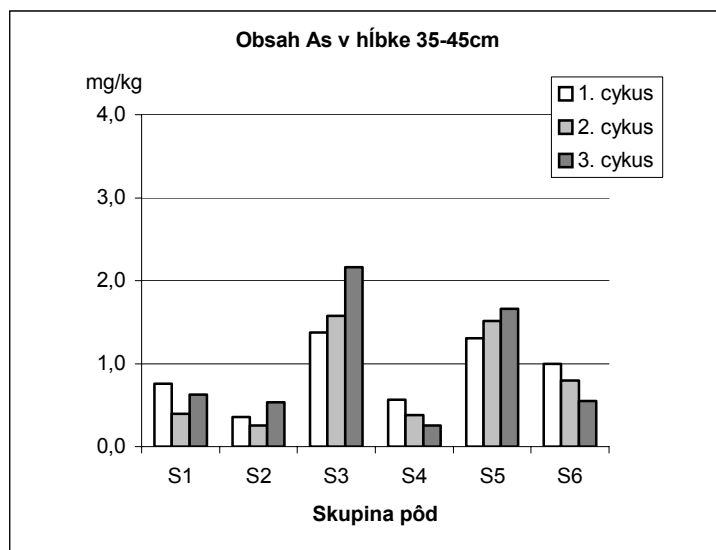
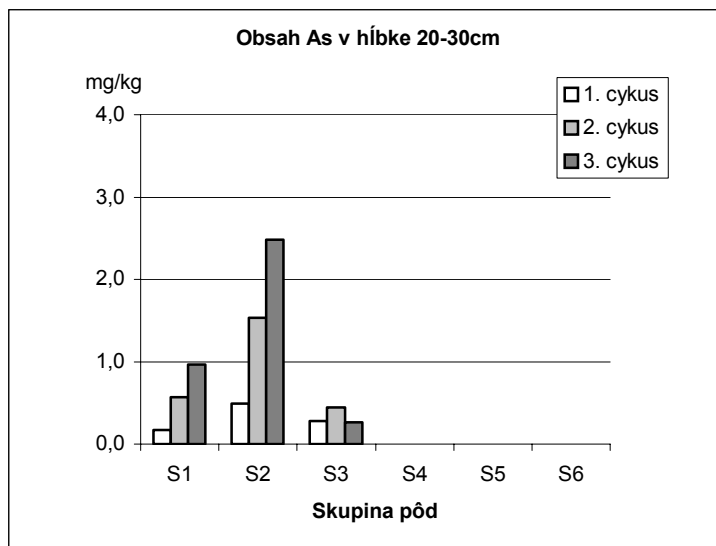
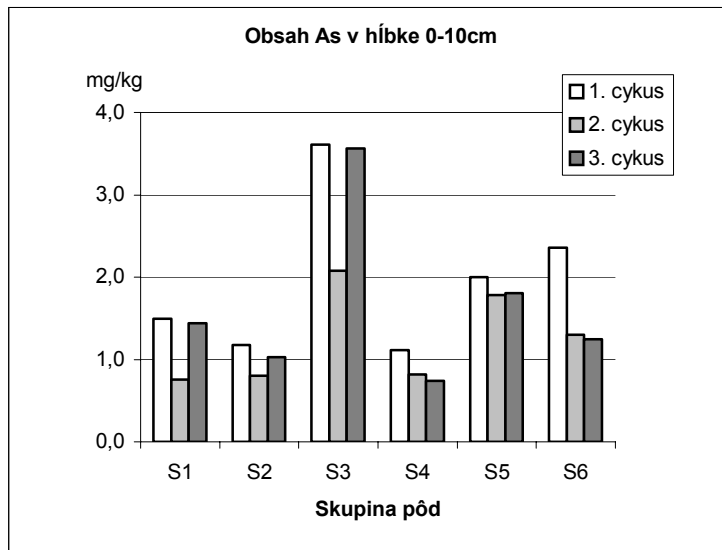
### Porovnanie vývoja obsahu As pre vybrané pôdne sondy

Arzén za sledované obdobie (1.-3. cyklus) ukazuje pre sledované skupiny pôd kambizeme (KM), rendziny (RA) a čiernice (ČA) pre dve sledované hĺbkové úrovne (obr. 7, 8) preukázateľné zmeny distribúcie As v pôdnom profile (obr. 9-11).

**Obr. 7, 8** Zmena obsahu As v pôdnom profile pri vybraných pôdach (skupina 1 až 6) od roku 1993



**Obr. 9-11** Priemerný obsah As v pôdnom profile od 0 do 45cm pri vybraných pôdach (S1 až S6)

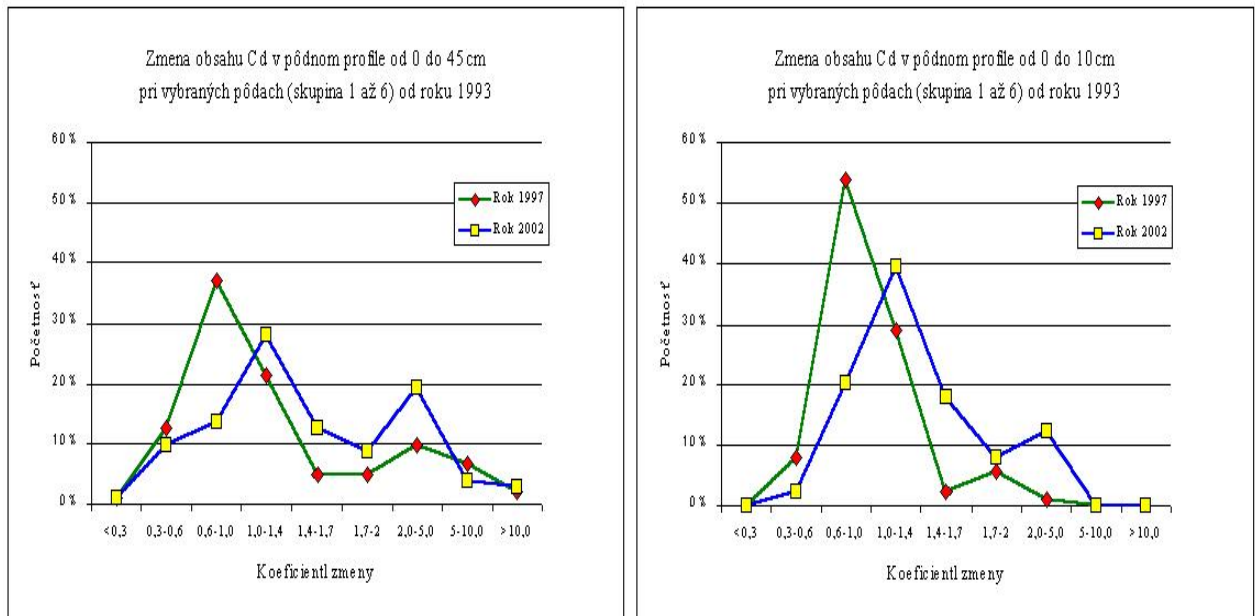


Pri skupine S1 až S6 došlo k vertikálnej migrácii As do hlbších horizontov (obr. 9-11), pričom v hĺbke 0-10cm došlo k miernemu zníženiu obsahu As (skupina S1 až S3). Pri skupine S4 až S6 v hĺbke 0-10cm došlo k zreteľnému zníženiu obsahu As. Pri hĺbke 20-45cm došlo k zvýšeniu obsahu As. Výnimkou je skupina S6, kde došlo k zníženiu obsahu As v hĺbke 35-45cm.

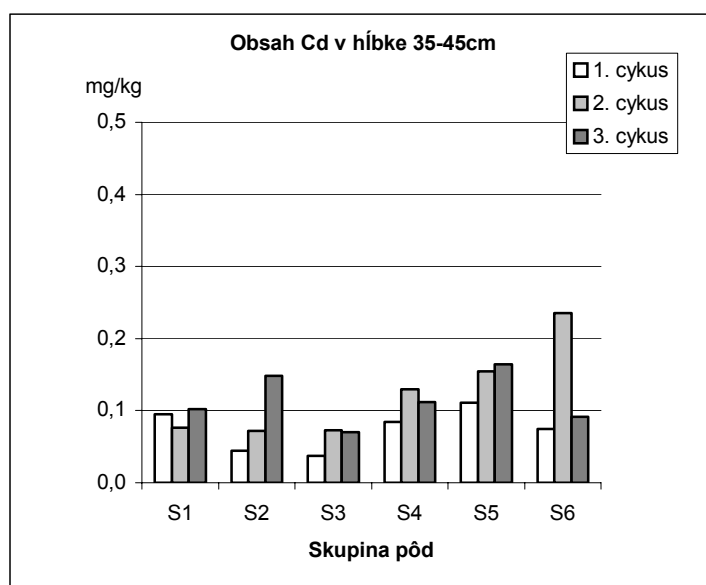
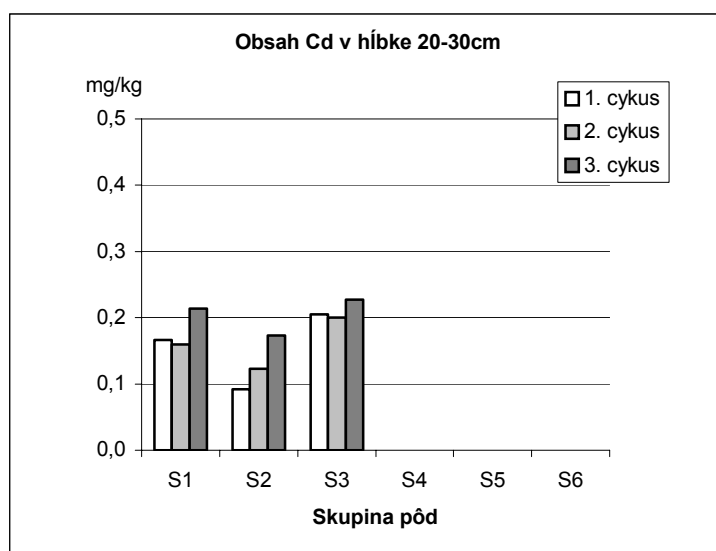
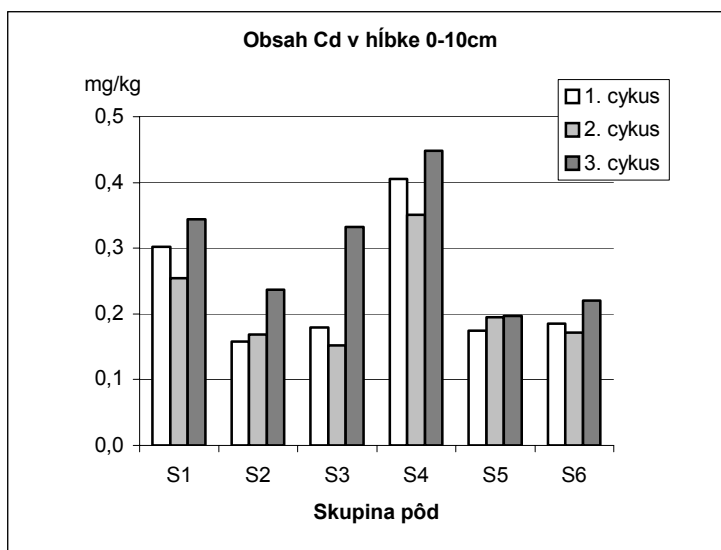
### Porovnanie vývoja obsahu Cd pre vybrané pôdne sondy

Kadmium za sledované obdobie (1.-3. cyklus) ukazuje pre sledované skupiny pôd kambizeme (KM), rendziny (RA) a čiernice (ČA) pre dve sledované hĺbkové úrovne (obr. 12,13) preukázateľné zmeny distribúcie Cd, kde vidíme vertikálny posun Cd do hĺbky (obr. 14-16).

**Obr. 12, 13** Zmena obsahu Cd v pôdnom profile pri vybraných pôdach (skupina S1 až S6)



**Obr. 14-16** Priemerný obsah Cd v pôdnom profile od 0 do 45cm pri vybraných pôdach (S1 až S6)



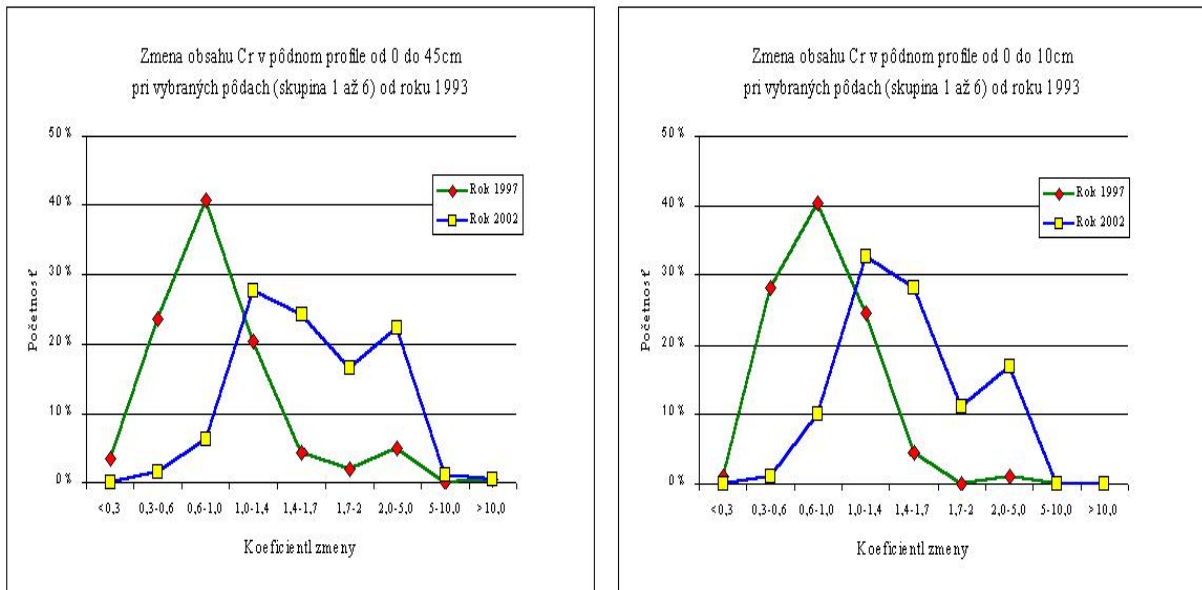


Pri skupine S1 až S6 došlo k vertikálnej migrácii Cd do hlbších horizontov (obr. 14-16), pričom v hĺbke 0-10cm došlo k zvýšeniu obsahu Cd (skupina S1 až S6) – zmena formy Cd, emisie(?). V hĺbkovom intervale 20-45cm je zvýšenie obsahu Cd pre všetky skupiny. Výnimkou je skupina S6, kde došlo k zníženiu obsahu Cd v hĺbke 35-45cm.

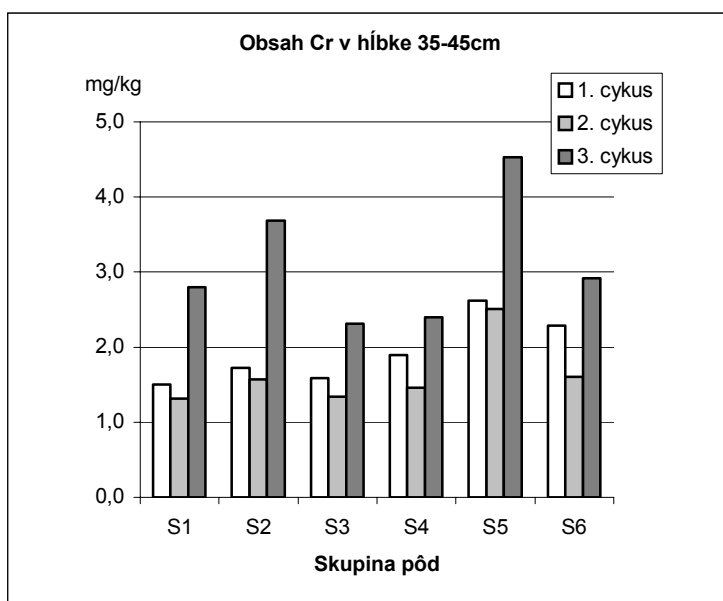
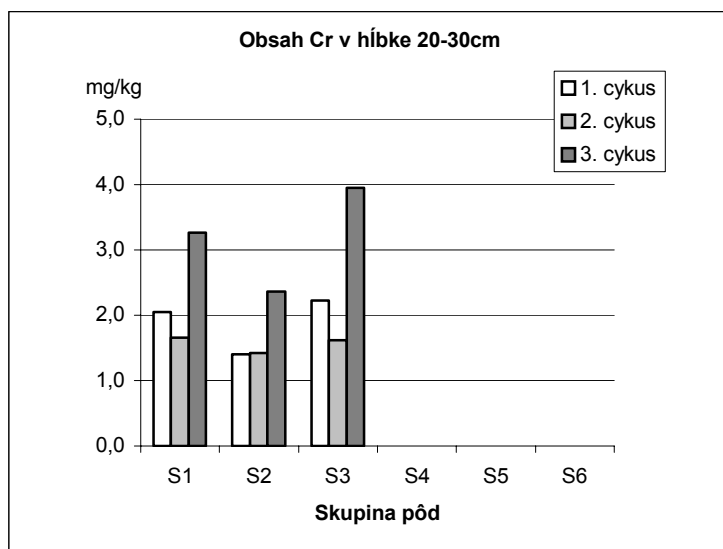
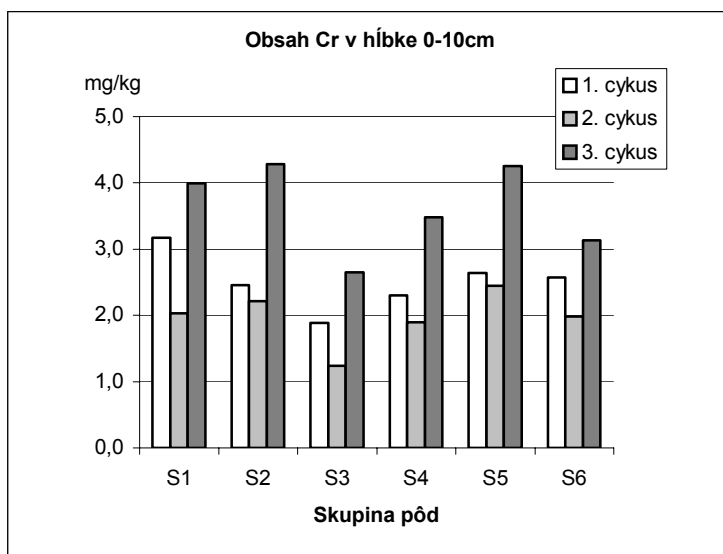
### Porovnanie vývoja obsahu Cr pre vybrané pôdne sondy

Chróom za sledované obdobie (1.-3. cyklus) ukazuje pre sledované skupiny pôd kambizeme (KM), rendziny (RA) a čiernice (ČA) pre dve sledované hĺbkové úrovne (obr. 17, 18) veľmi výrazne zmeny distribúcie Cr v pôdnom profile (obr. 19-21).

**Obr. 17, 18** Zmena obsahu Cr v pôdnom profile pri vybraných pôdach (skupina S1 až S6)



Obr. 19-21 Priemerný obsah Cr v pôdnom profile od 0 do 45cm pri vybraných pôdach (S1 až S6)

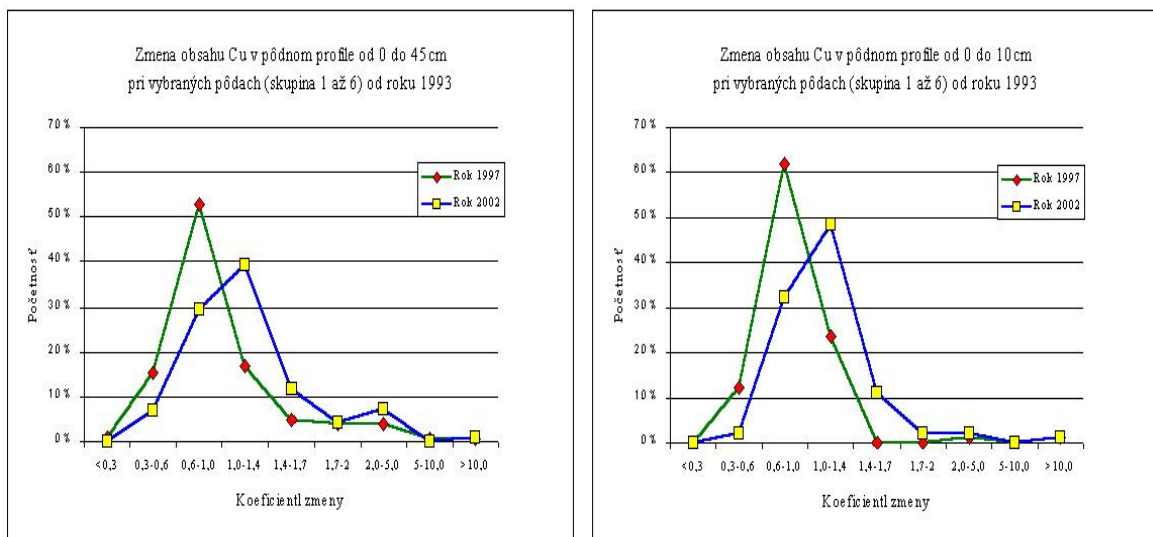


Pri skupine S1 až S6 došlo k výraznej vertikálnej migrácii Cr do hlbších horizontov (obr.19-21). V hĺbke 0-10cm nastalo výrazné zvýšenie priemerného obsahu Cr (skupina S1 až S6). Naznačuje to zmenu foriem výskytu chrómu prípadne emisnú záťaž (?).

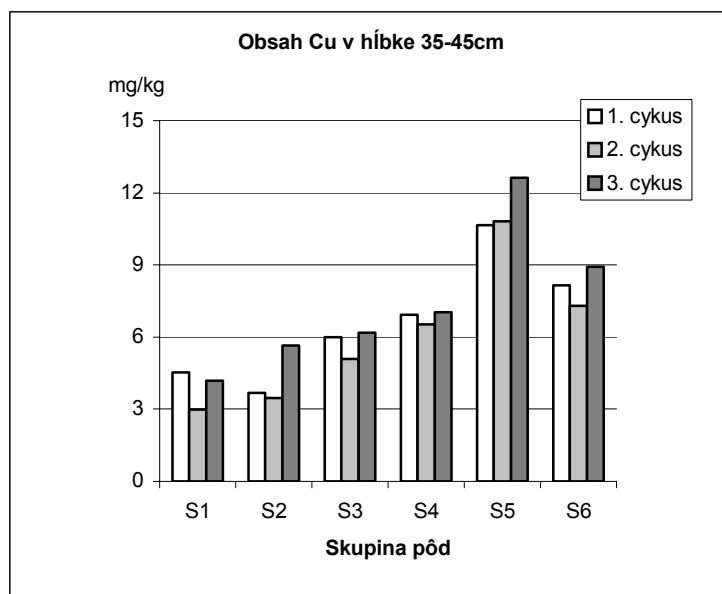
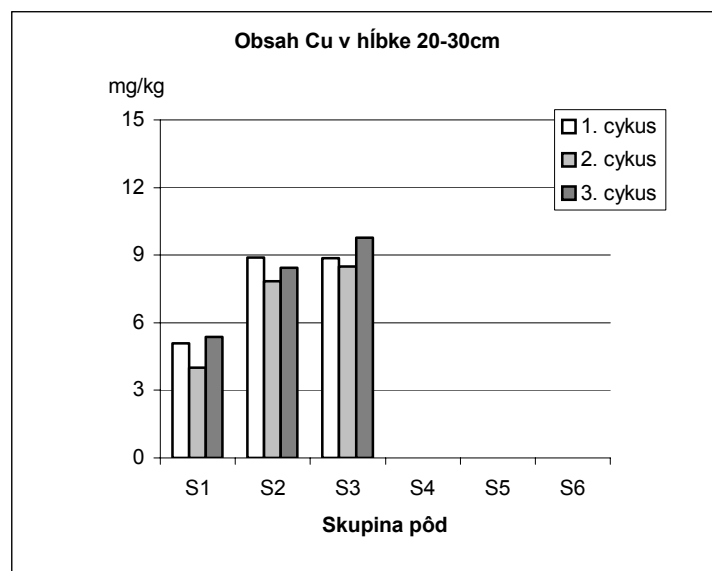
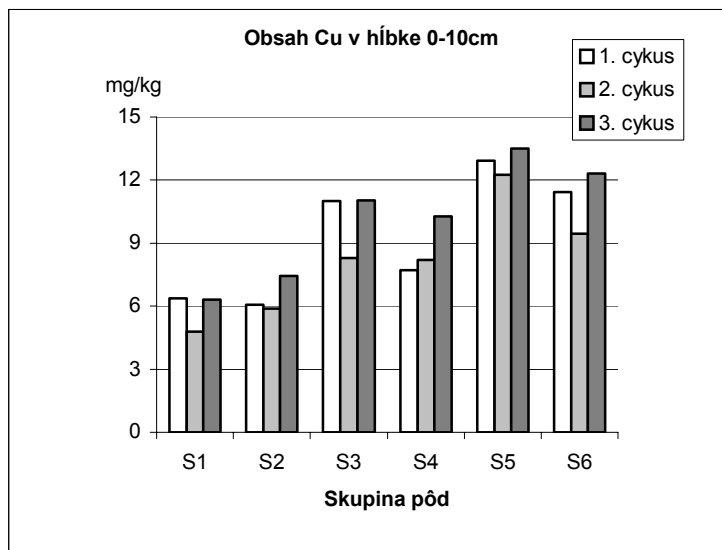
### Porovnanie vývoja obsahu Cu pre vybrané pôdne sondy

Meď za sledované obdobie (1.-3. cyklus) ukazuje pre sledované skupiny pôd kambizeme (KM), rendziny (RA) a čiernice (ČA) pre dve sledované hĺbkové úrovne (obr. 22, 23) zmeny distribúcie Cu v pôdnom profile (obr. 24-26).

**Obr. 22, 23** Zmena obsahu Cu v pôdnom profile pri vybraných pôdach (skupina S1 až S6)



Obr. 24-26 Priemerný obsah Cu v pôdnom profile od 0 do 45cm pri vybraných pôdach (S1 až S6)

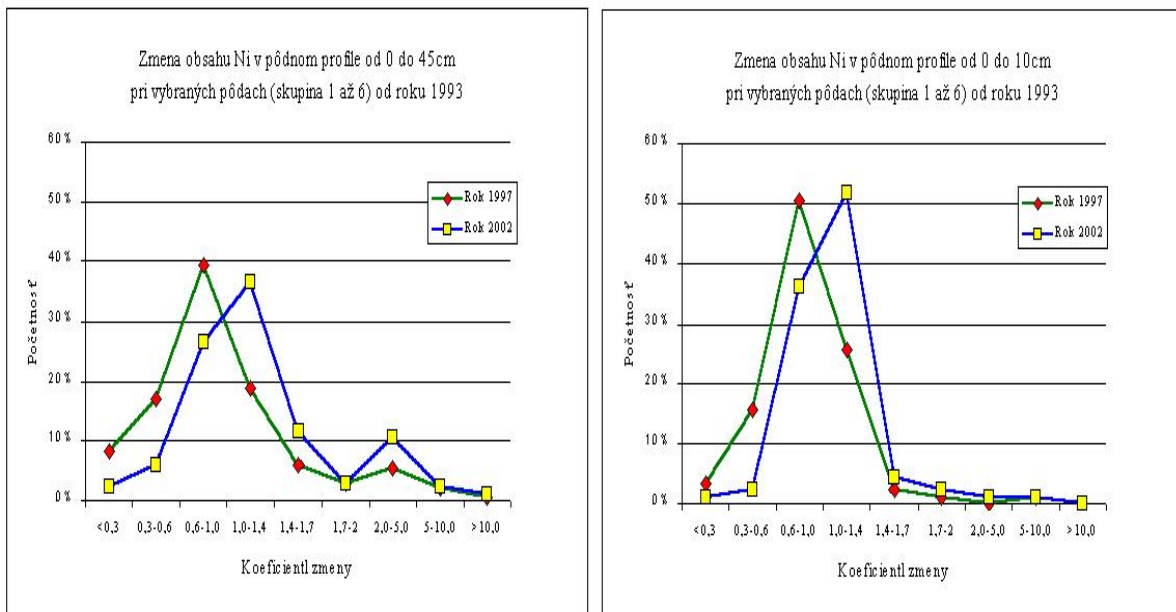


Pri skupine S2, S5 a S6 došlo k zreteľnej vertikálnej migrácii Cu do hlbších horizontov (obr. 24-26). V hĺbke 0-10cm je málo zreteľná zmena priemerného obsahu Cu (skupina S2, S4, S5 a S6).

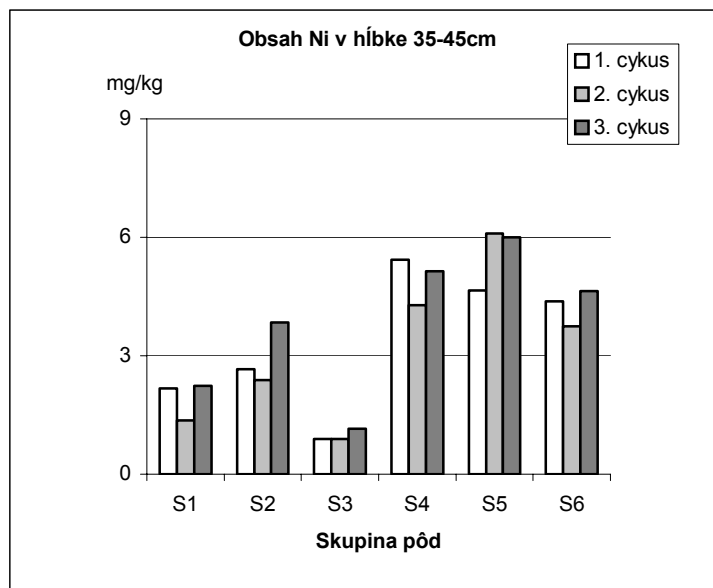
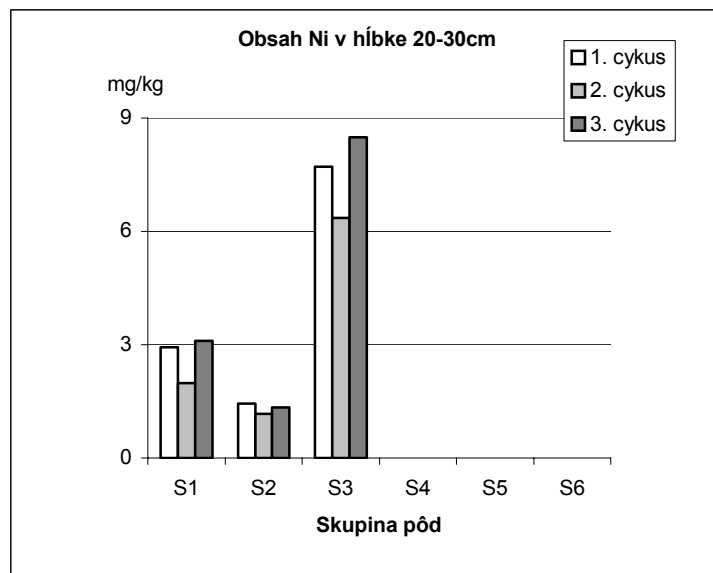
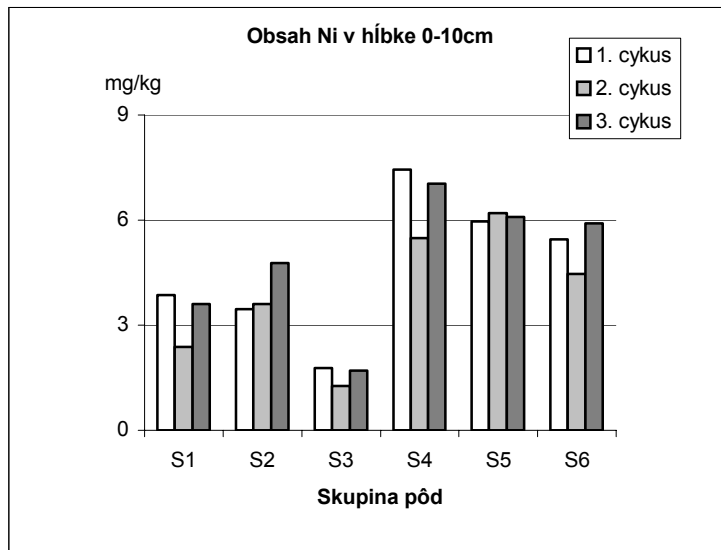
### Porovnanie vývoja obsahu Ni pre vybrané pôdne sondy

Nikel za sledované obdobie (1.-3. cyklus) ukazuje pre sledované skupiny pôd kambizeme (KM), rendziny (RA) a čiernice (ČA) pre dve sledované hĺbkové úrovne (obr. 27, 28) preukázateľné zmeny distribúcie Ni v pôdnom profile (obr. 29-31).

**Obr. 27, 28** Zmena obsahu Ni v pôdnom profile pri vybraných pôdach (skupina S1 až S6)



**Obr. 29-31** Priemerný obsah Ni v pôdnom profile od 0 do 45cm pri vybraných pôdach (S1 až S6)

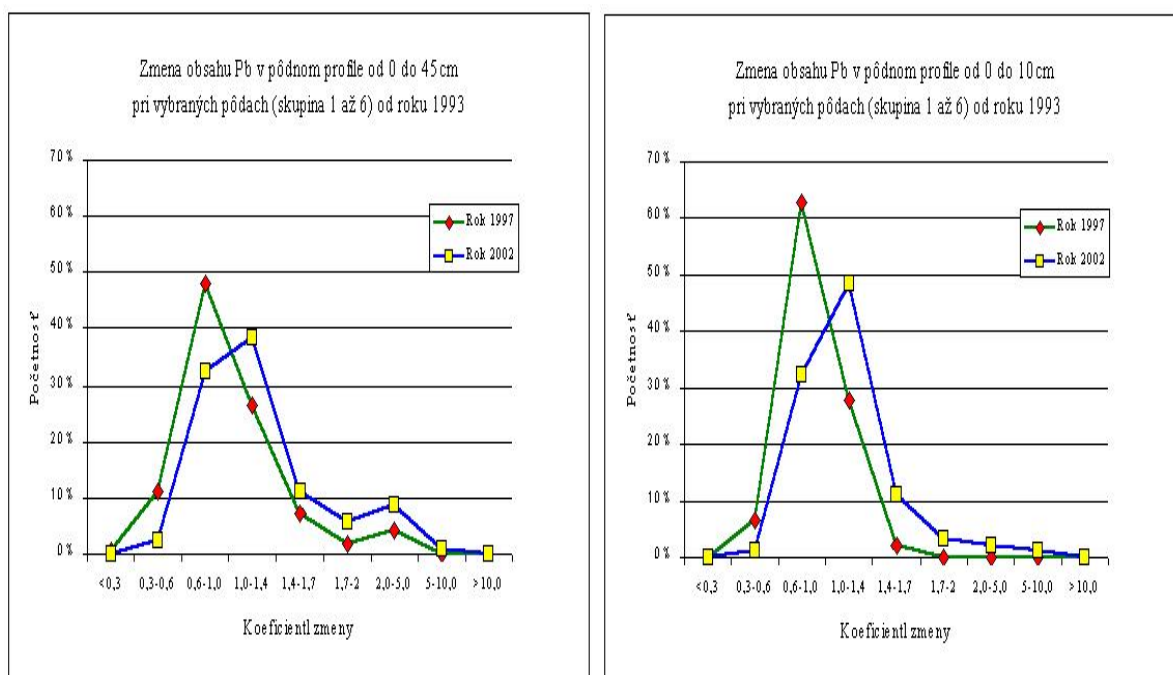


Nikel má podobnú tendenciu ako chróm a meď. Pri skupine S1 až S6 je naznačená vertikálna migrácia Ni do hlbších horizontov, ale nie až taká výrazná (obr. 29-31). V hĺbke 0-10cm došlo k zvýšeniu priemerného obsahu Ni (skupina S2). Pri ostatných skupinách pôd je zmena obsahu Ni v hĺbke 0-10cm málo preukazná.

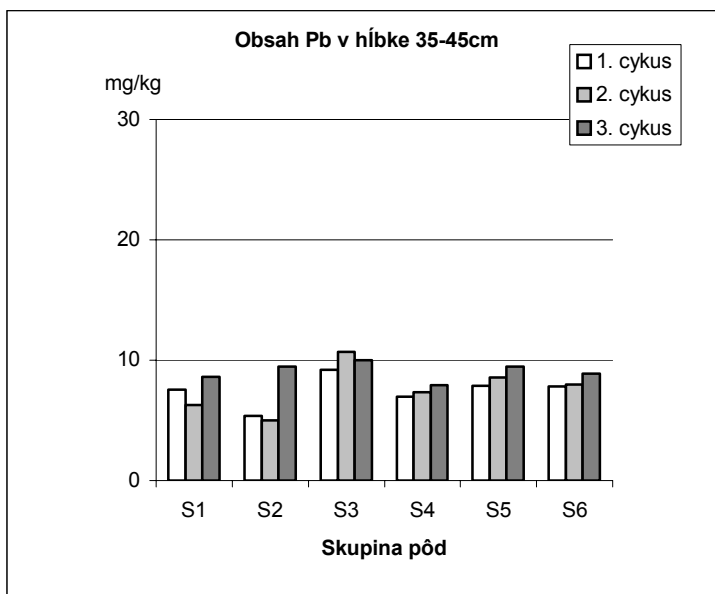
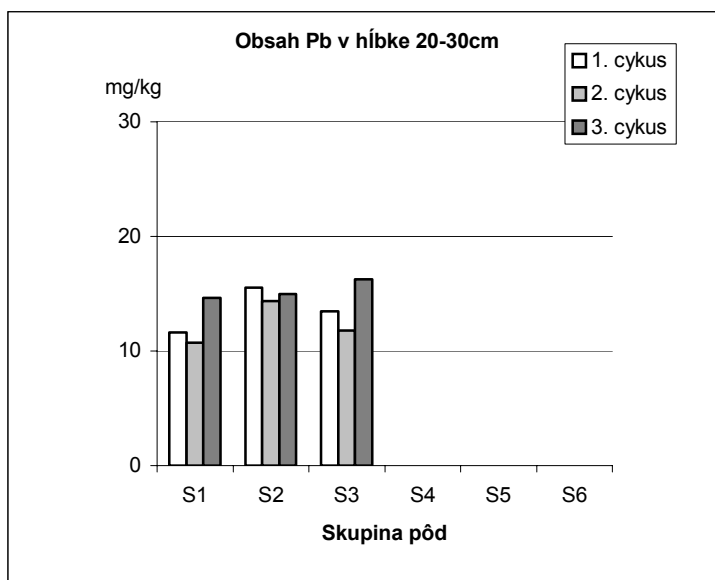
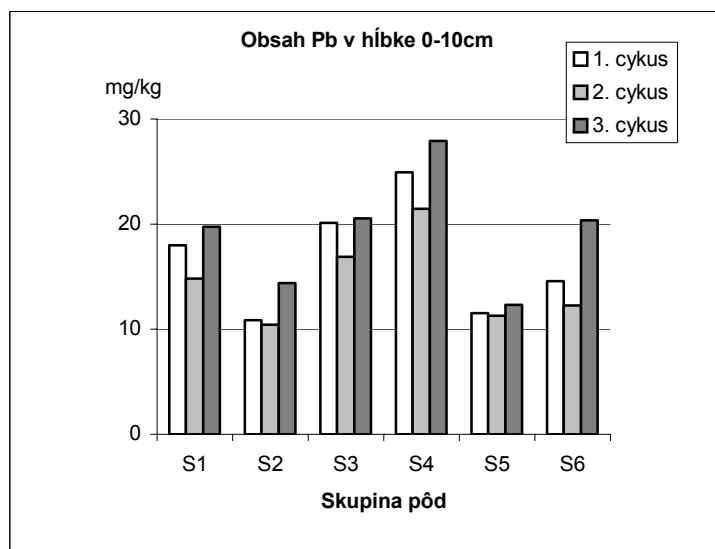
### Porovnanie vývoja obsahu Pb pre vybrané pôdne sondy

Olovo za sledované obdobie (1.-3. cyklus) ukazuje pre sledované skupiny pôd kambizeme (KM), rendziny (RA) a čiernice (ČA) pre dve sledované hĺbkové úrovne (obr. 32, 33) pomerne stabilizovaný stav zmeny distribúcie Pb v pôdnom profile (obr.34-36).

**Obr. 32, 33** Zmena obsahu Pb v pôdnom profile pri vybraných pôdach (skupina S1 až S6)



Obr. 34-36 Priemerný obsah Pb v pôdnom profile od 0 do 45cm pri vybraných pôdach (S1 až S6)



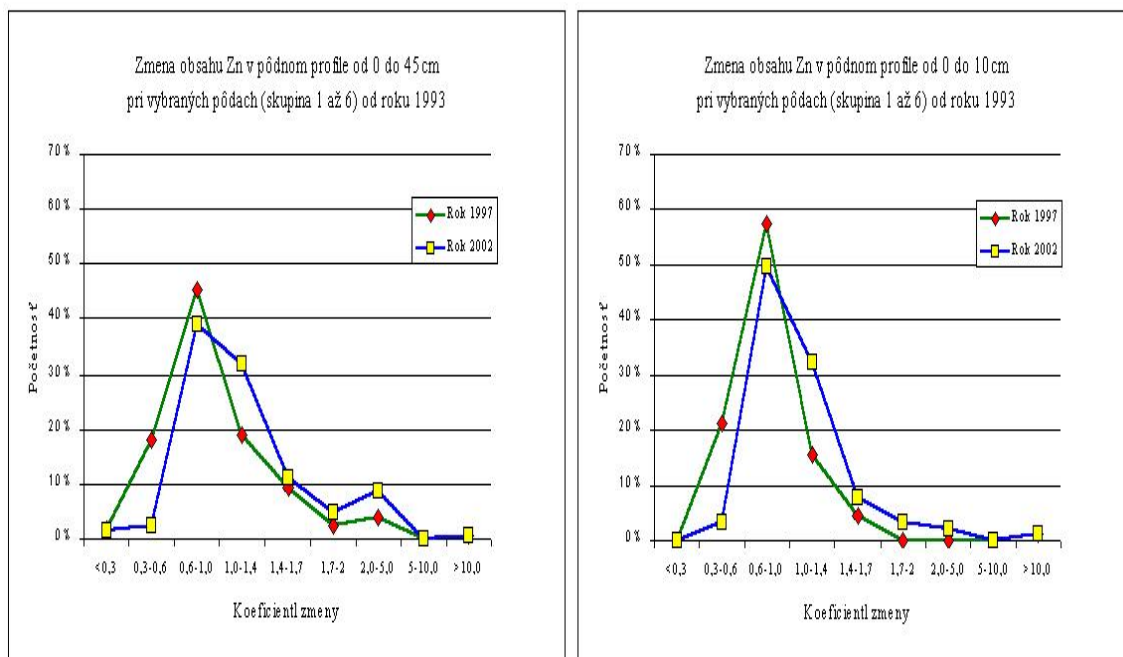


V hĺbke 0-10cm došlo k zvýšeniu priemerného obsahu Pb (skupina S1 až S6). Zmena foriem výskytu alebo emisná zát'az' (?).

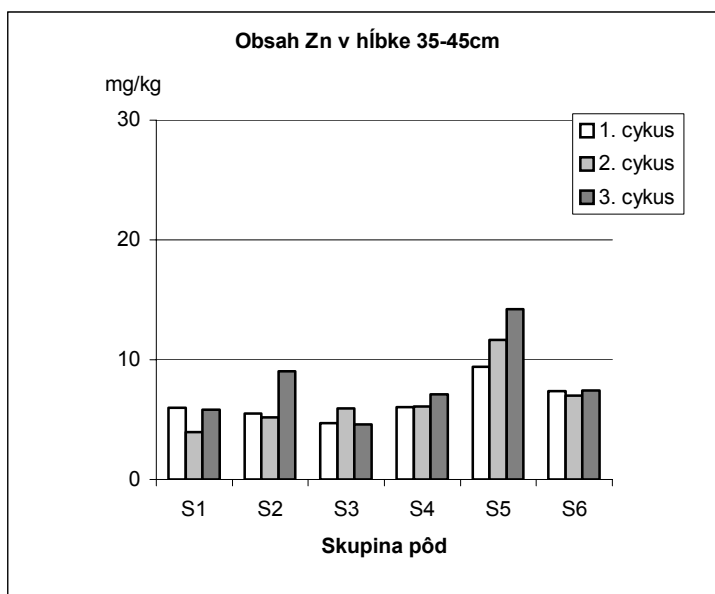
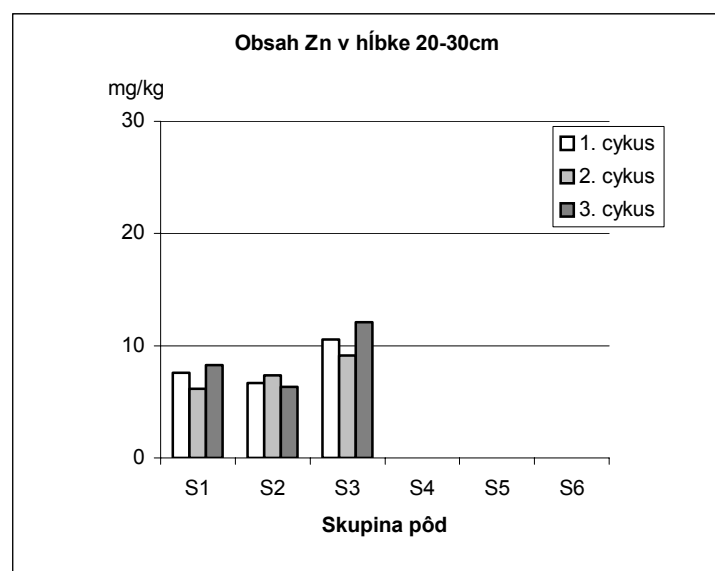
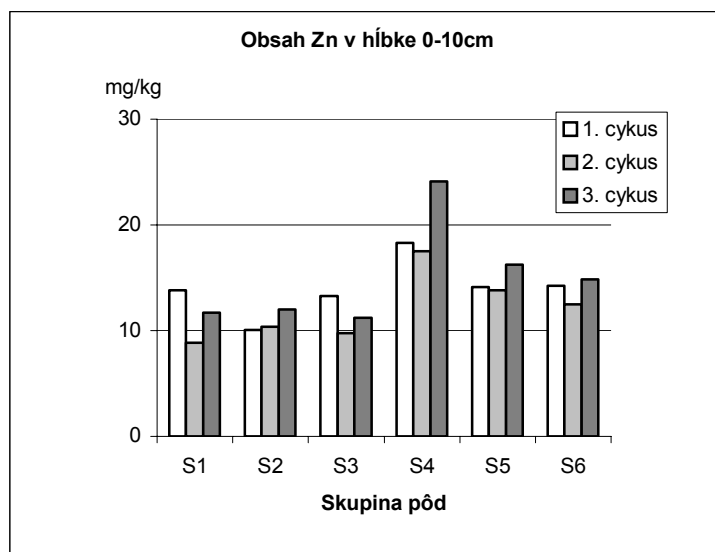
### Porovnanie vývoja obsahu Zn pre vybrané pôdne sondy

Zinok za sledované obdobie (1.-3. cyklus) ukazuje pre sledované skupiny pôd kambizeme (KM), rendziny (RA) a čiernice (ČA) pre dve sledované hĺbkové úrovne (obr. 37, 38) preukázateľné zmeny distribúcie Zn v pôdnom profile sú pri skupine S2 a S5 (obr. 39-42).

**Obr. 37, 38** Zmena obsahu Zn v pôdnom profile pri vybraných pôdach (skupina S1 až S6)



Obr. 39-42 Priemerný obsah Zn v pôdnom profile od 0 do 45cm pri vybraných pôdach (S1 až S6)



Pri skupinách S2, S4, S5 a S6 je zreteľná vertikálna migrácia Zn do hlbších horizontov (obr. 39-42). V hĺbke 0-10cm došlo k zníženiu priemerného obsahu Zn (skupina S1 až S3). Pri skupine S4 je zreteľný nárast priemernej hodnoty. Smerom do hĺbky priemerný obsah Zn klesá, ale má tendenciu zvýšenia obsahu zinku do hĺbky za obdobie 1993 až 2002.

## **ZÁVER**

Prezentované výsledky potvrdili, že vývoj kontaminácie PPF je stabilizovaný a za sledované obdobie (1.-3. cyklus) 1993 až 2002 nedošlo k výraznému nárastu emisnej záťaže monitorovaných vybraných pôd (skupina S1 až S6). Potvrdila sa vertikálna migrácia rizikových prvkov hlbšie do pôdneho profilu.

Distribúcia prvkov v pôdnom profile sledovaných pôd má pomerne vysoký koeficient variability priemerného obsahu. Preto je pomerne zložitá pri danej metodike monitorovania 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.

## **PREHĽAD POUŽITEJ LITERATÚRY**

Meloun M., Militký J.: Statistické zpracování experimentálních dat, East publishing a.s. Praha 1998

Priebežná správa ČMS - pôda za rok 1999 (Monitoring zaťaženia pôd rizikovými látkami), VUPOP 2000, 146 s.

Priebežná správa ČMS - pôda za rok 2000 (Monitoring zaťaženia pôd rizikovými látkami), VUPOP 2001, 163 s.

Priebežná správa ČMS - pôda za rok 2001 (Monitoring zaťaženia pôd rizikovými látkami), VUPOP 2002, 134 s.

Priebežná správa ČMS - pôda za rok 2002 (Monitoring zaťaženia pôd rizikovými látkami), VUPOP 2003, 156 s.

Priebežná správa ČMS - pôda za rok 2003 (Monitoring zaťaženia pôd rizikovými látkami), VUPOP 2004, 161 s.



