



Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy,  
Stredisko pre Čiastkový monitorovací systém - Pôda, Bratislava

Lesnícky výskumný ústav,  
Zvolen

Ústredný kontrolný a skúšobný  
ústav poľnohospodársky,  
Bratislava

# Monitoring pôd SR



**Výsledky "Čiastkového monitorovacieho systému - Pôda"  
ako súčasť Monitoringu životného prostredia SR za rok 2003  
(2. rok 3. cyklu monitoringu pôd SR)**

Bratislava, december 2003

## TITULNÝ LIST

- 1. Koordinačné pracovisko:** Výskumný ústav poľdoznalectva a ochrany pôdy, Bratislava
- 2. Spoluriešiteľské organizácie:** Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky, Bratislava  
Lesnícky výskumný ústav, Zvolen
- 3. Koordinátor:** Doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.
- 4. Názov úlohy:** Čiastkový monitorovací systém – Pôda
- 5. Doba riešenia:** I/2003 – XII/2003
- 6. Názov správy:** Monitoring pôd SR
- 7. Druh správy:** priebežná
- 8. Celkové náklady (v tis. Sk):**
- VÚPOP Bratislava**
- |             |       |
|-------------|-------|
| plán:       | 7 000 |
| skutočnosť: | 7 000 |
- ÚKSUP Bratislava**
- |             |       |
|-------------|-------|
| plán:       | 2 200 |
| skutočnosť: | 2 200 |
- LVÚ Zvolen
- (financovanie lesných pôd bolo zabezpečované v rámci ČMS-lesy)
- 9. Autorský kolektív:** Doc. Ing. Jozef Kobza, CSc. (VÚPOP)  
RNDr. Gabriela Barančíková, CSc. (VÚPOP)  
Ing. Vlasta Čepková (ÚKSUP)  
Ing. Emil Fulajtár, CSc. (VÚPOP)  
RNDr. Jarmila Makovníková, CSc. (VÚPOP)  
Ing. Libuša Matúšková, CSc. (VÚPOP)  
Ing. Pavel Pavlenda, PhD. (LVÚ)  
Ing. Juliana Schlosserová, CSc. (ÚKSUP)  
Ing. Ján Styk, PhD. (VÚPOP)  
Ing. Miloš Širáň (VÚPOP)  
RNDr. Ján Vojtáš, CSc. (VÚPOP)

**10. Dátum vypracovania správy:** december 2003

## AUTORSKÝ REFERÁT

Priebežná správa ČMS-P za rok 2003 zahŕňa dosiahnuté výsledky v danom roku. Hodnotené sú podzoly, rankre, litozeme, andozeme, regozeme, zasolené pôdy a kultizeme v ich 3. cykle. Súčasne bol hodnotený doterajší vývoj vlastností pôd na príklade kľúčovej lokality regozeme v Moravskom Jáne. Salinizácia a erózia pôd bola hodnotená v samostatnej sieti lokalít. Riešenie vychádza zo schváleného projektu ČMS-P (1992) a z jeho aktualizovanej verzie z roku 2000. Boli použité analytické metódy podľa Záväzných metód monitoringu pôd (Fiala a kol., 1999).

Na základe dosiahnutých výsledkov dochádza k viac alebo menej periodickým zmenám, i keď o určitom trende je v súčasnosti ešte predčasné hovoriť. K určitému rozdielnemu vývoju dochádza na orných pôdach (ovplyvnené činnosťou človeka) oproti pôdam v ich prirodzenom vývoji (horské pôdy bez priamej činnosti človeka). Jedná sa hlavne o vývoj v obsahu prístupných živín i pôdneho humusu, ktoré majú na orných pôdach prevažne klesajúci trend. Významnosť indikovaných zmien bude však zrejme vypuklejšia až v budúcnosti pri ďalšej realizácii monitoringu pôd SR.