## C. Vývoj kontaminácie pôd na príklade kľúčových lokalít pri každoročnom sledovaní

### ÚVOD

V roku 2005 boli spracované a analyzované pôdne vzorky vo vybraných pôdach zo základnej siete odobraté v 3. odberovom cykle (rok odberu 2002).

### CIELE A SPÔSOB RIEŠENIA

**Hlavný cieľ:** zistiť aktuálny stav a vývoj kontaminácie pôd na vybraných lokalitách pri každoročnom sledovaní

V monitoringu pôd SR bol sledovaný obsah rizikových prvkov (Cd, Cr Cu, Ni, Pb, Zn vo výluhu 2M HNO<sub>3</sub>), As (HCl) v kľúčových lokalitách od roku 1993, pri ktorých bol vyhodnotený vývojový trend pre tieto kľúčové lokality:

7. Raková (400 059)
8. Istebné (400 092)
9. Kropachy (400 335)
10. Macov 1 (400 336)
11. Macov 2 (400 337)
12. Sihla (400 055)
13. Spišská Belá (400 322)

### Stručná charakteristika monitorovaných sond

#### *Raková (400 059)*

Kambizem modálna na flyši. Kľúčová lokalita s nadlimitným obsahom Cd a Pb podľa Rozhodnutie MP SR č, 531/1994-540 pre výluh v 2M HNO<sub>3</sub>.

#### *Istebné (400 092)*

Kambizem pseudoglejová na flyši. Kľúčová lokalita so zvýšeným obsahom Cd, Cr a Pb podľa Rozhodnutie MP SR č, 531/1994-540 pre výluh v 2M HNO<sub>3</sub>.

#### *Kropachy (400 335)*

Ranker modálny na svoroch. Kľúčová lokalita s nadlimitným obsahom As, Cd, Cu, Pb a Zn podľa Rozhodnutie MP SR č, 531/1994-540 pre výluh v 2M HNO<sub>3</sub>.

#### *Macov 1 (400 336)*

Čiernica černozemná na aluviálnych a fluviálnych sedimentoch. Kľúčová lokalita s nadlimitným obsahom Cd a zvýšeným obsahom Cu, Ni a Pb podľa Rozhodnutie MP SR č, 531/1994-540 pre výluh v 2M HNO<sub>3</sub>.

### Macov 2 (400 337)

Čiernica černozečná na aluviálnych a fluviálnych sedimentoch. Kľúčová lokalita s nadlimitným obsahom Cd a zvýšeným obsahom Cu, Ni a Pb podľa Rozhodnutie MP SR č, 531/1994-540 pre výluh v 2M HNO<sub>3</sub>.

### Sihla (400 055)

Kambizem modálna na granulitoch. Kľúčová lokalita s zvýšeným obsahom Pb podľa Rozhodnutie MP SR č, 531/1994-540 pre výluh v 2M HNO<sub>3</sub>.

### Spišská Belá (400 322)

Čiernica modálna na solifrukčných hlinách. Kľúčová lokalita s zvýšeným obsahom Cd, Cu a Pb podľa Rozhodnutie MP SR č, 531/1994-540 pre výluh v 2M HNO<sub>3</sub>.

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Limit*	<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>
Sihla	0,93	0,08	1,55	1,88	0,30	<b>24,10</b>	7,55
Spišská Belá	0,95	<b>0,14</b>	2,38	<b>9,18</b>	6,13	<b>12,05</b>	12,82
Istebné	1,01	<b>0,12</b>	<b>5,47</b>	4,98	1,90	<b>10,44</b>	6,37
Raková	1,08	<b>0,32</b>	3,36	5,52	3,52	<b>17,68</b>	12,71
Macov 1	1,51	<b>0,43</b>	2,71	<b>12,82</b>	<b>5,71</b>	<b>10,80</b>	16,36
Macov 2	1,54	<b>0,42</b>	2,40	<b>12,68</b>	<b>5,87</b>	<b>10,80</b>	15,33
Krompachy	<b>40,7</b>	<b>0,86</b>	1,75	<b>147,22</b>	1,90	<b>68,5</b>	<b>108,8</b>

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

## DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

### Vyhodnotenie trendu pri vybraných kľúčových lokalitách za obdobie rokov 1993 až 2005

Vo vybraných kľúčových lokalitách sme sledovali priemernú, minimálnu a maximálnu hodnotu obsahu rizikového prvku a koeficient variácie za sledované obdobie.

### Raková (400 059)

#### Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 1,08 mg/kg a pohybuje sa od 0,39 do 1,65 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je pomerne vysoká 44% (tab. č. 1 a obr. č. 1).

#### Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,32 mg/kg a pohybuje sa od 0,22 do 0,41 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 19% (tab. č. 1 a obr. č. 1).

#### Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 3,36 mg/kg a pohybuje sa od 1,98 do 4,89 mg/kg. Variácia nameraných obsahov pomerne vysoká 34% (tab. č. 1 a obr. č. 1).

## Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 5,52 mg/kg a pohybuje sa od 4,5 do 7,4 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 15% (tab. č. 1 a obr. č. 1).

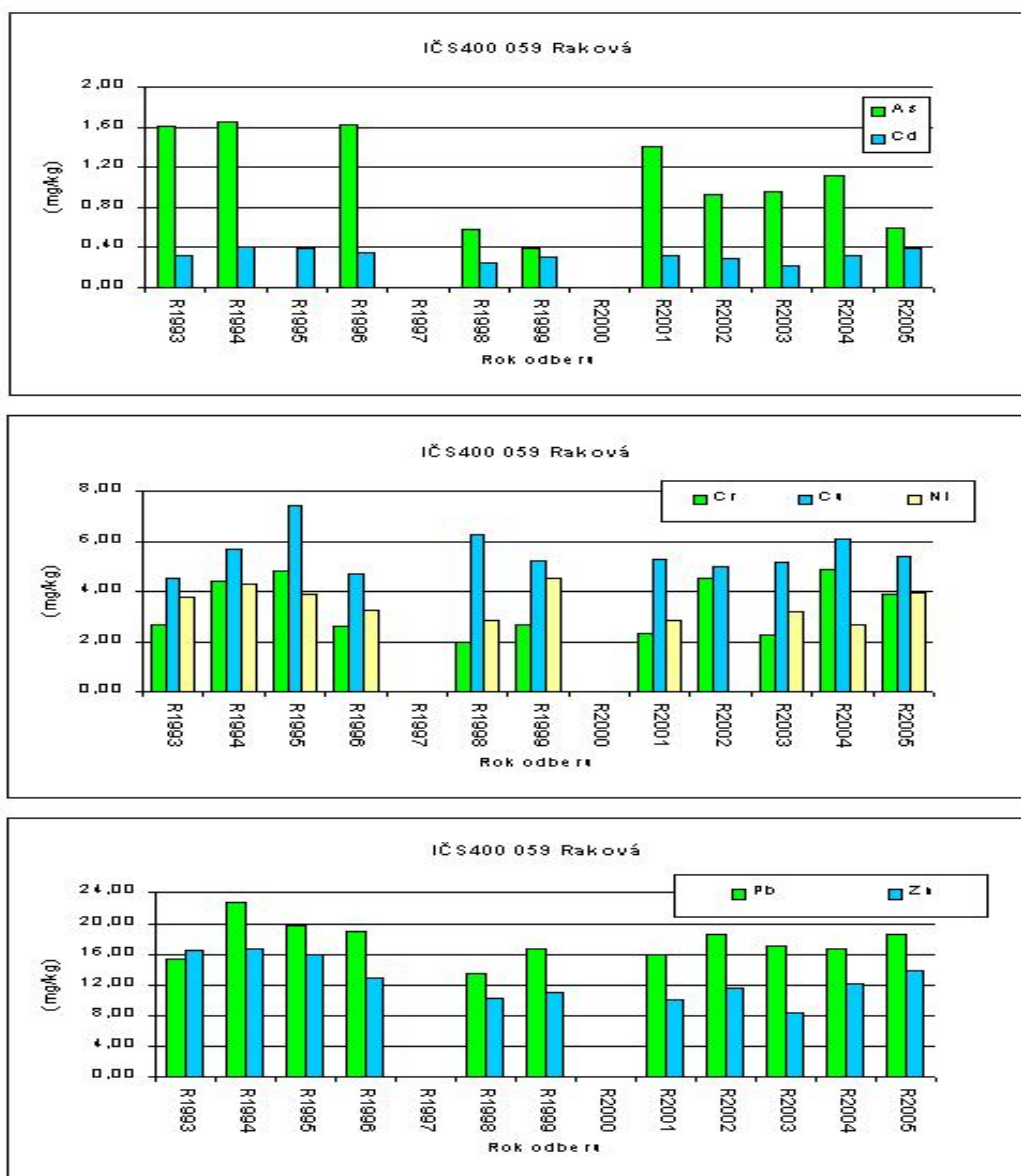
**Tab. 1** Základná štatistika na lokalite Raková

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemerný obsah	1,08	0,32	3,36	5,52	3,52	17,68	12,71
Smer. odchýlka	0,47	0,06	1,13	0,81	0,65	2,48	2,83
Koef. variácie	44%	19%	34%	15%	18%	14%	22%
Minimálna hodnota	0,39	0,22	1,98	4,55	2,68	13,45	8,32
Maximálna hodnota	1,65	0,41	4,89	7,40	4,51	22,80	16,80

## Nikel

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 3,5 mg/kg a pohybuje sa od 2,7 do 4,5 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 18% (tab. č. 1 a obr. č. 1).

**Obr. 1**



## Olovo

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 17,7 mg/kg a pohybuje sa od 13,4 do 22,8 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 14% (tab. č. 1 a obr. č. 1).

## Zinok

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 12,7 mg/kg a pohybuje sa od 8,3 do 16,8 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 22% (tab. č. 1 a obr. č. 1).

## Istebné (400 092)

### Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 1,01 mg/kg a pohybuje sa od 0,6 do 1,5 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je pomerne vysoká 30% (tab. č. 2 a obr. č. 2).

### Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,12 mg/kg a pohybuje sa od 0,08 do 1,5 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 21% (tab. č. 2 a obr. č. 2).

**Tab. 2** Základná štatistika na lokalite Istebné

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemerný obsah	1,01	0,12	5,47	4,98	1,90	10,44	6,37
Smer. odchýlka	0,30	0,03	1,16	1,00	0,58	1,41	1,35
Koef. variácie	30%	21%	21%	20%	30%	14%	21%
Minimálna hodnota	0,61	0,08	4,00	3,75	1,03	8,05	5,20
Maximálna hodnota	1,50	0,15	7,50	7,29	2,92	12,70	9,29

### Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 5,5 mg/kg a pohybuje sa od 4,0 do 7,5 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 21% (tab. č. 2 a obr. č. 2).

### Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 5,0 mg/kg a pohybuje sa od 3,8 do 7,3 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 20% (tab. č. 2 a obr. č. 2).

### Nikel

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 1,9 mg/kg a pohybuje sa od 1,0 do 2,9 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 30% (tab. č. 2 a obr. č. 2).

### Olovo

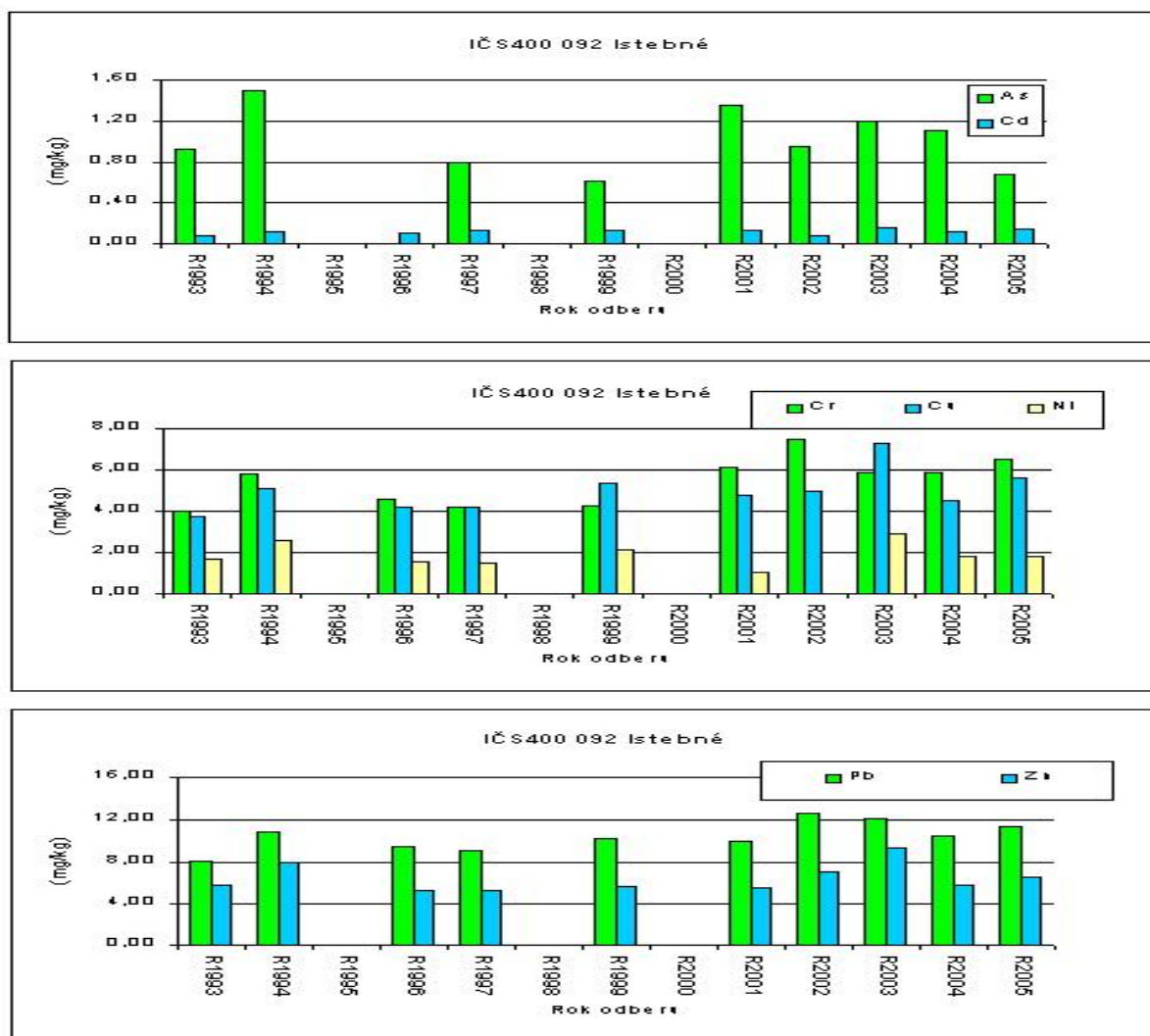
Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 10,4 mg/kg a pohybuje sa od 8,0 do 12,7 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 14% (tab. č. 2 a obr. č. 2).

### Zinok

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 6,4 mg/kg a pohybuje sa od 5,2 do 9,3 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 21% (tab. č. 2 a obr. č. 2).



Obr. 2



## Krompachy (400 335)

### Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 40,7 mg/kg a pohybuje sa od 19,6 do 59,6 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je pomerne vysoká 33% (tab. č. 3 a obr. č. 3).

Tab. 3 Základná štatistika na lokalite Krompachy

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemerný obsah	40,7	0,86	1,75	147,22	1,90	68,5	108,8
Smer. odchýlka	13,45	0,19	0,35	60,16	0,36	15,40	27,39
Koef. variácie	33%	22%	20%	41%	19%	22%	25%
Minimálna hodnota	19,63	0,52	1,20	18,33	1,49	45,00	74,20
Maximálna hodnota	59,56	1,16	2,32	228,00	2,50	90,00	165,00

### Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,86 mg/kg a pohybuje sa od 0,52 do 1,16 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 22% (tab. č. 3 a obr. č. 3).

## Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 1,75 mg/kg a pohybuje sa od 1,2 do 2,32 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 20% (tab. č. 3 a obr. č. 3).

## Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 147,2 mg/kg a pohybuje sa od 18,3 do 228 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je vysoká 41% (tab. č. 3 a obr. č. 3).

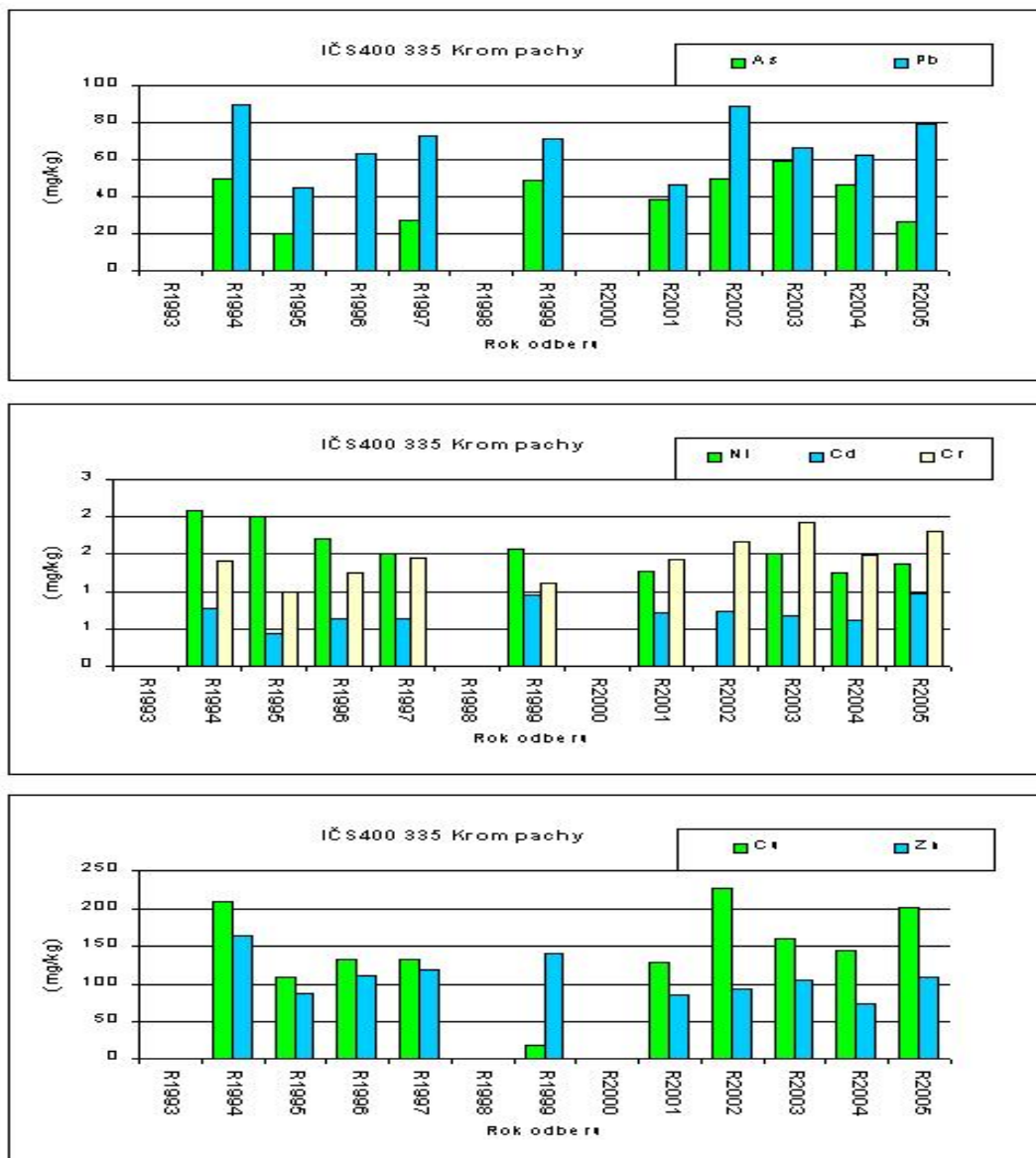
## Nikel

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 1,9 mg/kg a pohybuje sa od 1,5 do 2,5 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 19% (tab. č. 3 a obr. č. 3).

## Olovo

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 68,5 mg/kg a pohybuje sa od 45,0 do 90,0 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 22% (tab. č. 3 a obr. č. 3).

Obr. 3



## Zinok

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 108,8 mg/kg a pohybuje sa od 74,2 do 165,0 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 25% (tab. č. 3 a obr. č. 3).

## Macov 1 (400 336)

### Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 1,5 mg/kg a pohybuje sa od 1,2 do 1,8 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je pomerne vysoká 12% (tab. č. 4 a obr. č. 4).

### Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,43 mg/kg a pohybuje sa od 0,21 do 0,76 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je vysoká 42% (tab. č. 4 a obr. č. 4).

### Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 2,7 mg/kg a pohybuje sa od 1,8 do 6,5 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je veľmi vysoká 48% (tab. č. 4 a obr. č. 4).

### Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 12,8 mg/kg a pohybuje sa od 11,6 do 14,0 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 6% (tab. č. 4 a obr. č. 4).

**Tab. 4** Základná štatistika na lokalite Macov 1

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemerný obsah	1,51	0,43	2,71	12,82	5,71	10,80	16,36
Smer. odchýlka	0,18	0,18	1,29	0,73	0,37	0,58	2,28
Koef. variácie	12%	42%	48%	6%	6%	5%	14%
Minimálna hodnota	1,18	0,21	1,83	11,60	5,16	10,10	12,60
Maximálna hodnota	1,80	0,76	6,53	14,01	6,39	11,65	19,40

## Nikel

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 5,79 mg/kg a pohybuje sa od 5,2 do 6,4 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 6% (tab. č. 4 a obr. č. 4).

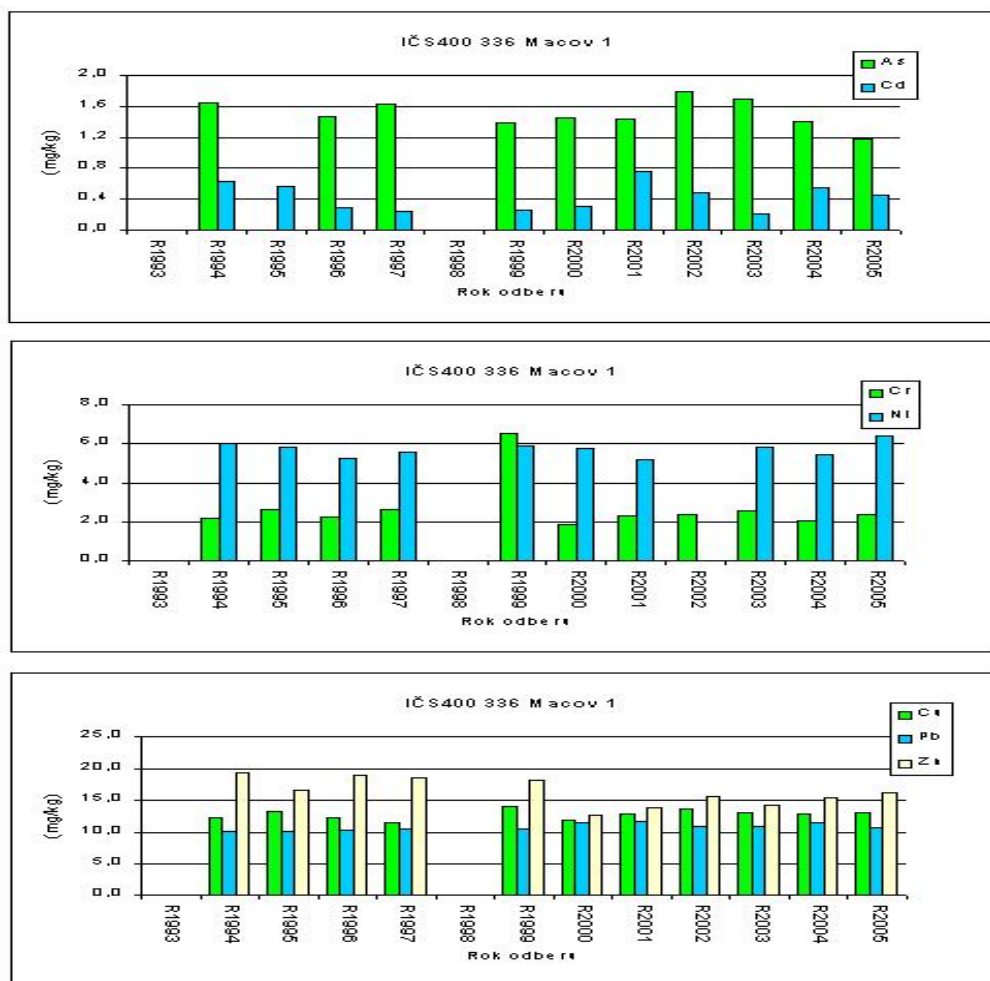
## Olovo

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 10,8 mg/kg a pohybuje sa od 10,1 do 11,6 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 5% (tab. č. 4 a obr. č. 4).

## Zinok

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 16,4 mg/kg a pohybuje sa od 12,6 do 19,4 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 14% (tab. č. 4 a obr. č. 4).

Obr. 4



## Macov 2 (400 337)

### Arzén

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

### Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,42 mg/kg a pohybuje sa od 0,24 do 0,78 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je veľmi vysoká 46% (tab. č. 5 a obr. č. 5).

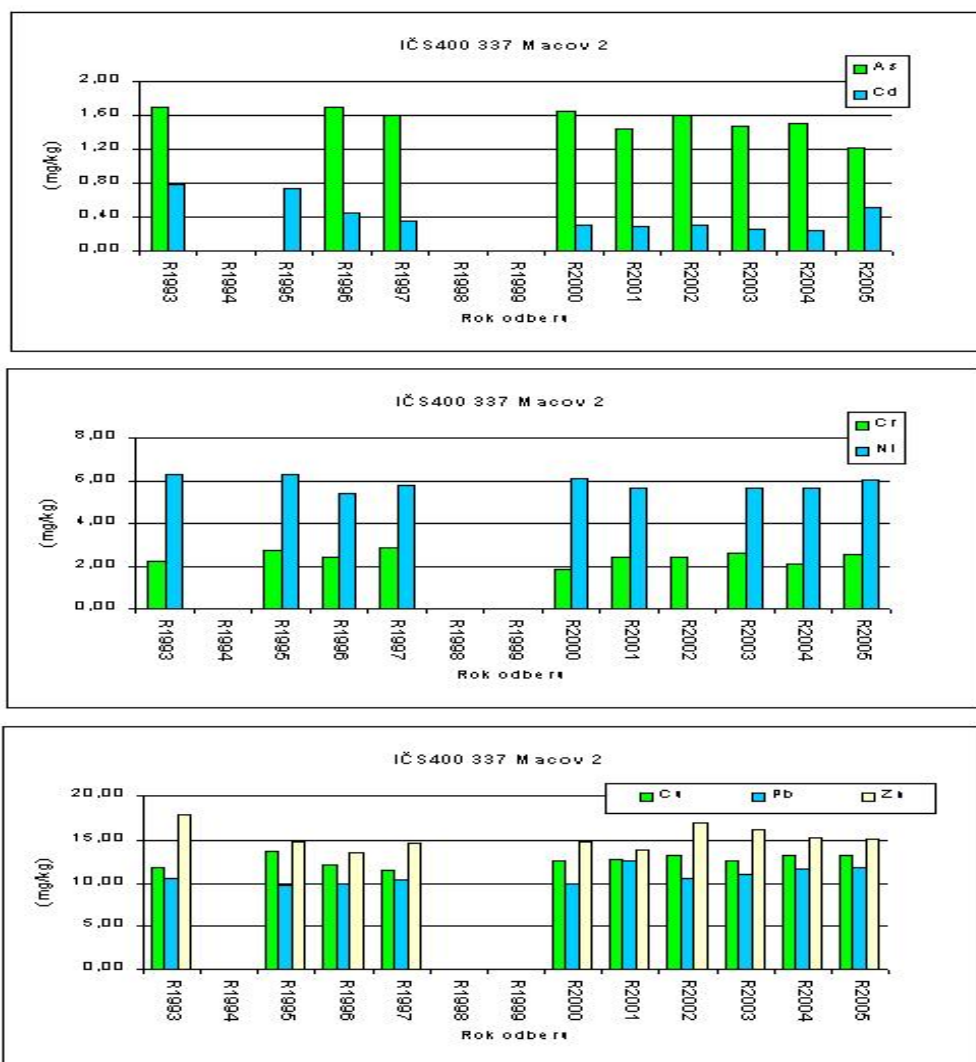
Tab. 5 Základná štatistika na lokalite Macov 2

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemerný obsah	1,54	0,42	2,40	12,68	5,87	10,80	15,33
Smer. odchýlka	0,16	0,20	0,30	0,71	0,32	0,92	1,37
Koef. variácie	10%	46%	13%	6%	5%	9%	9%
Minimálna hodnota	1,22	0,24	1,82	11,50	5,40	9,80	13,60
Maximálna hodnota	1,70	0,78	2,87	13,70	6,30	12,55	18,00

### Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 2,4 mg/kg a pohybuje sa od 1,8 do 2,9 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 13% (tab. č. 5 a obr. č. 5).

Obr. 5



### Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 12,7 mg/kg a pohybuje sa od 11,5 do 13,7 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 6% (tab. č. 5 a obr. č. 5).

### Nikel

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

### Olovo

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 10,8 mg/kg a pohybuje sa od 9,8 do 12,6 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 9% (tab. č. 5 a obr. č. 5).

### Zinok

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 15,3 mg/kg a pohybuje sa od 13,7 do 18,0 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 9% (tab. č. 5 a obr. č. 5).

## Sihla (400 055)

### Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 0,93 mg/kg a pohybuje sa od 0,5 do 2,0 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je veľmi vysoká 51% (tab. č. 6 a obr. č. 6).

### Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,08 mg/kg a pohybuje sa od 0,01 do 0,15 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je veľmi vysoká 50% (tab. č. 6 a obr. č. 6).

### Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 1,55 mg/kg a pohybuje sa od 0,85 do 2,3 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je vysoká 31% (tab. č. 6 a obr. č. 6).

**Tab. 6** Základná štatistika na lokalite Sihla

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemerný obsah	0,93	0,08	1,55	1,88	0,30	24,10	7,55
Smer. odchýlka	0,47	0,04	0,48	0,36	0,16	2,65	1,46
Koef. variácie	51%	50%	31%	19%	54%	11%	19%
Minimálna hodnota	0,50	0,01	0,85	1,36	0,03	21,25	5,75
Maximálna hodnota	2,00	0,15	2,30	2,55	0,55	29,91	9,68

### Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 1,9 mg/kg a pohybuje sa od 1,4 do 2,5 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 19% (tab. č. 6 a obr. č. 6).

### Nikel

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 0,3 mg/kg a pohybuje sa od 0,03 do 0,55 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je veľmi vysoká 54% (tab. č. 6 a obr. č. 6).

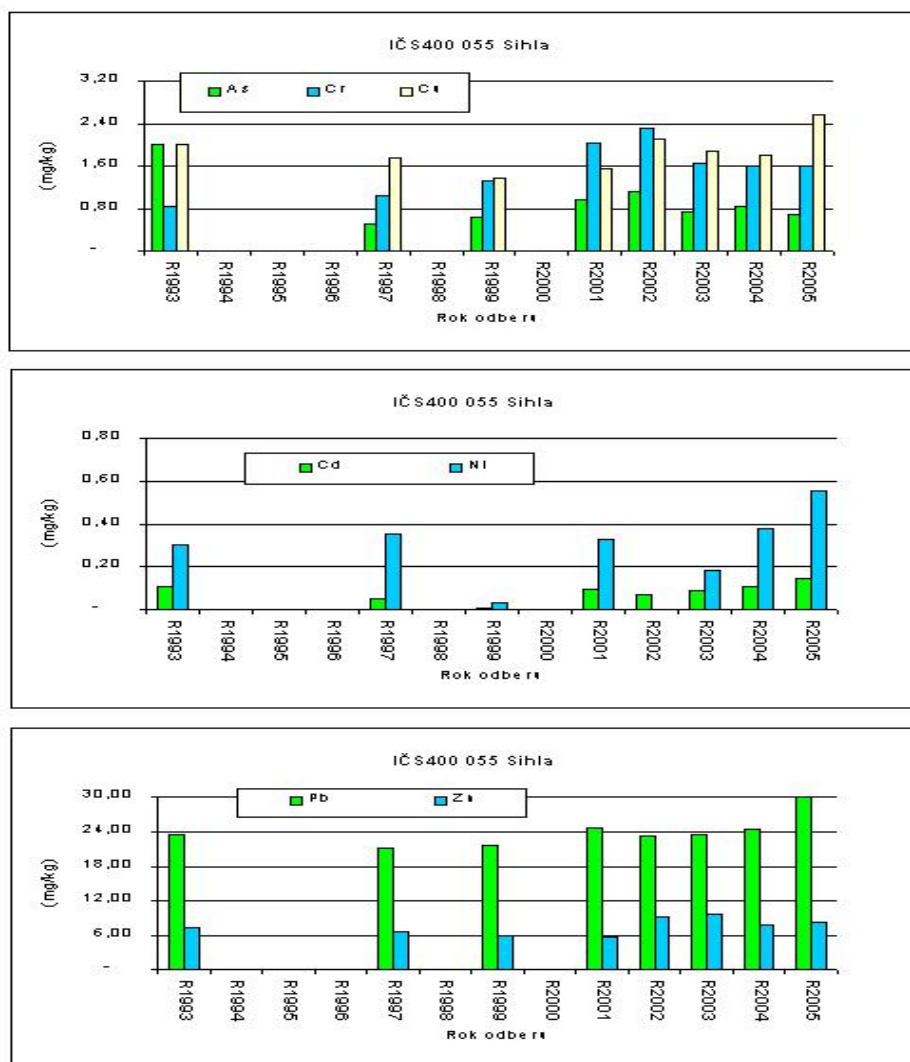
### Olovo

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 24,1 mg/kg a pohybuje sa od 21,2 do 29,9 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 11% (tab. č. 6 a obr. č. 6).

### Zinok

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 7,55 mg/kg a pohybuje sa od 5,75 do 9,7 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 19% (tab. č. 6 a obr. č. 6).

Obr. 6



### Spišská Belá (400 322)

#### Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 0,95 mg/kg a pohybuje sa od 0,36 do 1,5 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je vysoká 47% (tab. č. 7 a obr. č. 7).

#### Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,14 mg/kg a pohybuje sa od 0,005 do 0,2 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je vysoká 41% (tab. č. 7 a obr. č. 7).

#### Chróom

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 2,4 mg/kg a pohybuje sa od 1,7 do 3,0 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 19% (tab. č. 7 a obr. č. 7).

#### Meď

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

## Nikel

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 6,1 mg/kg a pohybuje sa od 4,7 do 6,75 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 10% (tab. č. 7 a obr. č. 7).

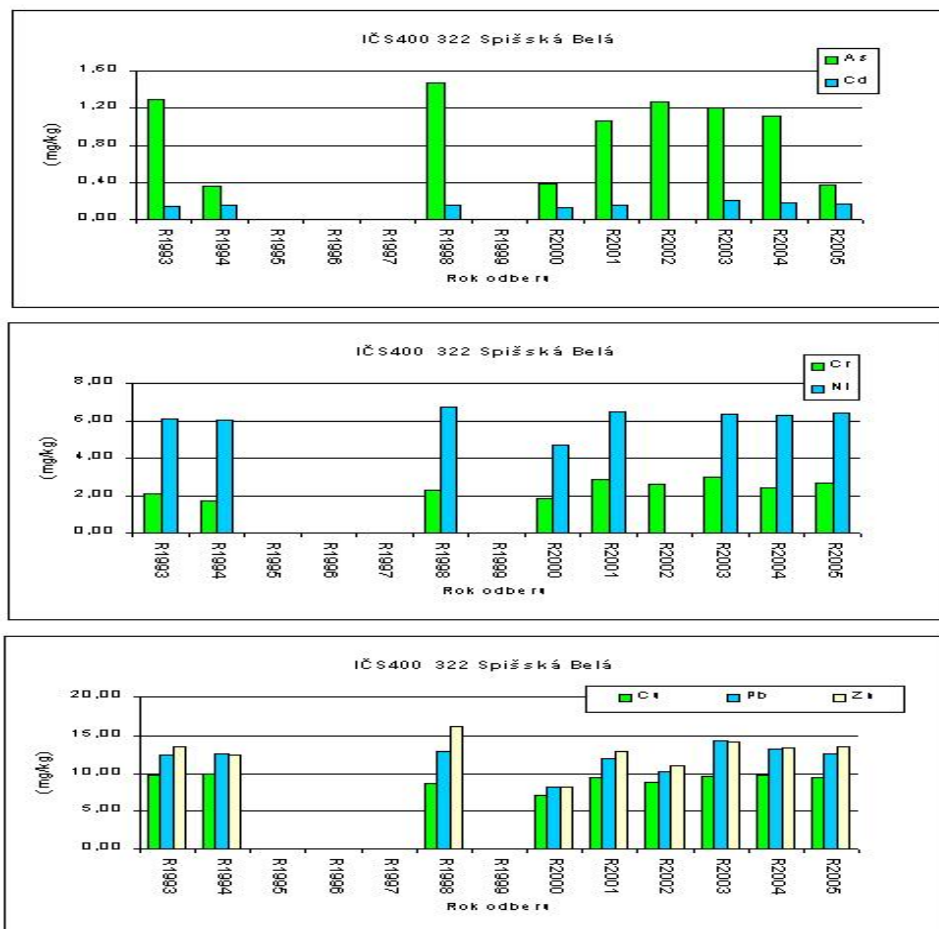
**Tab. 7** Základná štatistika na lokalite Spišská Belá

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemerný obsah	0,95	0,14	2,38	9,18	6,13	12,05	12,82
Smer. odchýlka	0,44	0,06	0,45	0,91	0,63	1,82	2,22
Koef. variácie	47%	41%	19%	10%	10%	15%	17%
Minimálna hodnota	0,36	0,005	1,70	7,05	4,68	8,20	8,20
Maximálna hodnota	1,48	0,21	3,01	10,00	6,75	14,34	16,20

## Olovo

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 12,0 mg/kg a pohybuje sa od 8,2 do 14,3 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 19% (tab. č. 7 a obr. č. 7).

**Obr. 7**



## Zinok

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 12,8 mg/kg a pohybuje sa od 8,2 do 16,2 mg/kg. Variácia nameraných obsahov je 17% (tab. č. 7 a obr. č. 7).



## **ZÁVER**

Prezentované výsledky poukazujú na charakter distribúcie rizikových prvkov v monitorovaných kľúčových sondách, ktorý môže byť:

- nerovnomerný heterogénny výskyt rizikového prvku v pôdnom profile
- rovnomerný homogénny výskyt rizikového prvku v pôdnom profile

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

## **ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY**

Meloun M., Militký J.: Statistické zpracování experimentálních dat, East publishing a.s. Praha 1998



**ČÚ 05**

**LOKÁLNA KONTAMINÁCIA PÔD**

**Zodpovedný riešiteľ:** doc. Ing., Jozef Kobza, CSc.  
RNDr. Ján Vojtáš, CSc.



## ÚVOD

### 1. Problém lokálnej kontaminácie v EÚ

Kľúčovým zámerom je identifikácia kontaminovaných lokalít (regiónov) v spoločenstve krajín EÚ. Tento zámer rezultuje z množstva aktivít na pôde, predovšetkým so stále rozširujúcimi sa a expandujúcimi priemyselnými a komunálnymi odpadmi a vytvárania rôznych skládok. Keďže tieto látky predstavujú značne rôznorodý a heterogénny materiál, snahou je získavanie objektívnych a kompletných informácií o lokálnej kontaminácii pôd. Táto problematika patrí medzi priority najbližšieho obdobia. Tok prvých informácií sa uskutočňuje prostredníctvom EEA (Európskej environmentálnej agentúry) so sídlom v Kodani. V tomto smere sa uskutočnil tohto roku medzinárodný pracovný seminár pri SAŽP v Banskej Bystrici za účasti predstaviteľov EEA (28.-29.7.2005).

Predovšetkým v najbližšej budúcnosti bude dôležitá implementácia legislatívy a harmonizácia a regulácia aktivít v oblasti lokálnej kontaminácie pôd (Landfill Directive, Integrated Pollution Prevention and Control Directive, Water Framework Directive). Pôjde o zosúladenie informačnej databázy (lokalizácia, sledované parametre, vstupy do pôdy a pod.). Zo sledovaných parametrov lokálnej kontaminácie pôd má dominantné zastúpenie výskyt minerálnych olejov a chlórovaných uhlíkovodíkov, ktoré sú označované za hlavné kontaminanty lokálnej kontaminácie pôd. Kľúčovými sú teda kontaminanty, ktoré pochádzajú z lokálnych zdrojov. V Európe je determinovaných asi 300 000 lokalít kontaminovaných pôd, ktorých kontaminácia pochádza z miestnych (lokálnych) zdrojov. Najväčšia koncentrácia lokálnej kontaminácie v EÚ je v oblasti starých priemyselných záťaží severozápadnej Európy, taktiež na juhu Veľkej Británie, v oblasti severovýchodného Francúzska, Belgicka, Holandska, ako aj v Nemecku pozdĺž Rýna. Ostatné lokality označované ako „hot spots regions“ zahŕňajú okolie Milána v Taliansku, ako aj staré priemyselné záťaže v krajinách východnej Európy (zaťažené územia predovšetkým ťažkými kovmi). Ako krajiny tzv. čierneho trojuholníka („black triangle“) sú označované Poľsko, ČR, SR a východná časť Nemecka.

V uvedených zaťažených lokalitách a regiónoch neprebíha takmer žiadna kontrola aktuálneho stavu a súčasného vývoja kontaminácie pôd.

Súčasná legislatíva EÚ je založená na výraznej redukcii rizík budúcej novej kontaminácie. Odpadové materiály budú veľmi prísne kontrolované, podobne aj výskyt a dopad možných havárií a katastrof. Súčasťou európskej legislatívy sú aj možnosti remediácií zaťažených regiónov (najmä bioremediácie prostredníctvom účinných mikroorganizmov za účelom dekontaminácie pôd najmä organickými kontaminantami).

V informačnej sieti EÚ v oblasti lokálnej kontaminácie pôd sú uvedené nasledovné indikátory:

- Progres v manažmente kontaminovaných lokalít
- Počet kontaminovaných lokalít na každom stupni manažmentu
- Špecifické informácie kontaminovaných lokalít
- Registre kontaminovaných lokalít
- Špecifické informácie oblasti a povodia
- Nevyužívaná priemyselná krajina (staré záťaže)

Napĺňanie uvedených indikátorov lokálnej kontaminácie pôd je prioritné pre obdobie rokov 2005-2006. Treba však zároveň podotknúť, že údaje za jednotlivé krajiny sú značne heterogénne, nie priamo porovnateľné, pričom termín „kontaminovaný“ je často používaný a vysvetľovaný značne rozdielne. V snahe vyhnúť sa tomuto termínu, sa čoraz častejšie presadzuje používanie tzv. „impact level model“, ktorý by lepšie zabezpečoval porovnateľnosť kľúčových informácií na environmentálne efekty.

Snahou EÚ je vytvoriť prostredníctvom EEA prehľadný a porovnateľný systém, ktorý sa pripravuje a je predmetom zasadnutí a rokovaní, ako aj celého radu pripomienkovaní elektronickou formou, kde sa aj náš ústav podieľa ako člen NRC (Národné referenčné centrum) – J. Kobza.

Z konkrétnych odborných problémov možno spomenúť nasledovné:

- Objasňovanie potenciálnych pôvodcov kontaminácie pôdy (sources)
- Štruktúry manažmentu a úprava znečistených lokalít a kontaminovaných území (management of contaminated sites)
- Finančné výdavky na sanáciu kontaminovaných území (expenses)

Riešenie priebežne pokračuje a bude jednou z hlavných priorit posudzovania environmentálnych záťaží aj v budúcom roku 2006.

## 2. Problém riešenia a monitorovania lokálnej kontaminácie pôd v SR.

Problém riešenia zaťažených území v SR je už staršieho dáta. V zmysle Vyhlášky č. 112/1993 Z.z. (príloha č. 2) bolo vyčlenených na území Slovenska tzv. 12 zaťažených území, ktoré sú špecifikované presne podľa konkrétnych katastrálnych území nasledovne:

<i>Oblasť</i>	<i>Vymedzenie územia</i>
Banská Bystrica	k.ú. B. Bystrica, Kynceľová, Selce, Slovenská Ľupča
Bratislava	k.ú. Bratislava, Hanuliakovo, Kalinovo, Rovinka
Hnúšťa – Tisovec	k.ú. Brádno, Hačava, Hnúšťa, Likier, Polom, Rimavská Píla, Rimavské Brezovo, Tisovec
Horná Nitra	všetky k.ú. okresu Prievidza
Jelšava – Lubeník	k.ú. Chyžné, Jelšava, Lubeník, Magnezitovce, Mokrú Lúka, Revúcka Lehota
Košice	k.ú. Bočiar, Haniska, Košice, Sokolany, Veľká Ida
Prešov	k.ú. Prešov
Ružomberok	k.ú. Biely Potok, Likavka, Lipt. Štiavnica, Lisková, Ludrová, Martinček, Ružomberok, Sliache, Štiavnička
Strážské – Vranov – Humenné	k.ú. Brekov, Dlhé Klčovo, Humenné, Kladzany, Kučín, Majerovce, Nižný Hrabovec, Nižný Hrušov, Pusté Čemerné, Sedliská, Staré, Strážske, Topoľovka, Tovarnianska Polianka, Voľa, Vranov nad Topľou, Závadka

Stredný Spiš	k.ú. Hrišovce, Chrasť nad Hornádcom, Kaľava, Kluknava, Kalinovce, Krompachy, Markušovce, Matejovce, Olcava, Richnava, Rudňany, Spišské Vlachy, Vítkovce, Vojkovce
Žiarska kotlina	k.ú. Dolná Trnávka, Dolná Ždáňa, Hliník nad Hronom, Horná Ždáňa, Ladomerská Vieska, Lehôtka pod Brehmi, Lovča, Lovčica-Trubín, Lutila, Prestavky, Stará Kremnička, Šášovské Podhradie, Žiar nad Hronom
Žilina	k.ú. Žilina a Lietavská Lúčka

Riešenie kontaminácie pôd v zaťažených územiach na Slovensku v súčasnosti prebieha prostredníctvom subsystému monitoringu pôd (Plošný prieskum kontaminácie poľnohospodárskych pôd), ktorý realizuje ÚKSUP Bratislava. To znamená, že v okolí zistených nadlimitných hodnôt rizikových látok sa uskutočňuje plošný hygienický prieskum v snahe zistiť rozsah znečistenia. Určitým pretrvávajúcim problémom je v súčasnosti zistenie aj hĺbkového znečistenia (rozlíšenie antropogénnej a geogénnej kontaminácie), čo je dôležité nielen pre interpretáciu hygienického stavu pôd, ale aj pre navrhnutie spôsobu remediácie a ochrany pôd. Hygienický prieskum pôd sa tiež aktualizuje na základe žiadateľov o revíziu hygienického stavu pôd v zaťažených územiach. Tento postup je však len sporadický.

Spôsob a charakter zhodnocovania kontaminácie pôd v zaťažených územiach by mal nadväzovať na európske smernice lokálnej kontaminácie pôd, tieto však musia byť premietnuté a špecifikované do národných politík. Pre podmienky Slovenska (ako sme sa už zmienili v ČÚ 01 pri tvorbe legislatívy) sa v súčasnosti pripravuje nový zákon o lokálnej kontaminácii pôd, ktorý pôvodne mal nadobudnúť platnosť od 1.1.2006. Tento termín v súčasnosti sa zdá byť viac ako nereálny, pretože najmä znečisťovatelia sa takémuto zákonu prirodzene bránia, čo môže spôsobiť určitý časový sklz pri zavedení tohto zákona do praxe.

Druhým zákonom, ktorý sa podobne nachádza v procese prípravy a súvisí do značnej miery s predchádzajúcim zákonom je zákon o environmentálnej zodpovednosti pri prevencii a odstraňovaní environmentálnych škôd, ktorý by mal nadobudnúť účinnosť od 1.4.2007. V pripravovanom zákone by mala byť aj analýza súčasného stavu a analýza rizík zakotvená v Programe preventívnych a nápravných opatrení. Pripravovaný zákon bude ustanovovať:

- ochranu vlastností a funkcií pôdy a zabezpečenie jej trvalo udržateľného obhospodarovania a využívania
- ochranu environmentálnych funkcií pôdy
- ochranu výmery poľnohospodárskej pôdy pred neoprávnenými zábermi na nepoľnohospodárske využitie
- sankcie za porušenie povinností ustanovených týmto zákonom

**Od prípravy uvedených zákonov a ich schválení, možno začať s cieľavedomým a harmonizovaným riešením kontaminácie pôd v zaťažených územiach SR v súčinnosti s EÚ.**

## CIELE A SPÔSOB RIEŠENIA

V nadväznosti na požiadavky EÚ hlavným cieľom bol hygienický prieskum vybraného zaťaženého územia (Bratislava – Vrakuňa). Na vyhodnotenie hygienického stavu vytypovaného územia a posúdenie rizika sme použili:

- Zákon o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy č. 220/2004 Zb. zák. (tab. 1, 2)
- Vytypované územie (Bratislava-Vrakuňa) na demonštráciu posúdenia a vyhodnotenia lokálnej kontaminácie (obr.1), ktoré bolo komplexne preskúmané (ovzorkovanie, chemické analýzy, vyhodnotenie).

**Tab. 1** Limitné hodnoty anorganických kontaminantov

Limitné hodnoty rizikových prvkov poľnohospodárskej pôdy v mg.kg <sup>-1</sup> suchej hmoty					
	Piesčité, hlinito-piesčité pôda*	Piesčito-hlinitá, hlinitá pôda*	Ílovito-hlinitá, ílovitá pôda, íl*		
Rizikové prvky	Extrakt v lúčavke kráľovskej			Extrakt v 1M NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Extrakcia vodou
Arzén (As)	10	25	30	0,4	
Kadmium (Cd)	0,4	0,7 (0,4)**	1 (0,7)**	0,1	
Kobalt (Co)	15	15	20		
Chróm (Cr)	50	70	90		
Meď (Cu)	30	60	70	1	
Ortuť (Hg)	0,15	0,5	0,75		
Nikel (Ni)	40	50 (40)**	60 (50)**	1,5	
Olovo (Pb)	25 (70)**	70	115 (70)***	0,1	
Selén (Se)	0,25	0,4	0,6		
Zinok (Zn)	100	150 (100)**	200 (150)**	2	
Fluor (F)	400	550	600		5

\* pôdny druh je určený obsahom častíc menších ako 0,01mm.

\*\* ak pH v CaCl<sub>2</sub> je menšie ako 6

\*\*\* ak pH v CaCl<sub>2</sub> je menšie ako 5



**Tab. 2** Organické kontaminanty

Riziková látka	Limitná hodnota v mg.kg <sup>-1</sup> suchej hmoty
Polycyklické aromatické uhľovodíky	1,00
naftalén	0,05
fenantrén	0,15
antracen	0,05
fluorantén	0,30
pyren	0,20
benzo(a) antrazen	0,10
chrysen	0,10
benzo(b) fluoranten	0,10
benzo(k) fluoranten	0,05
benzo(a) pyren	0,10
indeno (1,2,3 -cd)pyrén	0,10
benzo (g,h,i) perylén	0,05
Chlórované uhľovodíky	
Polychlórované bifenyly (PCB) (Kongenery: 52,101,118,138,153,180)	0,05
Chlórované pesticídy (jednotlivo)	0,50
HCB	0,02
DDT	0,015
DDE,DDD	0,01
Iné pesticídy	
Nechlórované (jednotlivo)	1,00
Nepolárne uhľovodíky	
Nepolárne látky (NEL)	0,10

Na vyhodnotenie hygienického stavu vytypovaného územia a zhodnotenie rizík zo znečistenia poľnohospodárskej pôdy vo vzťahu k poľnohospodárskej produkcii v súlade s EÚ normami sme realizovali nasledovný postup:

- Spracovanie situačného plánu skúmaného územia
- Spracovanie plánu vzorkovania
- Vypracovanie protokolu o odbere pôdnych vzoriek
- Vypracovanie protokolu o skúške (urobenie chemických analýz v súlade s EÚ normami)
- Spracovanie analýzy rizík kontaminácie

## DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

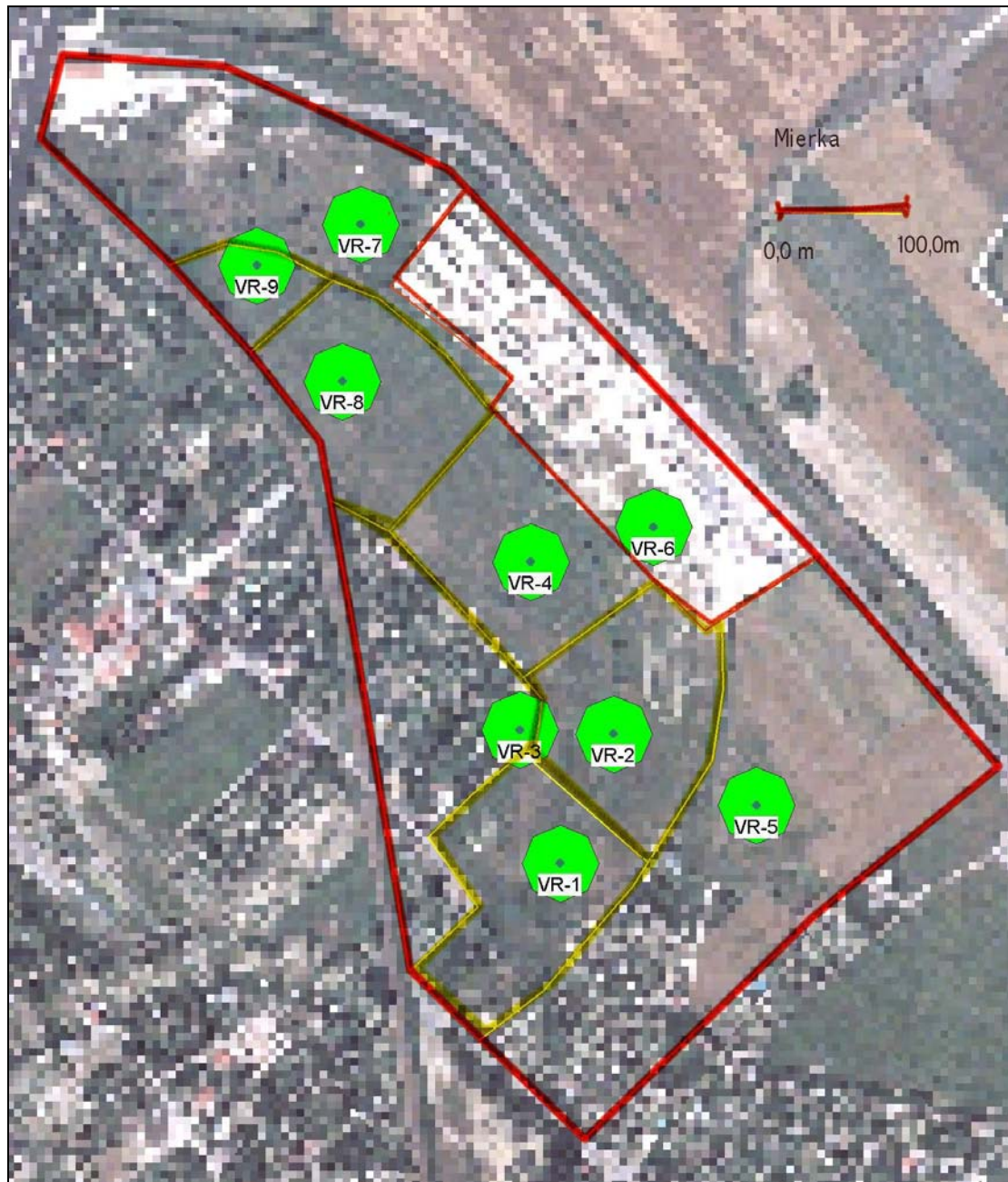
Situačný plán územia poskytuje informáciu k predbežnému prieskumu miesta odberu pôdnych vzoriek a naplánovanie odberových prác podľa plánu vzorkovania (obr. 1).

Na stanovenie limitných hodnôt ťažkých kovov a organických polutantov sa odber vzoriek vykonáva podľa Zákona o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy č. 220/2004 Zb.z., ktorý okrem určenia zrnitostných frakcií a určenia hodnoty pH nariaďuje tiež počet

priemerných vzoriek a odberových miest z odberovej plochy. Pri heterogénnej pôdnej skladbe pozemku sa odoberajú priemerné vzorky z každej odlišnej časti pozemku.

Správne vykonaný odber vzoriek pôdy je jeden z najdôležitejších úkonov v procese zisťovania kontaminácie poľnohospodárskej pôdy rizikovými látkami a najväčším zdrojom chýb. Odber pôdnych vzoriek prebieha podľa vopred vypracovaného plánu vzorkovania (obr. 1) (Soil Quality, Sampling ISO 10381: 2001).

**Obr. 1** Situačný plán územia (Bratislava-Vrakuňa)

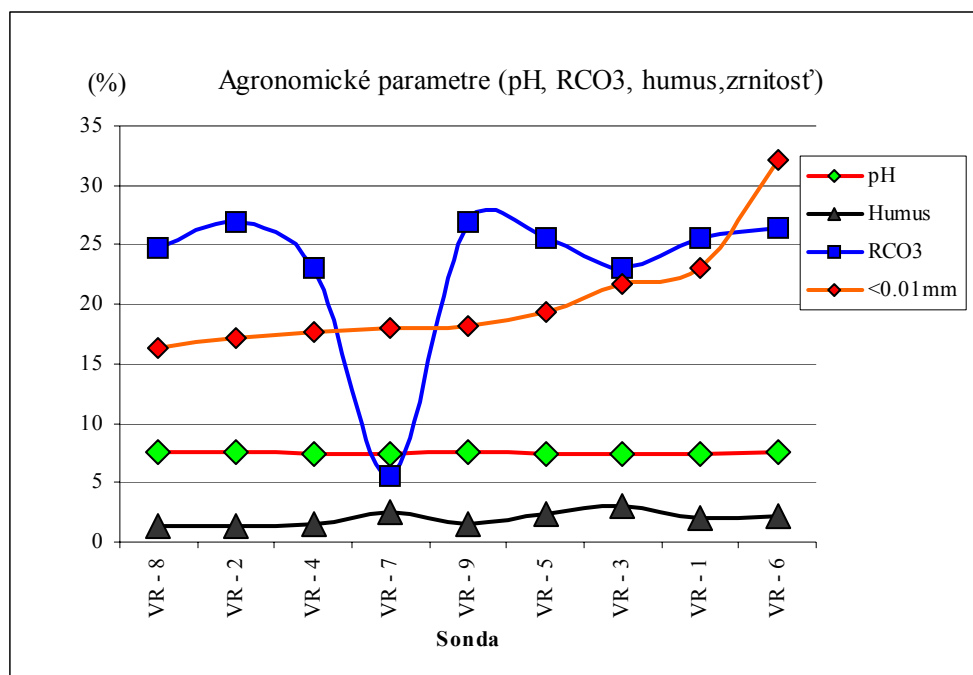


Základné agronomické parametre (obr. č. 2, tab. č. 3 a 4) nám poskytujú informáciu o odolnosti pôdy. Odolnosť pôdy na zaťaženie rizikovými látkami je determinovaná obsahom a druhom ílových minerálov, kvalitou humusu, pôdnou reakciou, pôdnym režimom atď..

## Vyhodnotenie skúmaného územia

Na podklade agronomických stanovení bol vyhodnotený pôdny druh a pôdna reakcia, ktoré sú určujúcimi parametrami na stanovenie limitnej hodnoty pre rizikové látky v pôde (obr. č. 2, tab. č. 3 a 4).

**Obr. 2** Základné agronomické parametre skúmaného územia



**Tab. 3** Agronomické parametre – pôdny druh

Sonda	Pôdny druh*	Označenie	
VR - 1	Piesčitohlinitá až hlinitá	PH-H	(alkalická pôdna reakcia)
VR - 2	Piesčitá až hlinitopiesčitá	P-HP	(alkalická pôdna reakcia)
VR - 3	Piesčitohlinitá až hlinitá	PH-H	(alkalická pôdna reakcia)
VR - 4	Piesčitá až hlinitopiesčitá	P-HP	(alkalická pôdna reakcia)
VR - 5	Piesčitá až hlinitopiesčitá	P-HP	(alkalická pôdna reakcia)
VR - 6	Piesčitohlinitá až hlinitá	PH-H	(alkalická pôdna reakcia)
VR - 7	Piesčitá až hlinitopiesčitá	P-HP	(alkalická pôdna reakcia)
VR - 8	Piesčitá až hlinitopiesčitá	P-HP	(alkalická pôdna reakcia)
VR - 9	Piesčitá až hlinitopiesčitá	P-HP	(alkalická pôdna reakcia)

Na skúmanom území je piesčitá až piesčito hlinitá pôda s nízkym obsahom humusu, čo predstavuje riziko migrácie rizikových látok do podzemných vôd. Územie je situované v bývalom riečnom ramene.

**Tab. 4** Agronomické parametre – pH, humus, uhličitany a zrnitosť

Sonda	pH (CaCl <sub>2</sub> )	Humus (%)	RCO <sub>3</sub> (%)	Frakcia<0.01mm (%)
VR - 1	7.45	2.06	25.50	23.10
VR - 2	7.56	1.38	27.00	17.20
VR - 3	7.36	3.10	23.00	21.70
VR - 4	7.48	1.55	23.00	17.60
VR - 5	7.42	2.41	25.50	19.30
VR - 6	7.57	2.24	26.50	32.10
VR - 7	7.47	2.58	5.50	18.00
VR - 8	7.51	1.38	24.80	16.30
VR - 9	7.59	1.46	27.00	18.20

Hygienické vyhodnotenie skúmaného územia a posúdenie rizika pre systém pôda sú uvedené v tab. č. 5 až č. 8 a na obr. č. 3 až č. XX.

**Tab. 5** Stanovenie As, Cd, Co, Cr (vo výluhu lúčavky kráľovskej)

Sonda	Pôdny druh	pH	As (mg/kg)		Cd (mg/kg)		Co (mg/kg)		Cr (mg/kg)	
			limit	stanovené	limit	stanovené	limit	stanovené	limit	stanovené
VR - 1	PH-H	7.5	<b>25</b>	14.2	<b>0.7</b>	0.35	<b>15</b>	7.3	<b>70</b>	28.5
VR - 2	P-HP	7.6	<b>10</b>	11.9	<b>0.4</b>	0.40	<b>15</b>	6.6	<b>50</b>	23.3
VR - 3	PH-H	7.4	<b>25</b>	9.6	<b>0.7</b>	0.55	<b>15</b>	6.3	<b>70</b>	24.0
VR - 4	P-HP	7.5	<b>10</b>	9.9	<b>0.4</b>	0.20	<b>15</b>	10.1	<b>50</b>	23.9
VR - 5	P-HP	7.4	<b>10</b>	44.7	<b>0.4</b>	0.50	<b>15</b>	7.3	<b>50</b>	25.0
VR - 6	PH-H	7.6	<b>25</b>	9.3	<b>0.7</b>	0.30	<b>15</b>	7.9	<b>70</b>	28.9
VR - 7	P-HP	7.5	<b>10</b>	42.0	<b>0.4</b>	0.20	<b>15</b>	7.4	<b>50</b>	28.5
VR - 8	P-HP	7.5	<b>10</b>	8.1	<b>0.4</b>	0.10	<b>15</b>	6.0	<b>50</b>	21.4
VR - 9	P-HP	7.6	<b>10</b>	11.8	<b>0.4</b>	0.05	<b>15</b>	8.5	<b>50</b>	21.6

**Tab. 6** Stanovenie Cu, Ni, Pb, Zn (vo výluhu lúčavky kráľovskej)

Sonda	Pôdny druh	pH	Cu (mg/kg)		Ni (mg/kg)		Pb (mg/kg)		Zn (mg/kg)	
			limit	stanovené	limit	stanovené	limit	stanovené	limit	stanovené
VR - 1	PH-H	7.5	<b>60</b>	23.0	<b>50</b>	23.3	<b>70</b>	28.7	<b>150</b>	70
VR - 2	P-HP	7.6	<b>30</b>	22.5	<b>40</b>	22.4	<b>25</b>	22.7	<b>100</b>	58
VR - 3	PH-H	7.4	<b>60</b>	27.7	<b>50</b>	20.8	<b>70</b>	24.4	<b>150</b>	119
VR - 4	P-HP	7.5	<b>30</b>	17.6	<b>40</b>	20.0	<b>25</b>	22.4	<b>100</b>	54
VR - 5	P-HP	7.4	<b>30</b>	35.3	<b>40</b>	21.8	<b>25</b>	72.1	<b>100</b>	89
VR - 6	PH-H	7.6	<b>60</b>	20.9	<b>50</b>	23.4	<b>70</b>	25.9	<b>150</b>	64
VR - 7	P-HP	7.5	<b>30</b>	31.3	<b>40</b>	22.7	<b>25</b>	50.0	<b>100</b>	166
VR - 8	P-HP	7.5	<b>30</b>	16.6	<b>40</b>	19.0	<b>25</b>	18.5	<b>100</b>	53
VR - 9	P-HP	7.6	<b>30</b>	18.3	<b>40</b>	20.0	<b>25</b>	21.9	<b>100</b>	53

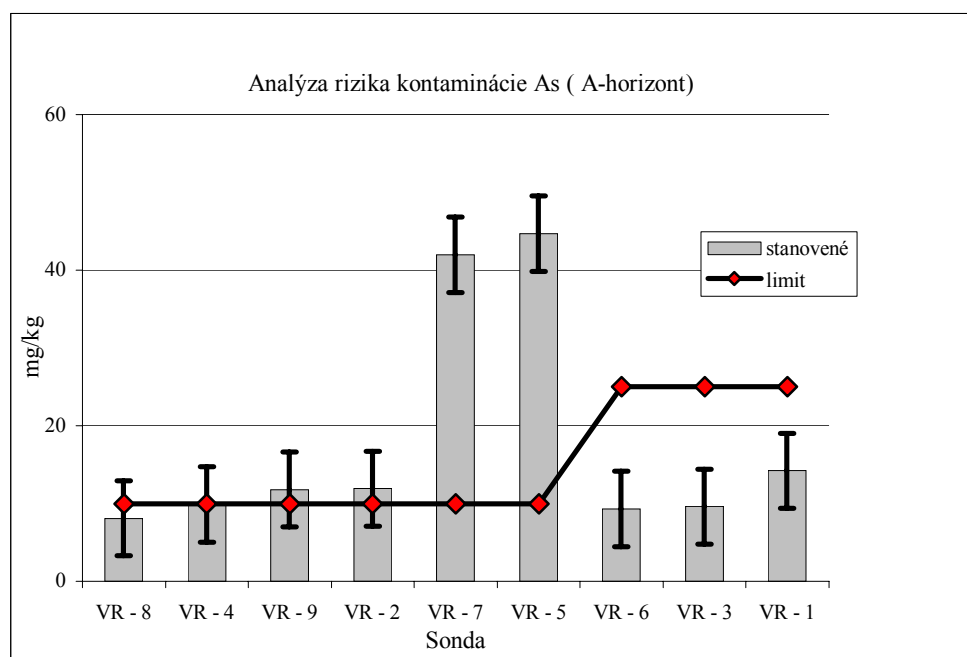
**Tab. 7** Stanovenie PCB, PAU, NEL a Hg

Sonda	Pôdny druh	pH	Hg* (mg/kg)		PCB (mg/kg)		PAU (mg/kg)		NEL (mg/kg)	
			limit	stanovené	limit	stanovené	limit	stanovené	limit	stanovené
VR - 1	PH-H	7.5	<b>0.50</b>	0.23	<b>0.05</b>	0.04	<b>1.0</b>	0.25	<b>100</b>	16
VR - 2	P-HP	7.6	<b>0.15</b>	0.22	<b>0.05</b>	0.03	<b>1.0</b>	0.17	<b>100</b>	<5
VR - 3	PH-H	7.4	<b>0.50</b>	0.12	<b>0.05</b>	0.03	<b>1.0</b>	5.1	<b>100</b>	488
VR - 4	P-HP	7.5	<b>0.15</b>	0.16	<b>0.05</b>	0.07	<b>1.0</b>	0.21	<b>100</b>	<5
VR - 5	P-HP	7.4	<b>0.15</b>	1.49	<b>0.05</b>	0.14	<b>1.0</b>	0.30	<b>100</b>	116
VR - 6	PH-H	7.6	<b>0.50</b>	0.05	<b>0.05</b>	0.05	<b>1.0</b>	0.14	<b>100</b>	<5
VR - 7	P-HP	7.5	<b>0.15</b>	0.57	<b>0.05</b>	0.39	<b>1.0</b>	12.2	<b>100</b>	1035
VR - 8	P-HP	7.5	<b>0.15</b>	0.09	<b>0.05</b>	0.34	<b>1.0</b>	0.43	<b>100</b>	<5
VR - 9	P-HP	7.6	<b>0.15</b>	0.13	<b>0.05</b>	0.06	<b>1.0</b>	0.18	<b>100</b>	<5

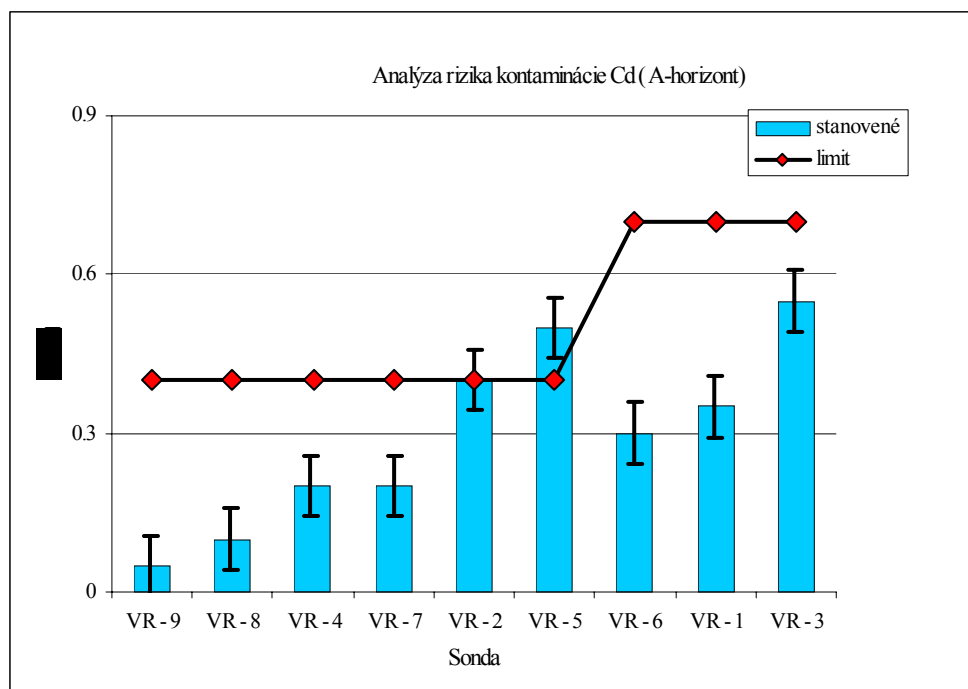
\* Hg totálny obsah

Limit podľa Zákona č.220/2004 Zb. zák.

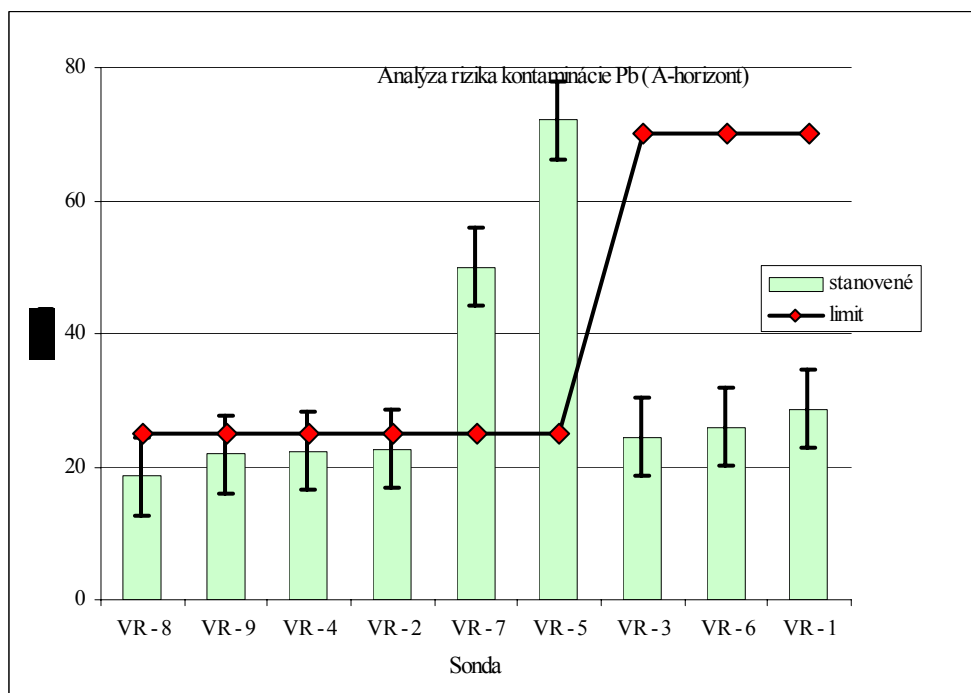
**Obr. 3** Distribúcia As v hĺbke 0-20cm



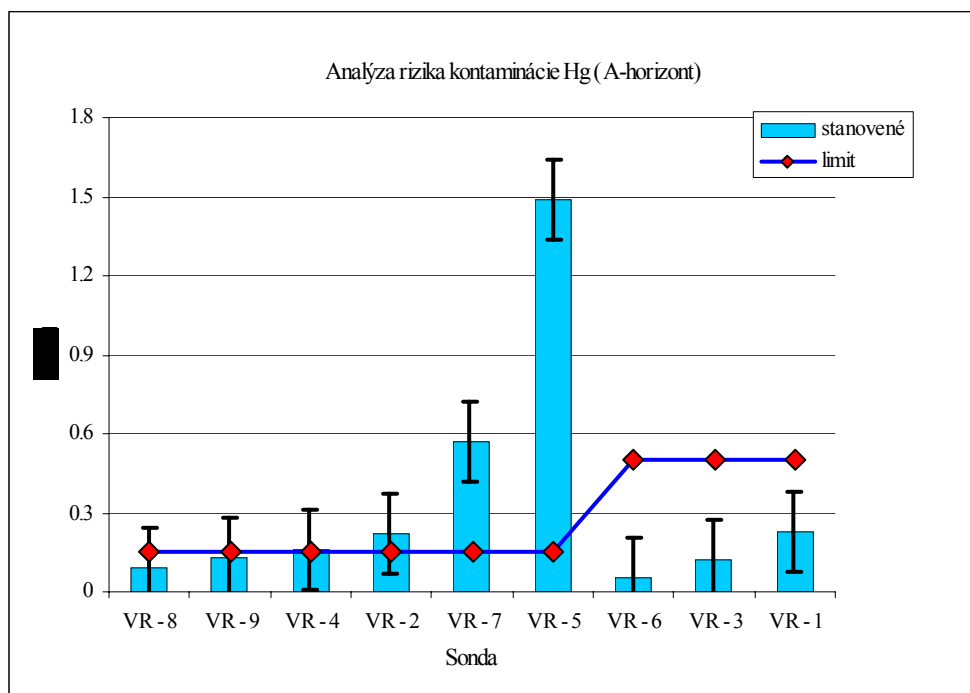
Obr. 4 Distribúcia Cd v hĺbke 0-20cm



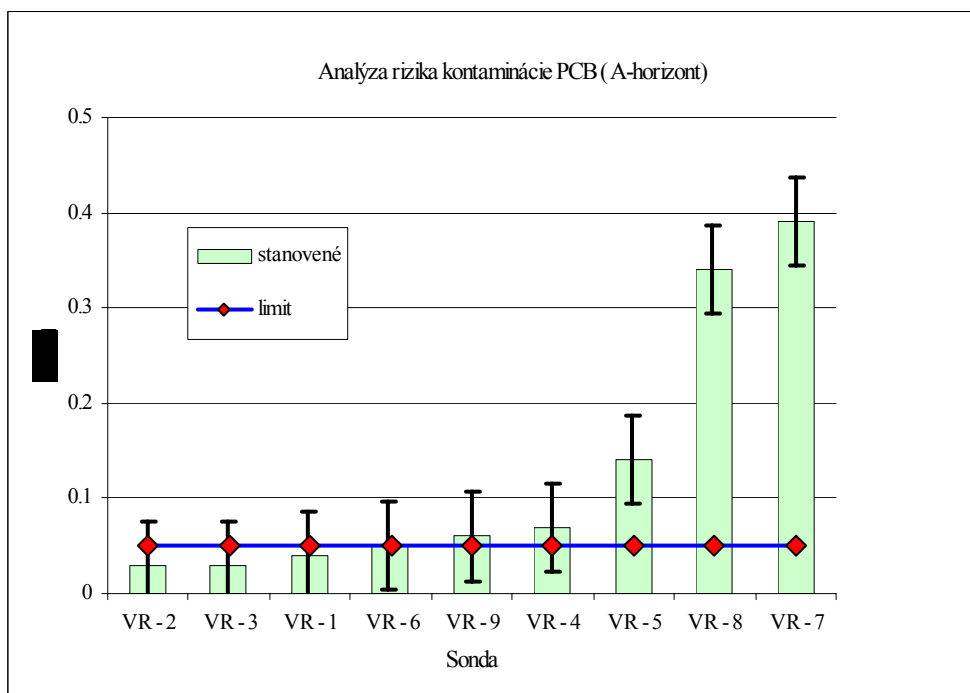
Obr. 6 Distribúcia Pb v hĺbke 0-20cm



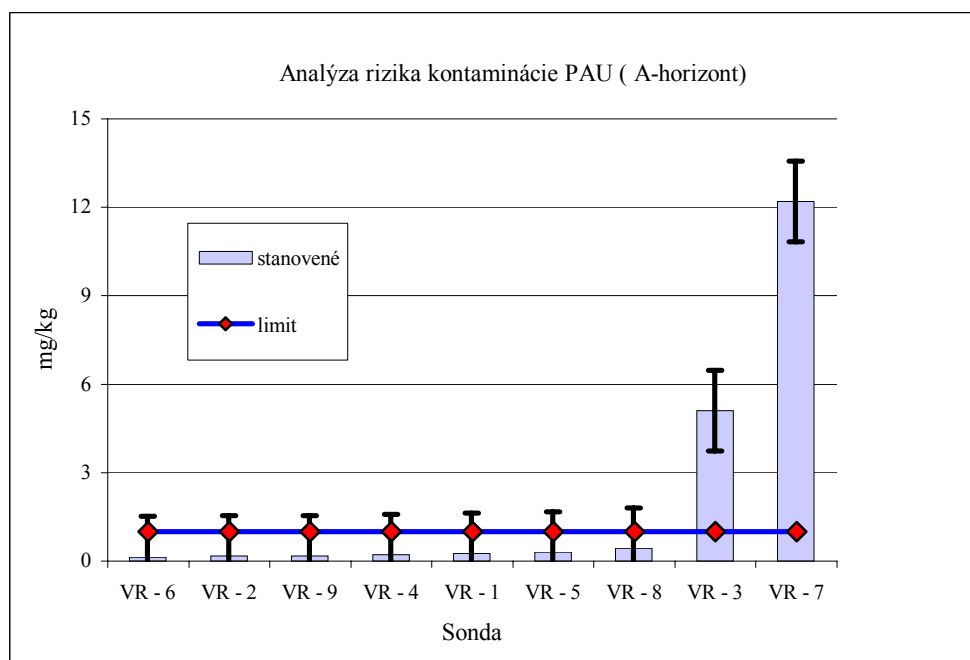
Obr. 6 Distribúcia Hg v hĺbke 0-20cm



Obr. 7 Distribúcia PCB v hĺbke 0-20cm



Obr. 8 Distribúcia PAU v hĺbke 0-20cm



Pri prekročení limitnej hodnoty už len jednej rizikovej látky v pôde sa stanovuje zo zákona kritická hodnota znečistenia. Pre posúdenie vzťahu pôda – rastlina sa použije výluh v 1M  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (Zákon č. 220/2004 Zb. z.). Stanovené hodnoty pre skúmané územie sú uvedené v tab. č. 8.

Tab. 8 Posúdenie rizika pre systém pôda - rastlina (v mg/kg suchej hmoty vo výluhu 1M  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )

Sonda	As (mg/kg)		Cd (mg/kg)		Cu (mg/kg)		Pb (mg/kg)		Zn (mg/kg)	
	limit	stanovené	limit	stanovené	limit	stanovené	limit	stanovené	limit	stanovené
VR - 1	0.4	vyhovuje	0.1	vyhovuje	1.0	vyhovuje	0.1	vyhovuje	2.0	vyhovuje
VR - 2	0.4	0.09	0.1	<0,001	1.0	vyhovuje	0.1	vyhovuje	2.0	vyhovuje
VR - 3	0.4	vyhovuje	0.1	vyhovuje	1.0	vyhovuje	0.1	vyhovuje	2.0	vyhovuje
VR - 4	0.4	vyhovuje	0.1	vyhovuje	1.0	vyhovuje	0.1	vyhovuje	2.0	vyhovuje
VR - 5	0.4	2.5	0.1	0.01	1.0	1.49	0.1	<0,01	2.0	vyhovuje
VR - 6	0.4	vyhovuje	0.1	vyhovuje	1.0	vyhovuje	0.1	vyhovuje	2.0	vyhovuje
VR - 7	0.4	1.26	0.1	vyhovuje	1.0	1.29	0.1	<0,01	2.0	0.003
VR - 8	0.4	vyhovuje	0.1	vyhovuje	1.0	vyhovuje	0.1	vyhovuje	2.0	vyhovuje
VR - 9	0.4	0.09	0.1	vyhovuje	1.0	vyhovuje	0.1	vyhovuje	2.0	vyhovuje

## ZÁVER

Výsledok výskumu skúmaného územia dokázal preukázateľné znečistenie As, Cd, Hg, Pb pre pri As, Cd a Cu i riziko vstupu do potravinového reťazca.



Arzén je potenciálne nebezpečný pre zásaditú pôdnu reakciu. Kadmium je v zásaditom prostredí nepohyblivé, preto nepredstavuje nebezpečie pre príjem rastlinou. Meď je mikroživina, ale vo zvýšených koncentráciách je pre rastliny toxická.

Pri určení prekročených limitných hodnôt rizikových látok sa vykonajú tieto opatrenia:

- určenie kritickej hodnoty znečistenia poľnohospodárskej pôdy
- zhodnotenie rizík zo znečistenia poľnohospodárskej pôdy vo vzťahu k poľnohospodárskej produkcii
- zhodnotenie rizík zo znečistenia poľnohospodárskej pôdy k podzemným a povrchovým vodám
- zhodnotenie rizík zo znečistenia pôdy vo vzťahu k možnému ohrozeniu zdravia obyvateľstva, hospodárskych zvierat a ekosystémov rastlín
- spracovanie návrhu na odstránenie znečistenia poľnohospodárskej pôdy a spôsob obhospodarovania.

## **ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY**

Meloun M., Militký J.: Statistické zpracování experimentálních dat, East publishing a.s. Praha 1998

Zákon o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy č. 220/2004 Zb. zák.

Harmonizácia noriem stanovenia vybraných ťažkých kovov a organických polutantov s ISO normami, Kontrakt EU 2005.



**ČU 06**

**VÝVOJ EKOLOGICKÝCH FUNKCÍ PŮD Z POHLEDU ICH ZRANITELNOSTI**

**Zodpovedný riešiteľ:** RNDr. Jarmila Makovníková, CSc



## ÚVOD

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 remediačnou 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 potravného 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.

## CIELE A SPÔSOB RIEŠENIA

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

Ako materiál sme použili pôdne vzorky vybraných skupín pôd odobraté v rámci základnej siete ČMS-P (kambizeme, rendziny, čiernice) ako aj pôdne vzorky pseudoglejov zo Zvolenskej kotliny (orné pôdy s pestovanou plodinou *Triticum sativum*). V získaných vzorkách bola stanovená pôdna reakcia, obsah a kvalita humusu, kationová výmenná kapacita (Fiala, 1999), mobilné formy Cd podľa Zeiena a Brümmera (Zeien a Brümmer, 1989).

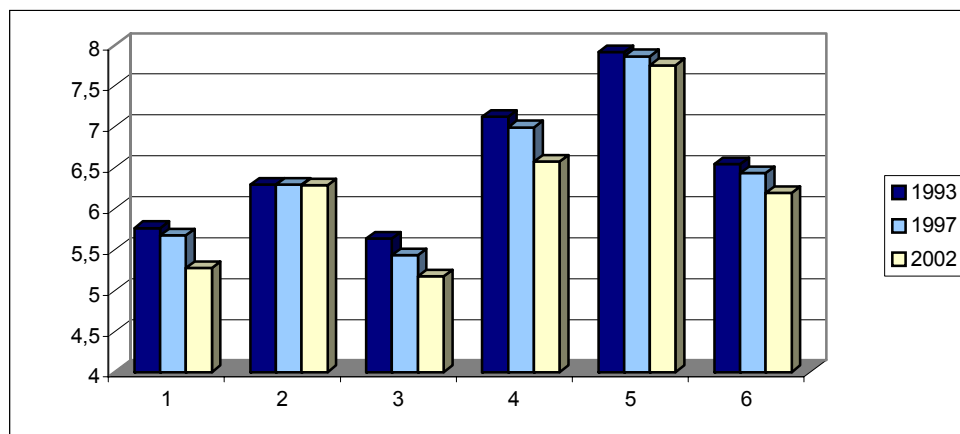
## DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

### I. Vývoj vybraných indikátorov ekologických funkcií pôd v rámci hodnotených skupín základnej siete – kambizeme, rendziny, čiernice

Súbor pôdných indikátorov vzhľadom na ekologické funkcie pôd má spĺňať 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 pôdných 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 (priateľný rastlinou, možný transfer v rámci pôdneho profilu), celkový akumulovaný obsah ťažkých kovov, hodnota pôdnej reakcie a nepriame indikátory – obsah a kvalita organickej hmoty v pôde, 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 zabezpečiť 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 – kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši TTP, 2 - kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši OP, 3 - kambizeme na kys. substr. a pestrých bridliciach TTP, 4 – rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové TTP, 5 – čiernice na karbonátových fluvialných sedimentoch OP, 6 – čiernice na nekarbonátových fluvialných sedimentoch OP

Pufračné systémy pôd v sledovaných skupinách pôd ovplyvňujú prirodzenú schopnosť pôd vyrovnávať sa s acidifikačnou záťažou a to antropogénnou ako aj vnútropôdnou. Kambizeme sú vyvinuté na heterogénnych substrátoch, ktoré sú zdrojom bázických kationov uvoľňovaných pri zvetrávaní do pôdneho prostredia, čo následne determinuje aj ich rôznu odolnosť voči acidifikácii. Na pufračnú funkciu pozitívne vplyva väčšia hrúbka humusového horizontu, negatívny vplyv má vyšší obsah skeletu v skupine kambizemí a v skupine rendzín.

Stav a vývoj priameho indikátora pufrácie funkcie a to hodnoty pôdnej reakcie poukazuje na negatívny trend v období 1., 2. a 3. monitorovacieho cyklu, ktorý bol aj štatisticky potvrdený preukaznými zmenami priameho indikátora acidifikácie v skupine kambizemí a kambizemí pseudoglejových na flyši a kambizemí na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach využívaných ako trvalý trávny porast, v skupine rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové využívané ako trvalý trávny porast a čiernice na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch využívané ako orné pôdy.

Hodnota výmennej pôdnej reakcie (pH v CaCl<sub>2</sub>) nižšia ako 6,5 zvyrazňuje negatívne následky acidifikácie, kedy už dochádza k prekročeniu limitných hodnôt pH pre jednotlivé ťažké kovy v systéme pôda - rastlina (Makovníková, 2000) a k výraznému zvýšeniu prístupnosti anorganických kontaminantov, k zvýšeniu translokácie koloidných zložiek, narušeniu organominerálnych väzieb, zníženiu dostupnosti fosforu v dôsledku tvorby Fe a Al-fosforečnanov v kyslom prostredí ako aj k vyplavovaniu živín.

Akumulačná funkcia je ovplyvnená hlavne obsahom a kvalitou organickej hmoty a kvalitatívnym ako aj kvantitatívnym zastúpením ílových minerálov. V rámci sledovaných skupín pôd je najmenej rozvinutá v prípade kambizemí, nízku schopnosť akumulácie, závislú aj od typu vodného režimu, majú pseudogleje. Akumulačná funkcia čiernic je dobre rozvinutá pre organickú hmotu, dusík a makroživiny.

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 je prístupný obsah ťažkých kovov, ktorý na základe doterajších poznatkov ovplyvňuje vodný režim pôdy, hodnota pôdnej reakcie, kationová 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 čiernic je modifikovaná výskytom hladiny podzemných vôd, kedy kapilárnym zdvihom sa do vrchnej časti profilu môžu dostávať anorganické ako aj organické polutanty transportované podzemnými vodami (Demo a kol., 1998). Pri pseudoglejoch determinuje filtračnú schopnosť typ vodného režimu, pri premyvnom type prevláda laterálny tok a pohyb látok pri dosiahnutí nepriepustnej vrstvy. Hygienickú funkciu čiernic ovplyvňuje interakcia kontaminantov s pôdnymi komponentami a následná mobilita, bioprístupnosť a potenciálny transfér kontaminantov do potravného reťazca.

V skupinách pôd s tendenciou k zhutneniu dochádza k zhoršeniu filtračnej schopnosti pôdy. Pôdy v sledovaných skupinách pôd patria stredne ťažkým, prevažne hlinitým a sčasti ťažkým ílovito-hlinitým pôdam. V rámci ťažkých kambizemí a čiernic v porovnaní so stredne ťažkými bolo v poslednom cykle pozorované zhutnenie v ornici a to pri čierniciach na karbonátových substrátoch (Širáň, 2005)

Zmeny v obsahu a kvalite organickej hmoty neboli v sledovanom období preukazné a nedošlo k negatívnym zmenám tohoto parametra. Pri porovnaní prvého (1993) a tretieho (2002) cyklu sa nezaznamenali štatisticky významné zmeny na žiadnej zo sledovaných pôdných skupín (Barančíková, 2005) tým nedošlo k narušeniu filtračnej a akumuláčnej funkcie agroekosystému v prípade sledovaných skupín pôd.

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

Pôdny predstaviteľ <sup>1</sup>	funkcia			Kumulácia rizika
	pufračná	akumulačná	filtračná	
Kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši - TTP	++	-	+	+++
kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši - OP	++	-	+	+++
kambizeme na kys. substr. a pestrých bridliciach - TTP	++	-	+	+++
rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové - TTP	+	-	-	+
čiernice na karb. fluviaálnych sedimentoch - OP	-	-	+	+
čiernice na nekarb. fluviaálnych sedimentoch - OP	+	-	+	++

+ mierny negatívny trend, ++ výraznejší negatívny trend, +++ výrazná kumulácia rizika - nezmenený stav

Negatívny trend vo vývoji ekologických funkcií (pri kumulácii rizík) pôd sme zaznamenali v skupine kambizemí a kambizemí pseudoglejových na flyši využívaných ako orné pôdy aj ako trvalý trávny porast a v skupine kambizemí na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach využívaných ako trvalý trávny porast. Mierny negatívny trend v skupine čiernice na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch, orné pôdy. Negatívny trend vo vývoji ekologických funkcií pôd sa môže prejaviť výrazným znížením dostupnosti živín, vyplavovaním živín, znížením akumulácie organickej hmoty, narušením pôdnej štruktúry, znížením biologickej aktivity pôdy ako aj znížením retenčnej schopnosti pôd s negatívnym dopadom na kvalitu pestovaných plodín.

## II. Modelové vzťahy pre indikátory zraniteľnosti pseudoglejov z pohľadu ich ekologických funkcií,

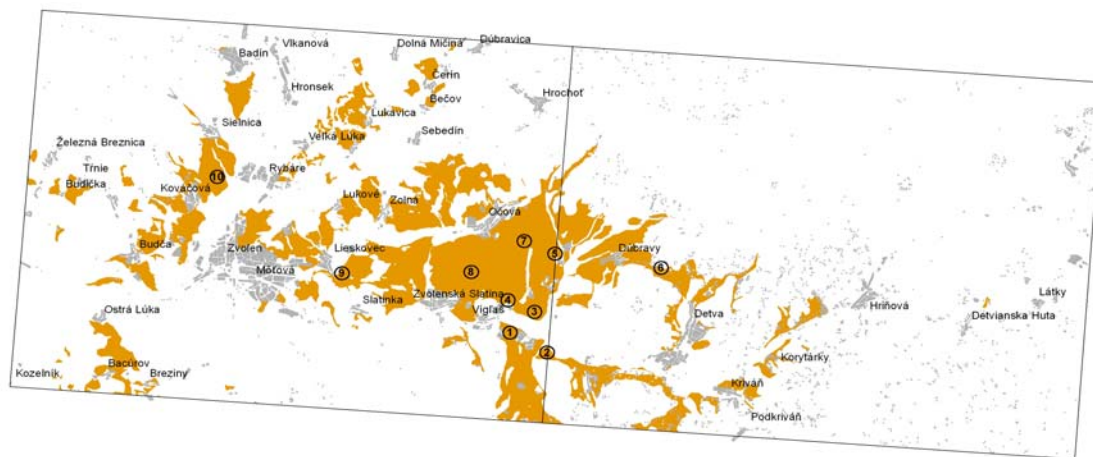
Pseudogleje v Strednopohronskej oblasti sa nachádzajú vo Zvolenskej kotline, prevažne v štvoruholníku medzi obcami Lieskovec, Zvolenská Slatina, Dúbravy a Zolná a v blízkosti obce Kováčová pri Zvolene (obr. 2). Pseudogleje sú vyvinuté na neogénnych sedimentoch, využívané sú ako orné pôdy, pestovaná plodina v roku odberu bola pšenica (*Triticum sativum*). Kritické zaťaženie aciditou predstavuje  $4 \text{ keq} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  (Závodský a kol., 1996), v sledovanej oblasti nie je imisné antropogénne zaťaženie ťažkými kovmi. Východiskový súbor parametrov je uvedený v tab.2.

**Tab. 2** Štatistické charakteristiky parametrov

Parameter	pseudogleje		
	Priemer	Minimum	Maximum
pH/H <sub>2</sub> O	6,30	5,73	6,86
pH/CaCl <sub>2</sub>	5,65	4,94	6,27
Cox v %	1,57	1,08	2,34
HK/FK	0,61	0,52	0,74
Q <sub>6</sub> <sup>4</sup>	5,28	4,01	6,83
Ca <sup>2+</sup> v cmol/kg	6,76	2,03	10,97
Mg <sup>2+</sup> v cmol/kg	2,08	0,85	3,25
K <sup>+</sup> v cmol/kg	0,54	0,17	1,21
Na <sup>+</sup> v cmol/kg	0,021	0,004	0,054
obsah mobilného Cd v mg.kg <sup>-1</sup>	0,015	0,001	0,030
obsah mobilného Zn v mg.kg <sup>-1</sup>	0,047	0,001	0,125
obsah aktívneho Al v mg.kg <sup>-1</sup>	4,150	2,070	6,210
obsah Cd v zrne pšenice v mg.kg <sup>-1</sup>	0,021	0,006	0,055



Obr. 2 Pseudogleje vo Zvolenskej kotline



Hodnoty pôdnej reakcie pseudoglejov sa pohybujú v oblasti kyslej až slabo kyslej, obsah organickej hmoty je stredný s prevahou fulvokyselín na všetkých sledovaných lokalitách. Kvalita humínových látok determinovaná farebným kvocientom  $Q_6^4$  sa pohybuje v intervale 4,01 až 6,83, v sledovanom súbore pôd sú lokality s kvalitnejšou organickou hmotou s prevahou stabilnejších štruktúr pôdnej organickej hmoty ( $Q_6^4 - 4,01$ ) ako aj s menej vyzretou organickou hmotou ( $Q_6^4 - 6,83$ ) s vysokým podielom surového humusu. Množstvo a kvalita pôdnej organickej hmoty sú determinované genézou pôdneho typu, zrnitosťou a ako aj spôsobom využívania pôdy. Prevahu medzi bázickými kationmi má  $Ca^{2+}$ , nízkym podielom je zastúpený  $Na^+$  a  $K^+$ . Pomer  $Ca^{2+} : Mg^{2+}$  sa pohybuje v pomerne širokom rozpätí a to od 1,3:1 do 5,4:1, s priemernou hodnotou 3,2:1 a je nižší, ako by mal byť optimálny pomer 4:1 až 6:1 pre poľnohospodársky využívané pôdy Čurlík (2003). Priemerný obsah aktívneho Al  $4,15 \text{ mg.kg}^{-1}$  je vyšší v porovnaní s obsahom aktívneho Al v hlavných pôdnych typoch SR využívaných prevažne ako orné pôdy (Makovníková, 2005).

Celkové obsahy Cd, Pb a Zn (Cd –  $0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ , Pb –  $28 \text{ mg.kg}^{-1}$  a Zn  $52 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) v monitorovacích sondách ČMS-P lokalizovaných v mapovanej oblasti Zvolenskej kotliny sú pod limitnou hodnotou podľa Zákona č. 220/2004 a so stúpajúcou hĺbkou klesajú (Cd –  $0,05 \text{ mg.kg}^{-1}$ , Pb –  $24 \text{ mg.kg}^{-1}$  a Zn  $28 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). Oblasť Zvolenskej kotliny nie je geochemicky zaťažená Cd, Pb ani Zn. V prípade kadmia nedošlo ani k prekročeniu kritickej hodnoty mobilného obsahu Cd pre systém pôda – rastlina (hodnota  $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ , Zákon č. 220/2004, príloha 2), podobne je to v prípade Zn (hodnota  $2 \text{ mg.kg}^{-1}$ , Zákon č. 220/2004, príloha 2). Napriek tomu, v zrne pšenice došlo k prekročeniu prípustnej hodnoty pre obsah Cd v požívatinách ( $0,05 \text{ mg.kg}^{-1}$ , pre výrobky z múky, Zbierka zákonov č.2, 1994, Vyhláška MZSR) v jednom prípade, v ďalších dvoch vzorkách sa obsah Cd priblížil ku kritickej hodnote. Cd v pôde vo forme priamo prístupnej pre rastliny bude antropogénneho pôvodu ako dôsledok používania fosforečných hnojív. Vstupy Cd do pôdy aplikáciou hnojív môžu

predstavovať 35 – 45 % všetkých antropogénnych vstupov (Beneš, 1994). Pre podrobnejší rozbor by bolo potrebné analyzovať celú sekvenčnú extrakciu Cd v pôde, ktorá charakterizuje distribúciu tohto prvku v pôde a jeho väzby na pôdne komponenty.