## OBSAH

ÚVOD (J. Kobza)	5
ROZHODUJÚCE TERMÍNY A AKTIVITY VYPLÝVAJÚCE Z RIEŠENIA ÚLOHY ČMS-P (J. Kobza)	5
ŠTRUKTÚRA A CIELE MONITORINGU PÔD PRE ROK 2002 (J. Kobza)	6
VECNÉ PLNENIE A VÝSLEDKY RIEŠENIA (J. Kobza)	7
ČÚ 01: Komplexný monitoring vlastností pôd SR (J. Kobza)	13
ČÚ 02: Vývoj pôd a metódy jeho hodnotenia (J. Kobza, J. Makovníková)	25
ČÚ 03: Acidifikácia a alkalizácia pôd (J. Makovníková, E. Fulajtár, st.)	43
ČÚ 04: Monitoring zaťaženia pôd rizikovými látkami (L. Matúšková, J. Vojtáš)	63
ČÚ 05: Vývoj ekologických funkcií pôd z pohľadu ich zraniteľnosti (J. Makovníková)	85
ČÚ 06: Monitoring kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia humusu (G. Barančíková)	99
ČÚ 07: Monitoring fyzikálnych a hydrofyzikálnych vlastností pôd (M. Širáň)	113
ČÚ 08: Monitoring erózie pôd (J. Styk, M. Širáň)	123
SUBSYSTÉM: Plošný prieskum kontaminácie poľnohospodárskych pôd (ÚKSÚP Bratislava)	137
SUBSYSTÉM: Monitoring lesných pôd (LVÚ Zvolen)	149
POROVNANIE DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV RIEŠENIA S PLÁNOVANÝMI CIEĽMI A SO SVETOVOU ÚROVŇOU (J. Kobza)	153
REALIZÁCIA VÝSLEDKOV RIEŠENIA (J. Kobza)	153
ODPOČET ČERPANIA FINANČNÝCH PROSTRIEDKOV ZA ROK 2002 (J. Kobza)	154
ROZBOR NÁKLADOV, PRÍNOSOV A EKONOMICKÁ EFEKTÍVNOSŤ RIEŠENIA (J. Kobza)	155
ZÁVER (J. Kobza)	155



## ÚVOD

ČMS-Pôda bol aj v roku 2003 koordinovaný Výskumným ústavom pôdozvedectva a ochrany pôdy (VÚPOP) a realizovaný podľa schváleného projektu. Ide o 2. rok tretieho monitorovacieho cyklu. V tomto roku išlo o archiváciu a čiastočnú úpravu pôdnych vzoriek základnej monitorovacej siete (z odberov v roku 2002). Celá monitorovacia sieť bola rozdelená do 24 skupín podľa pôdnych typov, resp. subtypov, pričom každoročne sa analyzujú pôdne sondy zo 6-tich pôdnych skupín tak, aby do ukončenia 5-ročného monitorovacieho cyklu boli zanalyzované všetky pôdne monitorovacie lokality aj s ich zhodnotením.

Každoročne je realizovaná užšia sieť tzv. kľúčových monitorovacích lokalít (odbery, analýzy, vyhodnotenie), pričom v danom roku sa vyhodnocujú len tie kľúčové lokality podľa príslušnosti k vyhodnocovacím pôdam základnej siete. Okrem toho každoročne prebieha sledovanie v samostatnej sieti lokalít (salinizácia, indikátory zraniteľnosti a erózia pôd). Zároveň sú hodnotené údaje z Plošného prieskumu kontaminácie pôd (ÚKSUP Bratislava), ako aj z monitorovania lesných pôd (LVÚ Zvolen), ktorý v súčasnosti prechádza určitými organizačnými zmenami a nie je samostatne finančne zabezpečený (tento je finančne zabezpečovaný v rámci ČMS-lesy).

Priebežne sa zdokonaľuje informačný systém monitoringu životného prostredia, a teda aj pôdy. Bola vytvorená ([www.sazp.sk/rudi](http://www.sazp.sk/rudi)), kde sú výsledky monitorovania pôd SR prezentované populárnou formou aj s vytvorenou digitálnou web mapou pôdnej siete monitorovacích lokalít. V tomto roku bola dokončená a vydaná samostatná publikácia – monografia „Monitoring pôd SR“ (VÚPOP Bratislava), v ktorej boli zhodnotené dosiahnuté výsledky za 2. monitorovací cyklus (aktuálny stav a vývoj pôd SR od začiatku realizácie monitoringu (tj. od roku 1993).

## **ROZHODUJÚCE TERMÍNY A AKTIVITY VYPLÝVAJÚCE Z RIEŠENIA ÚLOHY ČMS-PÔDA V ROKU 2003**

- 9.4.2003 – koordinačná porada ČMS-Pôda (VÚPOP Bratislava)
- 30.7.2003 – koordinačná porada k zabezpečeniu analytických prác
- 8.8.2003 – koordinačná porada (LVÚ Zvolen)
- 1.10.2003 – koordinačná porada (kontrolný deň)
- 3.12.2003 - koordinačná porada (MŽP SR)

## ŠTRUKTÚRA A CIELE MONITORINGU PÔD PRE ROK 2003

Monitoring pôd je z metodického a organizačného hľadiska realizovaný pomocou 3 nasledovných subsystémov:

- Monitoring pôd v základnej sieti monitorovacích lokalít na poľnohospodárskych, lesných pôdach a pôdach nad hornou hranicou lesa
- Plošný prieskum kontaminácie poľnohospodárskych pôd (PPKP)
- Monitoring pôd v typických kľúčových lokalitách

Ciele monitoringu pôd vychádzajú z Projektu čiastkového monitorovacieho systému – Pôda, ako aj z uznesení koordinačných rád VÚPOP Bratislava, ako aj spoluriešiteľských pracovísk ÚKSUP-u v Bratislave a LVÚ vo Zvolene.

## CIELE MONITORINGU PÔD PRE ROK 2003

### *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 – vysokohorské pôdy (Chopok, Sitno, Donovaly), sa budú odberať v 5-ročných cykloch, ako základná sieť, avšak podľa metodiky odberu vzoriek kľúčových lokalít)
- odber pôdných vzoriek zo 4 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
- upresnenie lokalizácie niektorých sond monitorovacej siete a ich popis v zmysle najnovšej klasifikácie pôd (jedná sa o len niektoré sondy, ktoré boli počas posledných 5 rokov zastavané, resp. porušené)

### *2. Analytické práce*

- analýzy z 3. cyklu základnej siete (z odberov v roku 2002)
- dokončenie analýz z kľúčových lokalít (z odberov v roku 2002)
- analýzy z kľúčových lokalít (z odberov v roku 2003)
- analýzy pôdných vzoriek pre sledovanie erózie pôd (špec. sieť, z odberov v roku 2003)
- analýzy pôdných vzoriek pre sledovanie salinizácie a alkalizácie pôd (špec. sieť, z odberov v roku 2003)

### 3. Databáza ČMS-Pôda

- priebežné napĺňanie bázy dát z 2. ako aj začatého 3. cyklu monitorovania pôd
- ďalšie spracovanie podkladov pre budovaný informačný systém monitoringu životného prostredia a vypracovanie anglickej verzie www stránky ČMS-Pôda na serveri SAŽP v B. Bystrici
- činnosť Strediska ČMS-Pôda a tvorba výstupov pre MP SR, MŽP SR, SAŽP a orgány štátnej správy

### 4. Hodnotenie dosiahnutých výsledkov a tvorba výstupov

- vypracovanie a vydanie publikácie ČMS-Pôda za 2. cyklus (1997-2001)
- vypracovanie priebežnej správy ČMS-Pôda za rok 2003

## VECNE PLNENIE A VÝSLEDKY RIEŠENIA

Sledované parametre v oblasti prevádzky ČMS-P v roku 2003 v rámci VÚPOP Bratislava:

- odber pôdnych vzoriek na chem. rozbor v sieti kľúčových lokalít:	90
- odber pôdnych vzoriek na fyz. rozborov v sieti kľúčových lokalít:	160
- odber rastlinných vzoriek v sieti kľúčových lokalít:	18
- odber pôdnych vzoriek na chem. rozbor pre sledovanie erózie pôd:	60
- odber pôdnych vzoriek na zákl. fyz. rozbor pre sledovanie erózie pôd:	64
- odber pôdnych vzoriek pre sledovanie salinizácie pôd:	32
Spolu: Počet pôdnych vzoriek na chem. rozbor:	182
Počet pôdnych vzoriek na fyz. rozbor:	224
Počet rastlinných vzoriek (ťažké kovy):	18