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

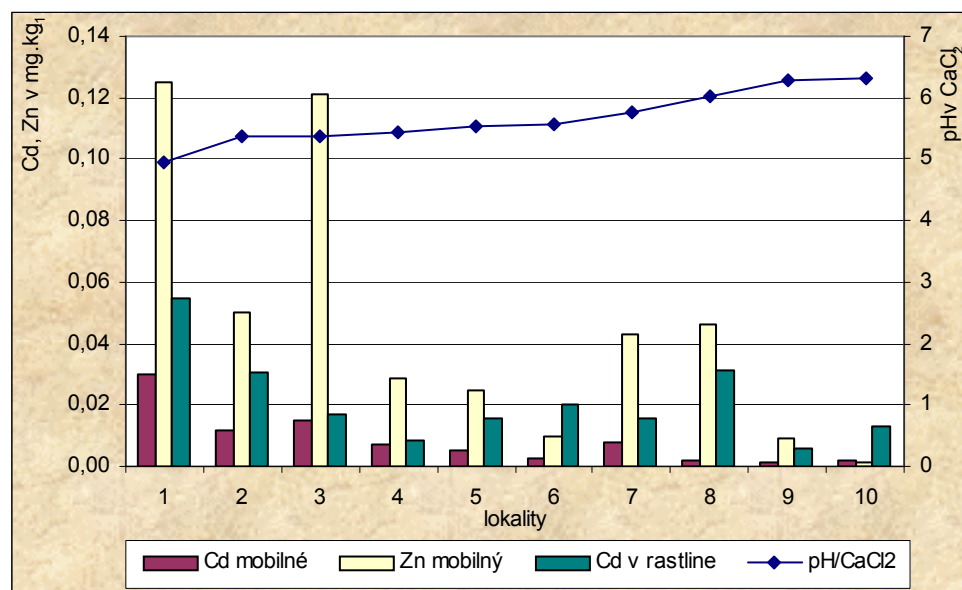
**Tab. 3** Spearmanove korelačné koeficienty

	pH/H <sub>2</sub> O	pH/CaCl <sub>2</sub>	Cox v %	Q <sub>6</sub>	Ca <sup>2+</sup> v cmol/kg	Mg <sup>2+</sup> v cmol/kg	obsah mobilného Cd v mg.kg	obsah mobilného Zn v mg.kg
pH/H <sub>2</sub> O	1	<b>0,99*</b>	-0,26	-0,05	0,47	0,20	<b>-0,93*</b>	<b>-0,81*</b>
pH/CaCl <sub>2</sub>	<b>0,99*</b>	1	-0,24	-0,02	0,48	<b>0,23</b>	<b>-0,93*</b>	<b>-0,81*</b>
Cox v %	-0,26	-0,24	1	-0,27	0,47	<b>0,59*</b>	0,03	0,10
Q <sub>6</sub>	-0,05	-0,02	-0,27	1	<b>-0,53*</b>	-0,35	0,18	0,39
Ca <sup>2+</sup> v cmol/kg	0,47	0,48	0,47	<b>-0,53*</b>	1	<b>0,74*</b>	<b>-0,73*</b>	<b>-0,76*</b>
Mg <sup>2+</sup> v cmol/kg	0,20	0,23	<b>0,59*</b>	<b>-0,35</b>	<b>0,74*</b>	1	-0,44	-0,39
obsah mobilného Cd v mg.kg <sup>-1</sup>	<b>-0,93*</b>	<b>-0,93*</b>	0,03	0,18	<b>-0,73*</b>	-0,44	1	<b>0,88*</b>
obsah mobilného Zn v mg.kg <sup>-1</sup>	<b>-0,81*</b>	<b>-0,81*</b>	0,10	0,39	<b>-0,76*</b>	-0,39	<b>0,88*</b>	1
obsah Cd v zrne pšenice v mg.kg <sup>-1</sup>	<b>-0,52*</b>	<b>-0,53*</b>	0,47	0,15	-0,34	-0,16	<b>0,50*</b>	<b>0,70*</b>

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

Štatisticky preukazný vzťah (obr. 3) medzi mobilným obsahom Cd a Zn a hodnotou pôdnej reakcie (ako indikátora, 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, Makovniková, 2000). V sledovanom súbore sa nepotvrdil vplyv kvantity a kvality organickej hmoty na mobilný obsah Cd a Zn. Významný je záporný korelačný vzťah medzi obsahom mobilného Cd a Zn a obsahom Ca<sup>2+</sup>, medzi týmito kovmi a obsahom výmenného vápnika dochádza k výraznej kompetitívnej inhibícii. S vyšším obsahom mobilného Cd v pôde sa preukazne viaže aj vyšší obsah mobilného Zn.

**Obr. 3** Pôdna reakcia v kontexte s mobilným obsahom Cd a Zn v pôde a obsahom Cd v zrne pšenice



Výsledky Spearmanovej korelačnej analýzy (tab. 3) ako aj teoretické predpoklady pre indikátory sme využili ako odrazové údaje pre tvorbu modelov. Na základe Spearmanovej analýzy môžeme obsah Cd v zrne pšenice vyjadriť ako funkčnú závislosť troch faktorov, mobilného obsahu Cd v pôde, hodnoty pôdnej reakcie a organickej hmoty v pôde. 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	$Cdr = 1,1423 \cdot Cdm + 0,000397 \cdot pH/CaCl_2 + 0,006099 \cdot Cox$	0,85

Cdm - mobilný obsah Cd - I. frakcia SSE podľa Zeiena a Brummera

Cdr - obsah Cd stanovený v rastline (obsah v zrne)

Pri stanovení limitných hodnôt sme vychádzali z reálneho stavu pôdnych indikátorov s sledovanom súbore pseudoglejov v systéme pôda - rastlina. Limitné hodnoty pre Cd sú stanovené na základe prekročenia prípustného obsahu Cd v zrne pšenice. Kritickú záťaž pre agroekosystém pseudoglejov v regióne Zvolenskej kotliny v systéme pôda - rastlina predstavuje mobilný obsah Cd vyšší ako  $0,06 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  v kontexte s hodnotou výmennej pôdnej reakcie nižšou ako 4,95 a obsahom výmenného vápnika  $Ca^{2+}$  nižším ako  $2,6 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

**Tab. 5** Limitné hodnoty indikátorov pre Cd pre pseudogleje

Indikátor	Cd
mobilný obsah Cd a Pb v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	viac ako 0,06
pH/ $CaCl_2$	nižšia ako 4,95
Cox v %	menej ako 2,1
$Ca^{2+}$ v $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$	menej ako 2,60

### **Potenciál zraniteľnosti pseudoglejov**

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. Do filtračnej funkcie pseudoglejov sa zapája len humusový a eluviálny hydromorfný horizont, pôdna voda sa po dosiahnutí nepriepustných vrstiev pohybuje laterálne po svahu, čo môže byť zdrojom akumulácie antropogénne vnášaných ťažkých kovov v ornícovom horizonte. Pseudogleje majú nižšiu schopnosť akumulácie organickej hmoty, čo sa prejavilo stredným obsahom organickej hmoty nižšej až strednej kvality. Pseudogleje lokalizované v oblasti Zvolenskej kotliny patria k pôdam, ktoré nie sú zaťažené geochemickou kontamináciou ani imisným antropogénnym spádom. Napriek tomu došlo k prekročeniu prípustnej hodnoty pre obsah Cd v zrne pšenice, pri relatívne nízkej hodnote pH. Pri zaťažení týchto pôd, vzhľadom na ich nižšiu prirodzenú retenčnú schopnosť, je reálny predpoklad ohrozenia ich ekologických funkcií vzhľadom na ťažké kovy.

**Tab. 6** Porovnanie limitných hodnôt indikátorov pre Cd a Pb pre kambizeme, fluvizeme a pseudogleje

Indikátor	kambizeme		fluvizeme		pseudogleje
	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd
mobilný obsah Cd a Pb v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	viac ako 0,1	viac ako 0,1	viac ako 0,1	viac ako 0,1	viac ako 0,06
pH/ $CaCl_2$	nižšia ako 5,47	nižšia ako 3,75	nižšia ako 5,47	nižšia ako 6,40	nižšia ako 4,95
Cox v %	menej ako 1,23	menej ako 2,75	menej ako 1,59	menej ako 1,99	menej ako 2,1
$Ca^{2+}$ v $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$	-	-	menej ako 4,35	menej ako 6,79	menej ako 2,6

V tabuľke č. 6 sú uvedené limitné hodnoty indikátorov pre kambizeme lokalizované v Horných Kysuciach, fluvizeme lokalizované v nive rieky Hron a pseudogleje lokalizované v oblasti Zvolenskej kotliny. Kambizeme (Makovníková, 2002) aj fluvizeme patria k ohrozeným pôdam. Prirodzená retenčná schopnosť týchto pôd nestačí eliminovať antropogénnu záťaž a dochádza k ohrozeniu agroekosystému. Ekologické funkcie pseudoglejov v relatívne čistej oblasti v súčasnosti nie sú priamo ohrozené.

### **III. Príklad modelovania vybraných indikátorov zraniteľnosti vybraných pôdných funkcií hlavných pôdných typov a subtypov v záujmovom území Banská Bystrica**

Metodologický postup modelovania potenciálnej rezistencie pôd vychádza z analýzy údajov existujúcich databáz VÚPOP, a to databázy Komplexného prieskumu pôd (KPP) a Čiastkového monitorovacieho systému pôda (ČMS-pôda; údaje základnej siete a siete kľúčových lokalít). Databázy obsahujú numerické údaje o základných charakteristikách pôd, klíme, reliéfe pre celé územie Slovenska. Na základe faktorovej analýzy aplikovanej na súbor vytvorený z kľúčových lokalít ČMS-P, ktorý predstavuje širokú škálu pôdných typov s využitím ako orné pôdy aj ako trvalé trávne porasty (Makovníková, Barančíková, 2004) boli stanovené najvýznamnejšie indikátory ekologických funkcií pôd.

Záujmové územie, na ktorom sme aplikovali model potenciálnej zraniteľnosti predstavuje plochu 50 000 ha a zahŕňa 49 katastrálnych území. Model v záujmovom území sme doplnili o fyzikálnu charakteristiku pôd, a to rovnovážnu hodnotu objemovej hmotnosti, ktorá implementuje hodnotu textúry pôdy (Makovníková, Pálka, Širáň, 2005). Modelový systém je otvorený a umožňuje neustálym dopĺňaním údajov zvyšovať verifikáciu (spoľahlivosť) použitého modelu

Indikátory produkčnej funkcie pôdy zahŕňujú parametre, ich vzájomné korelácie, ako aj pomerné vzťahy týchto parametrov, ktoré majú vzťah k zabezpečeniu rastlín živinami, vzduchom a energiou potrebných pre ich rast a vývoj. K základným indikátorom produkčnej funkcie pôdy môžeme zaradiť prístupný obsah živín a parametre charakterizujúce obsah a kvalitu organickej hmoty v pôde (Makovníková, Barančíková, 2004), z fyzikálnych vlastností je to objemová hmotnosť pôdy implementujúca aj jej textúru (Širáň, 2004). Z mimoprodukčných funkcií sme sa zamerali na pufrácnú funkciu pôdy. Pufráčna funkcia, zúžene determinovaná zmenami hodnôt pôdnej reakcie, je vzájomne prepojená s akumulácnou aj filtračnou funkciou. Pufrácnú funkciu pôd ovplyvňuje zrnitosť, pórovitosť, zloženie ílových minerálov, sorpčná schopnosť pôd, obsah karbonátov, obsah oxidov a hydroxidov železa a hliníka ako aj obsah a kvalita organickej hmoty v pôde a hrúbka humusového horizontu. Nakoniec i transportná funkcia súvisí s predchádzajúcimi funkciami ako aj s vodným režimom pôdy, stavbou pôdneho profilu, systémom pórov, zrnitostným zložením a štruktúrou ako aj so spôsobom obhospodarovania pôdy. Jej indikátorom je objemová hmotnosť pôdy.

Na základe faktorovej analýzy aplikovanej na súbor kľúčových lokalít a na základe súčasného poznania pôdných procesov a faktorov, sme zvolili hlavné indikátory pôdnu reakciu, obsah organickej hmoty a objemovú hmotnosť, ktoré sú súčasťou existujúcej databázy KPP (Komplexného prieskumu pôd). Nakoľko databáza obsahuje údaj o objemovej hmotnosti len pre 2 % z celkového počtu lokalít, rovnovážna hodnota objemovej hmotnosti bola dopočítaná podľa modelu uverejneného v predchádzajúcej práci Linkeš V., Makovníková J., Kobza J.: Výpočet rovnovážnej objemovej hmotnosti pôdy z údajov jej textúry a obsahu humusu (1989).

Na modelovom území sú prevládajúcim pôdnym typom kambizeme, rendziny a fluvizeme.

Modelovanie potenciálnej zraniteľnosti pôdných typov a subtypov v záujmovom území vychádza z hodnotenia jednotlivých indikátorov a z rizika ich kumulácie, t.j. či ide o prípad prekročenia hraničnej rizikovej hodnoty jedného indikátora (I. stupeň- nízka zraniteľnosť), dvoch (II. stupeň-stredná zraniteľnosť), alebo troch indikátorov (III. stupeň-vysoká zraniteľnosť). Potenciálne najmenej zraniteľné pôdy nemajú ani jeden zo sledovaných indikátorov v nadlimitnej oblasti.

Za rizikovú sme pokladali hodnotu výmennej pôdnej reakcie nižšiu ako 6,5. Pre obsah organickej hmoty pre jednotlivé pôdne typy a subtypy bola zvolená hodnota nižšia ako 90 percentil priemernej hodnoty pre pôdy Slovenska a pri objemovej hmotnosti sme vychádzali zo zákona 220/2004 Zz. Kumulácia rizika (tab. 7) je daná bodovým hodnotením, riziková lokalita v I stupni – 1 bod, riziková lokalita v II. stupni – 2 body a riziková lokalita v III. stupni – 3 body

**Tab. 7** Zraniteľnosť pôdných typov (subtypov)

Pôdny typ a subtyp	Zraniteľnosť orných pôd (% z celkového počtu sond)				Zraniteľnosť trvalých trávnych porastov (% z celkového počtu sond)			
	kategória				kategória			
	I.	II.	III.	Počet bodov spolu	I.	II.	III.	Počet bodov spolu
fluvizeme modálne	21	0	0	21	44	0	0	44
fluvizeme glejové	44	38	0	<b>120</b>	<b>71</b>	0	<b>18</b>	<b>125</b>
kambizeme	<b>63</b>	20	1	<b>106</b>	<b>79</b>	9,8	0	98,6
kambizeme pseudoglejové	<b>54</b>	16,2	<b>8</b>	<b>110,4</b>	<b>70</b>	16	4	<b>114</b>
kambizeme kyslé	<b>83</b>	4	<b>8,6</b>	<b>116,8</b>	<b>82</b>	4,5	<b>4,5</b>	<b>104,5</b>
pseudogleje modálne	<b>58</b>	25	0	<b>108</b>	-	-	-	-
rendziny modálne	<b>66,6</b>	22,2	0	<b>111</b>	34,6	7	1,1	51,9

Čo sa týka vplyvu spôsobu obhospodarovania na stav zraniteľnosti pôd v danom modelovom území, celkovo v jednotlivých sledovaných parametroch sa vyznačujú pôdy pod TTP vyššou zraniteľnosťou v porovnaní s ornými pôdami, naopak, v prípade kumulovaného rizika, je výrazne vyššia zraniteľnosť orných pôd.

## ZÁVER

Najzraniteľnejšie z hľadiska pôdneho typu v modelovom území Banská Bystrica sú fluvizeme pseudoglejové a fluvizeme glejové využívané ako orné pôdy a fluvizeme glejové využívané ako trvalé trávne porasty. K slabo rezistentným pôdam môžeme zaradiť kambizeme pseudoglejové a kambizeme kyslé v prípade orných pôd a aj trvalých trávnych porastov.

## ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- Aloway B.J.: Heavy metal in soils, Halsted Press, Wiley London, 1990
- Barančíková, G.: Monitoring obsahu a kvality organickej hmoty, 2005. In: Kobza, J. a kol.: Priebežná správa ČMS-pôda za rok 2005.
- Barančíková, G., Madaras, M., 2002: Kvalita pôdy a prístup k hodnoteniu mimoprodukčných funkcií pôdy. In: Pôda-jedna zo základných zložiek životného prostredia. Zborník referátov. s.109-115
- Beneš, S., 1994: Obsahy a bilance prvku ve sférách životního prostředí. MZČR, Praha, 160 s.
- Čurlík a kol., 2003: Pôdna reakcia a jej úprava, Suma print Bratislava, 250 s.
- Demo M. a kol., 1998: Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine. Nitra, 302 s.
- Fiala K. a kol., 1999: Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém - Pôda. VÚPOP, Bratislava, 139 s.
- Gupta S.K. - Aten C.: Copmarison and evaluation of extraction media and their suitability in a single model to predict the biological relevance of heavy metals concentration in contaminated soils. In: J. Envir. Anal. Chem. 51, 1993
- Linkeš, V., Makovníková, J., Kobza, J., 1989: Výpočet rovnovážnej objemovej hmotnosti pôdy z údajov jej textúry a obsahu humusu. In: Rostlinná výroba, VII., r. 35, ČAZ, Praha, s. 773-780
- Makovníková, J., Barančíková, G., 2004: Vybrané indikátory trofickej funkcie kambizemí vyvinutých na flyši. Agrochémia, č.3, str. 27 - 30
- Makovníková, J. - Kanianska, R., 2000: Chráňme pôdu, je zraniteľná! Naše pole, 1, s.19
- Makovníková, J., 2000: Závislosti medzi vybranými pôdnymi parametrami a prístupným obsahom kadmia, olova, medi a zinku. Rostl. výroba, 46, str. 289-296
- Makovníková, J., 2002: Indikátory zraniteľnosti environmentálnych funkcií kambizemí. Poľnohospodárstvo 48, č.1, s.18-25
- Makovníková, J.: Vplyv pôdných parametrov na distribúciu hliníka v pôdach SR. Agriculture (Poľnohospodárstvo) 8, vol. 51, str. 436 – 441, 2005
- Makovníková, J., Pálka, B., Širáň, M., 2005: Modelovanie vybraných indikátorov produkčných a mimoprodukčných funkcií pôd v záujmovom území Banská Bystrica, České pedologické dny (zborník abstraktov –v tlačí)
- Makovníková, J., Pálka, B., Širáň, M., 2005: Modelovanie objemovej hmotnosti s využitím údajov z databáz KPP a ČMS-P, potenciálne zhutnenie a acidifikácia v záujmovom území. 4 Pôdoznalecké dni na Slovensku, Čingov (zborník abstraktov –v tlačí)
- Širáň, M., 2005: Zhutnenie pôdy. In: Čiastkový monitorovací systém – Pôda, Priebežná správa 2005
- Závodský, D a kol., 1996: Mapping of critical levels/loads for the Slovak republic. Acid Rain research. report 37, 74 pp
- Ziehen H. - Brummer G.W., 1989: Chemische Extraktionen zur Bestimmung von Schwermetallbindungsformen in Boden. Mitteil. DBG, 59, 1989, s.505-510

Zákon 220/2004 Z.z. O ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy

Zbierka zákonov č.2/1994, čiastka 1, Vyhláška MZSR, ktorou sa ustanovujú hygienické požiadavky na cudzorodé látky v poživatinách





**ČÚ 07**

**MONITORING OBSAHU A KVALITY PÔDNEJ ORGANICKEJ HMOTY**

**Zodpovedný riešiteľ:** RNDr. Gabriela Barančíková, CSc.



## ÚVOD

Pôdna organická hmota (POH) plní mimoriadne dôležitú úlohu vo všetkých pôdnych procesoch. Je kľúčovým faktorom ovplyvňujúcim fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti pôdy a je jedným z najdôležitejších faktorov pôdnej kvality (Brejda a kol. 2000, Fageria, 2002). V dôsledku expanznej a intenzifikačnej činnosti poľnohospodárstva počas 20. storočia sa obsah organickej hmoty v pôde vo všeobecnosti znižuje v porovnaní s prirodzenou vegetáciou. Z uvedeného dôvodu je cieľom súčasného snaženia ochrana POH, ktorá okrem úrodnotvornej funkcie plní tiež nezastupiteľnú funkciu pri eliminácii kontaminácie pôdy a pri sekvustrácii uhlíka (Jones a kol., 2004, Baritz a kol. 2004).

Slovenské poľnohospodárstvo prešlo počas posledných 16 rokov 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 pôdnych 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 pôdnych skupinách. V práci sú tiež zhodnotené kvantitatívne a kvalitatívne zmeny POH na 7 kľúčových lokalitách v období rokov 1995 – 2005, ktoré spadajú do pôdnych skupín hodnotených v rámci základnej siete. Na štyroch z nich uvádzame aj detailné zmeny v chemickom zložení humínových kyselín (HK), ktoré sa monitorujú každé tri roky.

## CIELE A SPÔSOB RIEŠENIA

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

- 1 – Rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové na TTP (R<sub>Am</sub>, PR<sub>m</sub>, Lim/TTP)
- 2 – Kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši na TTP (KM, KM<sub>g</sub>/TTP)
- 3 – Kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši na OP ((KM, KM<sub>g</sub>/OP)
- 4 – Kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach na TTP (KM, KM<sup>a</sup>/TTP)
- 5 – Čiernice na karbonátových fluvialných sedimentoch na OP (ČA<sup>c</sup>/OP)
- 6 – Čiernice na nekarbonátových fluvialných sedimentoch na OP (ČA/OP)

V základnej sieti bol obsah organického uhlíka – Cox, ako aj celkového dusíka N<sub>t</sub> v treťom monitorovacom cykle stanovený v hĺbkach: 0-10 a 35-45 cm. Cox bolo stanovené podľa Ťurina v modifikácii Nikitina a N<sub>t</sub> podľa Jodlbauera (Kobza a kol. 1999). V hĺbke 0-10 cm bolo stanovené aj frakčné zloženie humusu podľa Kononovej a Belčíkovej (Kobza, 1999). Na hodnotenie kvality humusu boli vybrané parametre - Chk/Cfk (pomer uhlíka humínových a fulvokyselín) a farebný kvocient Q<sup>4</sup><sub>6</sub> (pomer absorbancií meraných v roztoku humínových kyselín pri vlnových dĺžkach 465 a 650 nm). Uvedené parametre POH boli stanovené aj na kľúčových lokalitách kambizemí a čiernic (Raková – kambizem modálna, Istebné – kambizem glejová, Krompachy – kambizem modálna, Sihla – kambizem modálna var. kyslá, Macov a Spišská Belá – čiernica modálna).

Na štyroch vybraných lokalitách (Raková, Sihla, Macov a Spišská Belá) okrem základných parametrov POH, sú na základe vybraných parametrov (elementárne stanovenie

uhlíka, dusíka, vodíka a kyslíka (CHN analýza), optický parameter  $E^{1\%}_6$ , karboxylová kyslosť HK a spektrá nukleárnej magnetickej rezonancie  $^{13}\text{C}$  NMR, z ktorých sa vypočítalo percentuálne zastúpenie aromatického (Car) a alifatického (Calif) uhlíka a stupeň aromaticity -  $\alpha$ ) hodnotené aj zmeny v chemickom zložení humínových kyselín (HK). Izolácia humínových kyselín ako aj metódy stanovenia všetkých sledovaných parametrov sú uvedené v Záväzných metódach rozborov pôd (Kobza, 1999). Na lokalite Macov boli v roku 2002 stanovené aj mobilné HK (izolácia HK z nerealkalínovanej pôdy). V prípade HK izolovanej z lokality Spišská Belá boli stanovené aj  $^{31}\text{P}$  NMR spektrá. Metóda stanovenia  $^{31}\text{P}$  NMR je detailne popísaná v práci Liptaj a kol. (2005).

Štatistické spracovanie a zhodnotenie údajov bolo realizované t-testom pre párové hodnoty ( $n > 8$ ), resp. Lordovým testom ( $n < 8$ ).

## DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

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

Kambizeme patria medzi stredne úrodné pôdy a rozprestierajú sa na cca 30 % poľnohospodárskeho pôdneho fondu Slovenska, čím reprezentujú najrozšírenejší pôdny typ na Slovensku. Čiernice patria medzi naše najúrodnejšie pôdy a zaberajú okolo 8 %. Rendziny a pararendziny sú hojne rozšírené hlavne v horských oblastiach patria medzi produkčné až málo produkčné pôdy a zaberajú necelých 5 % PPF (Bielek a kol. 1998).

Množstvo organického uhlíka na sledovaných kambizemiach a čierniciach, podobne ako na ostatných pôdnych typoch, závisí predovšetkým od hospodárenia na pôde. V dôsledku intenzívnejšej mineralizácie organickej hmoty na orných pôdach (OP) v porovnaní s trvalými trávnyimi porastami (TTP), zásoba organického uhlíka na OP je podstatne nižšia ako na TTP (Tabuľka 1). Pri rozoraní pasienkov dochádza k porušeniu prirodzenej rovnováhy a obsah humusu sa podstatne zníži v dôsledku intenzívnej mineralizácie hlavne v orničnom horizonte (Chukov, 2000). Tiež dlhodobé intenzívne obrábanie pôdy výrazne znižuje celkovú zásobu POH, čo sa odráža na znížení množstva Cox (Schnitzer a kol. 2005). Jasne sa to ukazuje v prípade kambizemí, nakoľko priemerné hodnoty kambizemí na TTP v ornici dosahujú hodnoty 2,7, resp. 3,6 % a tým sa zaradzujú medzi pôdy so stredným obsahom Cox (Jones a kol. 2004), ale hodnoty Cox na orných pôdach kambizemí na flyši majú priemernú hodnotu Cox 1,8 %, čo predstavuje nízky obsah uhlíka (Tabuľka 1). Podobné rozdiely v zásobe Cox medzi TTP a OP boli zistené aj na ostatných skupinách kambizemí (Barančíková, 2004). Najvyšším obsahom Cox disponujú rendziny na trvalých trávnych porastoch (4,4 %), avšak rendziny na orných pôdach obsahujú iba 1,6 % Cox (Barančíková, 2004). Nakoľko čiernice patria medzi naše najúrodnejšie pôdy, všetky lokality predstavujú intenzívne využívané orné pôdy a ich priemerná hodnota organického uhlíka je 2, resp. 2,3 % (Tabuľka 1). V hĺbke 35-45 cm sú hodnoty organického uhlíka podstatne nižšie, v porovnaní s orničným horizontom, hlavne v prípade rendzín a kambizemí na trvalých trávnych porastoch. U všetkých sledovaných pôdnych typoch sú hodnoty v tejto hĺbke pomerne vyrovnané a pohybujú sa v rozpätí 1-1,6%, pričom najvyššie hodnoty dosahujú čiernice, hlavne čiernica karbonátová (Tabuľka 1).

**Tab. 1** Obsah organického uhlíka – Cox (%) na kambizemiach, rendzinách a čierniciach v r. 2002 (rok odberu 3.cyklu).

pôdy	kultúra	hĺbka odberu vzorky (cm)	Cox (%)		
			X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X
RAm, PRm, Lim	TTP	0-10	1,44	17,07	4,41
		35-45	0,47	5,13	1,32
KM, KMg	TTP	0-10	1,15	6,48	2,72
		35-45	0,36	2,24	1,09
KM, KMg	OP	0-10	1,18	2,37	1,8
		35-45	0,23	1,8	0,95
KM, KM <sup>a</sup>	TTP	0-10	0,79	7,69	3,64
		35-45	0,34	3,56	1,17
ČA <sup>c</sup>	OP	0-10	1,13	4,65	2,03
		35-45	0,24	4,31	1,57
ČA	OP	0-10	1,22	5,04	2,31
		35-45	0,85	2,33	1,46

Podobne ako pri obsahu uhlíka, aj koncentrácia celkového dusíka je podstatne vyššia na trvalých trávnych porastoch kambizemí v porovnaní s ornými pôdami (tabuľka 2). Úzka vzájomná súvislosť medzi priemernými hodnotami organického uhlíka a celkového dusíka u sledovaných pôdných skupín je potvrdená aj vysokou hodnotou korelačného koeficientu medzi Cox a Nt, ktorého hodnota je 0,94.

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 (Tabuľka 2). Podstatné rozdiely pomeru C/N medzi poľnohospodárskym využitím pôdy (orná pôda, resp. trvalé trávne porasty) v jednotlivých skupinách neboli zaznamenané

**Tab. 2** Obsah celkového dusíka– Nt (%) a pomeru C/N na kambizemiach, rendzinách a čierniciach 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
RAm, PRm, Lim	TTP	0-10	1751	17081	5874	8	12,1	9,8
KM, KMg	TTP	0-10	1793	5773	3383	4,1	12,1	8,2
KM, KMg	OP	0-10	1181	2404	1740	7,1	14,3	10,6
KM, KM <sup>a</sup>	TTP	0-10	2043	6055	3332	5,1	16,9	11,3
ČA <sup>c</sup>	OP	0-10	1165	2761	1964	7,9	12,4	10,5
ČA	OP	0-10	1914	4140	2405	5,8	12,1	10

Kvalitatívne parametre Chk/Cfk a  $Q_6^4$  nie sú vo veľkej miere ovplyvnené využitím pôdy, ale vo väčšej miere sa v nich odráža genéza pôdy, charakteristická pre ten-ktorý pôdny typ. Priemerné hodnoty Chk/Cfk u rendzín a kambizemí sú pomerne vyrovnané a pohybujú sa v rozpätí 0,8 – 1 (Tabuľka 3). Najvyššou hodnotou Chk/Cfk a teda prevládanim humínových kyselín nad fulvo kyselinami, čo je charakteristické pre vyzretú a kvalitnú POH, disponujú čiernice.

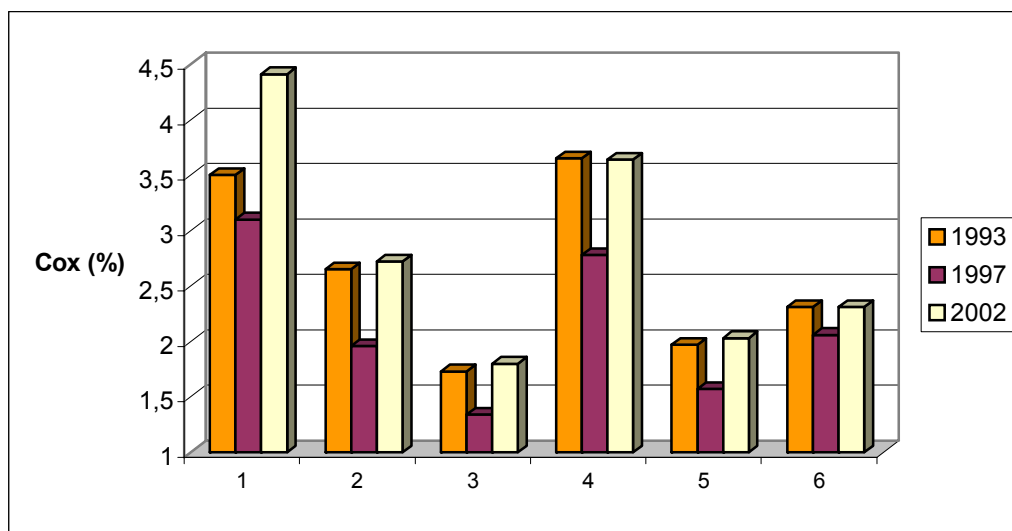
Ďalším dôležitým kvalitatívnym parametrom je optický kvocient  $Q_6^4$ , pričom nižšie hodnoty tohto parametra sú charakteristické pre stabilnejšiu POH (Sotáková, 1982). V súlade s týmto tvrdením, najnižšie hodnoty  $Q_6^4$  boli zistené u čierníc, ktoré v porovnaní s kambizemiami a rendzinami disponujú kvalitnejšou a stabilnejšou POH (Tabuľka 3).

**Tab. 3.** Hodnoty kvalitatívnych parametrov Chk/Cfk a  $Q_6^4$  na rendzinách, kambizemiach a čierniciach.

pôdy	kultúra	hĺbka odberu vzorky (cm)	Chk/Cfk			$Q_6^4$		
			$X_{\min}$	$X_{\max}$	X	$X_{\min}$	$X_{\max}$	X
RAm, PRm, Lim	TTP	0-10	0,3	1,74	0,98	3,67	6,6	4,7
KM, KMg	TTP	0-10	0,35	1,95	0,97	3,72	6,06	4,6
KM, KMg	OP	0-10	0,55	1,88	0,81			
KM, KM <sup>a</sup>	TTP	0-10	0,51	1,37	0,89			
ČA <sup>c</sup>	OP	0-10				2,93	4,28	3,5
ČA	OP	0-10	0,94	2,61	1,53	2,4	4,04	3,5

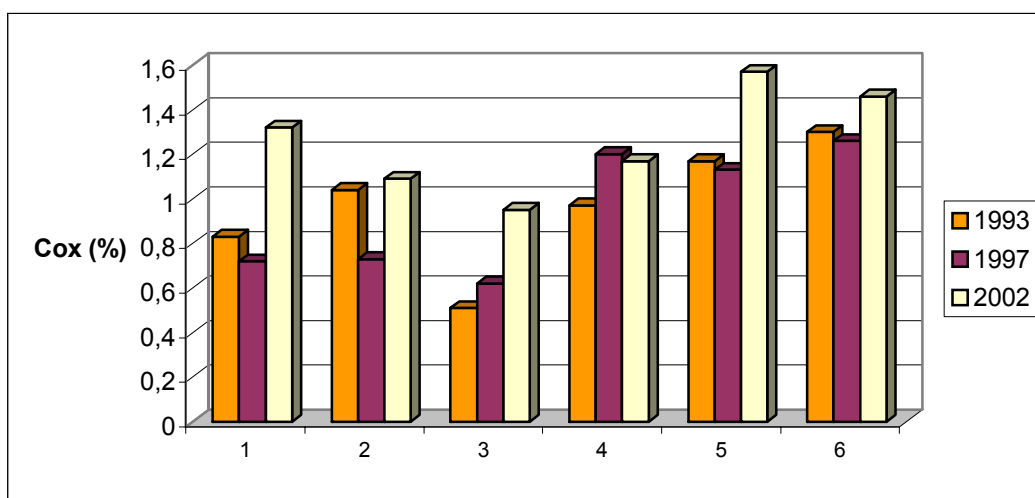
V priebehu troch monitorovacích cykloch (1993,1997,2002) boli zistené určité trendy ako v kvantitatívnych, tak aj kvalitatívnych parametroch POH na sledovaných pôdnych skupinách. V priebehu prvého 5 ročného cyklu bol na všetkých sledovaných pôdnych skupinách zaznamenaný pokles organického uhlíka (graf 1). Uvedený trend v danom období bol zistený aj na ostatných sledovaných pôdnych skupinách (Barančíkova, 2002). Jednou z príčin intenzívnejšej mineralizácie POH na orných pôdach môže byť intenzívne konvenčné obrábanie pôdy (Schnitzer a kol. 2005), bez dostatočného prísunu kvalitnej organickej hmoty (Bayer a kol. 2000) a aplikácia minerálnych živín (Sevcova, 2003). Na Slovensku došlo hlavne po roku 1989 k postupnému znižovaniu produkcie maštalného hnoja a úroveň hospodárenia s pôdnou organickou hmotou bola obmedzovaná aj poklesom úrod poľnohospodárskych plodín a s tým súvisiacim nižším prísunom rastlinných zvyškov do pôdy (Jurčová, 1996). V priebehu ďalšieho 5 ročného cyklu bol zaznamenaný opačný trend, t.j. nárast organickej hmoty za sledované obdobie. Podobný nárast Cox medzi rokmi 1997 a 2002 bol zaznamenaný aj na ostatných skupinách kambizemí (Barančíková,2004). Zistený nárast Cox medzi rokmi 1997 a 2002 bol na kambizemiach štatisticky významný (tabuľka 4). Avšak pri porovnaní prvého (1993) a tretieho (2002) cyklu sme nezaznamenali štatisticky významné zmeny na žiadnej zo sledovaných pôdnych skupín a teda môžeme konštatovať, že úroveň POH na sledovaných kambizemiach a čierniciach dosiahla počiatočný stav. Jedným z možných vysvetlení uvedeného trendu môže byť skutočnosť, že koncom 90-tych rokov ako jedna z priorít štátnej dotačnej politiky bolo realizované tiež zvyšovanie obsahu organických látok v pôde prostredníctvom organického hnojenia (Jurčová,2000), čoho následkom môže byť aj nárast Cox v r. 2002 na sledovaných pôdnych skupinách.

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



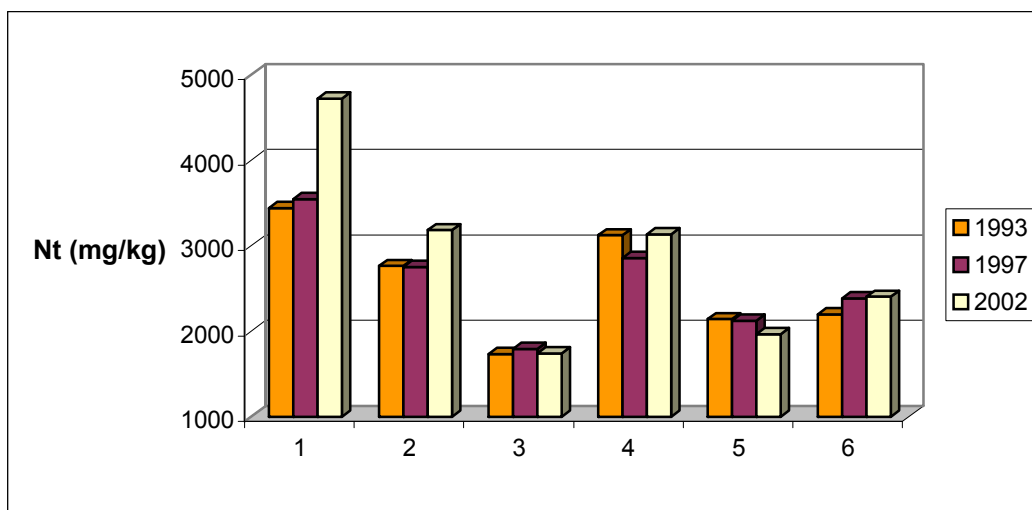
V podorníči bol zistený signifikantný rozdiel medzi hodnotami Cox iba na ornej pôde kambizeme na flyši, kde bol zistený nárast Cox v priebehu sledovaného obdobia. Na ostatných kambizemiach úroveň hodnôt medzi rokmi 1993 a 2002 bola takmer rovnaká, na čierniciach a rendzinách bol zistený nárast Cox medzi rokmi 1997 a 2002 (graf 2), avšak uvedený nárast nebol signifikantne rozdielny v dôsledku značnej variability hodnôt Cox v rámci jednej pôdnej skupiny.

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



V prípade dusíka je evidentný nárast medzi rokmi 1997 a 2002 zistený v prípade rendzín na TTP, podobne ako v prípade Cox, (graf 3), avšak tento nárast nie je štatisticky významný, v dôsledku vysokej variability hodnôt v uvedenej pôdnej skupine. Na ostatných sledovaných pôdnych typoch je úroveň Nt v priebehu monitoringu pomerne vyrovnaná, štatisticky významný nárast bol zistený iba v prípade kambizemi na flyši na TTP (tabuľka 4).

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

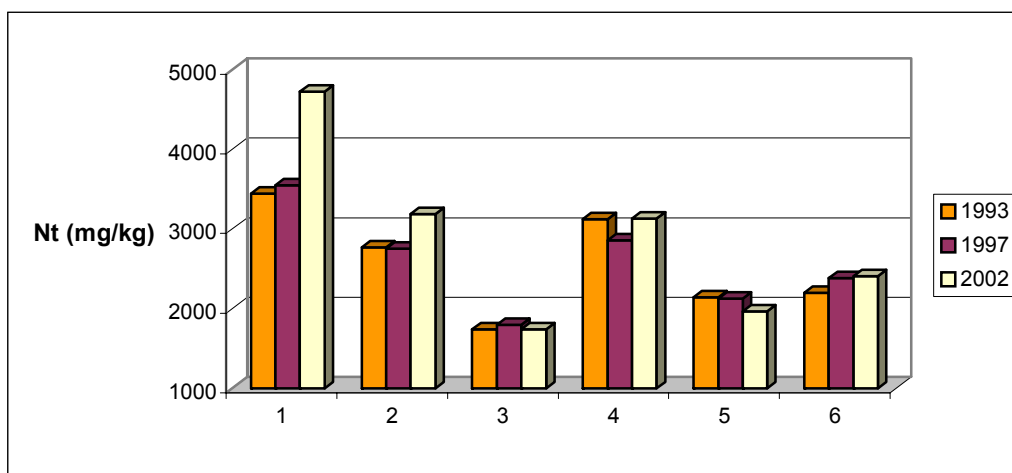


Priebeh trendu hodnôt pomeru C/N je podobný ako v prípade Cox, t. j. po prvom cykle pokles a po druhom cykle nárast hodnôt C/N (graf 4). Podobný trend bol zaznamenaný aj u ostatných skupín kambizemí (Barančíková, 2004).

Hodnoty pomeru Chk/Cfk sa v priebehu 10-ročného monitorovacieho cyklu menili minimálne (graf 5). Nárast tohto parametra bol zaznamenaný iba v prípade rendzín a kambizemí na TTP, pričom v prípade kambizeme pseudoglejovej na flyši bol tento nárast štatisticky významný (tabuľka 4).

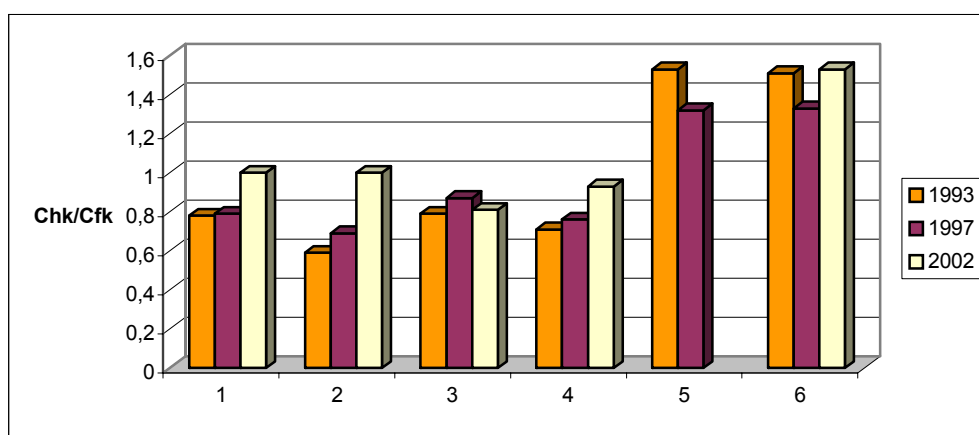
V súlade s hodnotami Chk/Cfk je aj ďalší kvalitatívny parameter  $Q^4_6$ . Po nepatrných zmenách tohto parametra po prvom monitorovacom cykle, sme v druhom cykle znamenali pokles  $Q^4_6$ . Aj keď zistený pokles nebol markantný (graf 6), v dôsledku značnej homogenity optického parametra v pôdnych skupinách bol tento pokles štatisticky významný (tabuľka 4). Zvýšenie pomeru Chk/Cfk a zníženie  $Q^4_6$  môže indikovať vyššiu stabilitu POH.

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

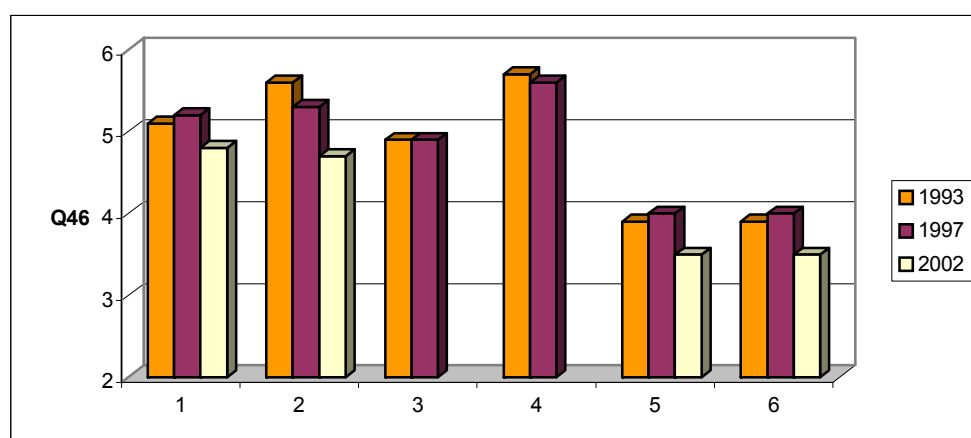




**Graf 5** Hodnoty Chk/Cfk ( hĺbka 0-10 cm) v priebehu monitoringu



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



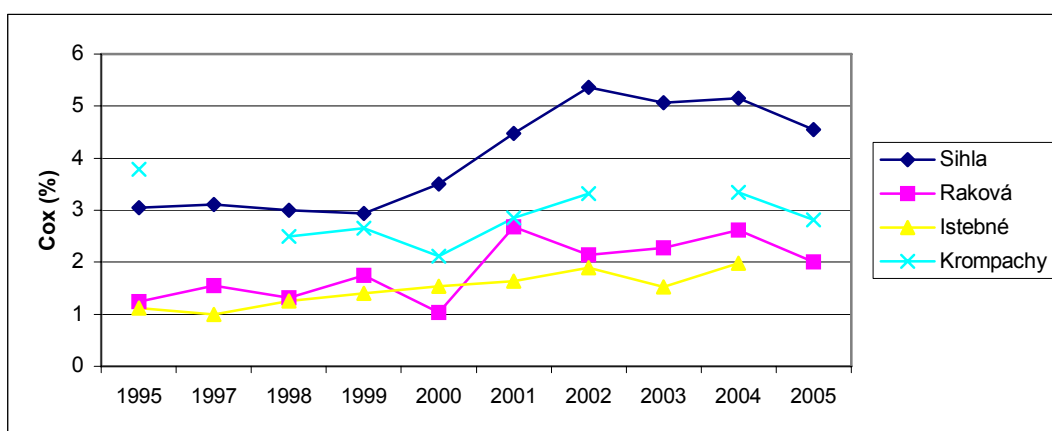
**Tab. 4** Hodnoty Lordovho, resp. Studentovho testu kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov POH. Porovnanie rokov 1997/2002 a 1993/2002 na hladine významnosti 0,05.

skupina pôd parameter	hĺbka odberu vzorky (cm)	porovnanie	1	2	3	4	5	6
			U=0,167	t=2,306	t=1,74	t=1,746	t=2,145	t=2,18
Cox	0-10	97/02	0,06	3,9*	4,7*	6,5*	5,5*	1,11
		93/02	0,08	0,5	1,6	1,3	0,72	0,03
Nt	35-45	97/02	0,04	2,05	2,58*	1,04	2,89*	1,17
		93/02	0,04	0,19	3,38*	1,62	1,58	1,83
C/N	0-10	97/02	0,05	3,43*	0,07	3,65*	0,02	0,06
		93/02	0,07	2,59*	0,06	1,4	0,88	0,83
Chk/Cfk	0-10	97/02	0,11	1,9	1,59	1,45	2,31*	1,07
		93/02	0,09	2,15	5,92*	0,43	1	0,51
Q46	0-10	97/02	0,07	2,05	1,14	2,07		1,16
		93/02	0,1	3,35*	0,02	1,91		0,83
Q46	0-10	97/02	0,06	5,92*			5,12*	3,61*
		93/02	0,06	5,15*			4,21*	2,78*

## Zmeny základných parametrov obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty na kľúčových lokalitách kambizemí a čiernic (1995-2005)

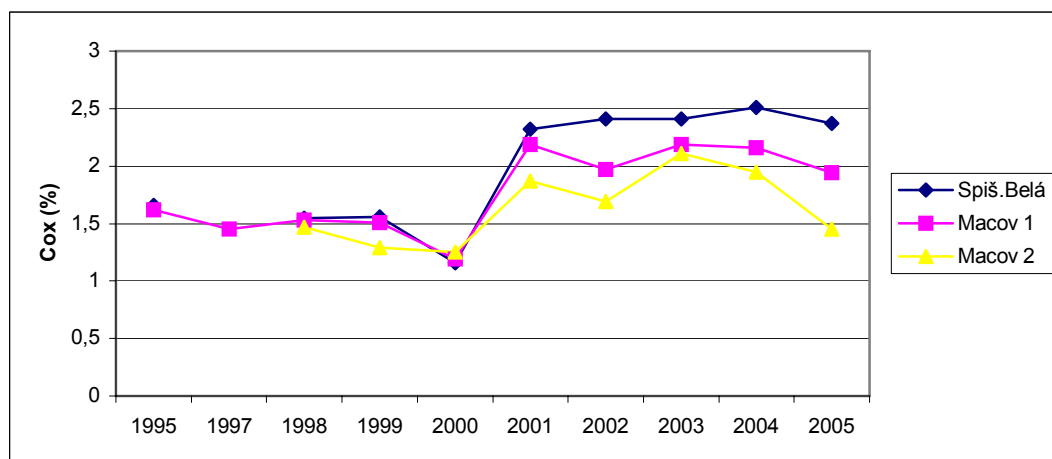
Hodnoty obsahu organického uhlíka na vybraných lokalitách kambizemí sa líšia v závislosti od toho, či sa uvedená lokalita nachádza na TTP, alebo OP. Navyššie hodnoty Cox boli zaznamenané na kambizemi kyslej (Sihla, TTP). V priebehu sledovaného obdobia bol na tejto lokalite medzi rokmi 1999-2002 zaznamenaný nárast, v ďalšom období je hodnota Cox na tejto lokalite viac-menej stabilná (graf 7). Na ostatných lokalitách hodnoty Cox kolíšu a v priebehu 10 ročného obdobia Cox na kambizemi modálnej a glejovej (Raková, Istebné) postupne vzrástol. Kým v druhej polovici 90-tych rokov sa hodnoty Cox na týchto lokalitách pohybovali okolo 1 % , po roku 2000 kolíšu okolo hodnoty 2 % (graf. 7). Uvedený trend je v súlade s trendom pozorovaným aj na kambizemiach základnej siete.

**Graf 7** Vývoj hodnôt Cox na kambizemiach



Podobný trend vo vývoji Cox za sledované obdobie bol zaznamenaný aj na čierniciach.