## Sumarizácia analýz v roku 2003 (VÚPOP Bratislava)

### *Laboratórium Rožňavská:*

#### Hygienické analýzy pôdy

##### *Rizikové prvky Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn v 2M HN03, As v 2M HCl a Hg tot.*

Cd - 129 vzoriek + 20 KV. 2 paralelné opakovania	298 analýz
Co - 129 vzoriek + 20 KV. 2 paralelné opakovania	298 analýz
Cr - 129 vzoriek + 20 KV. 2 paralelné opakovania	298 analýz
Cu - 129 vzoriek + 20 KV. 2 paralelné opakovania	298 analýz
Ni - 129 vzoriek + 20 KV. 2 paralelné opakovania	298 analýz
Pb - 129 vzoriek + 20 KV. 2 paralelné opakovania	298 analýz
Zn - 129 vzoriek + 20 KV. 2 paralelné opakovania	298 analýz
As - 129 vzoriek + 20 KV. 2 paralelné opakovania	298 analýz
Hg - 129 vzoriek + 20 KV. 2 paralelné opakovania	298 analýz
<b>SPOLU</b>	<b>2682 analýz</b>

##### *Rizikové prvky As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn v lúčavke kráľovskej*

As - 59 vzoriek + 10 KV . 2 paralelné opakovania	138 analýz
Cd - 59 vzoriek + 10 KV . 2 paralelné opakovania	138 analýz
Cr - 59 vzoriek + 10 KV . 2 paralelné opakovania	138 analýz
Cr - 59 vzoriek + 10 KV . 2 paralelné opakovania	138 analýz
Cu - 59 vzoriek + 10 KV . 2 paralelné opakovania	138 analýz
Ni - 59 vzoriek + 10 KV . 2 paralelné opakovania	138 analýz
Pb - 59 vzoriek + 10 KV . 2 paralelné opakovania	138 analýz
Zn - 59 vzoriek + 10 KV . 2 paralelné opakovania	138 analýz
<b>SPOLU</b>	<b>1104 analýz</b>

#### Fyzikálne analýzy pôdy v počte 2266 analýz

• Momentálna vlhkosť pôdy objemová	200 analýz
• Momentálna vlhkosť pôdy hmotnostná	200 analýz
• Objemová hmotnosť pôdy	200 analýz
• Celková pórovitosť	200 analýz

• Kapilárna nasiaklivosť	200 analýz
• Maximálna kapilárna kapacita	200 analýz
• Retenčná vodná kapacita	200 analýz
• Maximálna vzdušná kapacita	200 analýz
• Stanovenie V15	200 analýz
• Nekapilárna porovitosť	200 analýz
• Semikapilárna pórovitosť	200 analýz
• Sušina v pôde	22 analýz
• Merná hmotnosť pôdy	44 analýz
• Zrnitostné zloženie pôd podľa klasifikácie FAO	60 analýz

### **Agrochemické analýzy pôdy**

• Prístupné živiny P podľa Egnera 77 vzoriek . 2 paralelné opakovania	154 analýz
• Prístupné živiny K podľa Schachtschabela 83 vzoriek . 2 paralelné opakovania	166 analýz
• Stanovenie vodorozpustného fluoru 18 vzoriek . 2 paralelné opakovania	36 analýz
• Stanovenie pH v KCl, CaCl <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O 138 vzoriek . 3 stanovenia . 2 paralelné opakovania 58 vzoriek . 4 stanovenia . 2 opakovania 155 vzoriek . 1 stanovenie . 2 opakovania	828 analýz 464 analýz 10 analýz
• Stanovenie humusu (Cox) 202 vzoriek . 2 paralelné opakovania	404 analýz
• Stanovenie N <sub>totálny</sub> 66 vzoriek . 2 paralelné opakovania 60 vzoriek	132 analýz 60 analýz
• Frakcionácia K podľa Bujdoša 3 vzorky . 4 frakcie . 2 paralelné opakovania 3 vzorky . 5 frakcii . 2 paralelné opakovania	24 analýz 30 analýz
• pH v 0,2 M KCl 151 vzoriek . 2 opakovania	302 analýz
• Prístupné živiny P, K, Mg, podľa Mehlich II 12 vzoriek . 3 stanovenia . 2 paralelné opakovania	72 analýz