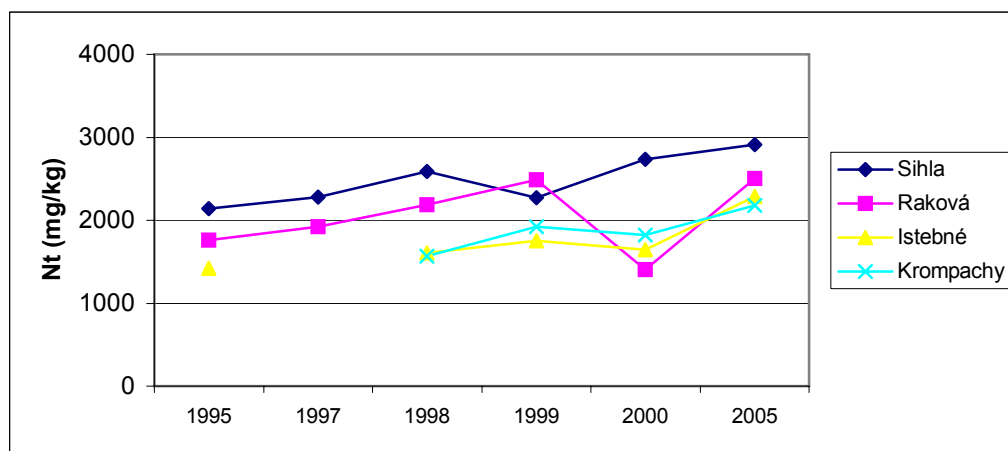
**Graf 8** Vývoj hodnôt Cox na čierniciach



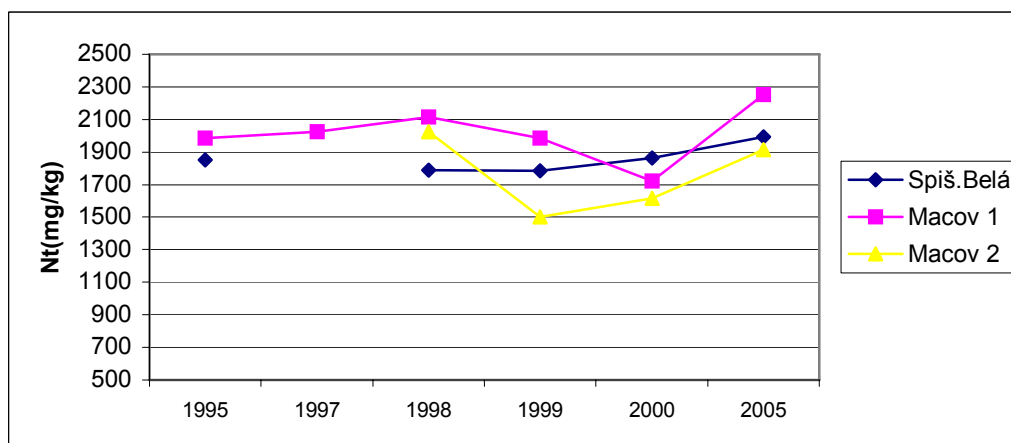
Najvyššia hodnota  $N_t$ , podobne ako Cox, bola zistená na trvalom trávnom poraste kambizemi kyslej (Sihla). Hodnoty celkového dusíka na kambizemiach sú v súlade s hodnotami Cox, čo potvrdzuje signifikantná lineárna korelácia medzi  $N_t$  a Cox ( $R=0,81$ ,  $n=20$ ). V priebehu sledovaného obdobia hodnoty  $N_t$  na kambizemi modálnej var. kyslá a modálnej (Sihla, Raková) nepatrne vzrástli, na ostatných sledovaných lokalitách kambizemí hodnoty  $N_t$  kolíšu okolo 2000 mg/kg (graf 9).

Aj na sledovaných čierniciach môžeme pozorovať nepatrný nárast hodnôt celkového dusíka hlavne po roku 2000 (graf.10).

**Graf 9** Vývoj hodnôt Nt na kambizemiach

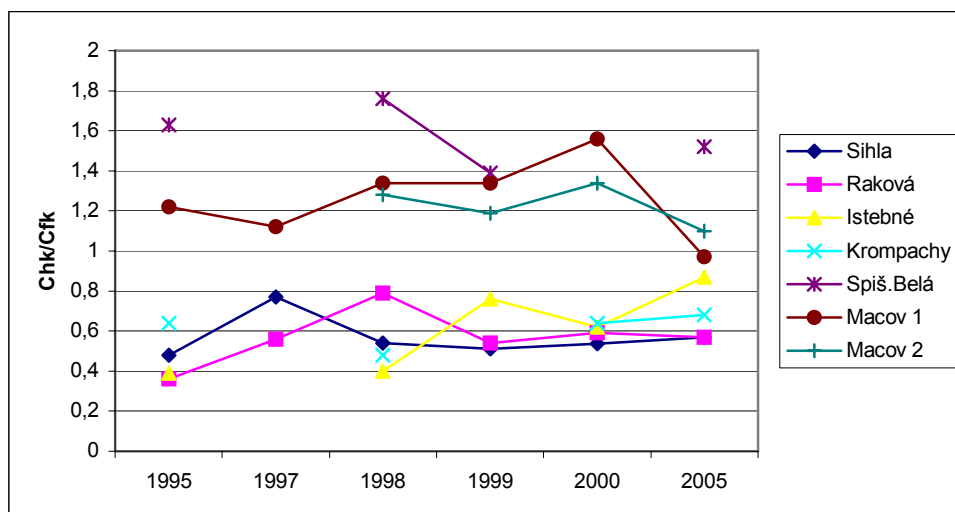


**Graf 10** Vývoj hodnôt Nt na čierniciach



V kvalitatívnom parametri Chk/Cfk neboli zistené podstatné rozdiely medzi lokalitami na TTP a na orných pôdach, nakoľko kvalitatívne parametre POH viac závisia na genéze ako na hospodárení na pôde. Na všetkých sledovaných lokalitách kambizemí prevládajú fulvokyseliny, čo je typické pre tento pôdny typ, teda hodnoty Chk/Cfk sa pohybujú pod 1 (graf 11). Uvedené hodnoty pomeru humínových a fulvo kyselín sú v súlade s hodnotami tohto parametra na kambizemiach základnej monitorovacej siete. V priebehu 10-ročného monitorovacieho obdobia, hlavne v jeho prvej polovici hodnoty Chk/Cfk značne kolísali. Medzi zatiaľ poslednými dvoma odbermi (2000-2005) sú hodnoty tohto parametra ustálené, iba na kambizemi glejovej bol pozorovaný nárast tohto parametra.

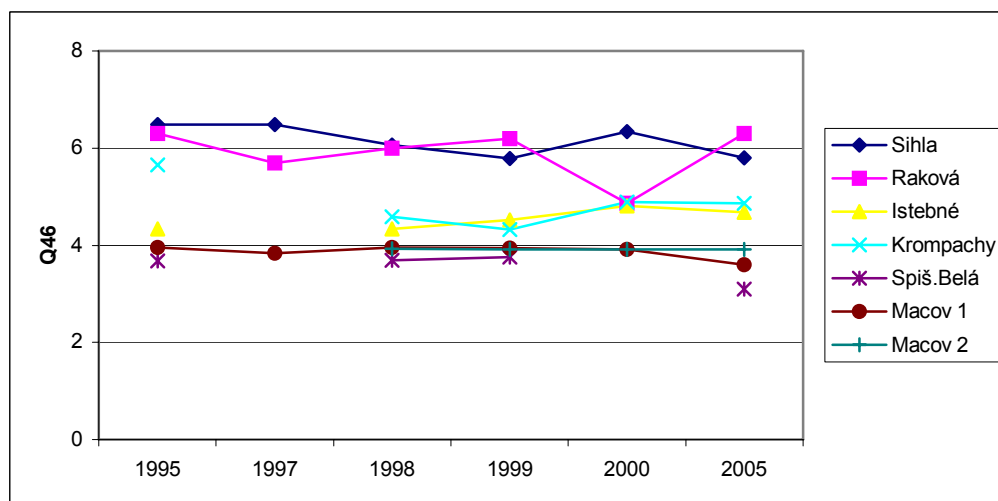
**Graf 11** Vývoj hodnôt Chk/Cfk na kambizemiach a čiernicaich



V kvalitatívnom zložení POH sa čiernice od kambizemí značne líšia, nakoľko v čierniciach prevládajú humínové kyseliny nad fulvo kyselinami, čo je charakteristické pre stabilnejšiu POH. V priebehu monitorovacieho obdobia hodnoty Chk/Cfk, podobne ako v prípade kambizemí, kolísali. Medzi dvoma poslednými odbermi, hodnota Chk/Cfk na lokalite Spišská Belá sa veľmi nezmenila, ale v prípade Macova bol zaznamenaný pokles tohto parametra (graf. 11)

Optický parameter  $Q^4_6$  je ďalším z kvalitatívnych parametrov POH určujúcim stabilitu a vyzretosť POH. Vysokými hodnotami tohto parametra disponuje kambizem kyslá (Sihla, Raková), čo indikuje menej stabilnú POH. V priebehu monitorovacieho obdobia sa hodnoty optického parametra na týchto lokalitách pohybovali okolo 6 (graf. 12). Hodnoty  $Q^4_6$  u kambizeme typickej a glejovej sa pohybujú okolo 4,5-5 a najnižšie hodnoty tohto parametra, ktoré kolíšu tesne pod hodnotou 4 boli zistené u čiernic (Spišská Belá, Macov), čo je v súlade s konštatovaním, že čiernice disponujú stabilnou a vyzretou POH.

**Graf 12** Vývoj hodnôt optického parametra  $Q^4_6$  na kambizemiach a čierniciach.



## Zmeny v chemickom zložení humínových kyselín kambizemí a čiernic

Humínové kyseliny (HK) reprezentujú spolu s fulvo kyselinami (FK) a humínom tri základné frakcie humusu. HK sa považujú za najdôležitejšiu frakciu humusových látok, nakoľko, na rozdiel od FK a humínu, sa najväčšou mierou podieľajú na uhlíkovom cykle (Doane a kol. 2003) a nezastupiteľnú úlohu zohrávajú aj pri imobilizácii polutanov (Than, 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).

Aj na vybraných kľúčových monitorovacích lokalitách sa v troj ročných cykloch izolujú humínové kyseliny a monitorujú sa v nich základné parametre chemickej štruktúry, ktoré môžu byť veľmi užitočné pri klasifikácii pôd do špecifických taxonomických jednotiek (Wegner a kol. 1999). V predkladanej práci uvádzame detailnú charakteristiku HK zo štyroch odberov kambizemí (1995,1998,2001,2004) na kľúčových lokalitách Sihla (kambizem modálna var. kyslá) a Raková (kambizem modálna) a čiernic (1995, 1999, 2002, 2005).

Základným parametrom stanovenia štruktúry HK je elementárna analýza C H N O, ktorá odráža dominantné charakteristiky pôdnej humifikácie. Vyššie množstvo uhlíka a nižšie percento vodíka je charakteristické pre vyšší stupeň humifikácie HK. Ako je možné vidieť v tabuľke 5 kambizeme majú nižšie zastúpenie uhlíka a vyššie zastúpenie vodíka ako čiernice a disponujú tiež výrazne vyšším pomerom H/C, ktorý vyjadruje stabilitu a stupeň kondenzácie HK (Rossell a kol. 1989). Na základe uvedených výsledkov môžeme konštatovať, že POH čiernic disponuje vyšším humifikačným stupňom a teda vyššou stabilitou ako POH kambizemí, čo je v súlade so základnými kvalitatívnymi parametrami  $Chk/Cfk$  a  $Q^4_6$  pôdnej organickej hmoty. Pri porovnaní hodnôt CHN analýzy čiernice karbonátovej (Macov) a čiernice nekarbonátovej (Spišská Belá) je zrejme, že čiernica karbonátová disponuje vyšším stupňom humifikácie ako čiernica nekarbonátová ako v orníčovom tak aj v podorníčovom horizonte. Hodnoty elementárnej analýzy HK podorničia čiernice karbonátovej sú porovnateľné s hodnotami černozeme s najvyšším stupňom humifikácie v Slovenských pôdach (Barančíková, 2002b). Avšak mobilná forma čiernice karbonátovej, ktorá bola izolovaná v r. 2002 z ornice má úplne odlišný charakter.

**Tab. 5** Hodnoty elementárnej analýzy HK kambizemí a čiernic

lokality	C	H	N	O	H/C	O/C	O/H
ČAa -95	43	36,49	3,38	17,16	0,85	0,40	0,47
ČAa -99	42,64	35,98	3,34	18,05	0,84	0,42	0,50
ČAa -02	42,67	36,25	3,58	17,5	0,85	0,41	0,48
ČAa -05	42,7	36,62	3,45	17,24	0,86	0,40	0,47
ČAb -95	42,7	36,7	3,2	17,5	0,86	0,41	0,48
ČAb -99	44,74	33,02	3,44	18,8	0,74	0,42	0,57
ČAb -03	45,88	33,21	3,99	16,92	0,72	0,37	0,51
ČAb -05	40,74	37,77	3,44	18,04	0,93	0,44	0,48
CA <sup>ca</sup> a -95	43,7	34,5	3,75	18,04	0,79	0,41	0,52
CA <sup>ca</sup> a -99	44,87	32,03	3,91	19,19	0,71	0,43	0,60

CA <sup>ca</sup> a-02	46,23	32,51	3,9	17,37	0,70	0,38	0,54
CA <sup>ca</sup> a-05	43,35	34,69	3,68	18,28	0,80	0,42	0,53
CA <sup>ca</sup> a-02*	41,56	38,98	3,85	15,61	0,94	0,38	0,40
CA <sup>cab</sup> -95	43,46	34,12	3,9	18,52	0,79	0,43	0,54
CA <sup>cab</sup> -99	45,08	32,52	3,94	18,46	0,72	0,41	0,57
CA <sup>cab</sup> -02	48,57	29,11	4	18,33	0,60	0,38	0,63
CA <sup>cab</sup> -05	47,21	29,27	3,62	19,89	0,62	0,42	0,68
KM <sup>a</sup> /95	39,7	41,01	3,34	15,99	1,03	0,40	0,39
KM <sup>a</sup> /98	38,5	43,1	3,01	15,46	1,12	0,40	0,36
KM <sup>a</sup> /01	39,92	39,51	3,28	17,29	0,99	0,43	0,44
KM <sup>a</sup> /04	39,32	40,87	3,21	16,6	1,04	0,42	0,41
KM <sub>a</sub> /95	38,8	41,49	3,64	16,1	1,07	0,42	0,39
KM <sub>a</sub> /98	39,4	40,37	3,6	16,65	1,03	0,43	0,41
KM <sub>a</sub> /01	38,62	41,26	4,01	16,11	1,07	0,42	0,39
KM <sub>a</sub> /04	38,81	40	3,87	17,32	1,03	0,45	0,44

ČAa- čiernica nekarbonátová ornica Spišská Belá

ČAb – čiernica nekarbonátová podornica Spišská Belá

ČA<sup>ca</sup> a- čiernica karbonátová ornica Macov

ČA<sup>cab</sup> – čiernica karbonátová podornica Macov

KM<sup>a</sup> – kambizem modálna var. kyslá Sihla Sihla

KM<sub>a</sub> - kambizem modálna Raková

ČA<sup>ca</sup> a-02\* čiernica karbonátová, mobilná forma HK

Mobilná HK čiernice karbonátovej má výrazne nižší obsah uhlíka, vyšší obsah vodíka a vysokú hodnotu pomeru H/C čo indikuje nižší stupeň humifikácie mobilnej formy HK v porovnaní s HK čiernice karbonátovej, u ktorej boli tiež izolované HK viazané na vápnik. V priebehu monitorovacieho obdobia bol zaznamenaný značný oxidačný trend (zvýšenie O a O/H) na kambizemiach a podornici čiernice karbonátovej (Tabuľka 5). V orniciach oboch čierníc bol uvedený trend zaznamenaný iba na začiatku monitoringu. Tento trend sa v období 1995-1999 uvádza aj v ostatných pôdnych typoch (Barančíková, 2002a). V podornici čiernice karbonátovej je zreteľný pokles % H a nárast % C v štruktúre HK, čo indikuje postupnú aromatizáciu štruktúr HK.

Ďalším dôležitým parametrom pri posudzovaní kvality humínových kyselín je obsah karboxylových skupín (COOH), nakoľko postupujúci priebeh humifikácie je charakterizovaný karboxyláciou periférnych častí HK (Ševcova, Sidorina, 1988). COOH skupiny hrajú dôležitú úlohu aj z environmentálneho hľadiska. Väzba HK s ťažkými kovmi cez COOH skupiny významným spôsobom znižuje ich mobilitu (Than, 2003).

**Tab. 6** Hodnoty karboxylových skupín (COOH), optického parametra  $E^{1\%}_6$ , a parametre  $C^{13}$ NMR spektra HK kambizemí a čierníc

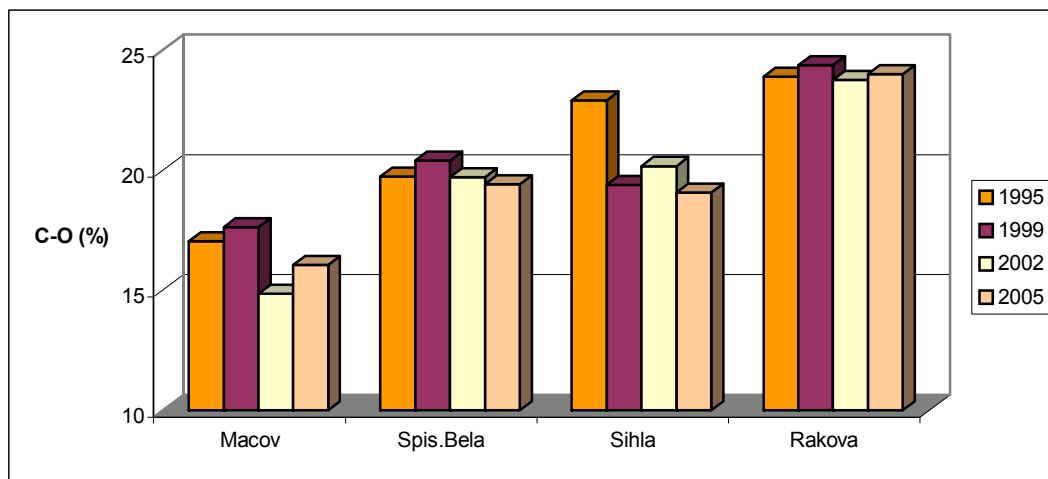
lokality	Car	Calif	□	$E^{1\%}_6$	COOH
ČAa -95	40,02	40,03	48,3	17	3,49
ČAa -99	37,41	41,83	47,21	17	3,97
ČAa -02	37,06	41,44	47,21	16,4	2,9
ČAa -05	40,97	45,06	47,62	21,9	3,7
ČAb -95	39,4	42,1	50	18	3,3
ČAb -99	41,7	37,37	52,74	22	4,39
ČAb -03	40,86	34,88	53,95	19	3,95
ČAb -05	39,79	47,52	45,57	19,5	3,6
CA <sup>ca</sup> a -95	36,08	36,2	48	25	4,1
CA <sup>ca</sup> a -99	37,68	40,84	47,99	24	4,68
CA <sup>ca</sup> a-02	41,07	41,23	53,15	30,1	4,1
CA <sup>ca</sup> a-05	41,03	44,22	48,14	28	5
CA <sup>ca</sup> a-02*				7,31	2,9
CA <sup>cab</sup> -95	38,05	38,35	48,47	24	4,21
CA <sup>cab</sup> -99	39,77	37,67	51,36	26	4,82
CA <sup>cab</sup> -02	44,06	31,33	58,17	31,2	4,3
CA <sup>cab</sup> -05	52,14	31,77	62,14	40	5,7
KM <sup>a</sup> /95	29,98	52,54	36,33	11	2,71
KM <sup>a</sup> /98	28,99	48,57	37,71	11,5	2,76
KM <sup>a</sup> /01	31,3	45,5	40,76	12	3,11
KM <sup>a</sup> /04	31,56	44,54	41,47	14,3	2,6
KM <sub>a</sub> /95	30,7	53,83	36,19	9	2,45
KM <sub>a</sub> /98	29,97	47,3	38,79	7,4	2,75
KM <sub>a</sub> /01	27,6	50,5	35,3	7	2,72
KM <sub>a</sub> /04	25,14	50,77	33,12	7,9	2,2

Na základe údajov v tabuľke 6 je zrejmé, že vyššie hodnoty COOH skupín sú charakteristické pre čiernice v porovnaní s kambizemami, pričom čiernice karbonátové majú vyššie zastúpenie karboxylových skupín ako nekarbonátové. Najnižšími hodnotami COOH medzi čiernicami disponujú mobilné HK (tabuľka 6). Vyššie hodnoty COOH čierníc sú v súlade s vyšším zastúpením uhlíka v štruktúre HK a potvrdzujú vyšší stupeň humifikácie čierníc. V priebehu monitorovania nadobúdali hodnoty COOH HK kambizemí kolísavý charakter, u čierníc môžeme pozorovať ich čiastočný nárast (porovnanie prvého a posledného odberu), ktorý je evidentný hlavne v podorničí čiernice karbonátovej (tabuľka 6).

Ďalším dôležitým parametrom pri charakterizácii štruktúry humínových kyselín je optický parameter  $E^{1\%}_6$ , ktorý predstavuje extinciu roztoku HK nameranú pri vlnovej dĺžke 600 nm. Uvedený optický parameter Kumada (1987) nazýva stupeň humifikácie, t. j. čím sú vyššie hodnoty  $E^{1\%}_6$ , tým je stupeň humifikácie HK vyšší. Jednoznačne najvyššími hodnotami tohto parametra disponujú čiernice v porovnaní s kambizemami, pričom čiernice karbonátové majú značne vyššie hodnoty  $E^{1\%}_6$  ako čiernice nekarbonátové. Veľmi nízka hodnota optického parametra bola zistená u mobilnej formy HK čiernice karbonátovej, čo je v súlade s literatúrnymi údajmi (Olk, 2002). V uvedenom parametri boli zaznamenané aj rozdiely medzi kambizemami, nakoľko kambizem modálna var. kyslá disponuje v priebehu monitoringu vyššími hodnotami  $E^{1\%}_6$  ako kambizem modálna zo Sihly (tabuľka 6). V priebehu monitorovacieho obdobia bol na čierniciach a kambizemi arenickej zaznamenaný nárast tohto parametra, pričom najvýraznejšie sa tento nárast prejavil u podorničia čiernice karbonátovej (tabuľka 6), čo indikuje vyššie zastúpenie aromatických štruktúr HK.

Jednou z najsľubnejších a v súčasnosti bežne využívaných metód na stanovenie štruktúry HK je  $C^{13}$  nukleárna magnetická rezonancia. Medzi najdôležitejšie parametre, ktoré sa dajú zistiť zo stanovených hodnôt jednotlivých typov uhlíka je zastúpenie aromatického (Car) a alifatického (Calif) uhlíka a stupeň aromaticity  $\alpha$ . Výrazne vyššie hodnoty Calif, nižšie hodnoty Car a tým aj nižší stupeň aromaticity bol zistený u kambizemí v porovnaní s čiernicami (tabuľka 6). Medzi čiernicami podstatné rozdiely v týchto parametroch neboli zistené. Pri detailnej analýze však boli zistené nižšie hodnoty alkylového uhlíka s väzbou C-O v čiernici karbonátovej (Macov) v porovnaní s čiernicou nekarbonátovou (Spišská Belá, graf13) a u oboch čierníc sú hodnoty alkyl C-O nižšie v podorniči ako v ornici (graf13,14). Zníženie uhlíka viazaného v alkyloch v podorniči uvádza Chen a Pawluk (1995). V podornici oboch čierníc boli tiež zistené vyššie hodnoty aromatického uhlíka (tabuľka 6). Hempfling a Schulten (1991) uvádzajú, že vo väčšej hĺbke HK v dôsledku straty vodíka sa zvyšuje zastúpenie aromatických štruktúr.

**Graf 13** Alifatický uhlík C-O v orniciach kambizemí a čiernic

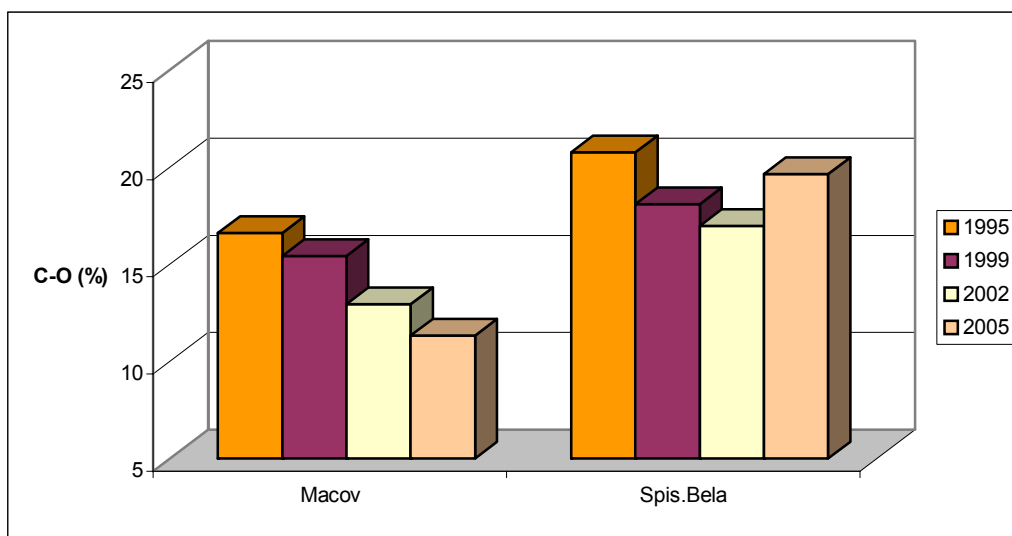


V priebehu monitorovacieho obdobia hodnoty alifatických (Calif) a aromatických (Car) štruktúr mali kolísavý priebeh, ale v prípade čiernice karbonátovej a kambizeme kyslej je pomerne zreteľný trend zvýšenia Car a zníženia Calif. Uvedené trendy sa odrazili aj vo zvýšení stupňa aromaticity uvedených HK (tabuľka 6). Pri detailnej analýze, ktoré typy alifatického a aromatického uhlíka sú zodpovedné za uvedené zmeny boli zistené, že čiernica karbonátová (Macov) má najnižšie zastúpenie alkyl C-O (graf13). Uvedené uhlíkové štruktúry v priebehu monitoringu poklesli, pričom najmarkantnejší pokles bol zaznamenaný



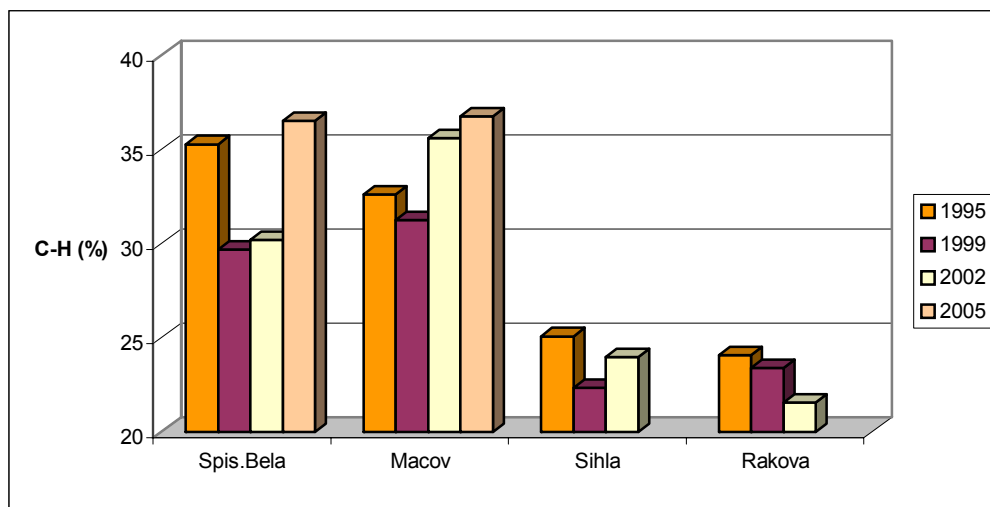
v prípade čiernice karbonátovej (Macov) a kambizeme kyslej (Sihla). Zreteľný postupný pokles v uvedených štruktúrach bol zaznamenaný aj v podornici oboch čiernic (graf 14).

**Graf 14** Alifatický uhlík C-O v podorniciach čiernic



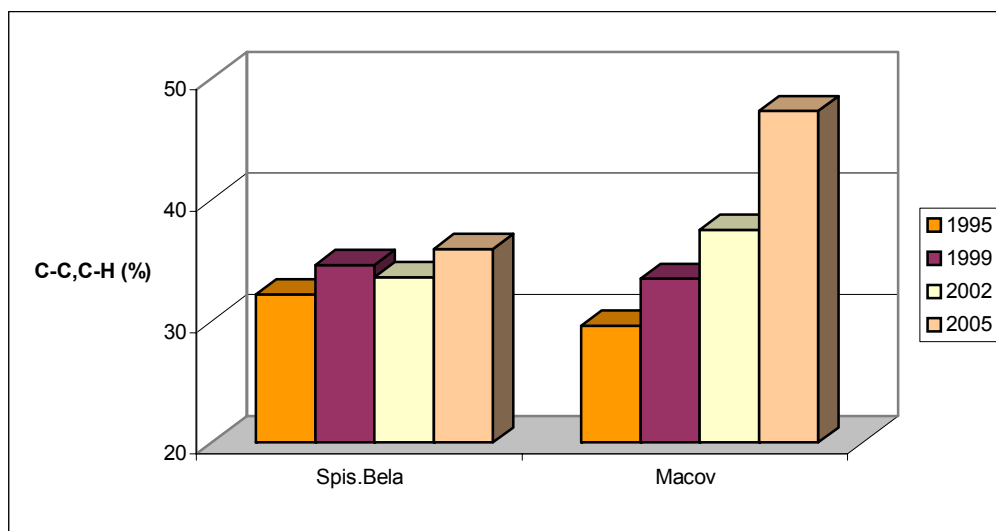
V aromatických štruktúrach sa zmeny dotkli predovšetkým aromatických a olefinických uhlíkov s väzbami C-C a C-H. Ako je možné vidieť na grafe 15, v oboch čiernicach sú uvedené aromatické štruktúry výrazne vyššie ako v prípade kambizemí a v priebehu monitoringu bol zistený nárast týchto štruktúr na čiernici karbonátovej.

**Graf 15** Aromatické a olefinické uhlíky C-C, C-H v omiciach kambizemí a čiernic



Zvýšenie aromatického uhlíka typu C-C a C-H bolo zaznamenané aj v prípade poronice, pričom evidentne vyšší nárast bol zistený na čiernici karbonátovej (graf 16).

**Graf 16** Aromatické a olefinické uhľíky C-C, C-H v podorniciach čiernic



Skjemstad (2001) uvádza, že intenzívna kultivácia zvyšuje množstvo arylových, za súčasného zníženia alkylových štruktúr. Schniter (Schnitzer a kol. 2005) tiež uvádza významné zvýšenie aromaticity v POH ako výsledok dlhotrvajúcej kultivácie, ktorá je výsledkom rýchlejšej degradácie alifatického uhľíka vo vzťahu k aromatickému uhľíku. Uvedený trend aromatizácie HK bol zaznamenaný v čierniciach, hlavne v podorničí čiernice karbonátovej. Zmeny v stupni aromaticity HK ( $\alpha$ ) sú v dobrej zhode s elementárnym zložením ( $R\ C/\alpha=0,81$ ), karboxylovými skupinami ( $R\ COOH/\alpha=0,85$ ) a optickým parametrom ( $R\ E^{1\%}_D/\alpha=0,91$ ). Empirické korelácie medzi stupňom aromaticity ( $\alpha$ ) a optickým parametrom  $E^{1\%}_D$  uvádza Schulten a Schnitzer (1995).

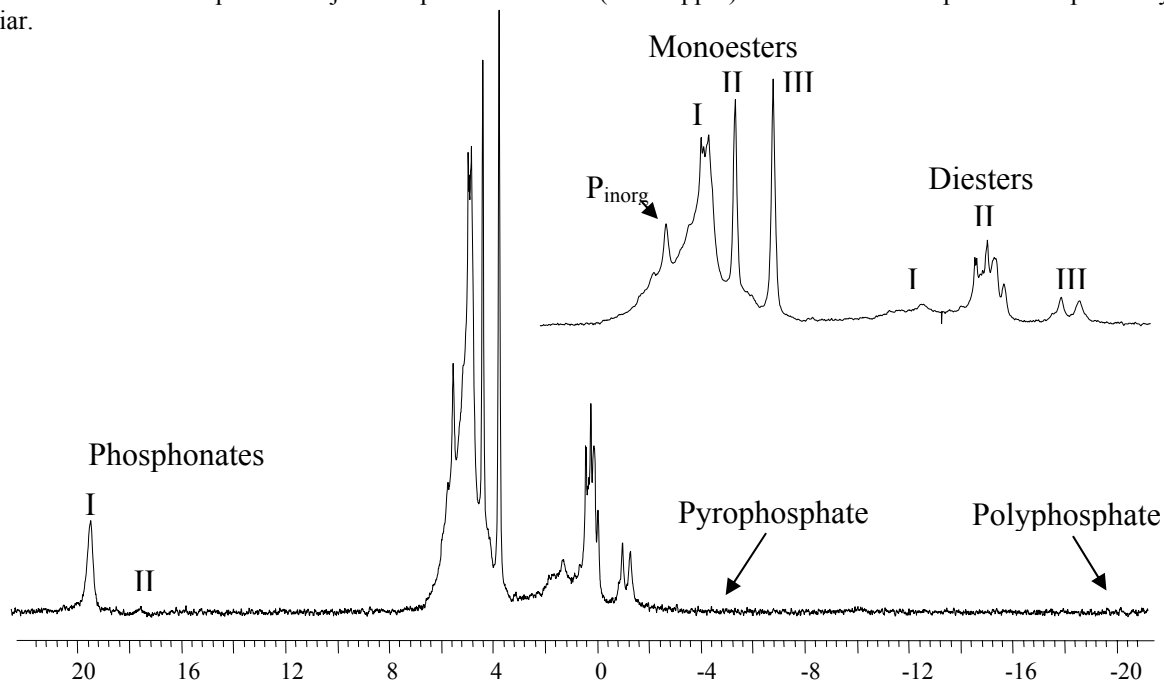
### **Aplikácia $^{31}\text{P}$ NMR pre štúdium štruktúrnych typov fosforu v HK**

Fosfor v pôde existuje v niekoľkých prístupných a neprístupných frakciách a jednu z nich tvoria aj organické zlúčeniny fosforu. Zastúpenie organických foriem fosforu v pôdach Slovenska predstavuje 23-45 % (Haman, 1980). Nakoľko organické formy fosforu je pomerne náročné analyzovať klasickými chemickými metódami, v súčasnosti sa presadzuje  $^{31}\text{P}$  NMR, ktorá je schopná kvantifikovať relatívne množstvá fosforu v rôznych chemických štruktúrach (ortofosfáty, mono a diestery fosfátov, fosfonáty a polyfosfáty (Preson, 1996). Obsah fosforu v pôdnych HK je pomerne nízky, bežne sa pohybuje okolo 800-1500 mg/kg (Novák a kol. 1995). Nakoľko však  $^{31}\text{P}$  je dostatočne citlivé, poskytuje  $^{31}\text{P}$  NMR spektroskopia významné možnosti pre štúdium frakcií fosforu v pôde (Novák a kol. 2005).

V uvedenej práci prezentujeme prvé predbežné výsledky štruktúrnych typov fosforu, ktoré boli namerané v HK izolovanej z orníčného a podorničného horizontu čiernice z lokality Spišská Belá.

$^{31}\text{P}$  NMR spektrum HK s označením jednotlivých signálov, ktoré patria k jednotlivým štruktúram fosforu je uvedené v grafe 17.

**Graf 17**  $^{31}\text{P}$  NMR spektrum a jeho expandovaná časť (8 to -2ppm) HK s označením priradenia spektrálnych čiar.



Ako je možné vidieť v tabuľke 7, najväčšie množstvo, medzi jednotlivými štruktúrnymi skupinami fosforu majú monoestery, čo je v súlade s literatúrnymi údajmi (Cordoso a kol. 2003). Anorganické ortofosfáty a monoestery rezonujú v oblasti 5 ppm a ich signály sú čiastočne prekryté. Ortofosfátové diestery rezonujú v oblasti 0 ppm, ktorú môžeme rozdeliť na niekoľko častí, ktoré zodpovedajú rozdielnym štruktúrnym typom. Sacharidové diestery rezonujú pri vyššej frekvencii (3,5 – 0,6 ppm), než ortofosfátové diestery (0,6 – 0,5 ppm). Uvažuje sa, že fosfátové diestery sú mikrobiálneho pôvodu (Guggenberg a kol. 1996) a pomer diesterov a monoesterov je úmerný mikrobiálnej aktivite. Diestery sú chemicky labilnejšie ako monoestery a sú vysoko citlivé voči mikrobiálnym a enzymatickým atakom (Cardoso a kol. 2003). Medzi HK izolovanými z ornice a podorničia boli zistené značné rozdiely medzi monoesterami I a III a diesterami II (tabuľka 7). Celková suma monoesterov HK ornice i podorničia bola takmer rovnaká, avšak podorničie obsahuje viac chemicky labilnejších diesterov. Na základe údajov o štruktúrnom zastúpení jednotlivých foriem fosforu a diester/monoesterovho pomeru môžeme konštatovať, že v HK podornice sa nachádza viac labilnejších foriem fosforu, ktoré sú prístupnejšie k mikrobiálnemu a enzymatickému ataku.

**Tab. 7** Relatívny obsah rozličných štruktúrnych typov P (v molárnych %) stanovených ako relatívne integrálne intenzity v  $^{31}\text{P}$  NMR spektrách

Typ zlúčeniny		spektrálna oblasť ppm	Čiernica-ornica	Čiernica-podornica
Fosfonáty	I	21-18	5,3	2
	II	18-17	0,1	0
P anorganický monoetery		7-5	17,7	13,1
	I	5-4,2	34,3	23,5
	II	4,2-3,9	12,2	12,8
diestery	III	3,9-3,2	8,8	18,8
	I	2,4-0,5	5,8	3,4
	II	0,5-(-0,5)	14	23,4
	III	(-0,5)-(-0,2)	3,5	2
Neznáma zlúčenina		(-0,9-(-11)	0,2	1
Pomer D/M			0,4	0,52

## ZÁVER

V predkladanej práci hodnotíme kvantitatívne a kvalitatívne zmeny pôdnej organickej hmoty na piatich pôdnych skupinách kambizemí a dvoch skupinách čiernic, prvých dvoch 5-ročných monitorovacích cykloch základnej monitorovacej siete (obdobie rokov 1993-2002). V práci sú tiež detailne zhodnotené zmeny POH na siedmych kľúčových lokalitách (štyri kambizeme a tri čiernice). Na dvoch kambizemiach a dvoch čierniciach boli monitorované aj zmeny v chemickej štruktúre HK. Na jednej z nich (čiernica – Spišská Belá) bola aplikovaná  $^{31}\text{P}$  NMR spektromeria, ktorá umožňuje detailne stanoviť jednotlivé formy fosforu v HK.

Na základe získaných výsledkov môžeme konštatovať, mierny pokles organického uhlíka ornice v prvom päťročnom cykle, ktorý sa môže vzťahovať na komplexné zmeny, ktorými prešlo slovenské poľnohospodárstvo v uvedenom období. V druhom cykle sme na všetkých sledovaných pôdnych skupinách orníc zaznamenali nárast tohto parametra, takže môžeme povedať, že úroveň POH v r. 2002 dosiahla stav zistený na začiatku monitorovacieho obdobia. *Uvedená skutočnosť môže súvisieť s dotačnou politikou štátu na zvyšovanie obsahu organických látok v pôde prostredníctvom organického hnojenia.*

V hĺbke 35-45 cm boli zmeny Cox medzi rokmi 1993 a 1997 nepatrné, v roku 2002 aj v tejto hĺbke bol zistený nárast, ktorý, okrem dvoch pôdnych skupín, nebol štatisticky významný. Zmeny v celkovom dusíku za sledované obdobie neboli také markantné, ako v prípade organického uhlíka. V kvalitatívnych parametroch môžeme sledovať nepatrné zvýšenie pomeru Chk/Cfk na niektorých zo sledovaných pôdnych skupín a zníženie optického kvocienta, čo môže indikovať rozklad labilných foriem POH a tým zvýšenie ich stabilných štruktúr.

Na všetkých sledovaných kľúčových lokalitách kambizemí a čiernic boli zistené rovnaké trendy ako v prípade základnej monitorovacej siete, t.j. znižovanie Cox v druhej polovici 90-tych rokov a jeho postupný nárast v období r. 1999 a 2001. V posledných 4-roch sledovaných rokov je úroveň Cox na sledovaných kľúčových lokalitách pomerne stabilná.

Zásoby celkového dusíka majú na prezentovaných kľúčových lokalitách nepatrný stúpajúci trend. Kvalitatívne parametre POH majú kolísavú tendenciu, ale ich hodnoty sú charakteristické ako pre kambizeme ( $Chk/Cfk < 1$ ,  $Q^4_6 = 4,5-6$ ), tak aj pre čiernice ( $Chk/Cfk > 1$ ,  $Q^4_6 = 4$ ).

***Na základe výsledkov monitoringu hlavných kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov POH je dôležité upozorniť na nevyhnutnosť aplikácie optimálnych dávok kvalitných organických hnojív na intenzívne obhospodávaných orných pôdach Slovenska, nakoľko bez aplikácie organického hnojenia môžeme byť v budúcnosti svedkami postupnej degradácie orných pôd v dôsledku znižovania POH.***

Pri detailnej charakteristike POH stanovenej na základe vybraných parametrov chemickej štruktúry humínových kyselín sú zreteľné výrazné rozdiely medzi kambizemiami a čiernicami, ktoré indikujú vyšší podiel stabilnejších aromatických štruktúr v čierniciach ako v kambizemiach. V dôsledku intenzívneho hospodárenia na čierniciach sa v priebehu monitoringu podiel aromatických štruktúr zvyšuje, hlavne v prípade podorničia čiernice karbonátovej. Na ostatných sledovaných kľúčových lokalitách uvedené trendy nie sú také markantné. Pri porovnaní chemickej štruktúry celkových HK a ich mobilnej frakcie izolovaných z čiernice karbonátovej bola zistená výrazne stabilnejšia štruktúra celkových HK v porovnaní s ich mobilnou frakciou.

Výsledky  $^{31}P$  NMR spektrometrie pri stanovení jednotlivých štruktúrnych foriem fosforu v HK čiernice orného a podorničného horizontu poukazujú na značné rozdiely v labilnejších diesterových formách P v jednotlivých horizontoch, na základe čoho môžeme konštatovať rýchlejší mikrobiálny a enzymatický atak v HK podorničného horizontu s vyšším zastúpením labilnejších diesterových foriem P.

## **PREHLAD POUŽITEJ LITERATÚRY**

Barančíková, G.: Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty In: Kobza, J. et al: Monitoring pôd Slovenskej republiky (Soil monitoring of Slovak republic). Bratislava: VÚPOP, 2002a, s. 54-73

Barančíková, G.: Changes of humic acids structure on selected key monitoring localities of arable soils. Rostlinná Výroba, č.1, vol. 48, 2002b, str. 40-44

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

Bielek, P., Šurina, B., Ilavská, B., Vilček, J.: Naše pôdy (Our soils). Soil Fertility Research Institute, Bratislava, 1998, 80 pp.

Baritz, R., De Neve, S., Barancikova, G., Gronlund, A., Leifeld, J., Katzensteiner, K., Koch, H.J., Palliere, C. Romanya, J., Schaminee, J.: Working group of organic matter and biodiversity, Task Group 5 on Land use practices and SOM. In: Reports of the technical working groups, Volume III, Organic matter, str. 137-164; editors: Van-Camp, L, Bujarrabal B, Gentile, A.R., Jones, R.A.J., Montanarella, L., Olazabal, C., Selvaradjou, S.H. EUR 21319 EN/3 European Communities, 2004.

Bayer, C., Martin-Neto, L., Mielniczuk, J., Ceretta, A.: Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from Southern Brazil monitored by electron

spin resonance and nuclear magnetic resonance. *Soil & Tillage Research*, 2000, vol. 53, str. 95-104.

Brejda, J.J., Moortman, T.B., Karlen, D.L., Dao, T.H., 2000: Identification of regional soil quality factors and Indicators: I. Central and Southern High Plains. *Soil. Sci. Soc. Am.J.* 64: 2115-2124

Cardoso, I.M. – Meer Van der, P. - Oenema, O. – Janssen, B.H. – Kuyper, W. (2003): In: Analysis of phosphorus by  $^{31}\text{P}$  NMR in Oxisols under agroforestry and conventional coffee systems in Brazil. *Geoderma*, vol. 112, 2003, pp.51-70.

Doane, T.A., Devevre, O.C., Horwath, W.R.: Short-term soil carbon dynamics of humic fractions in low-input and organic cropping systems. *Geoderma*, 2003, vol. 114, str. 319-33

Chukov, S. N.: Study by  $^{13}\text{C}$  – NMR spectroscopy of humus acids molecular parameters in anthropogenically disturbed soils. In: Proceedings of 10th International Meeting of the IHSS, Toulouse, 2000, str. 81-84.

Fageria, N.K., 2002: Soil quality vs. environmentally-based agricultural management practices. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, vol. 33, č. 13-14, str. 2301-2329.

Franzluebbers, A.J.: Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil. Till. Res.*, 2002, vol. 66, str. 95-106

Guggenberger F.- Christensen B.T., Rubaek G. - Zech W. (1996): Land use and fertilization effects on P forms in two European soils: Resin extraction and  $^{31}\text{P}$  NMR. In: *Eur. J. Soil Sci.* vol. 471, 1996, str. 605-614.

Haman, F. (1980): Přeměny a pohyb fosforu v půdě ve vztahu k výživě rostlin. In: *Agrochémia*, vol.4, 1980, str. 101-105.

Jones, R.J.A., Hiederer, R., Rusco, E., Loveland, P.J., Montanarella, L.: The map of organic carbon in topsoils in Europe, Versin 1.2, European Soil Bureau Reserch Report No.17, EUR 21209 EN, 26 str. 1 map in ISO B1 format.;2004

Jurčová, O.: Treba skoncovať s koristníckym vzťahom k živiteľke. *Roľnícke noviny, BESEDA*, (6.11.1996), str. 1-6.

Jurčová, O.: Ako sme zahumusovávali naše orné pôdy. *Roľnícke Noviny* (7.12.2000)

Kobza, J., Barančíková, G., Brečková, V., Búrik, V., Houšková, B., Fiala, K., Chomaničová, A., Litavec, T., Makovníková, J., Matúšková, L., Pechová, B., Váradiová, D.: Čiastkový monitorovací systém –Pôda: Závazné metódy. Bratislava, 1999, str. 95-110

Kumada, K.: Chemistry of soil organic matter. Tokyo, Elsevier, 1987, str. 17-30.

Liptaj, T., Barančíková, G., Prónayová, N.: Application of  $^{31}\text{P}$  Nuclear magnetic resonance for study of phosphorus structural types in humic acids. *Agriculture*, vol.51, č. 8, 2005, str. 423-428

Novák, F., Kalčík, J., Kalousková, N.: Metody studia fosforu a dalších elementu (K, Ca, Na, Mg) v půdě. Str. 51, ÚPB AV ČR, České Budejovice, 1995

Novák, F., Hrabal, R., Bartošová, I., Kalčík, J.: Kvantitativní  $^{31}\text{P}$  NMR spektroskopie huminových kyselin. *Chem Listy*, vol. 99, 2005, str. 236-245

Olk, D.C. (2002): Chemical extraction of humic acids based on binding to polyvalent cations. In: *Humic Substances: Natures's most versatile materials (proceedings)*. Boston, ISBN 617373, 2002, pp. 163 - 165.

- Preston, C.M. (1996): Application of NMR to soil organic matter analysis: History and prospects. In: *Soil Sci.*, vol. 161, 1996, str. 144-166.
- Rosell, R.A. - ANdriulo, A.E. - Schnitzer, M. - Crespo, M.B. - Miglierina, A.M. (1989): Humic acids properties on an Argiudoll soil under two tillage systems. In: *Sci. Tot. Envir.* vol. 81/82, 1989, pp. 391 – 400
- Senesi, N., D’Orazio, V., Ricca, G.: Humic acids in the first generation of EUROSOLS. *Geoderma*, 2003, vol. 116, 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*, online, 17.june 2005
- Schulten, H.R. - Schnitzer, M. (1995): Three-dimensional models for humic acids and soil organic matter. In: *Naturwissenschaften*, vol. 82, 1995, pp. 487-498.
- 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.: *Organická hmota a úrodnost’ pôdy*. Bratislava, Príroda, 1982, 234 str.
- 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*, 2003, vol. 116, 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.
- Than, H.,K.: *Humic Matter in Soil and the Environment*. New York, 386 str.
- 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.





**ČÚ 08**

**HODNOTENIE VÝVOJA KOMPAKCIE PÔD**

**Zodpovedný riešiteľ:**      Ing. Miloš Širáň



## ÚVOD

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 zhutnenie pôdy stáva na Slovensku problémom v dôsledku rastúcej intenzifikácie poľnohospodárskej výroby. V rámci nej je výkonná mechanizácia 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.

## CIELE A SPÔSOB RIEŠENIA

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 pôdnych typov – kambizeme na flyši (KM) a čiernice (na fluviálnych sedimentoch karbonátových – ČAc, resp. na nekarbonátových – ČA). 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 kambizemí a čiernic.

V druhej časti správy sú hodnotené fyzikálne vlastnosti v rámci kľúčových lokalít na daných pôdnych typoch. Predmetné lokality sú:

Raková	- Kambizem kultizemná (KMa), stredne ťažká, hlinitá
Istebné	- Kambizem pseudoglejová kultizemná (KMga), stredne ťažká, hlinitá
Krompachy	- Kambizem kultizemná (KMa), stredne ťažká, hlinitá
Macov 1	- Čiernica kultizemná (ČAa), stredne ťažká, hlinitá
Spíšská Belá	- Čiernica kultizemná (ČAa), stredne ťažká, hlinitá

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>					
	I	IV	H	PH	HP	P
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: **I** – íl, **IV** – ílovitá, **H** – hlinitá, **PH** – piesčito-hlinitá, **HP** – hlinito-piesčitá, **P** – piesčitá

## DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

### 1. Vyhodnotenie súčasného stavu a trendu vývoja fyzikálnych vlastností kambizemí a čiernic zo základnej monitorovacej siete

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

Sledované pôdne typy sú zastúpené stredne ťažkými, prevažne hlinitými a sčasti ťažkými ílovito-hlinitými pôdami. Pretože kritické hranice zhutnenia sú závislé od pôdneho druhu, bolo vyhodnotenie urobené podľa tohto členenia.