Stanovenie aktívneho Al podľa Sokolova	
29 vzoriek . 2 opakovania	58 analýz
• Stanovenie hydrolytickej kyslosti titračne	
23 vzoriek . 2 stanovenia	46 analýz
• Stanovenie S,T,V a H hodnoty	
58 vzoriek . 4 stanovenia . 2 opakovania	464 analýz
12 vzoriek . 4 stanovenia . 2 opakovania	96 analýz
• Stanovenie výmenných katiónov Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Ca <sup>+</sup> , Mg <sup>+</sup> a CEC	
131 vzoriek . 5 stanovení	655 analýz
14 vzoriek . 5 stanovení . 2 opakovania	140 analýz

### **Rozbor vodného výluhu pôdy**

50 vzoriek . 2 opakovania	100 výluhov
pH	100
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	100
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	100
Cl <sup>-</sup>	100
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	100
Ca <sup>2+</sup>	100
Mg <sup>2+</sup>	100
Na <sup>+</sup>	100
K <sup>+</sup>	100
Odparok (105°C)	100 analýz

### **Rozbor nasýteného extraktu pôdy – pôdne pasty**

50 vzoriek . 2 opakovania	100 výluhov
Ecc	100
Ca <sup>2+</sup>	100
Mg <sup>2+</sup>	100
Na <sup>+</sup>	100
SAR	100
ESP	100 analýz

### ***Analýzy v B. Bystrici za rok 2003:***

• Momentálna vlhkosť pôdy objemová	64 analýz
• Momentálna vlhkosť pôdy hmotnostná	64 analýz
• Objemová hmotnosť pôdy	64 analýz
• Merná hmotnosť pôdy	64 analýz
• Celková pórovitosť	64 analýz
• Kapilárna nasiaklivosť	64 analýz
• Maximálna kapilárna kapacita	64 analýz
• Retenčná vodná kapacita	64 analýz
• Maximálna vzdušná kapacita	64 analýz
• Stanovenie $V_{15}$	64 analýz
• Nekapilárna pórovitosť	64 analýz
• Semikapilárna pórovitosť	64 analýz
• Sušina v pôde	64 analýz
• Stanovenia sušiny	64 analýz
• Stanovenie špec. hmotnosti	64 analýz
<b>Spolu:</b>	<b>960 analýz</b>

### ***Analýzy v Prešove za rok 2003:***

• Izolácia humínových kyselín (HK)	6 analýz
• Stanovenie karboxylovej kyslosti HK	12 analýz
• Stanovenie optických vlastností HK	12 analýz
• Stanovenie labilného uhlíka	12 analýz
• Stanovenie $C_{ox}$ retenčné experimenty	24 analýz
• Stanovenie adsorpčných izoteriem Cd na organo-minerálne komplexy (OMK)	140 analýz
• Stanovenie desorpčných izoteriem Cd na organo-minerálne komplexy (OMK)	140 analýz
<b>Spolu:</b>	<b>346 analýz</b>

### ***Práce v oblasti databázy ČMS-P v roku 2003***

- priebežné naplňovanie databázy údajmi zo začatého 3. cyklu monitorovania pôd (prednostne všeobecná a identifikačná časť databázy vrátane najnovšej klasifikácie pôd)
- v zmysle Zákona č. 211/2000, § 33 b, Z.z. o slobodnom prístupe k informáciám boli vybrané a spracované údajové podklady z databázy monitoringu pôd SR do Správy o stave životného prostredia SR za rok 2002 za rezort pôdohospodárstva (bolo poslané v elektronickej forme MP SR v termíne do 22.8.2003)
- taktiež boli z databázy ČMS-P vybrané a spracované podklady pre SAŽP Ban. Bystrica (príprava európskej mapy kontaminácie pôd prvkami Cd a Pb). Zároveň boli transformované súradnice našich monitorovacích sond v systéme JTSK do systému európskej siete (ETRS 98).
- bola aktualizovaná www stránka ČMS-P a spracovaná jej anglická verzia na serveri SAŽP v Banskej Bystrici