#### *Stredne ťažké kambizeme a čiernice*

V prípade ornice stredne ťažkých kambizemí a čiernic nebolo v priemerných hodnotách zistené zhutnenie pri nijakom sledovanom parametre (tab. 2, obr. 1).

**Tab.2** Tretí odberový cyklus (rok 2002) – kambizem, čiernica. Stredne ťažká pôda. Vysvetlivky ako v tab. 3

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	$p_d$	$P_C$	$P_N$	$MKK$	$VzK$
			g.cm <sup>-3</sup>	objemové %			
KM na flyši	0-0,10 m	x	1,261	52,74	14,78	34,06	18,68
		$x_{min}$	1,123	48,87	7,65	29,99	12,34
		$x_{max}$	1,368	59,32	22,14	39,27	23,26
	0,30-0,40 m	x	1,508	44,26	7,98	34,01	10,25
		$x_{min}$	1,326	34,62	2,11	28,09	4,48
		$x_{max}$	1,778	51,08	11,44	37,57	15,06
ČA na karbonátových substrátoch (ČA <sup>c</sup> )	0-0,10 m	x	1,338	49,45	9,88	35,78	13,67
		$x_{min}$	1,018	34,78	3,64	29,72	5,06
		$x_{max}$	1,724	60,77	20,90	41,00	26,21
	0,30-0,40 m	x	1,354	49,29	8,95	36,99	12,31
		$x_{min}$	1,182	34,54	4,72	25,34	7,10
		$x_{max}$	1,734	55,08	13,19	44,16	16,94
ČA na nekarbonátových substrátoch	0-0,10 m	x	1,316	50,14	9,31	36,89	13,25
		$x_{min}$	1,144	43,99	2,02	31,18	3,65
		$x_{max}$	1,486	56,71	13,72	42,48	18,62
	0,30-0,40 m	x	1,475	44,71	7,25	35,48	9,23
		$x_{min}$	1,152	39,79	1,66	25,70	3,00
		$x_{max}$	1,593	56,80	14,65	44,56	16,90

V maximálnych (resp. v minimálnych) hodnotách bol prekročený limit objemovej hmotnosti a ostatných parametrov pri čierniciach na karbonátových substrátoch a mierne i v prípade čiernic na nekarbonátových substrátoch.

V podornici je stav zhutnenia horší (tab. 2, obr. 2), keď už i v priemerných hodnotách podľa objemovej hmotnosti bolo zaznamenané utlačenie v prípade kambizemí na flyši, príp. čiernic na nekarbonátových substrátoch. Stredné hodnoty ostatných parametrov to však plne nepotvrdzujú, keď sú veľmi blízko hranici povolených limitov. V maximálnych hodnotách sú však prekročené limity pri všetkých sledovaných vlastnostiach i pôdach.

### Ťažké kambizeme a čiernice

V rámci ťažkých kambizemí a čierníc v porovnaní so stredne ťažkými bolo v poslednom cykle pozorované zhutnenie i v ornici a to pri čierniciach na karbonátových substrátoch (tab.3, obr. 3). Podornica bola zhutnená opäť v prípade kambizemí na flyši (obr. 4). Na rozdiel od analyzovaných stredne ťažkých pôd boli zistené prekročené limity zhutnenia pri maximálnych (minimálnych) hodnotách sledovaných parametrov tak v ornici ako i v podornici v rámci všetkých troch skupín predmetných pôd (s výnimkou ornice čiernic na nekarbonátových substrátoch).

**Tab.3** Tretí odberový cyklus (rok 2002) – kambizem, čiernica. Ťažká pôda.

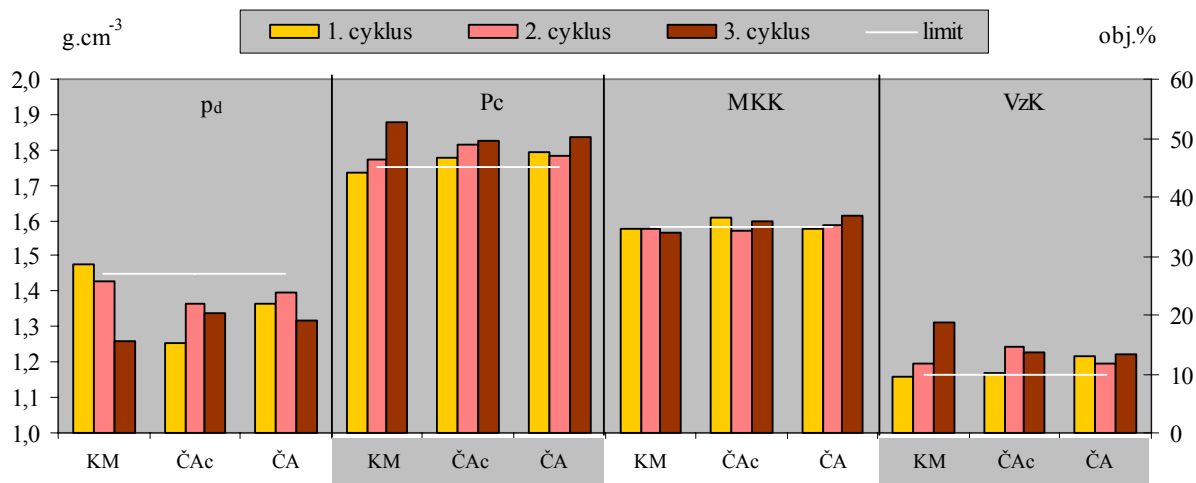
Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	$P_d$	$P_C$	$P_N$	MKK	VzK
			$g \cdot cm^{-3}$	objemové %			
KM na flyši	0-0,10 m	x	1,208	54,29	15,23	35,69	18,60
		$x_{min}$	0,963	45,06	5,91	31,89	8,13
		$x_{max}$	1,475	62,91	28,56	40,23	31,01
	0,30-0,40 m	x	1,478	45,36	5,18	39,06	6,30
		$x_{min}$	1,434	43,51	2,86	36,92	4,24
		$x_{max}$	1,543	46,84	7,34	41,26	8,13
ČA na karbonátových substrátoch (ČA <sup>c</sup> )	0-0,10 m	x	1,423	46,85	3,68	41,26	5,60
		$x_{min}$	1,327	44,95	1,19	38,86	4,72
		$x_{max}$	1,482	50,43	5,15	44,45	6,09
	0,30-0,40 m	x	1,421	47,27	8,61	36,70	10,57
		$x_{min}$	1,260	42,12	5,76	32,74	7,41
		$x_{max}$	1,581	52,78	13,62	44,51	16,41
ČA na nekarbonátových substrátoch	0-0,10 m	x	1,318	50,30	12,87	35,85	14,46
		$x_{min}$	1,314	49,61	11,29	34,52	12,43
		$x_{max}$	1,322	50,99	14,44	37,18	16,48
	0,30-0,40 m	x	1,347	49,43	7,82	38,86	10,57
		$x_{min}$	1,278	46,52	6,50	37,62	8,90
		$x_{max}$	1,416	52,34	9,13	40,11	12,23

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

## 1.2. Vyhodnotenie vývojového trendu kambizemí a čierníc v základnej sieti za 3 odberové cykly (1993, 1997, 2002)

Ak porovnáme aktuálny fyzikálny stav týchto pôd z ich stavom v predchádzajúcich odberových cykloch (obr. 1 až 4), môžeme pozorovať určitý trend. V ornici sú hodnoty viac rozkolísané a naopak v podornici ustálené.

**Obr. 1** Základné fyzikálne vlastnosti ornice (0-0,10 m) stredne ťažkých kambizemí a čierníc v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



### Vysvetlivky:

KM – kambizeme na flyši

ČAc – čiernice na karbonátových substrátoch

ČA – čiernice na nekarbonátových substrátoch

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

limit – kritická hodnota zhutnenia

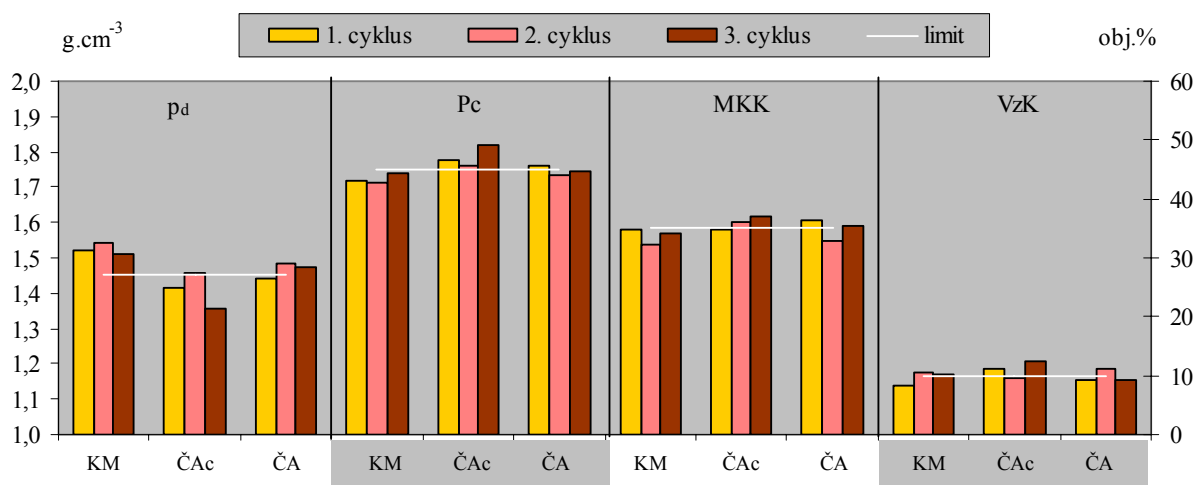
$p_d$  – objemová hmotnosť (g.cm<sup>-3</sup>)

$P_c$  – celková pórovitosť (%)

MKK – maxim. kapilárna kapacita (%)

VzK – minimálna vzdušná kapacita (%)

**Obr. 2** Základné fyzikálne vlastnosti podornice (0,30-0,40 m) stredne ťažkých kambizemí a čierníc v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja

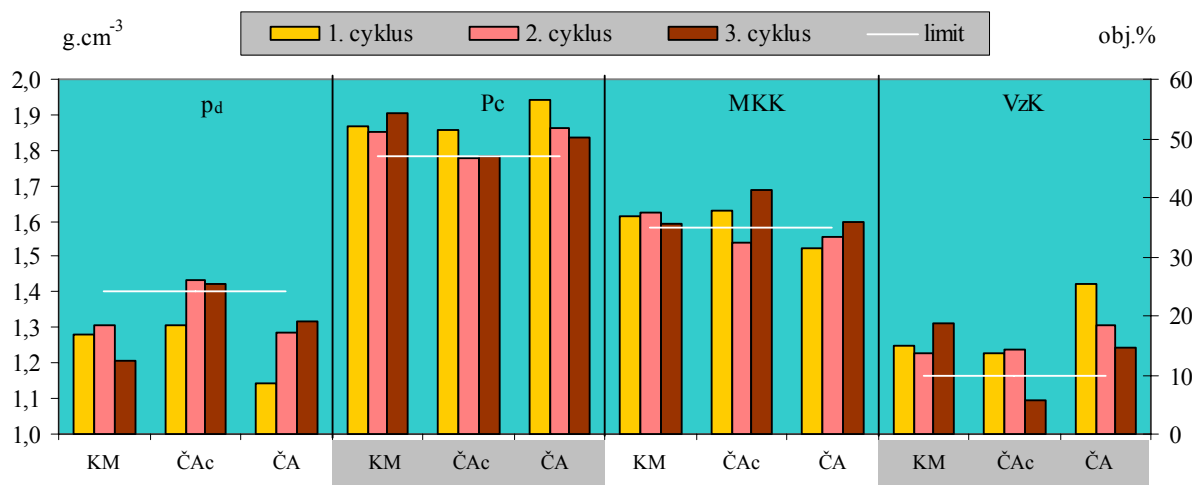


Vysvetlivky ako v obr. 1

V rámci ornice ako i podornice stredne ťažkých kambizemí a čierníc (obr. 1 a 2) možno pozorovať zlepšenie ich fyzikálneho stavu v 3. cykle v porovnaní s druhým a s malými výnimkami (ornica ČAc, podornica ČA) aj s prvým.

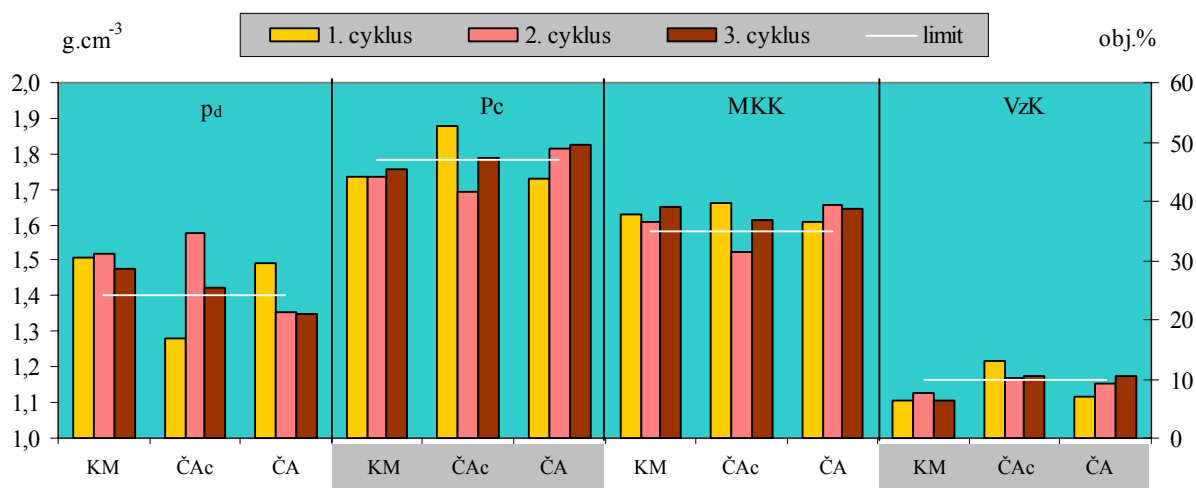
V prípade ornice ťažkých kambizemí a čierníc nemožno hovoriť o nejakom jednotnom trende vo vývoji fyzikálnych vlastností, jednotlivé pôdne skupiny reagovali odlišne (obr. 3). V podornici (obr. 4) bolo zistené zlepšenie oproti 2. aj 1. cyklu (s výnimkou ČAc v 1. cykle).

**Obr. 3** Základné fyzikálne vlastnosti ornice (0-0,10 m) ťažkých kambizemí a čierníc v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



Vysvetlivky ako v obr. 1

**Obr. 4** Základné fyzikálne vlastnosti podornice (0,30-0,40 m) ťažkých kambizemí a čierníc v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



Vysvetlivky ako v obr. 1

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

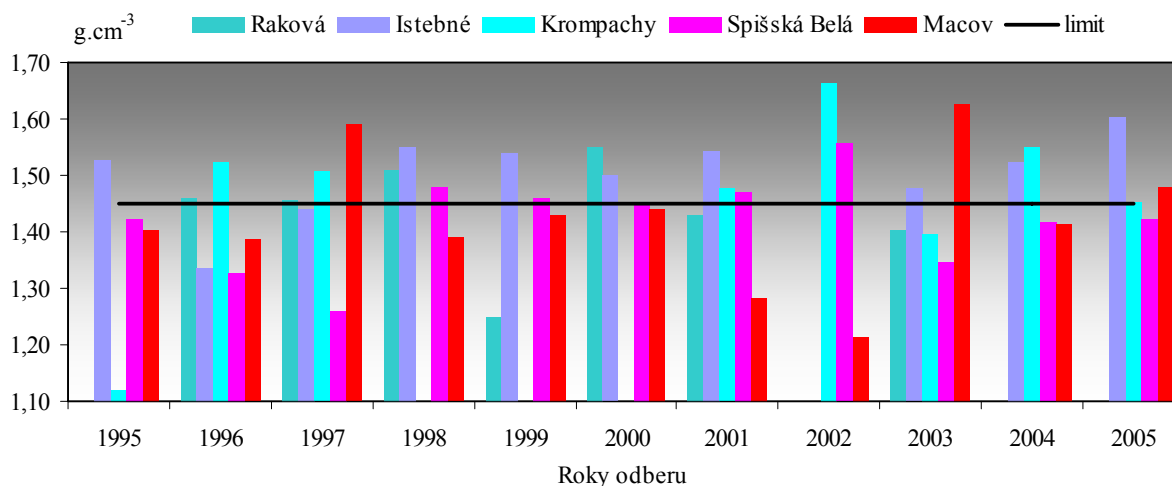
V tejto časti správy detailnejšie hodnotíme fyzikálny stav sledovaných pôdných skupín oproti jej 1. časti. Analyzovaná je len podornica, ktorá je viac náchylná na zhutnenie, keďže je mimo bežných agrotechnických kypriacich opatrení a je celkovo k dispozícii viac údajov získaných z takmer každoročných odberov a ovplyvnených tak pestovateľskými technológiami viacerých poľnohospodárskych plodín. Kambizeme na flyši sú reprezentované lokalitami Raková, Istebné a Krompachy, čiernice na karbonátových substrátoch lokalitou Macov a čiernice na nekarbonátových substrátoch lokalitou Spišská Belá.

Čo sa týka niektorých ďalších pôdných charakteristík vplývajúcich na stav zhutnenia treba spomenúť zrnitosť (Houšková 2002, Širáň 2004), obsah organickej hmoty (Heuscher, Brandt, Jardine 2005), príp. obsah skeletu. V prípade zrnitosti ide o pôdy stredne ťažké, hlinité a len v spodnej časti profilu ťažké, ílovito-hlinité. Rozdiely sú medzi KM a ČA v obsahu pôdnej organickej hmoty, keď v KM je často jej nižšie množstvo a smerom do hĺbky prudšie klesá (rozdiely sú teda hlavne v podornici). Skelet obsahuje pôda v Rakovej (< 20 %) a v Krompachoch (40-95 %).

Hodnoty objemovej hmotnosti a ostatných sledovaných parametrov v podornici v rámci predmetných kľúčových lokalít 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, príp. heterogenita pôdných vlastností na území SR.

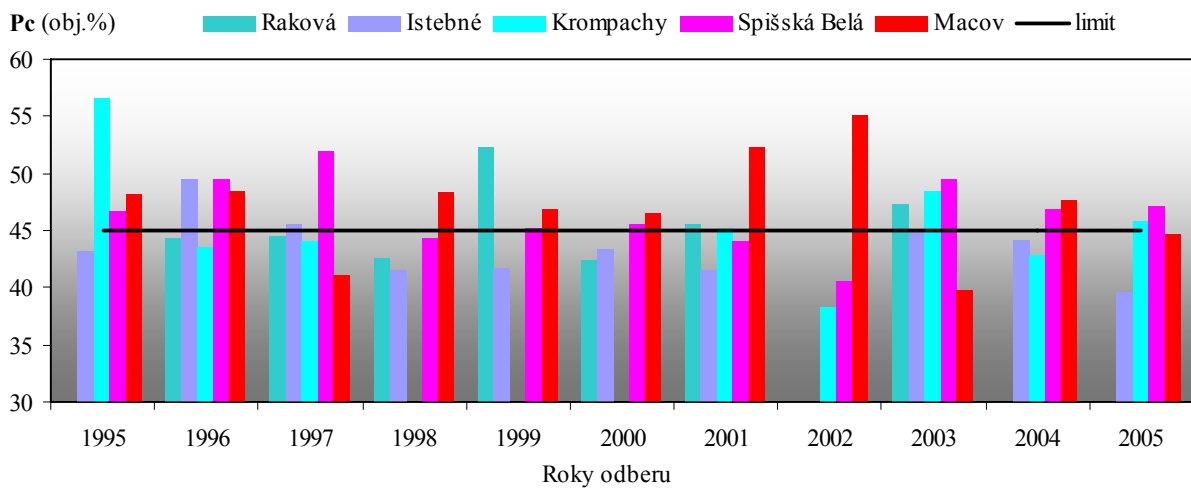
Limity objemovej hmotnosti a celkovej pórovitosti (obr. 5 a 6) v rámci kambizemí boli výraznejšie prekročené v 29 % prípadov na lokalite v Rakovej, v 70 % prípadov v Istebnom a v 57 % prípadov v Krompachoch, kým pri čierniciach boli za kritickou hranicou len v 27 % prípadov v Spišskej Belej a v 18 % prípadov v Macove.

**Obr. 5** Objemová hmotnosť (pd) podornice kambizemí a čierníc





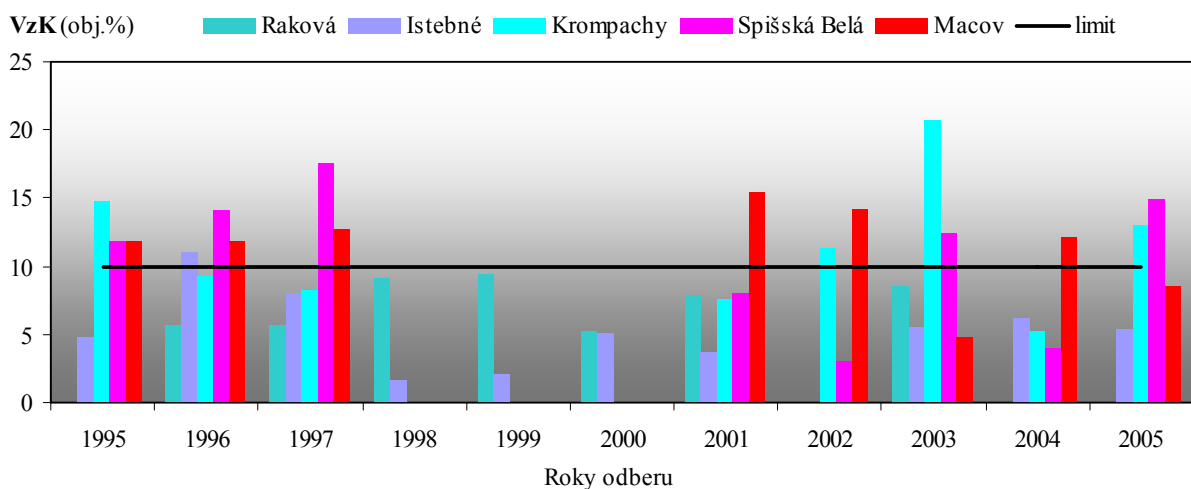
**Obr. 6** Celková pórovitosť (Pc) podornice kambizemí a čierníc



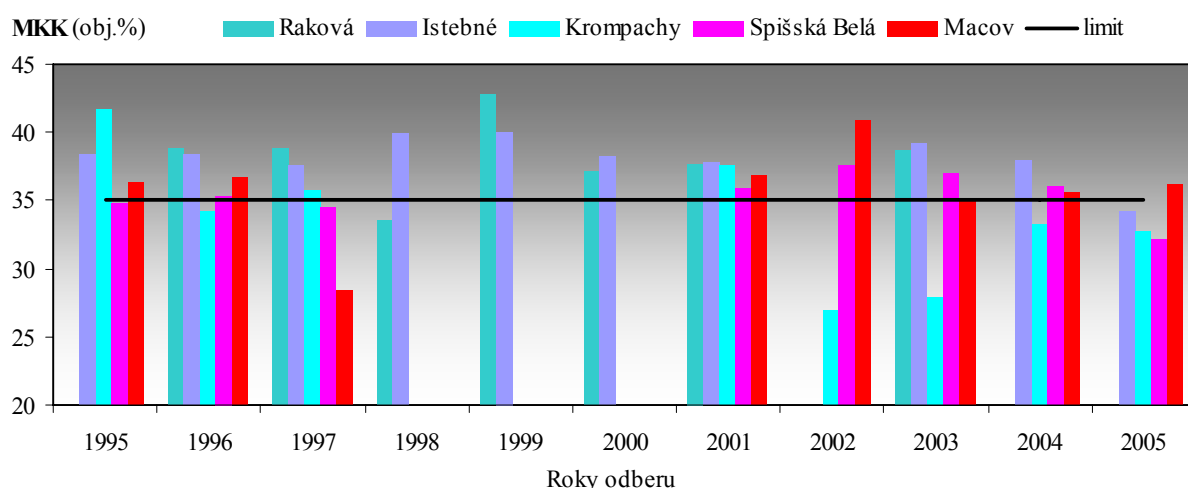
Čo sa týka minimálnej vzdušnej kapacity (obr. 7) rozdiely medzi danými typmi sa ešte vyhrocujú. Kým pri čierniciach došlo len k miernemu nárastu prekročených prípadov oproti stavu podľa objemovej hmotnosti a celkovej pórovitosti, pri kambizemiach (s výnimkou lokality v Krompachoch) naopak k výraznému zhoršeniu (90 % nevyhovujúcich prípadov v Istebnom, 100 % v Rakovej).

Tento stav je pravdepodobne dôsledok rozdielu v obsahu organickej hmoty v podornici medzi sledovanými lokalitami na kambizemiach a čiernici (Barančíková 2002), čím je ovplyvnená štruktúrna pôdy (Hlušičková, Lhotský 1994). V kambizemiach sa kapilárne póry vytvárajú aj na úkor nekapilárnych bez ohľadu na stav zhutnenia. Možno to vidieť na vývoji stavu MKK aj RVK hlavne pri kambizemiach, ktoré prekračujú svoj limit tak v rokoch s utlačenou ako i neutlačenou podornicou (obr. 8 a 9).

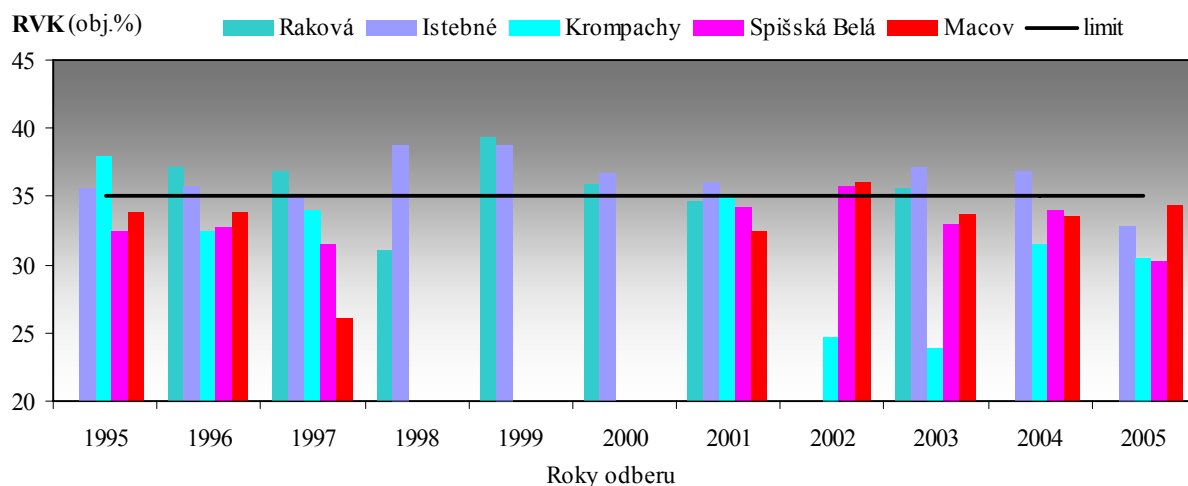
**Obr. 7** Vzdušná kapacita (VzK) podornice kambizemí a čierníc



**Obr. 8** Maximálna kapilárna kapacita (MKK) podornice kambizemí a čierníc



**Obr. 9** Retenčná vodná kapacita (RVK) podornice kambizemí a čierníc



## ZÁVER

Čo sa týka aktuálnej situácie, z hodnotených pôdnych typov majú priaznivejší fyzikálny stav čiernice na karbonátových (ČAc), resp. nekarbonátových (ČA) substrátoch v porovnaní s kambizemami na flyši (KM) tak v rámci stredne ťažkých ako i ťažkých pôdnych druhov. Z hľadiska zrnitosti ťažké pôdy oproti stredne ťažkým mali vyššiu maximálnu kapilárnu kapacitu a nižšiu prevzdušnosť. V rámci pôdneho profilu bol lepší fyzikálny stav v ornici. Podľa objemovej hmotnosti ako zhutnené boli zhodnotené ornica ťažkých ČAc, podornica ťažkých KM a ČAc, príp. podornica stredne ťažkých KM a ČA. Na základe ostatných pozorovaných parametrov boli utlačené len podornice stredne ťažkých a ťažkých KM.

Celkovo z hľadiska celého monitorovacieho obdobia fyzikálny stav sledovaných pôdnych typov bol najpriaznivejší v poslednom, treťom odberovom cykle v porovnaní s druhým (mimo ornice ťažkých ČA) i s prvým (s výnimkou ornice ťažkých ČAc i ČA, príp. stredne ťažkých ČAc a podornice ťažkých i stredne ťažkých ČA).

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

## **ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY**

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

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

Hlušíčková, J., Lhotský, J.: Ochrana půdní struktury před technogenní degradací. *Metodika ÚVTIZ, Praha*, 1994, 40 s.

Houšková, B.: Vývoj fyzikálních 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

Širáň, M.: Zhutnenie pôdy a jeho vývoj. Tretie pôdoznalecké dni na Slovensku, 22.-24. jún 2004, poster, Mojmírovce, 2004

Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene a doplnení niektorých zákonov, 2004



**ČÚ 09**

**HODNOTENIE VÝVOJA ERÓZIE PÔD**

**Zodpovedný riešiteľ:**      Ing. Ján Styk, PhD.



## ÚVOD

Erózia pôdy ako jeden z významných fyzikálnych pedodegradačných procesov sa veľkou mierou podieľa na výraznom znižovaní produkčnej schopnosti poľnohospodárskych pôd (často dochádza až k ireverzibilným negatívnym zmenám fyzikálnych, chemických a biologických vlastností pôd). Hodnotiť náchylnosť pôdy na eróziu je pomerne náročný proces vzhľadom k tomu, že erózia je výsledkom vzájomného pôsobenia viacerých faktorov na pôdu. Dôležité je zvoliť si vhodnú metódu na získanie údajov o prítomnosti eróznou-akumulačných procesov.

Pre hodnotenie eróznej ohrozenosti poľnohospodárskych pôd ako aj sledovanie vývoja (tempa) pôsobenia vodnej erózie využívame v rámci monitoringu erózie viaceré prístupy (metódy):

- porovnávanie rozdielov v hrúbke diagnostických horizontov ako aj profilových zmien základných pôdnych parametrov v typických radoch sond lokalizovaných po spádnici svahu (erózne transekty)
- 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 všeobecnej rovnice straty pôdnej hmoty (USLE) modifikovanej pre podmienky Slovenska v prostredí GIS na vyjadrenie ohrozenosti poľnohospodárskych pôd vodnou eróziou

## CIELE A SPÔSOB RIEŠENIA

Ciele riešenia čiastkovej úlohy „Monitoring erózie“ pre rok 2005 sú nasledovné:

- sledovanie a vyhodnocovanie negatívneho vplyvu vodnej erózie na kvantitatívne zmeny monitorovaných pôdnych parametrov (obsah humusu, pH/KCl, zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti, prístupný fosfor a od roku 2004 aj draslík) na vybratých 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 aktuálnej ročnej straty pôdnej hmoty v konkrétnej lokalite využitím empirického modelu všeobecnej rovnice straty pôdy (USLE)
- vytvorenie grafického výstupu potenciálnej ohrozenosti poľnohospodárskych pôd SR vodnou eróziou v prostredí GIS využitím empirického modelu všeobecnej rovnice straty pôdy (regionálna mierka)

V rámci čiastkovej úlohy monitoring erózie sme od roku 2000 každoročne sledovali a vyhodnocovali vplyv vodnej erózie na kvantitatívne zmeny sledovaných pôdnych parametrov (obsah humusu, pH/KCl, zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti, prístupný fosfor a od roku 2004 aj draslík) na ôsmich erózných transektoch (radoch sond lokalizovaných po spádnici svahu) v priestore (priestorová diferenciácia) a v čase (časová dynamika). Zistili sme, že jednoročný cyklus sledovania predovšetkým časovej dynamiky zmien bol veľmi krátky (zmeny pôdnych parametrov nie sú výrazné), preto sme od roku 2002

prešli na päťročný cyklus monitorovania (je pravdepodobnejšie, že na sledovaných plochách prebehne výraznejšia erózna udalosť, ktorá bude mať za následok významnejšiu zmenu sledovaných vlastností). Zmena spočíva najmä v tom, že každoročne lokalizujeme na poľnohospodárskej pôde nové erózne transekty (väčšinou 4) až do konečného počtu 20 transektov (v rámci 5 ročného cyklu sledovania). V snahe dodržať 5-ročný cyklus sledovania sa po piatich rokoch vrátíme na prvé štyri transekty kde vyhodnotíme vplyv erózne – akumulčných procesov na kvantitatívne zmeny pôdných parametrov v priestore a ich vývoj v čase, ohrozenosť poľnohospodárskych pôd vodnou eróziou (USLE model) a intenzitu recentnej erózie ( $^{137}\text{Cs}$ ).

V tomto monitorovacom roku sme lokalizovali dva nové erózne transekty (katény) na ktorých sme sledovali 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). Transekty sa nachádzajú v erózne senzitivných oblastiach (z hľadiska intenzity zrážok, protieróznej odolnosti pôdy, svahovitosti, kultúre obhospodarovania atď.). Jedná o lokality na orných pôdach nachádzajúce sa v blízkosti Detvy a Banskej Štiavnice. Výber transektov vychádzal najmä z terénneho prieskumu pričom hlavnou požiadavkou bol predovšetkým reliéf záujmového územia. Súčasťou eróznej katény musí byť vrcholová plošina svahu reprezentatívna pre umiestnenie referenčnej sondy, svah na ktorom možno predpokladať intenzívnu eróziu a úpätie svahu (báza) pre ktoré je charakteristická akumulácia translokovanej pôdnej hmoty.

Každý erózný transekt je charakterizovaný typickým radom sond lokalizovaných po spádnici svahu. Jedná sa tri pôdne (sondy) profily, ktoré sú lokalizované vo vrcholovej časti svahu (referenčný profil - neerodované alebo mierne erodované pôdy), v eróznej časti transektu (erodované pôdy) a v spodnej (akumulačnej) časti svahu (akumulované pôdy). Transekty sú orientované v smere spádnic v snahe vystihnúť preferenčné smery povrchového odtoku a transportu pôdnej hmoty. 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 sledovaného erózneho transektu) a regionálnej mierke (v rámci celého územia SR) využívame empirický model všeobecnej rovnice straty pôdnej hmoty - USLE (Wischmeier-Smith, 1978) v prostredí GIS. Výsledkom sú buď numerické, alebo grafické výstupy podávajúce informáciu o ohrozenosti poľnohospodárskych pôd procesmi vodnej erózie.

Ďalšou z metód využívaných v rámci monitoringu erózie je metóda merania intenzity vplyvu erózne-akumulčných procesov na pôdu použitím rádioaktívneho izotopu  $^{137}\text{Cs}$  (ako značkovacieho prvku). Je to v súčasnej dobe vo viacerých krajinách pomerne populárna a používaná metóda stanovenia intenzity priebehu erózie za určité časové obdobie (recentná erózia). Distribúciu cézia stanovujeme v pôdných profiloch sond lokalizovaných po spádnici erózneho transektu (Linkeš, Lehotský, Stankoviansky, 1992, Fulajtár, Janský, 2001). Spomenutou metódou spolu s monitorovaním kvantitatívnych zmien vybraných pôdných parametrov sledujeme na konkrétnych záujmových lokalitách vplyv (pôsobenie) erózie na pôdu v priestore (priestorová diferenciácia). Analýzy pôdných vzoriek (hĺbky 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.

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 a SPU Nitra (Katedra pedológie a geológie, Katedra agrochémie a výživy rastlín).



## DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

### Vodná erózia

Pod pojmom potenciálna ohrozenosť pôdy vodnou eróziou rozumieme možnú (teoretickú) ohrozenosť poľnohospodárskej pôdy procesmi vodnej erózie ak do úvahy nezoberieme pôdoochrannú účinnosť vegetačného krytu, predovšetkým trvalých trávnych porastov v horských a podhorských oblastiach kde sa poľnohospodárska pôda nachádza aj na výrazných svahoch (lúky, pasienky).

Základom pre tvorbu mapy potenciálnej ohrozenosti poľnohospodárskych pôd SR vodnou eróziou je empirický model všeobecnej rovnice straty pôdnej hmoty USLE modifikovaný pre podmienky Slovenska v prostredí GIS. Model USLE je založený na kombinácii viacerých faktorov veľkou mierou ovplyvňujúcich erózný proces (rovnica potenciálnej straty pôdnej hmoty je vyjadrená súčinom dvoch priamych - R, K a dvoch nepriamych L, S faktorov:

$$A=R.K.L.S \quad \text{kde:}$$

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

R – faktor eróznej účinnosti dažďa (erodivita dažďa) je definovaný ako súčin energie dažďa a jeho najväčšej 30-minútovej intenzity

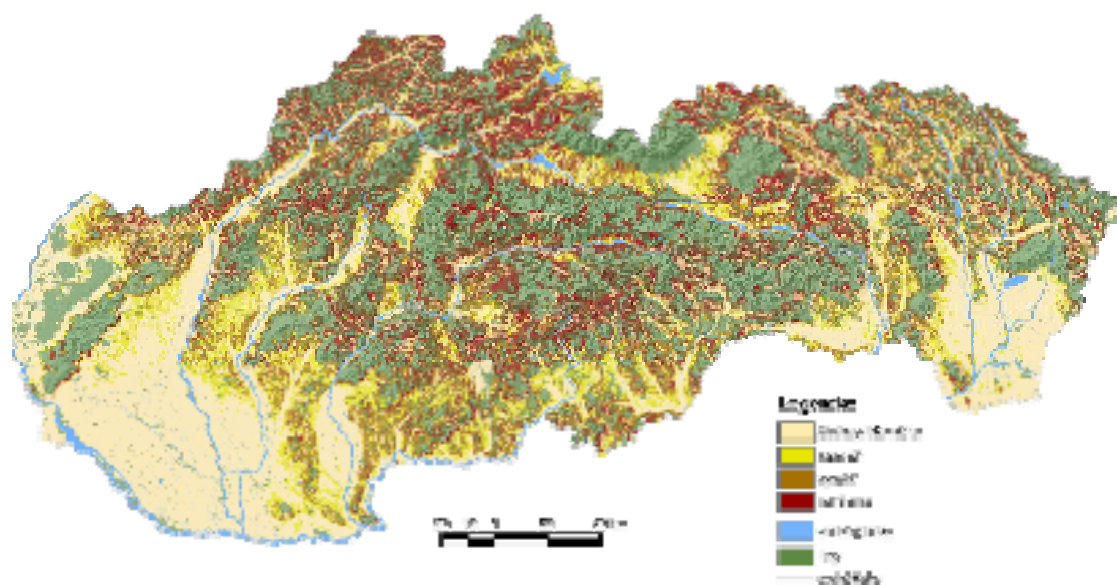
K – faktor náchylnosti pôdy na vodnú eróziu (erodovateľnosť pôdy) je ovplyvnený základnými parametrami ako sú napr. zrnitosť, štruktúra pôdy, obsah organickej hmoty. K – faktor predstavuje číslo, ktorým treba vynásobiť R – faktor, aby sme dostali odnos pôdy zo štandardnej erodomernej plochy

L – faktor dĺžky svahu vyjadruje pomer straty pôdy z plochy určitej dĺžky ku strate pôdy z plochy so štandardnou dĺžkou 22,13m

S – faktor sklonu svahu vyjadruje pomer straty pôdy z plochy s určitým sklonom ku strate pôdy z plochy so štandardným sklonom 9%

Mapa potenciálnej erózie vznikla prekrytím jednotlivých vrstiev uvedených faktorov, ktoré boli spracované v GISe ArcMap 9.0 s použitím jednotlivých nadstavb pre prácu s rastrom. Podkladom pre všetky mapy je tieňovaný reliéf (hillshade) vytvorený z DMR s rozlíšením 25 m (Styk, Pálka, 2005).

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



**Tab. 1** Potenciálna ohrozenosť poľnohospodárskych pôd SR vodnou eróziou

Kategórie erodovanosti	Výmera v ha	% z PPF
Žiadna, alebo nízka	1 274 857	52,3
Stredná	217 487	9,0
Vysoká	368 704	15,1
Extrémna	575 831	23,6
<b>Spolu</b>	<b>2 436 879</b>	<b>100</b>

Zo získaných výsledkov vidieť, že takmer 47,7 % poľnohospodárskej pôdy je potenciálne ovplyvnené vodnou eróziou (rôznej intenzity). Výmera kategórie extrémnej erózie (23,6 %) predstavuje pomerne vysoké číslo, ale musíme do úvahy zobrať skutočnosť, že pri tvorbe mapy sme neuvažovali s faktorom ochranného krytu vegetácie, ktorá má v niektorých prípadoch výrazný protierózný účinok (najmä TTP v horských a podhorských oblastiach).

### *Transekt pri Detve*

Erózný transekt sme lokalizovali severovýchodne od Detvy v členitom reliéfe vulkanického pohoria Poľana (klimatický región mierne teplý, mierne vlhký, pahorkatinový až vrchovinový s priemerným ročným úhrnom zrážok 750 mm) (Atlas krajiny SR, 2002). Na záujmovej lokalite sa nachádzajú stredne ťažké (hlinité), stredne hlboké až hlboké pôdy vyvinuté prevažne na zvetralinách vulkanických hornín. Celý sledovaný úsek je charakteristický pôdnym typom kambizem pričom v akumuláčnej a eróznej časti je subtyp kultizemný, pseudoglejový a v referenčnej časti je subtyp kultizemný (Morfog. klas. systém, 2000).

Mocnosť profilu (najmä hĺbka humusového horizontu) je nasledovná: plošina (referenčná časť) - hĺbka ornícového humusového horizontu je 0,30 m, svah (erózná časť) -

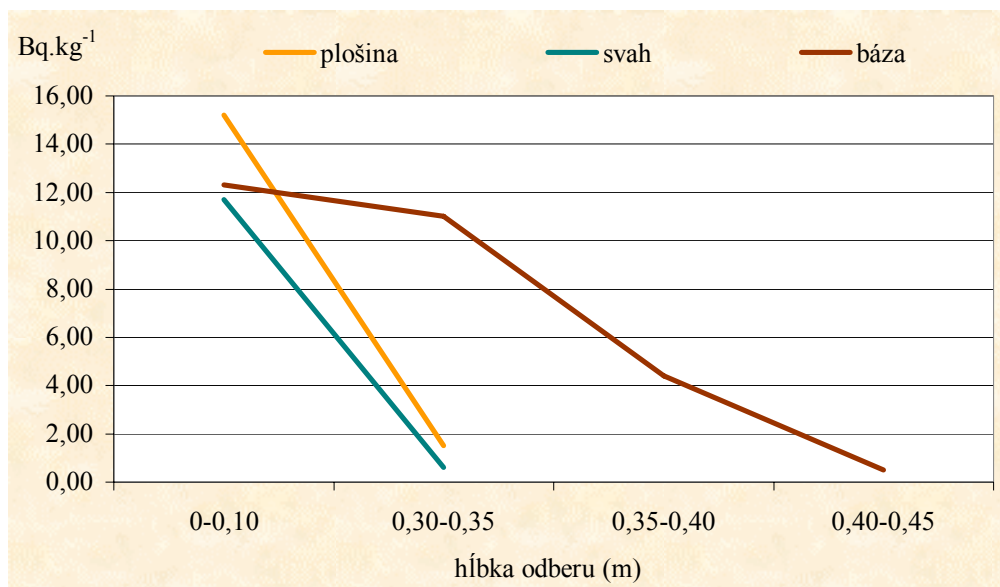
hĺbka ornícového humusového horizontu je 0,23, akumuláčn časť (tu dochádza k akumulácii translokovanej pôdnej hmoty) - hĺbka ornícového humusového horizontu je 0,60 m. Erzny transekt sa nachádza na ornej pôde (kukurica na silz), jeho dĺzka je 390 m a svahovitosť sa pohybuje v rozmedzí od 8° do 12°.

Vrcholov časť transektu (referenčný profil) je výrazne ovplyvnen orbovou eróziou nakoľko je v tomto prípade dlhodobo pouzvan nesprávna agrotechnika a aj napriek veľkej svahovitosti je sledovan parcela oran po spádnici. Výsledkom je znizovanie mocnosti pôdneho profilu už aj vo vrcholovej časti eróznej katény. Mocnosť pôdy tu dosahuje 0,50 m prcom od 0,30 m je obsah skeletu nad 80%, čo zaraďuje tto pôdu do kategórie plytk pôdy.

Aplikovanm empirického modelu vsobecnej rovnice straty pôdnej hmoty – USLE v konkrétnych podmienkach záujmovej lokality sme dosiahli numerick vyjadrenie aktulného ročného odnosu pôdy. Výsledok potvrdzuje predpoklad, že pôda je extrémne ovplyvnen erózno-akumuldnmi procesmi, nakoľko strata pôdy predstavuje 68,39 t/ha/rok. Môžeme konštatovať, že pôda na sledovanom transekte pat do kategórie extrémne ohrozen vodnou eróziou (pre konkrétnu plodinu, ktorou bola kukurica na silz). Vypoitan hodnota aktuálnej straty pôdy vysoko prekračuje limit stanoven zákonom č. 220/2004 (hlbok pôda - 30t/ha/rok).

Profilov distribúcia  $^{137}\text{Cs}$  v rámci jednotlivých častí eróznej katény dokumentuje prítomnosť erózno-akumuldnch procesov v tejto časti zujmoveho územia. Klasick schému profilovej distribúcie cézia, kedy sa tento izotop nachádza iba v ornícovom horizonte (0-0,30 m) a pod nm sú jeho hodnoty na prahu merateľnosti, sme zaznamenali v referenčnej a eróznej časti svahu. V akumulnej časti transektu bola ešte v hĺbke 0,40 m nameran pomerne vysok aktivita  $^{137}\text{Cs}$ , čo potvrdzuje akumuláciu pôdnych častíc pretransportovaných vplyvom vodnej erózie z eróznej časti svahu (obr. 1).

**Obr. 1** Profilov distribúcia rdioaktivného izotopu cézia v pôde jednotlivých častiach transektu pri Detve

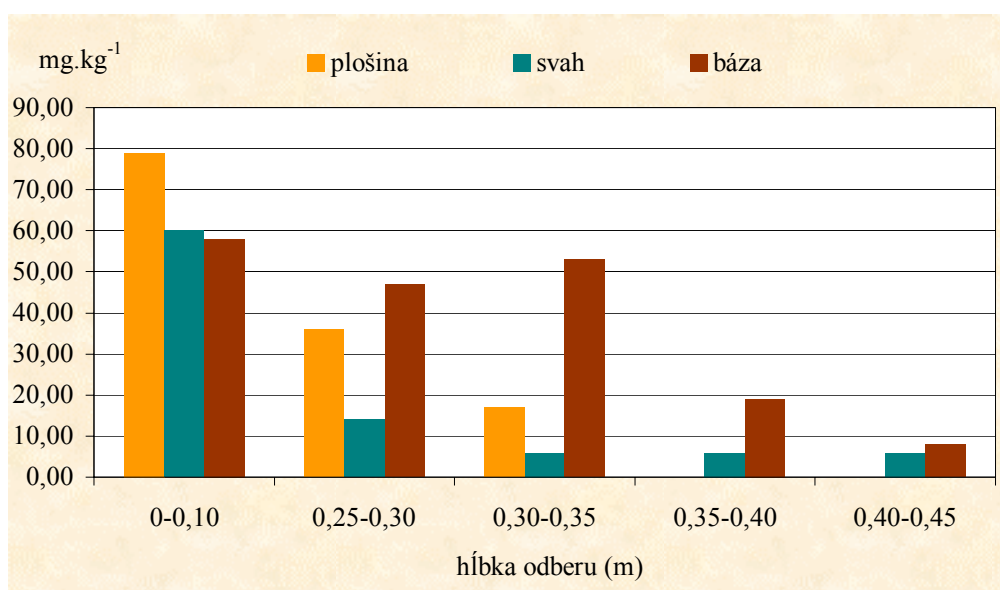


Na základe nameraných hodnôt aktivity cézia v pôdnom profile jednotlivých častí katény môžeme hodnotiť priebeh recentnej erózie, ktor prebieha na záujmovej lokalite približne od roku 1963 kedy bola podľa Wallinga a Quina (1993) zaznamenan najväčšia intenzita rdioaktivného spádu. Metódou priestorovej distribúcie izotopu cézia sa už v minulosti zaoberali Linkeš, Lehotsk, Stankoviansky (1992). Priestorov distribúciu cézia

posudzujeme na základe rozdielu hĺbky jeho merateľnej koncentrácie v pôdnych profiloch sond akumuláčnej a referenčnej časti transektu (v tomto prípade 100 mm). Priemerná hrúbka vrstvy pôdnej hmoty každoročne pretransportovaná z erózných častí svahu je 2,38 mm čo pri aktuálnej objemovej hmotnosti ( $1,30 \text{ g.cm}^{-3}$ ) predstavuje približne 30,94 t/ha/rok. Vypočítaná hodnota straty resp. akumulácie pôdy je v porovnaní s hodnotou aktuálnej straty pôdnej hmoty vypočítanej podľa empirického modelu USLE je o niečo nižšia. Jedná sa o priemernú ročnú stratu, resp. akumuláciu za pomerne dlhé obdobie (42 rokov), kedy v niektorých rokoch vôbec nemuselo dôjsť k odnosu pôdy, naopak pri výrazných erózných udalostiach mohla byť vrstva translokovanej pôdy oveľa väčšia ako priemer.

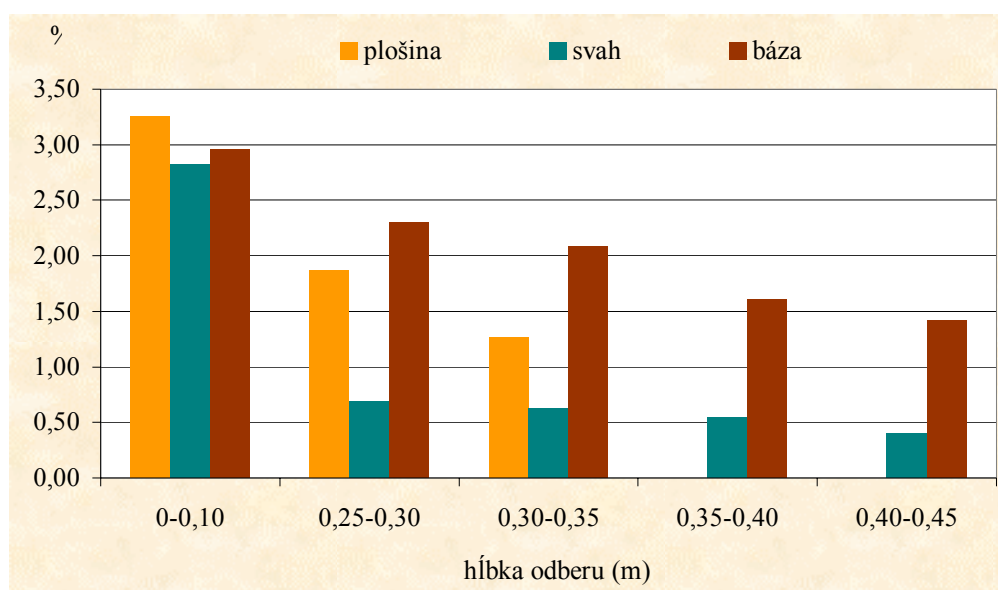
Negatívny vplyv eróžno-akumulačných procesov na pôdu sa prejavuje aj v kvantitatívnych zmenách obsahov prístupného fosforu a humusu v rámci jednotlivých častí erózneho transektu. Táto priestorová heterogenita je spôsobená tým, že humus aj fosfor sú pomerne pevne viazané na povrchy koloidného podielu pôdnej hmoty a pri jej translokácii v smere pôsobenia vodnej erózie sa premiestňujú spolu s ňou. V profilových priebehoch prístupného fosforu a humusu je viditeľné, že v eróznej časti katény (svah) sú ich obsahy v podornici (0,25-0,30 m) v porovnaní s bázou svahu (akumulačná časť) niekoľkonásobne nižšie. Obsah humusu v akumuláčnej časti je ešte v hĺbke 0,40-0,45 m relatívne vysoký (obr. 2, 3). Zaujímavé je porovnanie humusu a fosforu v hĺbke 0,30-0,35 m eróziou ovplyvneného územia (svah, báza) s referenčným profilom (plošina). Na svahu v tejto hĺbke dosahuje obsah fosforu len 35% a obsah humusu 50% z nameraných hodnôt z referenčnej časti transektu. Naopak v báze svahu kde dochádza k akumulácii pôdnej hmoty boli tieto hodnoty v prípade fosforu 312% a v prípade humusu 165% v porovnaní s ich obsahmi v referenčnom profile.

**Obr. 2** Priestorová heterogenita prístupného fosforu v pôde jednotlivých častí transektu pri Detve



Na celom sledovanom eróznom transekte sa nachádza stredne ťažká (hlinitá) pôda. Vyvinula sa na zvetralinách vulkanických hornín (andezitov) čo ovplyvnilo zastúpenie zrnitostných frakcií pôdy. 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. Na základe pomerne homogénneho zastúpenia všetkých zrnitostných frakcií v celom pôdnom profile sledovaných častí transektu môžeme konštatovať, že výraznejší vplyv vodnej erózie na transport jednotlivých frakcií nie je pozorovaný (tab. 2)

**Obr. 3** Priestorová heterogenita humusu v pôde jednotlivých častí transektu pri Detve

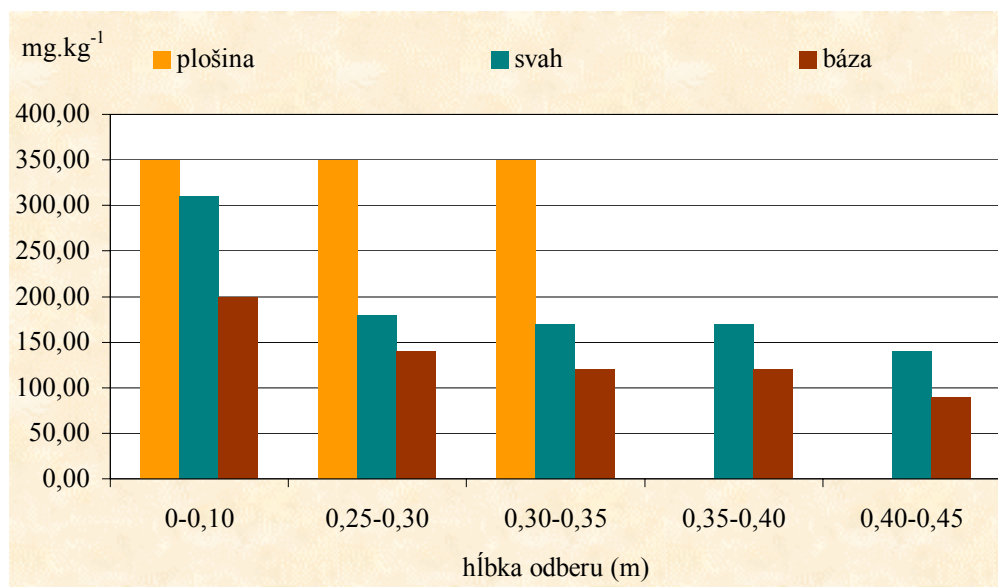


**Tab. 2** Podiel zrnitostných frakcií v jednotlivých pôdnych profiloch častí transektu pri Detve

Transekt Nováky	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	18,91	29,82	4,47	27,54	19,26
	0,25-0,30	21,83	26,65	5,29	29,37	16,85
	0,30-0,35	21,91	25,20	12,50	23,55	16,85
svah	0-0,10	16,14	25,03	6,84	32,51	19,47
	0,25-0,30	21,00	22,30	6,86	32,24	17,60
	0,30-0,35	20,02	24,92	4,69	28,67	21,70
	0,35-0,40	21,03	26,37	4,51	27,34	20,76
	0,40-0,45	22,27	28,09	4,26	24,74	20,66
báza	0-0,10	13,12	18,86	15,86	31,52	20,65
	0,25-0,30	13,56	19,10	14,29	33,13	19,92
	0,30-0,35	13,41	18,99	14,41	33,41	19,79
	0,35-0,40	11,57	18,66	16,42	33,79	19,56
	0,40-0,45	9,89	20,40	17,02	32,82	19,87

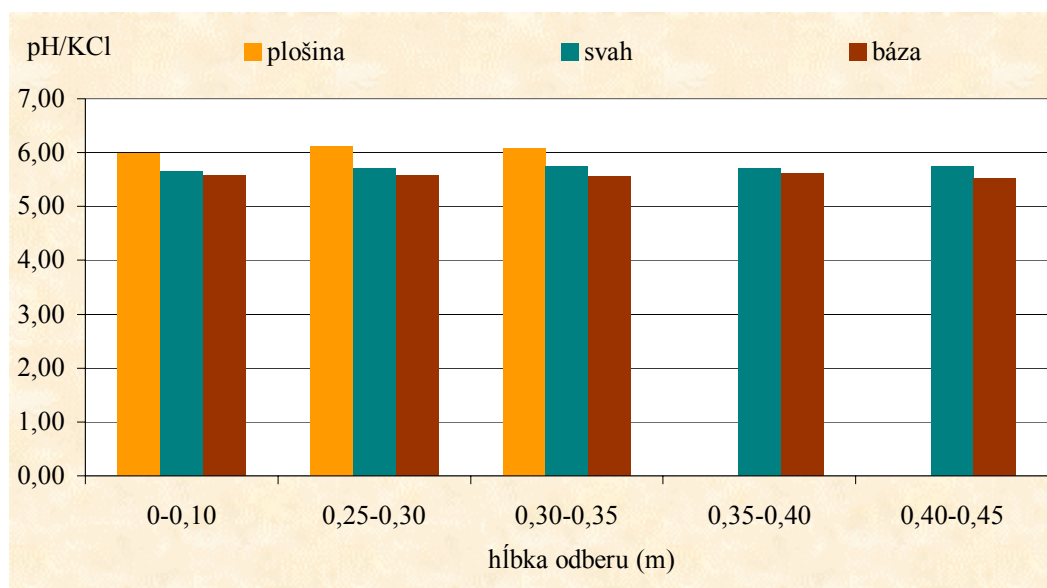
Profilová distribúcia prístupného draslíka v rámci jednotlivých častí katény je zaujímavá z hľadiska referenčného profilu kde je v ornici výrazne vyšší v porovnaní s eróznou a akumulácnou časťou (obr. 4). Vplyv erózie na priestorovú distribúciu tohto prvku sa hodnotí nie celkom jednoducho, nakoľko je draslík na rozdiel od fosforu (ktorý sa v neerodovaných pôdach hromadí väčšinou vo vrchných vrstvách pôdy) v pôde nestálejší a môže sa nachádzať aj v hlbších častiach pôdneho profilu. Musíme si počkať na časový vývoj (časová dynamika) draslíka v pôdnych profiloch jednotlivých častí eróznej katény, keď sa na hodnotenú záujmovú lokalitu vrátíme v druhom cykle sledovania (po 5-tich rokoch).

**Obr. 4** Priestorová heterogenita prístupného draslíka v pôde jednotlivých častí transektu pri Detve



Na základe výmennej pôdnej reakcie sa pôda na celom sledovanom transekte zaraďuje do kategórie slabó kyslá. Vplyv erózne-akumulačných procesov na jej zmenu v rámci priestoru nebol zaznamenaný (obr. 5).

**Obr. 5** pH/KCl pôdy v jednotlivých častiach transektu pri Detve



Objemová hmotnosť ornice v záujmovej lokalite vytvára pre väčšinu poľnohospodárskych plodín optimálne podmienky vodného, vzdušného a tepelného režimu a neprekračuje limitnú hodnotu stanovenú pre hlinité pôdy ( $>1,45 \text{ g.cm}^{-3}$ ). Trvalé zníženie, alebo zvýšenie hodnoty objemovej hmotnosti by spôsobilo zmenu týchto režimov čo sa v konečnom dôsledku môže prejaviť v znížení úrod pestovaných plodín. Zmeny objemovej hmotnosti na transekte v rámci priestoru (priestorová diferenciácia) nie sú výrazné (tab. 3). Podobne je to aj s celkovou pórovitosťou, ktorá sa v rámci jednotlivých častí transektu mení len nepatrne. Podľa Kosila (1973) sa ornica na základe celkovej pórovitosti zaraďuje do kategórie mierne utlačená.

**Tab. 3** Zmeny základných fyzikálnych vlastností pôdy v jednotlivých častiach transektu pri Detve

Transekt Detva	Hĺbka m	Objemová hmotnosť (g.cm <sup>-3</sup> )	KN obj. %	PO obj. %	MKK obj. %	RVK obj. %
plošina	0-0,10	1,23	42,77	52,34	34,84	31,70
	0,30-0,35	-	-	-	-	-
svah	0-0,10	1,23	42,83	52,65	33,81	29,96
	0,30-0,35	1,38	39,39	46,56	36,16	34,98
báza	0-0,10	1,30	44,20	50,25	35,56	31,76
	0,30-0,35	1,45	36,60	44,90	32,76	31,21

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

### *Transekt pri Banskej Štiavnici*

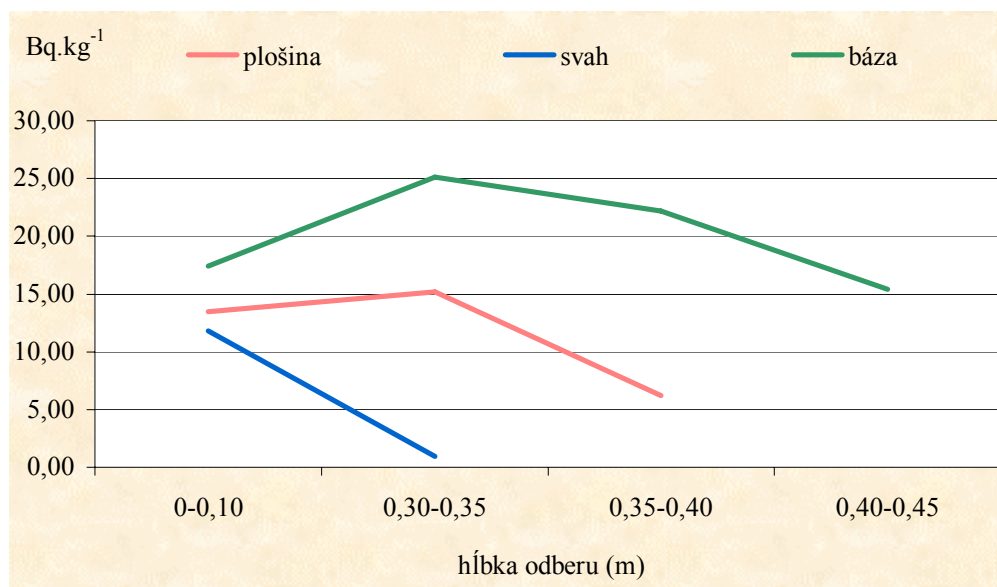
Záujmové územie sme lokalizovali do členitého reliéfu vulkanického pohoria Štiavnické vrchy (klimatický región mierne teplý, vlhký, vrchovinový, s priemerným ročným úhrnom zrážok 800 mm) (Atlas krajiny SR, 2002) južne od mesta Banská Štiavnica. Sledované územie je charakteristické stredne ťažkými (hlinitá: plošina, piesčito-hlinitá: svah, báza), stredne hlbokými až hlbokými pôdami vyvinutými na zvetralinách andezitov. Transekt o dĺžke 320 m sa nachádza na intenzívne využívanej ornej pôde (ozimná pšenica) na svahu so sklonom 7° až 10°. Monitorovaný úsek je charakteristický kambizemou kultizemnou, v akumuláčnej časti mierne oglejenou. Mocnosť orbou premiešaného orniceového humusového horizontu v rámci eróznej katény je variabilná (referenčný profil – 0,30 m, erózný profil – 0,20 m, akumuláčny profil – 0,50 m).

Vplyv vodnej erózie sa výrazne prejavil predovšetkým v eróznej časti transektu čo sa prejavilo v znížení hĺbky pôdneho profilu keď už v 0,30 m nastupuje pôdotvorný substrát. Naopak v báze svahu (akumulačná časť transektu) dochádza k akumulácii pretransportovanej pôdnej hmoty výsledkom čoho je zvýšenie hĺbky profilu pôdy (substrát nastupuje až v hĺbke 1,20 m).

Na základe numerického výpočtu množstva vodnou eróziou pretransportovanej pôdnej hmoty (využitie empirického modelu USLE pre konkrétnu lokalitu a konkrétnu plodinu), sme zistili že aktuálna strata pôdnej hmoty činí 15,32 t/ha/rok. Vypočítanou hodnotou straty pôdy sa pôda erózneho transektu zaraďuje do kategórie stredne ohrozená vodnou eróziou. Náš predpoklad prítomnosti extrémnej erózie sa nepotvrdil vzhľadom k tomu, že sa v tomto roku pestovala na záujmovej lokalite hustosiata ozimná pšenica, ktorá má z poľnohospodárskych plodín jeden z najlepších protieróznych účinkov na pôdu. V prípade ak by sa na transekte pestovali zemiaky, hodnota aktuálnej straty pôdnej hmoty by bola oveľa vyššia.

Na obr. 6 vidíme ako vplýva vodná erózia na profilovú distribúciu rádioaktívneho izotopu cézia v rámci jednotlivých častí záujmovej lokality. Klasická schéma aktivity cézia bola zaznamenaná v referenčnej časti eróznej katény (relatívne rovnorodá distribúcia <sup>137</sup>Cs sa nachádza iba v orbou pravidelne premiešanom orniceovom horizonte). V eróznej časti transektu (svah) je koncentrácia cézia v spodnej časti orniceového horizontu výrazne nižšia ako do hĺbky 0,10 m čo je spôsobené priorávaním hlbších častí pôdneho profilu (B-horizont). V akumuláčnej časti svahu (báza) sme v hĺbke 0,45 m namerali vyššiu koncentráciu <sup>137</sup>Cs ako v ornici referenčného profilu (plošina) čo je spôsobené výraznou akumuláciou eróziou translokovanej pôdnej hmoty z eróznej časti svahu.

**Obr. 6** Profilová distribúcia rádioaktívneho izotopu cézia v jednotlivých častiach transektu pri Banskej Štiavnici



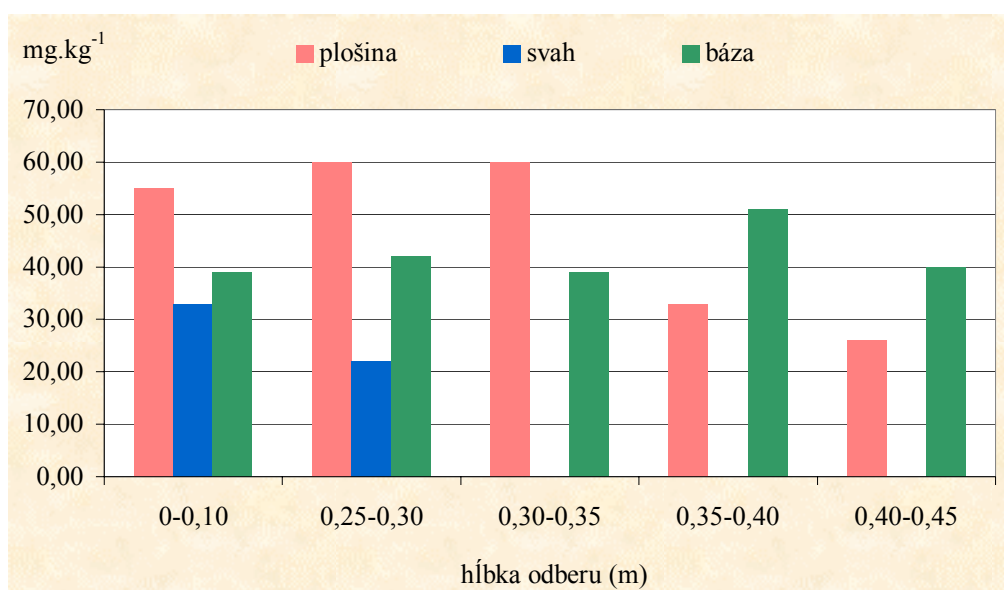
Recentnú eróziu, ktorá prebiehala v období približne posledných 40 rokov (intenzívny rozvoj poľnohospodárstva), posudzujeme na základe priestorovej aktivity rádioaktívneho cézia v pôdnom profile. Jedná sa o rozdiel hĺbky výskytu ešte merateľnej koncentrácie <sup>137</sup>Cs v profiloch sond lokalizovaných v eróziu ovplyvnených častiach transektu (akumulačná, erózna) a v referenčnom profile. V tomto prípade to činí len 50 mm (rozdiel v hĺbke výskytu cézia v akumuláčnom a referenčnom profile), z čoho vyplýva priemerná ročná akumulácia pôdnej hmoty vo výške vrstvy 1,19 mm (za obdobie 42 rokov). Pri aktuálnej objemovej hmotnosti ornice v báze svahu (1,06 g.cm<sup>-3</sup>) to predstavuje priemernú ročnú stratu (resp. akumuláciu) pôdnej hmoty 12,61 t/ha/rok. Vypočítaná hodnota bude s najväčšou pravdepodobnosťou vyššia nakoľko koncentrácia cézia bola stanovená len do hĺbky 0,45 m a priebeh histogramu tohto prvku ukazuje, že cézium bude merateľné s najväčšou pravdepodobnosťou aj hlbšie.

Zmeny obsahu prístupného fosforu v rámci sledovaných častí transektu ako aj v rámci jednotlivých pôdných profilov (priestorová heterogenita) sú výsledkom vplyvu vodnej erózie na pôdu v tejto záujmovej lokalite. Z priebehu grafu obsahu fosforu v pôdnom profile bázy eróznej katény, vidíme že jeho obsah s pribúdajúcou hĺbkou vôbec neklesá čo je výsledkom akumulácie pretransportovanej pôdnej hmoty. Obsah fosforu v hĺbke 0,40-0,45 m je dva krát vyšší ako v hĺbke 0,25-0,30 m pôdneho profilu eróznej časti svahu (obr. 7). Zaujímavé je porovnanie s hodnotou nameranou v rovnakej hĺbke (0,40-0,45 m), ale v referenčnej časti (plošina), kde obsah dosahuje len 53% z hodnoty stanovenej v báze svahu.

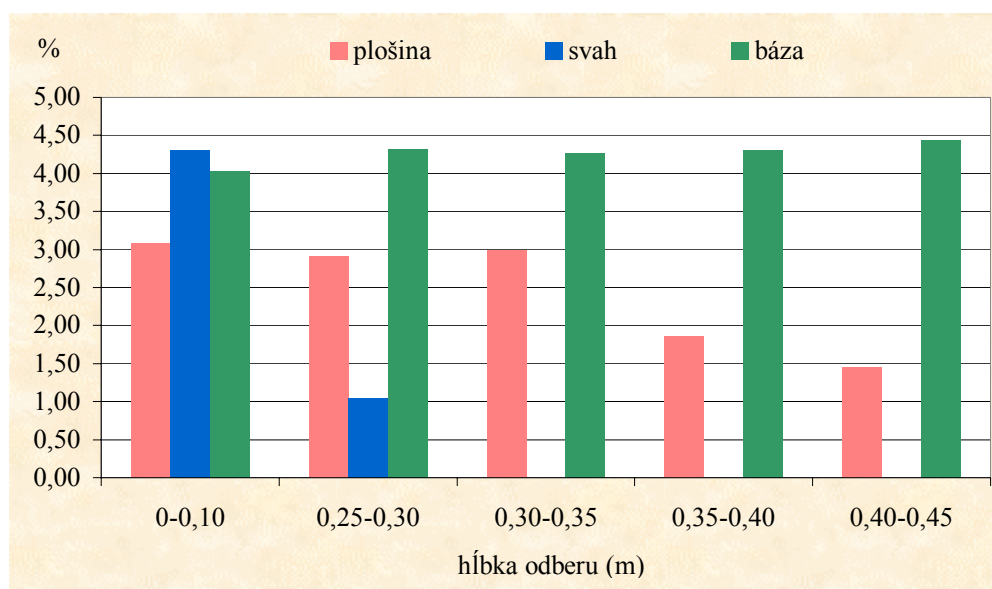
Nakoľko aj humus je pomerne pevne asociovaný na povrchy jemného podielu pôdy, (pri odnose pôdnej hmoty vplyvom erózie dochádza k jeho translokácii v smere pôsobenia erózie), priebeh grafu je podobný ako v prípade prístupného fosforu. Rozdiely v jeho obsahoch v rámci jednotlivých častí záujmového územia sú ešte viditeľnejšie. Profilový priebeh v rámci akumuláčnej časti svahu sa prakticky nemení, ale v porovnaní s referenčným profilom (hĺbka 0,40-0,45) je jeho obsah o 206% vyšší (obr. 8).



**Obr. 7** Priestorová heterogenita prístupného fosforu v pôde jednotlivých častí transektu pri Banskej Štiavnici



**Obr. 8** Priestorová heterogenita humusu v pôde jednotlivých častí transektu pri Banskej Štiavnici



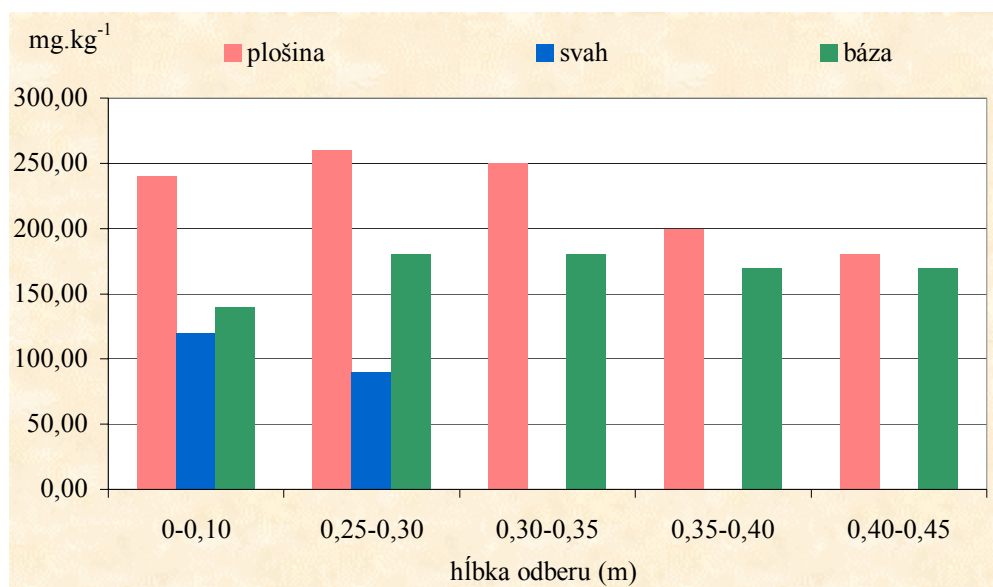
Stredne ťažká (hlinitá, piesčito-hlinitá) pôda záujmovej lokality sa vyvinula na zvetralinách vulkanických hornín (andezitov) čo má vplyv na vyšší podiel prachovej (0,002-0,05 mm) a pieskovej (0,05-2,0 mm) zrnitosti frakcie a nižší obsah ílovej (<0,002 mm) frakcie v celom pôdnom profile. V pôde dominuje piesková a prachová frakcia v rámci celého pôdneho profilu všetkých sledovaných častí erózneho transektu. Pri pomerne nízkom profilovom zastúpení ílovej frakcie sa vplyv erózie na priestorovú heterogenitu jednotlivých zrnitostných frakcií prejavuje nevýrazne (tab. 4).

Podobne ako v prípade erózneho transektu pri Detve aj tu sme stanovili najvyššie koncentrácie prístupného draslíka v pôdnom profile referenčnej časti katény (plošina). Vplyv erózie na zmeny priestorovej distribúcie draslíka v jednotlivých pôdnych profiloch sledovaných častí transektu nebol výrazný (obr. 9). Zaujímavé to však môže byť keď sa na monitorovanú lokalitu vrátíme v druhom cykle sledovania (časová dynamika zmien).

**Tab. 4** Podiel zrnitostných frakcií v jednotlivých pôdnych profiloch častí transektu pri B. Štiavnici

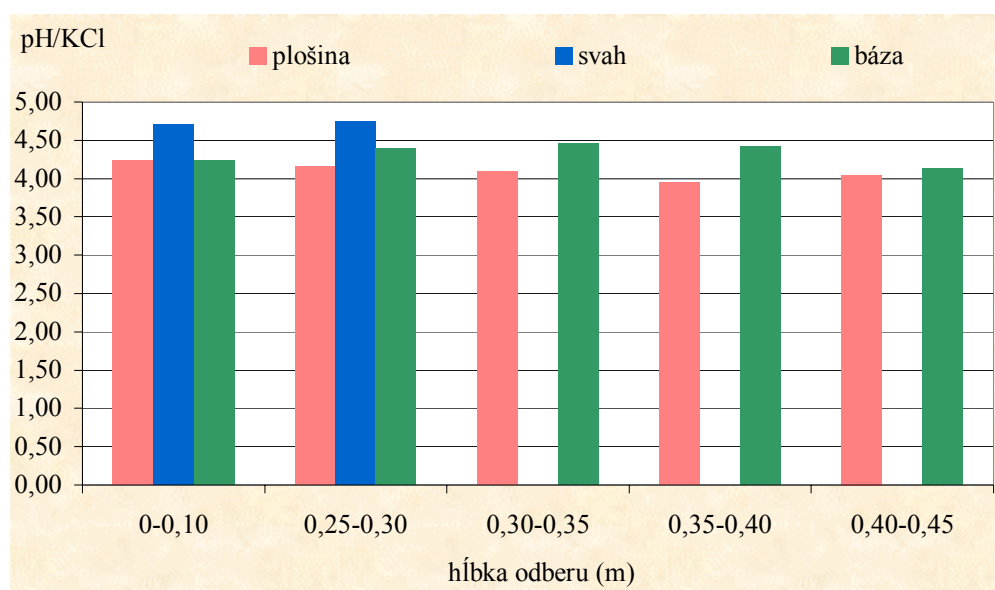
Transekt Trstená	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)				
		2-0,25 mm	0,25-0,05 mm	0,05-0,02 mm	0,02-0,002 mm	< 0,002 mm
plošina	0-0,10	16,23	29,99	11,91	23,75	18,12
	0,25-0,30	15,67	29,83	12,35	25,36	16,79
	0,30-0,35	13,55	31,15	13,09	25,56	16,66
	0,35-0,40	15,37	31,60	13,91	22,66	16,46
	0,40-0,45	17,13	32,40	11,62	22,99	15,86
svah	0-0,10	27,88	30,95	10,53	18,29	12,35
	0,25-0,30	59,06	24,38	5,45	6,82	4,30
báza	0-0,10	26,06	30,65	10,75	21,00	11,53
	0,25-0,30	25,78	29,39	11,77	20,87	12,18
	0,30-0,35	25,60	29,19	12,56	20,87	11,78
	0,35-0,40	26,35	27,00	12,11	22,30	12,24
	0,40-0,45	22,89	26,78	12,11	24,88	13,34

**Obr. 9** Priestorová heterogenita prístupného draslíka v pôde jednotlivých častí transektu pri Banskej Štiavnici



Pôdy na základe výmennej pôdnej reakcie zaraďujeme do kategórie extrémne kyslá čo je ovplyvnené predovšetkým pôdotvorným substrátom, ktorým sú zvetraliny vulkanitov. Hodnota pH sa v celom pôdnom profile jednotlivých častí transektu pohybuje pod hodnotou 4,5 (len s výnimkou eróznej časti kde je hodnota pH mierne nad 4,5). Nevýrazné zmeny v rámci pôdnej reakcie v jednotlivých častiach transektu môžeme pripísať prirodzenej priestorovej variabilite tohto parametra (obr. 10).

Obr. 10 pH/KCl pôdy v jednotlivých častiach transektu pri Banskej Štiavnici



Vyššie hodnoty objemovej hmotnosti, ktoré prekračujú limit zhutnenia pôdy stanovený pre pôdny druh piesčito-hlinitý ( $>1,55 \text{ g.cm}^{-3}$  pri celkovej pórovitosti  $< 42 \text{ obj.}\%$ ) neboli zaznamenané v žiadnej časti monitorovaného územia (tab. 5). Pôda na transekte má vytvorené optimálne podmienky vodného, vzdušného a tepelného režimu (Hanes et al, 1996). Vplyv erózie pôdy na zmenu fyzikálnych vlastností v priestore je v tomto prípade nevýznamný. Vyššie hodnoty objemovej hmotnosti v podornici sú spôsobené tým, že táto časť pôdneho profilu nie je preorávaná.

Tab. 5 Zmeny základných fyzikálnych vlastností pôdy v jednotlivých častiach transektu pri B. Štiavnici

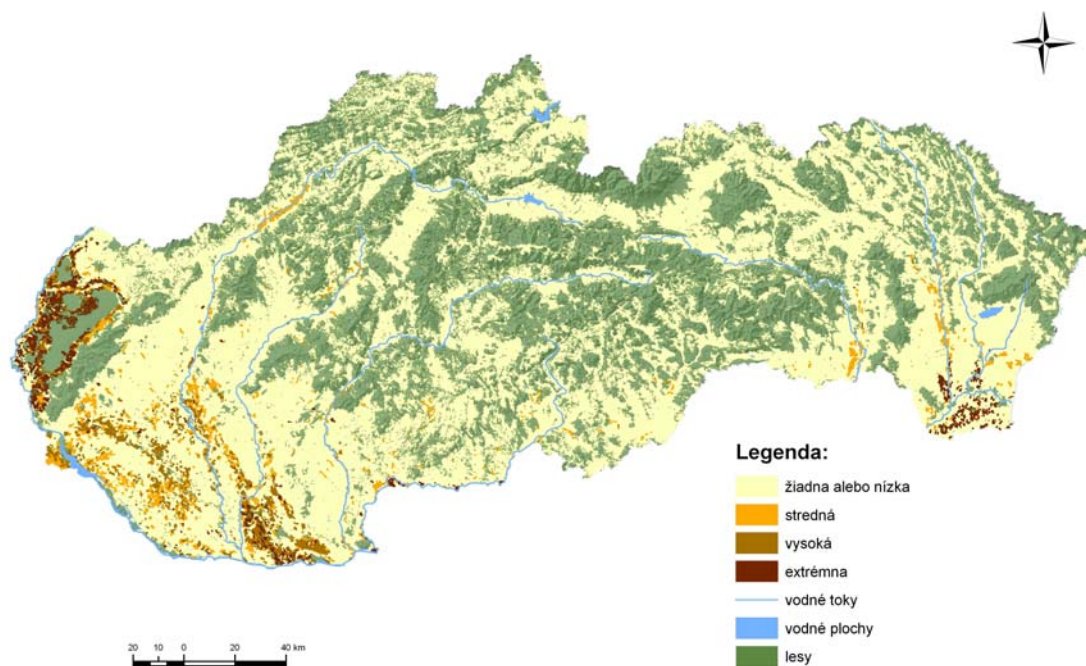
Transekt Detva	Hĺbka m	Objemová hmotnosť ( $\text{g.cm}^{-3}$ )	KN obj. %	PO obj. %	MKK obj. %	RVK obj. %
plošina	0-0,10	1,18	46,70	54,04	38,88	34,56
	0,30-0,35	1,29	45,40	49,85	39,77	36,57
svah	0-0,10	1,12	47,15	56,35	37,50	33,25
	0,30-0,35	-	-	-	-	-
báza	0-0,10	1,06	44,89	58,52	37,01	32,52
	0,30-0,35	1,22	45,78	51,85	39,17	35,72

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

## Veterná erózia

Rozhodujúcim kritériom pri tvorbe mapky ohrozenosti poľnohospodárskej pôdy veternou eróziou boli najmä faktory zrnitosti pôdy, klímy a náchylnosti pôdy k veternej erózii (kódy hlavných pôdnych jednotiek podľa STN 75 45 01). Možno konštatovať, že 6,2 % poľnohospodárskych pôd (z celkovej výmery 2 436 879 ha, štatistická ročenka január 2004) je ohrozených veternou eróziou (Styk, 2005). Jedná sa predovšetkým o ľahké pôdy, ktoré najmä v období keď sú bez vegetačného krytu (v prípade ornej pôdy) sú veľmi náchylné na veternú eróziu.

**Mapa 2.** Potenciálna ohrozenosť poľnohospodárskej pôdy SR veternou eróziou



**Tab. 6** Potenciálna ohrozenosť poľnohospodárskych pôd SR veternou eróziou

Katégorie erodovanosti	Výmera v ha	% z PPF
<b>Žiadna, alebo nízka</b>	2 286 822	93,8
<b>Stredná</b>	73 186	3,0
<b>Vysoká</b>	45 753	1,9
<b>Extrémna</b>	31 118	1,3
<b>Spolu</b>	2 436 879	100

## ZÁVER

Na vyjadrenie potenciálnej ohrozenosti poľnohospodárskych pôd vodnou eróziou sme využili empirický model všeobecnej rovnice straty pôdnej hmoty (USLE) modifikovaný pre podmienky Slovenska v prostredí GIS. V súčasnej dobe je takmer 47,7 % poľnohospodárskej pôdy potenciálne ohrozené vodnou eróziou (rôznej intenzity). Výmera kategórie extrémnej erózie (23,6 %) predstavuje pomerne vysoké číslo, ale musíme do úvahy zobrať skutočnosť, že pri tvorbe mapy sme neuvažovali s faktorom ochranného krytu vegetácie, ktorá má v niektorých prípadoch výrazný protieróznny účinok (najmä TTP v horských a podhorských oblastiach).

Kritériom pri tvorbe mapky potenciálnej ohrozenosti poľnohospodárskej pôdy veternou eróziou boli najmä faktory zrnitosti pôdy, klímy a náchylnosti pôdy k veternej erózii. Možno konštatovať, že 6,2 % poľnohospodárskych pôd je potenciálne ohrozených veternou eróziou. Jedná sa predovšetkým o ľahké pôdy, ktoré najmä v období keď sú bez vegetačného krytu (v prípade ornej pôdy) sú veľmi náchylné na veternú eróziu.

Na záujmových lokalitách pri Detve a Banskej Štiavnici sme v zhode s cieľmi čiastkovej úlohy sledovali negatívny vplyv vodnej erózie na pôdu v priestore (priestorová heterogenita) prejavujúci sa on-site.

Hodnoty aktuálnej straty pôdnej hmoty pre konkrétne podmienky záujmových lokalít sme vypočítali využitím empirického modelu všeobecnej rovnice straty pôdy (USLE). Výsledky potvrdzujú prítomnosť erózo-akumulačných procesov, avšak ich intenzita je v závislosti od konkrétnych podmienok lokality rôzna (v závislosti od množstva a intenzity zrážok, pôdneho typu, reliéfu územia, pestovanej plodiny).

Prekvapivo pomerne nízku hodnotu aktuálnej straty pôdy sme vypočítali pre erózný transekt pri Banskej Štiavnici (15,32 t/ha/rok, kategória stredne ohrozená vodnou eróziou). Prejavil sa tu vplyv pestovanej plodiny (ozimná pšenica), ktorá patrí do kategórie plodín s dobrým protieróznym účinkom. Sledovaním priestorovej aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v pôdnom profile jednotlivých častí eróznej katény môžeme posúdiť tzv. recentnú eróziu (priemerná ročná strata pôdy za obdobie približne 40 rokov). Na základe výpočtu sme dosiahli hodnotu priemernej ročnej straty pôdnej hmoty (resp. akumulácie v báze svahu) 12,61 t/ha/rok. Vypočítaná hodnota bude s najväčšou pravdepodobnosťou vyššia nakoľko aktivita cézia bola stanovená len do hĺbky 0,45 m a priebeh histogramu tohto prvku ukazuje, že cézium bude merateľné s najväčšou pravdepodobnosťou aj hlbšie.

Na záujmovej lokalite pri Detve sme vypočítali (využitím modelu USLE) vyššiu hodnotu aktuálnej straty pôdnej hmoty pre konkrétnu plodinu, ktorou bola kukurica na siláž (68,39 t/ha/rok). Pôda je v tomto prípade extrémne ovplyvnená erózo-akumulačnými procesmi (kategória extrémne ohrozená vodnou eróziou). Recentná erózia, ktorú posudzujeme využitím profilovej distribúcie  $^{137}\text{Cs}$  je v tomto prípade nižšia a predstavuje priemernú ročnú akumuláciu pôdy v báze svahu 30,94 t/ha/rok. Nakoľko ide o priemer za obdobie približne 40 rokov je v tomto prípade vypočítaná hodnota nižšia ako hodnota aktuálnej straty pôdy, ktorá môže byť jeden rok vysoká, ale na druhý môže výrazne poklesnúť (v závislosti od pestovanej plodiny).

Kvantitatívne zmeny prístupného fosforu a humusu v priestore (priestorová diferenciácia) sme zaznamenali na oboch monitorovaných lokalitách. Profilové priebehy sledovaných pôdných parametrov v jednotlivých častiach eróznej katény svedčia o prítomnosti erózo-akumulačných procesov. 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. Nižšie hodnoty obsahu humusu a prístupného fosforu v celom vzorkovanom profile sme namerali v erózných častiach svahov, naopak vyššie hodnoty (až do hĺbky 0,45 m) boli zaznamenané v bázach svahov (akumulačná časť). Svedčí o tom aj hrúbka ornícových humusových horizontov, ktorá je na svahu viditeľne menšia ako v akumuláčnej časti.

Hodnoty výmennej pôdnej reakcie v pôdných profiloch jednotlivých častí transektov sa pohybujú len v malom rozpätí. Pôdy oboch záujmových lokalít sa vyvinuli na zvetralinách vulkanických hornín (andezity). Priebeh pH v rámci profilov sledovaných častí erózných katén sa pohybuje približne na rovnakej úrovni, nevýrazné zmeny pH môžeme skôr pripísať prirodzenej priestorovej variabilite tohto parametra ako vplyvu erózo-akumulačných procesov.

Draslík nepatrí k významným indikátorom vplyvu erózie na pôdu o čom svedčia aj získané výsledky kde v niektorých prípadoch boli jeho hodnoty v profile akumuláčnej časti svahu (báza) nižšie ako v profiloch eróznej a referenčnej časti. Nás predovšetkým zaujíma vývoj prístupného draslíka v čase (časová dynamika), keď sa na záujmové lokality vrátíme po piatich rokoch.

V oboch prípadoch je v pôdach zastúpený vyšší podiel prachovej (0,002-0,05 mm) a pieskovej (0,05-2,0 mm) zrnitostnej frakcie a nižší podiel ílovej (<0,002 mm) frakcie a to v rámci celého pôdneho profilu (vplyv pôdotvorného substrátu). Pri pomerne nízkom profilovom zastúpení ílovej frakcie sme nepozorovali výrazný vplyv erózie na priestorovú heterogenitu zrnitostných frakcií v pôdnych profiloch jednotlivých častiach erózneho transektu (pôdna hmota translokovaná z eróznej časti svahu pravdepodobne obsahuje všetky zrnitostné frakcie nie len tie ľahšie). Táto skutočnosť sa prejavila aj v nevýrazných zmenách fyzikálnych vlastností v rámci transektu. Vyššie hodnoty objemovej hmotnosti namerané v podornici sú spôsobené nepreorávaním tejto časti pôdneho profilu.

## ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- Fiala, K. et al.: Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – Pôda. VÚPOP Bratislava, 1999, 142 s.
- Fulajtár, E., Janský, L.: Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana. VÚPOP Bratislava, 2001, 310 s.
- Hanes, J., Zaujec, A., Sisák, P., Linkeš, V., Mucha, V., Čurlík, J.: Pedológia, SPU Nitra, 1996, 119 s.
- Kolektív autorov: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. VÚPOP Bratislava, 2000, 76 s.
- Kolektív autorov: Atlas krajiny Slovenskej republiky, Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava, 2002, 342 s.
- Kosil, V. et al.: Půdoznalství I. II. SPN Praha, 1973
- 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
- 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 (t.č. v tlači)
- Styk, J., Pálka, B.: Potenciálna ohrozenosť poľnohospodárskych pôd SR vodnou eróziou vyhodnotená využitím empirického modelu USLE. In: Sobocká, J. et al.: Zborník referátov zo VII. zjazdu a valného zhromaždenia Slovenskej spoločnosti pre poľnohospodárske, lesnícke, potravinárske a veterinárske vedy pri SAV (pedologická sekcia). VÚPOP, Bratislava (t.č. v tlači)
- 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
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D.: Predicting rainfall erosion losses – Guide to conservation planning, Agricultural Handbook 537, USDA, 1978

## **SUBSYSTEM**

### **PLOŠNÝ PRIESKUM KONTAMINÁCIE POĽNOHOSPODÁRSKYCH PÔD (STAV OD 15.11. 2004 DO 15.11 2005)**

**Organizácia:** Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky,  
Bratislava

**Zodpovedný riešiteľ:** Ing. Juliana Schlosserová, CSc.  
Ing. Gabriela Tóthová





## PLOŠNÝ PRIESKUM KONTAMINÁCIE PÔD ZA ROK 2005

Plošný prieskum kontaminácie poľnohospodárskej pôdy v SR v roku 2005 na obsahy kontaminujúcich látok je piatym (posledným) rokom v III. cykle, ktorý začal v roku 2001. Jedná sa o subsystém ČMS-Pôda a je priamo prepojený so systémom agrochemického skúšania pôd tým, že využíva organizovaný odber pôdnych vzoriek. Sledovanie obsahov kontaminujúcich látok sa robí vo vybraných katastrálnych územiach. Tieto výbery sa robia na základe doteraz zistených zvýšených obsahov kontaminujúcich látok, ktoré boli preukázané analýzami pôd v rámci I. a II. cyklu PPKP. Z dôvodov kompletnosti sú do súboru zaradené aj výsledky analýz pôd z katastrálnych území zaradených do KCM (Koordinovaného cieľného monitoringu), kde sa sledujú vybrané parametre Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, As a niektoré doplňujúce parametre podľa požiadaviek koordinačného centra.

**Predkladaná ročná správa** a výsledky reprezentujú stav vykonaných prác k **15. 11. 2005**. Celkovo sa za obdobie od 15. 11. 2004 – 15. 11. 2005 analyzovalo **1512 pôdnych vzoriek** na anorganické a organické kontaminanty v rámci PPKP 2001, PPKP 2002, PPKP 2003 a PPKP 2004 s **počtom analýz 13799**.

Dokončili sa analýzy pôdnych vzoriek z vybraných katastrálnych území, ktoré boli zaradené do PPKP 2001, PPKP 2002 a PPKP 2003. **Za rok 2001** sa doplnili analýzy o 26 vzoriek na obsah PAU, čím sa vykonalo 416 analýz. (Tab. č. 1 – 3).

**Za rok 2002** sa dokončili analýzy na obsah PCB. V 309 pôdnych vzorkách, v 6 vybraných okresoch sa sledovalo 8 parametrov PCB, čo predstavuje 2472 analýz. Všetky sledované parametre boli pod limitnou hodnotou. Výsledky v požadovanom členení sú spracované v tab. č. 4 – 6.

V rámci **PPKP 2003** sa ukončili analýzy na obsahy anorganických a organických kontaminantov. Na obsah ťažkých kovov sa analyzovalo 237 pôdnych vzoriek z 18 poľnohospodárskych podnikoch, čo predstavovalo 750 analýz a na obsah organických kontaminantov sa sledovalo 270 pôdnych vzoriek z 23 poľnohospodárskych podnikoch, čo predstavovalo 2702 analýz na PAU, 1416 analýz na PCB a 252 analýz na chlórované uhľovodíky. (Tab. č. 7) Prehľad kontrolovanej rozlohy poľnohospodárskej pôdy, počty honov a parametrov uvádzame v tab. č. 8. Analyzovaných 404 pôdnych vzoriek reprezentuje rozlohu 19848,0 ha o počte 392 honov. Z uvedenej kontrolovanej rozlohy bolo 468,0 ha nadlimitných, čo predstavuje 13 honov. Hodnoty sledovaných parametrov v členení podľa okresov sú uvedené v tab. č. 9. V tab. č. 10 sú uvedené nadlimitné obsahy jednotlivých parametrov v členení podľa okresov.

V rámci **PPKP 2004** sa analyzovalo 773 pôdnych vzoriek v západoslovenskom a stredoslovenskom regióne, pričom celkový počet analýz na obsahy ťažkých kovov (Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Pb) a organických kontaminantov (PAU, PCB) bol 5791 (tab. č.11). Sledované kontaminanty boli kontrolované v 55 poľnohospodárskych podnikoch, v 37 vybraných okresoch, čo predstavuje 42285,0 ha poľnohospodárskej pôdy o počte honov 763. Z tejto kontrolovanej výmery pôdy bolo 939,0 ha nadlimitných, čo predstavuje 23 honov. Výsledky sú spracované v tabuľkách č.12 až č. 14. Analýzy pôdnych vzoriek na anorganické kontaminanty ešte pokračujú.