### ***Vyhodnocovacie práce a tvorba výstupov v roku 2003***

- boli spracované dosiahnuté výsledky za 2. cyklus monitorovania pôd SR (1997-2001) a vydaná publikácia ČMS-P v edičnom stredisku pri VÚPOP Bratislava. V publikácii je uvedený celý rad dôležitých parametrov pôd SR, ktoré súvisia s acidifikáciou, alkalizáciou a salinizáciou pôd, kvantitatívnym a kvalitatívnym zložením pôdneho humusu, vývojom obsahu a foriem prístupných živín – najmä fosforu a draslíka, kontamináciou pôd, ale aj zhutňovaním (kompakciou) a eróziou pôd. Prezentované údaje a informácie pochádzajú priamo zo zisťovaní a meraní vlastností pôd v sieti monitorovacích lokalít a výberových honov (výrobných parciel) rozmiestnených na celom území Slovenskej republiky
- dielčie výstupy boli prezentované na rôznych našich i zahraničných seminároch a konferenciách (či už vo forme prednášok a referátov, alebo posterov)
- vypracovanie priebežnej správy ČMS-P za rok 2003

**ČÚ 01**

**KOMPLEXNÝ MONITORING VLASTNOSTÍ PŮD SR**

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



## KOMPLEXNÝ MONITORING VLASTNOSTÍ PŮD SR

V tejto časti sú zahrnuté práce a aktivity, ktoré sa spájajú s koordinačnou činnosťou úlohy „Komplexný monitoring vlastností pôd SR“. Sú to jednak práce, ktoré vyplývajú z uznesení MŽP SR o monitorovaní zložiek životného prostredia, ako aj uznesení vlády SR č. 7 z 12.1.2000 a č. 664 z 23.8.2000 o ďalšom zabezpečovaní monitoringu zložiek životného prostredia, a teda aj pôdy. Ďalej sú to aktivity pod koordináciou MŽP SR, ale aj MP SR, ktorý realizačne tieto úlohy zabezpečuje. Tiež sú tu aktivity so Slovenskou agentúrou životného prostredia (SAŽP) v Banskej Bystrici, ktorá je poverená budovaním a ďalším zdokonaľovaním jednotného informačného systému monitoringu životného prostredia. Tiež sa jedná o aktivity vzťahujúce sa na spoluriešiteľské organizácie, t.j. Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky (ÚKSUP) v Bratislave a Lesnícky výskumný ústav (LVÚ) vo Zvolene. Napokon sú to práce vyplývajúce z koordinácie 8 čiastkových úloh riešených v rámci Výskumného ústavu pôdoznectva a ochrany pôdy (VÚPOP) v Bratislave.

V neposlednom rade treba spomenúť bohatú medzinárodnú činnosť v oblasti monitoringu pôd. Sú to práce v rámci členstva v Európskej komisii pre prípravu Európskej Direktívy monitoringu pôd, ako aj pracovné aktivity v rámci projektu Donauländer (členských Podunajských krajín), a koordinácie pracovných aktivít členských krajín v rámci monitoringu pôd

### 1. Práce pod koordináciou MŽP SR a MP SR a v súčinnosti so SAŽP

Práce aj v roku 2003 pokračovali v zmysle schválenej Koncepcie rezortnej časti štátneho informačného systému MŽP SR a podľa § 15 odst. 1 zákon NR SR č. 261/1995 Z.z., ktorých ťažisko spočívalo v ďalšom dobudovaní informačného systému monitoringu životného prostredia, a teda aj pôdy. Na jednej strane ide o aktualizáciu archivovaných údajov a položiek, na druhej strane tvorba a poskytovanie výstupov podľa požiadaviek MŽP SR a MP SR, ako aj orgánov štátnej správy. V súčinnosti so SAŽP v Banskej Bystrici, ktorá je koordinátorom vytvorenia informačného systému monitorovania životného prostredia, podľa jej požiadaviek išlo o poskytovania podkladov z ČMS-P pre účely jednak vnútroštátnej siete, ale aj s medzinárodným dosahom (tvorba európskej mapy kontaminácie pôd apod.). Súčasne sa priebežne aktualizuje www stránka ČMS-P na serveri v B. Bystrici, pričom bola vytvorená anglická verzia tejto stránky v rámci prípravy začlenenia sa do európskych štruktúr. Bola tiež vytvorená digitálna web mapa spojená s digitálnou prezentáciou súčasného stavu a vývoja pôd podľa jednotlivých monitorovacích lokalít. Súčasťou aktualizácie je aj zverejnenie výročných správ ČMS-P na serveri SAŽP (aktualizácia prebieha vždy začiatkom nasledujúceho roka po vypracovaní a schválení výročných správ). Všetky požiadavky zo strany MŽP SR, MP SR a SAŽP boli v roku 2003 splnené a podľa potreby sa i priebežne plnia.