**Limitné hodnoty sledovaných parametrov pre pôdu ( $\text{mg.kg}^{-1}$  suchej hmoty) podľa rozhodnutia MP SR č. 531/1994-540**

<b>Parameter</b>	<b>Limit</b>	<b>Parameter</b>	<b>Limit</b>
Fluór	5,0	Kadmium	0,30
Chróm	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

**Prehľad počtu vzoriek a vykonaných analýz v rámci PPKP 2001 - odberový rok 2000**  
(od 15. 11. 2004 - 15. 11.2005)

**Tab. 1**

Počet		Počet nadlimitných		Parametre	
analýz	vzoriek	analýz	vzoriek	kód	názov
26	26	0	0	54301	Suma PAU
26	26	0	0	54302	Fluoranten
26	26	0	0	54303	Benzo(a)pyren
26	26	0	0	54304	Naftalen
26	26	0	0	54305	Acenaftylen
26	26	0	0	54306	Acenaften
26	26	0	0	54307	Fluoren
26	26	0	0	54308	Fenantren
26	26	0	0	54309	Antracén
26	26	0	0	54310	Pyren
26	26	0	0	54311	Benzo(a)antracén
26	26	0	0	54312	Chrysen
26	26	0	0	54313	Benzo(b)fluoranten
26	26	0	0	54314	Benzo(k)fluoranten
26	26	0	0	54315	Dibenzo(a,h)antracén
26	26	0	0	54316	Benzo(g,h,i)perylene
<b>416</b>	<b>26</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>Spolu</b>	

**Prehľad kontrolovanej rozlohy, počtu honov, parametrov v rámci PPKP 2001 - odberový rok 2000**  
(od 15. 11. 2004 - 15. 11. 2005)

**Tab. 2**

Agis	Názov okresu	Kontrolované hony		Sledované parametre	Nadlimitné hony		Nadlimitné parametre
		ha	počty		ha	počty	
507	Námestovo	430,0	26	PAU	-	-	-
<b>Spolu</b>		430,0	26		-	-	

**Hodnoty sledovaných parametrov v mg/kg v pôde v rámci PPKP 2001 - odberový rok 2000**  
(od 15. 11. 2004 - 15. 11. 2005)

**Tab. 3**

Agis	Názov okresu	Suma PAU			Fluoranten			Benzo(a)pyren		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
507	Námestovo	0,01934	0,16430	1,35600	0,00509	0,02829	0,25400	0,00021	0,00679	0,09320

Agis	Názov okresu	Naftalen			Acenaftylen			Acenaften		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
507	Námestovo	0,00610	0,01189	0,01750	0,00115	0,02582	0,05340	0,00700	0,00700	0,00700

Agis	Názov okresu	Fluoren			Fenantren			Antracen		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
507	Námestovo	0,00200	0,00200	0,00200	0,00033	0,00622	0,03920	0,00017	0,00048	0,00419

Agis	Názov okresu	Pyren			Benzo(a)antracen			Chrysen		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
507	Námestovo	0,00230	0,02159	0,20700	0,00105	0,01349	0,13300	0,00900	0,01372	0,14990

Agis	Názov okresu	Benzo(b)fluoranten			Benzo(k)fluoranten			Dibenzo(a,h)antracen		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
507	Námestovo	0,00160	0,01688	0,19800	0,00040	0,00510	0,06010	0,00025	0,00262	0,03840

Agis	Názov okresu	Benzo(g,h,i)perylene		
		min.	priem.	max.
507	Námestovo	0,00131	0,01201	0,13200

**Prehľad počtu vzoriek a vykonaných analýz v rámci PPKP 2002 - odberový rok 2001**  
(od 15. 11. 2004 - 15. 11. 2005)

**Tab. 4**

Počet		Počet nadlimitných		Parametre	
analýz	vzoriek	analýz	vzoriek	kód	názov
309	309	0	0	55190	Suma PCB
309	309	0	0	55195	PCB 28
309	309	0	0	55201	PCB 52
309	309	0	0	55208	PCB 101
309	309	0	0	55211	PCB 118
309	309	0	0	55220	PCB 138
309	309	0	0	55221	PCB 153
309	309	0	0	55303	PCB 180
<b>2472</b>	<b>309</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>Spolu</b>	

**Prehľad kontrolovanej rozlohy, počtu honov, parametrov v rámci PPKP 2002 - odberový rok 2001**  
(od 15. 11. 2004 - 15. 11. 2005)

**Tab. 5**

Agis	Názov okresu	Kontrolované hony		Sledované parametre	Nadlimitné hony		Nadlimitné parametre
		ha	počty		ha	počty	
307	Prievidza	2449,0	124	PCB	-	-	-
401	Komárno	681,0	21	PCB	-	-	-
402	Levice	928,0	13	PCB	-	-	-
506	Martin	806,0	34	PCB	-	-	-
610	Veľký Krtíš	1867,0	89	PCB	-	-	-
702	Humenné	733,0	19	PCB	-	-	-
<b>Spolu</b>		7464,0	300		-	-	

**Hodnoty sledovaných parametrov v mg/kg v pôde v rámci PPKP 2002 - odberový rok 2001**  
(od 15. 11. 2004 - 15. 11. 2005)

**Tab. 6**

Agis	Názov okresu	Suma PCB			PCB 28			PCB 52		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
401	Komárno	0,04900	0,04900	0,04900	0,04400	0,04400	0,04400	0,03650	0,03650	0,03650
402	Levice	0,04900	0,04900	0,04900	0,04400	0,04400	0,04400	0,03650	0,03650	0,03650
506	Martin	0,04900	0,04900	0,04900	0,04400	0,04400	0,04400	0,03650	0,03650	0,03650
307	Prievidza	0,04900	0,08141	0,57510	0,04400	0,07641	0,57510	0,03650	0,03650	0,03650
610	Veľký Krtíš	0,04900	0,05112	0,24000	0,04400	0,04618	0,24000	0,03650	0,03650	0,03650
702	Humenné	0,04900	0,18039	0,94944	0,04400	0,17821	0,94944	0,03650	0,03650	0,03650

Agis	Názov okresu	PCB 101			PCB 118			PCB 138		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
401	Komárno	0,04200	0,04200	0,04200	0,03750	0,03750	0,03750	0,04900	0,04900	0,04900
402	Levice	0,04200	0,04200	0,04200	0,03750	0,03750	0,03750	0,04900	0,04900	0,04900
506	Martin	0,04200	0,04200	0,04200	0,03750	0,03750	0,03750	0,04900	0,04900	0,04900
307	Prievidza	0,04200	0,04200	0,04200	0,03750	0,03750	0,03750	0,04900	0,04900	0,04900
610	Veľký Krtíš	0,04200	0,04200	0,04200	0,03750	0,03750	0,03750	0,04900	0,04900	0,04900
702	Humenné	0,04200	0,04200	0,04200	0,03750	0,03750	0,03750	0,04900	0,04900	0,04900

Agis	Názov okresu	PCB 153			PCB 180		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
401	Komárno	0,04550	0,04550	0,04550	0,01600	0,01600	0,01600
402	Levice	0,04550	0,04550	0,04550	0,01600	0,01600	0,01600
506	Martin	0,04550	0,04550	0,04550	0,01600	0,01600	0,01600
307	Prievidza	0,04550	0,04550	0,04550	0,01600	0,01600	0,01600
610	Veľký Krtíš	0,04550	0,04550	0,04550	0,01600	0,01600	0,01600
702	Humenné	0,04550	0,04550	0,04550	0,01600	0,01600	0,01600

**Prehľad počtu vzoriek a vykonaných analýz v rámci PPKP 2003 - odberový rok 2002**  
(od 15. 11. 2004 - 15. 11.2005)

**Tab. 7**

Počet		Počet nadlimitných		Parametre	
analýz	vzoriek	analýz	vzoriek	kód	názov
268	268	0	0	54112	Horčík
268	268	0	0	54115	Fosfor
268	268	11	11	54119	Draslík
87	87	0	0	54124	Chróom
37	37	0	0	54128	Nikel
99	99	6	6	54130	Meď
158	158	0	0	54130	Zinok
19	19	0	0	54133	Arzén
175	175	2	2	54148	Kadmium
89	89	10	10	54180	Ortuť
86	86	1	1	54182	Olovo
268	268	0	0	54998	Rozloha honu
268	268	0	0	54999	pH
193	193	0	0	54301	Suma PAU
193	193	0	0	54302	Fluoranten
193	193	0	0	54303	Benzo(a)pyren
193	193	0	0	54304	Naftalen
193	193	0	0	54305	Acenaftylen
193	193	0	0	54306	Acenaften
193	193	0	0	54307	Fluoren
193	193	0	0	54308	Fenantren
193	193	0	0	54309	Antracen
193	193	0	0	54310	Pyren
193	193	0	0	54311	Benzo(a)antracen
193	193	0	0	54312	Chrysen
193	193	0	0	54315	Dibenzo(a,h)antracen
193	193	0	0	54316	Benzo(g,h,i)perylene
177	177	0	0	55190	Suma PCB
177	177	0	0	55195	PCB 28
177	177	0	0	55201	PCB 52
177	177	0	0	55208	PCB 101
177	177	0	0	55211	PCB 118
177	177	0	0	55220	PCB 138
177	177	0	0	55221	PCB 153
177	177	0	0	55303	PCB 180
21	21	0	0	58318	Suma CLRH
21	21	0	0	58302	DDT
21	21	0	0	58304	DDE
21	21	0	0	58305	DDD
21	21	0	0	58306	Alfa HCH
21	21	0	0	58307	Beta HCH
21	21	0	0	58308	Gama HCH
21	21	0	0	58312	Heptachlór
21	21	0	0	58313	Heptachlór - epoxid
21	21	0	0	58314	Endrin

Tab. 7 (pokračovanie)

21	21	0	0	58315	Dieldrín
21	21	0	0	58316	Aldrin
<b>6460</b>	<b>404</b>	<b>30</b>	<b>24</b>	<b>Spolu</b>	

Prehľad kontrolovanej rozlohy, počtu honov, parametrov v rámci PPKP 2003 - odberový rok 2002  
(od 15. 11. 2004 - 15. 11. 2005)

Tab. 8

Agis	Názov okresu	Kontrolované hony		Sledované parametre	Nadlimitné hony		Nadlimitné parametre
		ha	počty		ha	počty	
105	Bratislava V	3160,0	33	PCB,PAU	-	-	
106	Malacky	478,0	14	Ni,Cu,Zn,PCB,PAU	-	-	
205	Senica	1522,0	35	Cu,Zn,PCB,PAU	-	-	
307	Prievidza	632,0	16	Cr,As,Zn,Cd,Hg,Pb	-	-	
309	Trenčín	347,0	12	PCB,PAU	-	-	
402	Levice	400,0	8	As,Cu,Zn,Cd,Hg,Pb	-	-	
404	Nové Zámky	3596,0	47	Cu,Zn,Cd,Hg,Pb,PCB,PAU	367,0	10	Cu,Cd,Hg
502	Čadca	133,0	6	PAU	-	-	
503	Dolný Kubín	370,0	22	Cr,Ni,Cd	-	-	
507	Námestovo	933,0	30	Cr,Zn,Cd	15,0	1	Cd
605	Krupina	637,0	12	Zn,Cd,Pb	30,0	1	Pb
701	Bardejov	483,0	13	Cr	-	-	
703	Kežmarok	420,0	13	Cr,Cd,PCB	-	-	
704	Levoča	689,0	13	PAU	-	-	
706	Poprad	357,0	7	Cd,Hg,Pb	-	-	
707	Prešov	138,0	4	PAU	-	-	
708	Sabinov	133,0	6	Cd,Hg	-	-	
709	Snina	249,0	7	PCB	-	-	
710	Stará Ľubovňa	101,0	4	Cd	-	-	
713	Vranov nad Topľou	387,0	11	Ni,Cd,chlór.uhľ.	-	-	
806	Košice - okolie	917,0	16	Cu,Zn,Hg,PAU	56,0	1	Hg
807	Michalovce	1937,0	30	PCB,PAU	-	-	
809	Sobrance	1035,0	18	Cd,chlór.uhľ.	-	-	
810	Spišská Nová Ves	794,0	15	PAU	-	-	
<b>Spolu</b>		<b>19848,0</b>	<b>392</b>		<b>468,0</b>	<b>13</b>	

**Hodnoty sledovaných parametrov v mg/kg v pôde v rámci PPKP 2003 - odberový rok 2002**

(od 15. 11. 2004 - 15. 11. 2005)

**Tab. 9**

Agis	Názov okresu	pH			Chróm			Nikel		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
105	Bratislava V	7,3	7,5	7,6	-	-	-	-	-	-
106	Malacky	4,8	5,8	7,0	-	-	-	0,8	1,2	1,8
205	Senica	5,2	6,8	7,5	-	-	-	-	-	-
307	Prievidza	4,0	5,6	6,7	0,5	0,6	0,9	-	-	-
309	Trenčín	5,2	6,6	7,2	-	-	-	-	-	-
402	Levice	5,0	6,0	6,8	-	-	-	-	-	-
404	Nové Zámky	5,0	6,6	7,5	-	-	-	-	-	-
502	Čadca	3,9	4,9	6,5	-	-	-	-	-	-
503	Dolný Kubín	4,4	5,7	7,0	0,5	1,2	3,2	0,5	1,2	3,4
507	Námestovo	4,6	5,9	6,8	0,6	1,4	2,9	-	-	-
605	Krupina	4,3	5,4	6,5	-	-	-	-	-	-
701	Bardejov	4,3	6,2	7,2	0,9	1,6	2,8	-	-	-
703	Kežmarok	3,9	5,7	7,0	0,7	0,9	1,1	-	-	-
704	Levoča	4,2	5,2	6,3	-	-	-	-	-	-
706	Poprad	4,8	6,1	7,0	-	-	-	-	-	-
707	Prešov	5,6	6,7	7,3	-	-	-	-	-	-
708	Sabinov	6,1	6,7	7,1	-	-	-	-	-	-
709	Snina	3,8	5,3	7,0	-	-	-	-	-	-
710	Stará Ľubovňa	5,5	6,1	7,1	-	-	-	-	-	-
713	Vranov nad Topľou	5,1	5,9	6,6	-	-	-	1,1	2,7	3,9
806	Košice - okolie	5,0	6,2	7,2	-	-	-	-	-	-
807	Michalovce	4,5	6,2	7,4	-	-	-	-	-	-
809	Sobrance	4,7	6,0	7,1	-	-	-	-	-	-
810	Spišská Nová Ves	4,6	6,4	7,3	-	-	-	-	-	-

Agis	Názov okresu	Meď			Zinok			Arzén		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
106	Malacky	1,7	2,3	3,3	2,2	2,8	3,6	-	-	-
205	Senica	1,4	3,6	9,6	2,3	6,5	20,6	-	-	-
307	Prievidza	-	-	-	1,6	3,1	5,6	< 2,0	< 2,0	< 2,0
402	Levice	3,6	4,2	5,2	2,4	2,9	3,4	< 2,0	< 2,0	< 2,0
404	Nové Zámky	3,0	10,2	27,0	2,2	10,3	26,0	-	-	-
507	Námestovo	-	-	-	1,8	4,4	21,2	-	-	-
605	Krupina	-	-	-	2,0	3,4	8,7	-	-	-
806	Košice - okolie	1,5	4,2	9,1	1,7	3,3	5,6	-	-	-



Tab. 9 (pokračovanie)

Agis	Názov okresu	Kadmium			Ortuť			Olovo		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
307	Prievidza	< 0,05	0,10	0,21	0,030	0,057	0,080	3,9	8,2	13,6
402	Levice	0,05	0,07	0,09	0,051	0,061	0,072	3,9	4,5	5,3
404	Nové Zámky	0,05	0,14	0,32	0,036	0,175	0,791	2,9	10,1	24,9
503	Dolný Kubín	0,06	0,10	0,16	-	-	-	-	-	-
507	Námestovo	0,07	0,13	0,35	-	-	-	-	-	-
605	Krupina	< 0,05	0,06	0,07	-	-	-	3,3	7,8	47,0
703	Kežmarok	0,07	0,14	0,26	-	-	-	-	-	-
706	Poprad	0,06	0,09	0,16	0,051	0,069	0,093	3,3	4,7	8,9
708	Sabinov	0,1	0,15	0,21	0,088	0,102	0,125	-	-	-
710	Stará Ľubovňa	0,09	0,15	0,25	-	-	-	-	-	-
713	Vranov nad Topľou	< 0,05	0,07	0,09	-	-	-	-	-	-
806	Košice - okolie	-	-	-	0,054	0,105	0,488	-	-	-
809	Sobrance	< 0,05	0,07	0,1	-	-	-	-	-	-

Agis	Názov okresu	DDT			DDE			DDD		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
713	Vranov nad Topľou	0,00794	0,00794	0,00794	0,00273	0,00273	0,00273	0,00595	0,00595	0,00595
809	Sobrance	0,00794	0,00794	0,00794	0,00273	0,00273	0,00273	0,00595	0,00595	0,00595

Agis	Názov okresu	Alfa HCH			Beta HCH			Gama HCH		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
713	Vranov nad Topľou	0,00027	0,00027	0,00027	0,00167	0,00167	0,00167	0,00034	0,00034	0,00034
809	Sobrance	0,00027	0,00027	0,00027	0,00167	0,00167	0,00167	0,00034	0,00034	0,00034

Agis	Názov okresu	Heptachlor			Heptachlor epoxide			Endrin		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
713	Vranov nad Topľou	0,00047	0,00047	0,00047	0,00190	0,00190	0,00190	0,00678	0,00678	0,00678
809	Sobrance	0,00047	0,00047	0,00047	0,00190	0,00190	0,00190	0,00678	0,00678	0,00678

Agis	Názov okresu	Dieldrin			Aldrin			Suma CLRH		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
713	Vranov nad Topľou	0,00309	0,00309	0,00309	0,00097	0,00097	0,00097	0,00794	0,00794	0,00794
809	Sobrance	0,00309	0,00309	0,00309	0,00097	0,00097	0,00097	0,00794	0,00794	0,00794

Agis	Názov okresu	Suma PAU			Fluoranten			Benzo(a)pyren		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
105	Bratislava V	0,00011	0,00011	0,00011	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
106	Malacky	0,00011	0,00011	0,00011	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
205	Senica	0,00011	0,01548	0,53803	0,00002	0,00574	0,20006	0,00001	0,00001	0,00001
309	Trenčín	0,00011	0,00011	0,00011	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
404	Nové Zámky	0,00011	0,00011	0,00011	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
502	Čadca	0,00011	0,01319	0,07861	0,00002	0,01312	0,07861	0,00001	0,00001	0,00001
704	Levoča	0,00011	0,00011	0,00011	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
707	Prešov	0,00011	0,00011	0,00011	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
806	Košice - okolie	0,00011	0,00011	0,00011	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
807	Michalovce	0,00011	0,00011	0,00011	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
810	Spišská Nová Ves	0,00011	0,01418	0,21118	0,00002	0,00746	0,11156	0,00001	0,00001	0,00001

Tab. 9 (pokračovanie)

Agis	Názov okresu	Naftalen			Acenaftýlen			Acenaften		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
105	Bratislava V	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
106	Malacky	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
205	Senica	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
309	Trenčín	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
404	Nové Zámky	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
502	Čadca	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
704	Levoča	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
707	Prešov	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
806	Košice - okolie	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
807	Michalovce	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
810	Spišská Nová Ves	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005

Agis	Názov okresu	Fluoren			Fenantren			Antracen		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
105	Bratislava V	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
106	Malacky	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
205	Senica	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00253	0,08820	0,00001	0,00293	0,10233
309	Trenčín	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
404	Nové Zámky	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
502	Čadca	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
704	Levoča	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
707	Prešov	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
806	Košice - okolie	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
807	Michalovce	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
810	Spišská Nová Ves	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001

Agis	Názov okresu	Pyren			Benzo(a)antracen			Chrysen		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
105	Bratislava V	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
106	Malacky	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
205	Senica	0,00001	0,00422	0,14744	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
309	Trenčín	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
404	Nové Zámky	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
502	Čadca	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
704	Levoča	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
707	Prešov	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
806	Košice - okolie	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
807	Michalovce	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
810	Spišská Nová Ves	0,00001	0,00665	0,09962	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001

Tab. 9 (pokračovanie)

Agis	Názov okresu	Dibenzo(a,h)antracén			Benzo(g,h,i)perylene		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
105	Bratislava V	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011
106	Malacky	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011
205	Senica	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011
309	Trenčín	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011
404	Nové Zámky	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011
502	Čadca	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011
704	Levoča	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011
707	Prešov	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011
806	Košice - okolie	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011
807	Michalovce	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011
810	Spíšská Nová Ves	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011

Agis	Názov okresu	Suma PCB			PCB 28			PCB 52		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
105	Bratislava V	0,049	0,049	0,049	0,044	0,044	0,044	0,0365	0,0365	0,0365
106	Malacky	0,049	0,049	0,049	0,044	0,044	0,044	0,0365	0,0365	0,0365
205	Senica	0,049	0,049	0,049	0,044	0,044	0,044	0,0365	0,0365	0,0365
309	Trenčín	0,049	0,049	0,049	0,044	0,044	0,044	0,0365	0,0365	0,0365
404	Nové Zámky	0,049	0,049	0,049	0,044	0,044	0,044	0,0365	0,0365	0,0365
703	Kežmarok	0,049	0,049	0,049	0,044	0,044	0,044	0,0365	0,0365	0,0365
709	Snina	0,049	0,049	0,049	0,044	0,044	0,044	0,0365	0,0365	0,0365
807	Michalovce	0,049	0,049	0,049	0,044	0,044	0,044	0,0365	0,0365	0,0365

Agis	Názov okresu	PCB 101			PCB 118			PCB 138		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
105	Bratislava V	0,042	0,042	0,042	0,0375	0,0375	0,0375	0,049	0,049	0,049
106	Malacky	0,042	0,042	0,042	0,0375	0,0375	0,0375	0,049	0,049	0,049
205	Senica	0,042	0,042	0,042	0,0375	0,0375	0,0375	0,049	0,049	0,049
309	Trenčín	0,042	0,042	0,042	0,0375	0,0375	0,0375	0,049	0,049	0,049
404	Nové Zámky	0,042	0,042	0,042	0,0375	0,0375	0,0375	0,049	0,049	0,049
703	Kežmarok	0,042	0,042	0,042	0,0375	0,0375	0,0375	0,049	0,049	0,049
709	Snina	0,042	0,042	0,042	0,0375	0,0375	0,0375	0,049	0,049	0,049
807	Michalovce	0,042	0,042	0,042	0,0375	0,0375	0,0375	0,049	0,049	0,049

Agis	Názov okresu	PCB 153			PCB 180		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
105	Bratislava V	0,0455	0,0455	0,0455	0,016	0,016	0,016
106	Malacky	0,0455	0,0455	0,0455	0,016	0,016	0,016
205	Senica	0,0455	0,0455	0,0455	0,016	0,016	0,016
309	Trenčín	0,0455	0,0455	0,0455	0,016	0,016	0,016
404	Nové Zámky	0,0455	0,0455	0,0455	0,016	0,016	0,016
703	Kežmarok	0,0455	0,0455	0,0455	0,016	0,016	0,016
709	Snina	0,0455	0,0455	0,0455	0,016	0,016	0,016
807	Michalovce	0,0455	0,0455	0,0455	0,016	0,016	0,016

**Prehľad nadlimitných parametrov v mg/kg v jednotlivých okresoch v rámci PPKP 2003 - odberový rok 2002**

(od 15. 11. 2004 - 15. 11. 2005)

**Tab. 10**

Agis	Názov okresu	Meď			Kadmium			Ortuť		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
404	Nové Zámky	21,4	24,2	27,0	0,32	0,32	0,32	0,307	0,464	0,791
507	Námestovo	-	-	-	0,35	0,35	0,35	-	-	-
806	Košice - okolie	-	-	-	-	-	-	0,488	0,488	0,488

Agis	Názov okresu	Olovo		
		min.	priem.	max.
605	Krupina	47,0	47,0	47,0

**Prehľad počtu vzoriek a vykonaných analýz v rámci PPKP 2004 - odberový rok 2003**  
(od 15. 11. 2004 - 15. 11.2005)

**Tab. 11**

Počet		Počet nadlimitných		Parametre	
analýz	vzoriek	analýz	vzoriek	kód	názov
773	773	0	0	54112	Horčík
773	773	0	0	54115	Fosfor
773	773	100	100	54119	Draslík
697	697	0	0	54124	Chróom
697	697	1	1	54128	Nikel
94	94	1	1	54130	Meď
127	127	6	6	54130	Zinok
696	696	0	0	54133	Arzén
697	697	15	15	54148	Kadmium
504	504	2	2	54180	Ortuť
697	697	0	0	54182	Olovo
767	767	0	0	54998	Rozloha honu
773	773	0	0	54999	pH
93	93	0	0	54301	Suma PAU
93	93	0	0	54302	Fluoranten
93	93	0	0	54303	Benzo(a)pyren
93	93	0	0	54304	Naftalen
93	93	0	0	54305	Acenaftylen
93	93	0	0	54306	Acenaften
93	93	0	0	54307	Fluoren
93	93	0	0	54308	Fenantren
93	93	0	0	54309	Antracen
93	93	0	0	54310	Pyren
93	93	0	0	54311	Benzo(a)antracen
93	93	0	0	54312	Chrysen
93	93	0	0	54315	Dibenzo(a,h)antracen
93	93	0	0	54316	Benzo(g,h,i)perylene
35	35	0	0	55190	Suma PCB
35	35	0	0	55195	PCB 28
35	35	0	0	55201	PCB 52
35	35	0	0	55208	PCB 101
35	35	0	0	55211	PCB 118
35	35	0	0	55220	PCB 138
35	35	0	0	55221	PCB 153
35	35	0	0	55303	PCB 180
<b>9650</b>	<b>773</b>	<b>125</b>	<b>120</b>	<b>Spolu</b>	

**Prehľad kontrolovanej rozlohy, počtu honov, parametrov v rámci PPKP 2004 - odberový rok 2003**  
(od 15. 11. 2004 - 15. 11. 2005)

**Tab. 12**

Agis	Názov okresu	Kontrolované hony		Sledované parametre	Nadlimitné hony		Nadlimitné parametre
		ha	počty		ha	počty	
102	Bratislava II	98,0	5	PAU	-	-	-
107	Pezinok	735,0	11	Cr,Ni,As,Cu,Zn,Cd,Hg,Pb	40,0	1	Zn
108	Senec	875,0	10	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
201	Dunajská Streda	1273,0	23	Cr,Ni,As,Cu,Zn,Cd,Hg,Pb	235,0	5	Zn
202	Galanta	1910,0	28	Cr,Ni,As,Cu,Zn,Cd,Hg,Pb	27,0	1	Cu
205	Senica	3715,0	46	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
207	Trnava	5148,0	69	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
302	Ilava	778,0	24	Cr,Ni,As,Cd,Pb	-	-	-
303	Myjava	1159,0	23	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
304	Nové Mesto nad Váhom	1802,0	42	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
306	Považská Bystrica	105,0	4	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
307	Prievidza	411,0	15	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
309	Trenčín	868,0	23	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,PCB,PAU	-	-	-
401	Komárno	5546,0	63	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,PAU	104,0	1	Cd
402	Levice	2263,0	33	Cr,Ni,As,Zn,Cd,Hg,Pb	-	-	-
404	Nové Zámky	1806,0	16	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
405	Šaľa	4047,0	45	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
501	Bytča	399,0	20	Cr,Ni,As,Cd,Pb	-	-	-
503	Dolný Kubín	166,0	4	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
505	Liptovský Mikuláš	1264,0	41	Cr,Ni,As,Cd,Pb	40,0	2	Cd
508	Ružomberok	112,0	4	Cr,Ni,As,Cd,Pb	22,0	1	Cd
509	Turčianske Teplice	671,0	19	Cr,Ni,As,Cd,Pb	67,0	2	Ni,Cd
510	Tvrdošín	1170,0	29	Cr,Ni,As,Cu,Zn,Cd,Hg,Pb	-	-	-
511	Žilina	562,0	21	Cr,Ni,As,Cd,Pb	59,0	2	Cd
601	Banská Bystrica	528,0	17	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,PAU	126,0	3	Cd,Hg
602	Banská Štiavnica	322,0	13	Cr,Ni,As,Cd,Pb,PAU	-	-	-
603	Brezno	229,0	6	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	219,0	5	Cd
604	Detva	59,0	4	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
605	Krupina	492,0	16	Cr,Ni,As,Cd,Pb	-	-	-
606	Lučenec	1026,0	30	Cr,Ni,As,Cd,Pb	-	-	-
607	Poltár	68,0	3	Cr,Ni,As,Cd,Pb	-	-	-
609	Rimavská Sobota	72,0	3	Cr,Ni,As,Cd,Pb	-	-	-
610	Veľký Krtíš	751,0	14	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
611	Zvolen	127,0	6	Cr,Ni,As,Cd,Pb	-	-	-
704	Levoča	309,0	6	PAU	-	-	-
806	Košice - okolie	502,0	10	PAU	-	-	-
807	Michalovce	917,0	17	PCB	-	-	-
<b>Spolu</b>		<b>42285,0</b>	<b>763</b>		<b>939,0</b>	<b>23</b>	

**Hodnoty sledovaných parametrov v mg/kg v pôde v rámci PPKP 2004 - odberový rok 2003**  
(od 15. 11. 2004 - 15. 11. 2005)

**Tab. 13**

Agis	Názov okresu	pH			Chróm			Nikel		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
102	Bratislava II	7,5	7,6	7,6	-	-	-	-	-	-
107	Pezinok	6,2	6,7	7,2	0,7	1,0	1,5	1,6	2,4	3,3
108	Senec	7,3	7,4	7,4	1,6	2,5	3,1	4,3	5,1	5,5
201	Dunajská Streda	7,4	7,6	7,8	1,0	3,5	5,1	3,3	4,3	5,1
202	Galanta	6,4	7,2	7,5	1,7	3,1	3,9	3,7	4,9	5,9
205	Senica	5,4	6,5	7,3	0,5	0,9	3,3	1,5	3,0	5,7
207	Trnava	5,2	6,9	7,6	< 5,0	1,2	1,9	1,6	4,0	5,7
302	Ilava	5,5	6,7	7,3	0,6	1,3	2,7	1,0	4,6	7,9
303	Myjava	5,1	6,2	7,3	0,6	1,2	2,6	1,6	2,7	4,6
304	Nové Mesto nad Váhom	4,4	6,6	7,5	0,5	1,2	2,0	1,2	3,3	5,9
306	Považská Bystrica	5,9	6,3	6,7	1,7	2,1	3,0	1,9	2,5	3,4
307	Prievidza	5,8	6,2	6,5	< 5,0	0,6	0,9	< 5,0	1,1	2,6
309	Trenčín	4,2	6,1	7,3	0,5	1,0	2,5	1,2	2,7	5,7
401	Komárno	6,8	7,2	7,4	1,7	3,6	5,6	4,5	5,7	7,3
402	Levice	5,6	6,2	7,0	0,5	1,2	3,1	2,7	4,0	5,5
404	Nové Zámky	6,7	7,1	7,4	1,0	1,7	2,7	2,4	4,3	5,8
405	Šaľa	6,1	7,1	7,5	0,8	1,4	4,5	3,1	4,7	6,1
501	Bytča	5,3	6,6	7,3	0,8	1,7	3,6	2,1	4,2	6,1
503	Dolný Kubín	4,5	4,8	5,2	< 5,0	0,6	0,6	0,5	0,7	0,9
505	Liptovský Mikuláš	4,3	6,3	7,1	0,6	1,8	8,7	< 5,0	2,3	4,8
508	Ružomberok	7,1	7,3	7,4	2,8	3,3	3,8	6,3	7,3	8,0
509	Turčianske Teplice	6,7	7,1	7,4	0,8	1,6	3,1	1,0	3,8	10,2
510	Tvrdošín	4,4	6,0	7,1	0,5	1,5	2,7	< 5,0	0,9	4,0
511	Žilina	4,8	6,2	7,1	0,7	1,5	2,9	0,9	3,4	8,9
601	Banská Bystrica	4,5	5,8	6,9	0,6	1,0	1,8	< 5,0	1,5	6,1
602	Banská Štiavnica	5,8	6,4	6,8	0,6	0,9	1,3	0,7	0,8	0,9
603	Brezno	5,3	6,2	6,7	2,0	2,8	4,5	3,6	6,3	8,4
604	Detva	5,0	5,4	6,3	0,5	0,7	0,9	< 5,0	< 5,0	< 5,0
605	Krupina	4,5	5,6	6,5	< 5,0	0,6	1,1	< 5,0	0,5	0,6
606	Lučenec	4,6	6,3	7,2	< 5,0	0,7	1,4	0,6	1,8	4,0
607	Poltár	4,6	5,0	5,3	0,6	0,6	0,7	0,7	1,2	1,5
609	Rimavská Sobota	6,2	6,7	7,0	0,7	1,1	1,9	1,4	2,0	2,4
610	Veľký Krtíš	4,9	6,3	7,1	0,6	1,1	1,7	0,9	1,8	2,9
611	Zvolen	4,3	4,8	5,2	< 5,0	0,7	1,3	< 5,0	< 5,0	< 5,0
704	Levoča	5,9	6,9	7,5	-	-	-	-	-	-
806	Košice - okolie	4,7	6,0	7,6	-	-	-	-	-	-
807	Michalovce	5,1	6,2	7,2	-	-	-	-	-	-

Tab. 13 (pokračovanie)

Agis	Názov okresu	Meď			Zinok			Arzén		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
107	Pezinok	3,3	6,5	13,0	2,9	22,3	76,5	< 2,0	< 2,0	< 2,0
108	Senec	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
201	Dunajská Streda	9,1	11,4	13,1	5,9	32,0	119,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
202	Galanta	6,9	12,9	26,7	6,7	9,8	15,3	< 2,0	< 2,0	< 2,0
205	Senica	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
207	Trnava	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
302	Ilava	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
303	Myjava	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
304	Nové Mesto nad Váhom	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
306	Považská Bystrica	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
307	Prievidza	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
309	Trenčín	-	-	-	-	-	-	< 2,0	2,0	2,7
401	Komárno	-	-	-	-	-	-	< 2,0	2,0	2,6
402	Levice	-	-	-	2,3	3,5	5,2	< 2,0	< 2,0	< 2,0
404	Nové Zámky	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
405	Šaľa	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
501	Bytča	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
503	Dolný Kubín	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
505	Liptovský Mikuláš	-	-	-	-	-	-	< 2,0	2,1	4,3
508	Ružomberok	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
509	Turčianske Teplice	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
510	Tvrdošín	0,9	2,3	5,0	2,3	4,0	8,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
511	Žilina	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
601	Banská Bystrica	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
602	Banská Štiavnica	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
603	Brezno	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
604	Detva	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
605	Krupina	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
606	Lučenec	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
607	Poltár	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
609	Rimavská Sobota	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
610	Veľký Krtíš	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0
611	Zvolen	-	-	-	-	-	-	< 2,0	< 2,0	< 2,0



Tab. 13 (pokračovanie)

Agis	Názov okresu	Kadmium			Ortuť			Olovo		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
107	Pezinok	0,05	0,08	0,10	0,029	0,039	0,048	5,3	6,0	7,3
108	Senec	0,13	0,16	0,19	0,034	0,046	0,061	9,8	10,8	11,9
201	Dunajská Streda	0,14	0,17	0,20	0,026	0,036	0,045	6,7	9,8	11,4
202	Galanta	0,11	0,20	0,26	0,044	0,064	0,089	7,3	10,4	12,5
205	Senica	< 0,05	0,08	0,23	0,034	0,054	0,070	3,9	5,3	9,2
207	Tnava	0,07	0,13	0,19	0,033	0,051	0,095	4,0	6,4	16,5
302	Ilava	0,05	0,13	0,24	-	-	-	5,7	8,8	13,1
303	Myjava	0,08	0,13	0,30	0,060	0,074	0,103	4,3	7,4	13,9
304	Nové Mesto nad Váhom	0,06	0,13	0,20	0,025	0,051	0,089	4,5	7,9	14,9
306	Považská Bystrica	0,09	0,10	0,10	0,107	0,116	0,133	7,3	8,4	10,6
307	Prievidza	< 0,05	0,07	0,18	0,045	0,074	0,103	3,3	5,5	13,2
309	Trenčín	0,05	0,11	0,26	0,032	0,054	0,088	4,7	7,2	13,9
401	Komárno	0,16	0,22	0,31	0,055	0,081	0,198	8,6	13,1	16,1
402	Levice	0,06	0,08	0,11	0,033	0,050	0,066	4,1	5,6	7,8
404	Nové Zámky	0,10	0,13	0,19	0,036	0,087	0,188	7,3	9,2	11,2
405	Šaľa	0,07	0,12	0,15	0,031	0,043	0,085	5,6	7,8	9,9
501	Bytča	0,06	0,15	0,23	-	-	-	6,4	9,8	14,8
503	Dolný Kubín	0,08	0,10	0,12	0,069	0,084	0,116	4,2	4,7	5,1
505	Liptovský Mikuláš	< 0,05	0,13	0,45	-	-	-	4,4	7,1	16,6
508	Ružomberok	0,26	0,28	0,31	-	-	-	11,8	13,0	14,6
509	Turčianske Teplice	0,06	0,17	0,38	-	-	-	6,3	11,1	15,6
510	Tvrdošín	0,07	0,15	0,24	0,035	0,066	0,095	4,8	6,8	9,7
511	Žilina	0,07	0,14	0,41	-	-	-	5,1	8,2	17,1
601	Banská Bystrica	0,06	0,15	0,45	0,065	0,277	1,994	6,8	15,5	26,3
602	Banská Štiavnica	0,06	0,12	0,18	-	-	-	5,0	8,5	12,2
603	Brezno	0,25	0,33	0,40	0,045	0,070	0,094	17,2	20,5	23,4
604	Detva	0,11	0,13	0,16	0,069	0,086	0,096	7,6	8,9	10,9
605	Krupina	0,06	0,10	0,12	-	-	-	4,7	7,0	10,0
606	Lučenec	< 0,05	0,06	0,14	-	-	-	3,1	4,8	7,8
607	Poltár	< 0,05	0,05	0,05	-	-	-	5,2	5,7	6,6
609	Rimavská Sobota	0,05	0,10	0,19	-	-	-	6,4	12,1	22,8
610	Veľký Krtíš	< 0,05	0,05	0,10	0,032	0,048	0,060	3,7	4,8	6,3
611	Zvolen	0,10	0,13	0,20	-	-	-	7,2	9,4	14,5

Agis	Názov okresu	Suma PAU			Fluoranten			Benzo(a)pyren		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
102	Bratislava II	0,00011	0,00011	0,00011	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
309	Trenčín	0,00011	0,00011	0,00011	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
401	Komárno	0,00011	0,00011	0,00011	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
601	Banská Bystrica	0,00011	0,01748	0,18154	0,00002	0,00942	0,09890	0,00001	0,00001	0,00001
602	Banská Štiavnica	0,00011	0,00011	0,00011	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
704	Levoča	0,00011	0,00011	0,00011	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
806	Košice - okolie	0,00011	0,00011	0,00011	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001

Tab. 13 (pokračovanie)

Agis	Názov okresu	Naftalen			Acenaftylen			Acenaften		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
102	Bratislava II	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
309	Trenčín	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
401	Komárno	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
601	Banská Bystrica	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
602	Banská Štiavnica	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
704	Levoča	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
806	Košice - okolie	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005

Agis	Názov okresu	Fluoren			Fenantren			Antracen		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
102	Bratislava II	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
309	Trenčín	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
401	Komárno	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
601	Banská Bystrica	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
602	Banská Štiavnica	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
704	Levoča	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
806	Košice - okolie	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001

Agis	Názov okresu	Pyren			Benzo(a)antracen			Chrysen		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
102	Bratislava II	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
309	Trenčín	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
401	Komárno	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
601	Banská Bystrica	0,00001	0,00799	0,08264	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
602	Banská Štiavnica	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
704	Levoča	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
806	Košice - okolie	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001

Agis	Názov okresu	Dibenzo(a,h)antracen			Benzo(g,h,i)perylene		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
102	Bratislava II	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011
309	Trenčín	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011
401	Komárno	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011
601	Banská Bystrica	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011
602	Banská Štiavnica	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011
704	Levoča	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011
806	Košice - okolie	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011

Agis	Názov okresu	Suma PCB			PCB 28			PCB 52		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
309	Trenčín	0,049	0,049	0,049	0,044	0,044	0,044	0,0365	0,0365	0,0365
807	Michalovce	0,049	0,049	0,049	0,044	0,044	0,044	0,0365	0,0365	0,0365

Agis	Názov okresu	PCB 101			PCB 118			PCB 138		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
309	Trenčín	0,042	0,042	0,042	0,0375	0,0375	0,0375	0,049	0,049	0,049
807	Michalovce	0,042	0,042	0,042	0,0375	0,0375	0,0375	0,049	0,049	0,049

**Tab. 13** (pokračovanie)

Agis	Názov okresu	PCB 153			PCB 180		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
309	Trenčín	0,0455	0,0455	0,0455	0,016	0,016	0,016
807	Michalovce	0,0455	0,0455	0,0455	0,016	0,016	0,016

**Prehľad nadlimitných parametrov v mg/kg v jednotlivých okresoch v rámci PPKP 2004 - odberový rok 2003**  
(od 15. 11. 2004 - 15. 11. 2005)

**Tab. 14**

Agis	Názov okresu	Zinok			Meď			Kadmium		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
107	Pezinok	76,5	76,5	76,5	-	-	-	-	-	-
201	Dunajská Streda	44,3	76,5	119,0	-	-	-	-	-	-
202	Galanta	-	-	-	26,7	26,7	26,7	-	-	-
401	Komárno	-	-	-	-	-	-	0,31	0,31	0,31
505	Liptovský Mikuláš	-	-	-	-	-	-	0,35	0,40	0,45
508	Ružomberok	-	-	-	-	-	-	0,31	0,31	0,31
509	Turčianske Teplice	-	-	-	-	-	-	0,32	0,35	0,38
511	Žilina	-	-	-	-	-	-	0,37	0,39	0,41
601	Banská Bystrica	-	-	-	-	-	-	0,45	0,45	0,45
603	Brezno	-	-	-	-	-	-	0,31	0,35	0,40

Agis	Názov okresu	Nikel			Ortuť		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
509	Turčianske Teplice	10,2	10,2	10,2	-	-	-
601	Banská Bystrica	-	-	-	1,224	1,609	1,994



## **SUBSYSTÉM**

### **MONITORING LESNÝCH PÔD**

**Organizácia:** Lesnícky výskumný ústav, Zvolen

**Zodpovedný riešiteľ:** Ing. Pavel Pavlenda, PhD.



## MONITORING LESNÝCH PÔD – INFORMÁCIA O STAVE V ČMS LESY

Ako sme uviedli v správe za rok 2004, po období s minimálnymi aktivitami v monitoringu lesných pôd (posledný odber vzoriek v obmedzenom rozsahu v roku 1998), sa v súčasnosti pripravuje nové hodnotenie stavu lesných pôd na roky 2006-2007. Toto hodnotenie sa bude realizovať v celoeurópskom rozsahu (resp. v rozsahu členských krajín Európskej únie) ako účasť projektu BioSoil.

V roku 2003 bolo na úrovni EÚ prijaté nové nariadenie: „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)“, ktoré ukladá členským štátom EÚ prostredníctvom poverených kompetentných inštitúcií implementovať ju na národnej úrovni. Nariadenie zahŕňa viaceré aktivity (vrátane opatrení súvisiacich s lesnými požiarimi a demonštračných projektov pre rozvoj ďalších monitorovacích aktivít napr. vo vzťahu k biodiverzite, bilanciam uhlíka, klimatickej zмене a pod.), pričom základom je doterajší systém monitorovania lesných ekosystémov v takom poňatí a štruktúre, ako je definovaný v predchádzajúcich nariadeniach k programu ICP Forests a v projekte ČMS Lesy. Projekt BioSoil je súčasťou schémy Forest Focus ako tzv. demonštračný projekt.

Projekt 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 – na Slovensku 7 plôch) a modul biodiverzita.

V roku 2005 prebehli na európskej i národnej úrovni prípravné práce pre realizáciu projektu. Uskutočnili sa štyri pracovné stretnutia v Ispre (keďže odborným a organizačným garantom projektu je JRC), kde sa prerokovali najmä metodické a organizačné aspekty projektu. Realizácia terénnych a laboratórnych prác je naplánovaná na roky 2006 a 2007 a predpokladá sa popri účasti LVÚ ako národného garanta projektu široká spolupráca s inými inštitúciami, resp. účasť expertov z iných inštitúcií. Popri zabezpečení vzorkovania, laboratórnych analýz a vyhodnotenia stavu je predmetom projektu aj podrobná pedologická charakterizácia a klasifikácia pôd na monitorovacích plochách prvej aj druhej úrovne. Takýto postup je v súlade s Európskou stratégiou ochrany pôdy. Vychádza sa zo zistení, že systém monitorovacích plôch na lesnom pôdnom fonde, vybudovaný v rámci ICP Forests (viac než 5500 plôch prvej úrovne a približne 700 plôch druhej úrovne) je, napriek určitým problémom v metodickej harmonizácii, najrozvinutejším a metodicky najprepracovanejším systémom, ktorý by mal tvoriť kostru monitoringu pôd všeobecne. V tejto súvislosti sa predpokladá sa, že popri doterajších štruktúrach v rámci ICP Forests, teda FSCC (forest soil coordinating centre) bude mať v koordinácii významnú úlohu JRC a zabezpečí sa väzba na EUSIS.

Odbery vzoriek na plochách prvej úrovne budú pre pokryvný humus (oddelene L a F+H), a pre fixne určené hĺbky 0-10 cm a 10-20 cm v piatich opakovaniach s následným analyzovaním zmesných vzoriek pre danú hĺbku, pre zámery kvantifikácie zásob uhlíka aj vzorky až do hĺbky 80 cm aspoň z jednej sondy. Odbery vzoriek na plochách druhej úrovne budú v plnom rozsahu odberových hĺbok minimálne v 24 opakovaniach za plochu (z následným možným zmiešaním tak, aby sa analyzovali minimálne 3 zmesné vzorky za odberovú hĺbku).





## **POROVNANIE DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV RIEŠENIA S PLÁNOVANÝMI CIEĽMI A EURÓPSKOU ÚROVŇOU**

Ciele a parametre riešenia boli v roku 2005 splnené. Boli dosiahnuté cenné výsledky zo započatého 3. cyklu monitorovania pôd. V medzinárodnom meradle sa aktívne podieľame na zabezpečovaní systému monitorovania pôd v európskom meradle a zabezpečovaní toku získaných informácií do európskej siete monitoringu životného prostredia prostredníctvom SAŽP a EEA (Európska environmentálna agentúra). Taktiež sme sa aktívne podieľali v rámci spolupráce Podunajských krajín (Donauländer) pri riešení kompatibility monitoringu pôd zúčastnených krajín. Náš systém monitorovania pôd predstavuje otvorený a adaptabilný systém s možnosťou akceptovať návrhy EÚ. Dielčie výsledky boli priebežne publikované v našich i medzinárodných periodikách. Všetky práce prebiehajú v súlade s pracovným a schváleným Aktualizovaným projektom ČMS-Pôda (2000) ako aj schválenou koncepciou monitoringu životného prostredia (MŽP SR) z mája 2005.

### **BOLI SPLNENÉ NASLEDOVNÉ PARAMETRE RIEŠENIA**

- bol vykonaný odber pôdnych a rastlinných vzoriek v sieti kľúčových monitorovacích lokalít
- bol vykonaný odber a analýzy pôdnych vzoriek pre vyhodnocovanie salinizácie a alkalizácie pôd vo vybranej sieti lokalít
- bol vykonaný odber a analýzy pôdnych vzoriek pre vyhodnocovanie erózie pôd vo vybraných transektoch SR
- boli vykonané chemické a fyzikálne analýzy v sieti kľúčových lokalít
- boli vykonané analýzy v časti základnej monitorovacej siete
- bola priebežne napĺňaná databáza ČMS-P (základná sieť a kľúčové lokality)
- na požiadanie boli poskytnuté a spracované podklady ČMS-P pre MP SR, MŽP SR a SAŽP (pre správu o stave životného prostredia)

### **REALIZÁCIA VÝSLEDKOV RIEŠENIA**

Dosiahnuté výsledky sú značným prínosom pre posúdenie charakteru a povahy zmien dôležitých vlastností pôd a rizikových látok v pôdnom kryte SR. Získané výsledky sa dajú využiť (a v značnej miere sa už i využívajú) hlavne v rezorte pôdohospodárstva a životného prostredia, ale aj v iných rezortoch a orgánoch štátnej správy, ako aj vo vede a výskume, projekčnej činnosti a na univerzitách poľnohospodárskeho, lesného a environmentálneho zamerania. Do nových dimenzií sa dostáva využitie doterajších výsledkov a poznatkov monitorovania pôd na Slovensku pre zabehnutie európskeho systému monitorovania pôd, na ktorého príprave sa Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy v Bratislave aktívne podieľa.

Značný význam majú dosiahnuté výsledky i pre praktické využitie, najmä pri príprave aktuálnych výstupov a ako aj pre tvorbu legislatívy. Svedčí o tom i neustále sa zväčšujúci dopyt po novších a aktuálnych informáciách pôdneho krytu SR v riadiacej i užívateľskej sfére.

## **ODPOČET ČERPANIA FINANČNÝCH PROSTRIEDKOV ZA ROK 2005 (v tis. Sk)**

### **VÚPOP Bratislava**

Plán: 7 500  
Skutočnosť: 7 500

### **ÚKSUP Bratislava**

Plán: 2200  
Skutočnosť: 2200

### **LVÚ Zvolen**

V roku 2005 neboli na lesné pôdy pridelené finančné prostriedky.

## **ROZBOR NÁKLADOV, PRÍNOSOV A EKONOMICKÁ EFEKTÍVNOSŤ RIEŠENIA**

Vynaložené náklady zodpovedajú rozsahu riešenia a dosiahnutých výsledkov, ale i aktív na tejto úlohe v roku 2005 (terénne, analytické, vyhodnocovacie práce, aktualizácia informačného systému monitoringu pôd, medzinárodná činnosť). I keď ekonomickú efektívnosť dosiahnutých výsledkov nie je jednoduché v súčasnosti jednoznačne číselne vyjadriť, ich význam bude postupne vzrastať. Zvýši sa pri ďalšom zhodnocovaní dosiahnutých výsledkov nielen u nás, ale aj v rámci možného začlenenia SR medzi krajiny EÚ, kedy nadobudnú viac aj medzinárodný význam.

## **ZÁVER**

Rok 2005 bol 4. rokom 3. cyklu monitorovania pôd, kedy sa začali analytické práce v základnej sieti i každoročné analytické práce v sieti kľúčových lokalít. Začali sme tým vyhodnocovať aktuálny stav a vývoj pôd v 3. cykle monitorovania pôd. Bola hodnotená časť pôd, kambizeme na flyši pod trvalými trávnyimi porastami (TTP) a na orných pôdach (OP), kambizeme na kyslých substrátoch (TTP), rendziny pod TTP, čiernice na karbonátových fluviaálnych sedimentoch (OP), ako aj čiernice na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch (OP).

Na základe dosiahnutých výsledkov dochádza k viac alebo menej periodickým zmenám, i keď o určitom trende je v súčasnosti ešte predčasné hovoriť (krátkodobosť sledovania). Na pôdach pod TTP sú sledované parametre viac-menej vyrovnané, na orných

pôdach sú tieto odrazom kultivácie (pokles obsahu prístupných živín, pôdneho humusu). Pri erózii v tomto roku hodnotíme len počiatočný stav na vybraných transektoch v roku 2005 (tieto sa budú opakovať v 5-ročnom cykle). Významnosť indikovaných zmien bude zrejme vypuklejšia až v budúcnosti, preto bude potrebné i naďalej permanentne sledovať ďalší vývoj našich pôd (poľnohospodárskych, lesných i pôd nad hornou hranicou lesa).

Koordinátor a riešiteľský kolektív ďakujú touto cestou rezortom pôdohospodárstva a životného prostredia SR za vytvorenie podmienok pre riešenie úlohy v roku 2005.