### 2. Spolupráca so spoluriešiteľskými organizáciami

Koordinačné aktivity prebiehali aj v roku 2003 v súčinnosti so spoluriešiteľskými organizáciami, ktorými sú Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky (ÚKSUP) v Bratislave a Lesnícky výskumný ústav (LVÚ) vo Zvolene.



Rok 2003 bol 3. rokom III. cyklu „Plošného prieskumu kontaminácie poľnohospodárskych pôd“ (PPKP). Dosiahnuté výsledky sú podobne ako za lesné pôdy uvedené v samostatných častiach tejto správy.

Vo vzťahu k ÚKSUP-u a PPKP, ktorý nadväzuje na základnú monitorovaciu sieť ako prvú záchytnú sieť, tento datailizuje plošný rozsah kontaminácie pôd v okolí zistených bodov znečistenia. Jedná sa o nasledovný okruh prác:

- nadväznosť prác z predchádzajúcich rokov podľa pôvodnej metodiky
- na základe doteraz zistených výsledkov kontaminácie pôd (základná sieť) špecifikovať rozsah (príp. i hĺbku) znečistenia polutantami v najviac znečistených oblastiach SR (zvýšenie rozsahu PPKP o sledovanie miery znečistenia v celom pôdnom profile však naráža na nedostatok finančných prostriedkov)
- priebežná aktualizácia databázy nadlimitných nálezov polutantov
- formou GIS zmapovať znečistené regióny SR po predchádzajúcom zameraní poľnohospodárskych honov (výrobných parciel) PPKP

Stále problematickým zostáva zameranie v súčasnosti vyše 8 tis. poľnohospodárskych honov PPKP v rámci kompatibility tohto subsystému s Komplexným monitorovacím systémom pôd, na čo sa nám nedarí nájsť potrebné finančné prostriedky ani kapacity. Je tým totiž limitované aj spracovanie kompletných údajov v GIS-e.

Vo vzťahu k monitoringu lesných pôd pretrvávajú určité disproporcie, ktoré pramenia jednak z previazanosti na medzinárodný systém ICP-Forest, ako aj určité špecifiká lesných pôd, jednak z nedostatku finančných prostriedkov (monitoring lesných pôd je finančne zabezpečovaný v rámci ČMS-lesy).

Proces postupného zosúladovania metodických postupov by sa mal urýchliť po roku 2004, kedy by mala byť vypracovaná Európska Direktíva monitoringu pôd, ako záväzný legislatívny dokument vzťahujúci sa na poľnohospodárske, lesné pôdy i pôdy nad hornou hranicou lesa.

Vypracované výstupy spoluriešiteľských organizácií (ÚKSUP Bratislava a LVÚ Zvolen) za rok 2003 sú uvedené v tejto správe v samostatných kapitolách.

### **3. Koordinácia a realizácia monitoringu poľnohospodárskych pôd a pôd nad hornou hranicou lesa v rámci VÚPOP Bratislava**

Koordinácia a realizácia monitoringu poľnohospodárskych pôd a pôd nad hornou hranicou lesa sa v roku 2003 uskutočňovala v 8-mich čiastkových úlohách. Predmetom sledovania boli viaceré odborné okruhy, prevažne ako prejavy antropogénnej činnosti v zmenených ekonomických podmienkach (po roku 1990) a ktoré sa dotýkajú aktuálneho stavu našich pôd, ako aj ich posledného vývoja. Jedná sa o acidifikáciu, alkalizáciu a salinizáciu pôd, kontamináciu pôd, vývoj obsahu prístupných živín a mikroelementov, vývoj kvantít a kvality pôdneho humusu, tiež vývoj fyzikálnych vlastností v súvislosti s utláčaním (kompakciou) pôd, ako aj vývoj erózie pôd na vybraných transektoch v rámci územia SR. Súčasťou úlohy je aj určenie indikátorov zraniteľnosti pôd voči vonkajším vplyvom.

V roku 2003 išlo o koordináciu a realizáciu nasledovných prác v rámci VÚPOP Bratislava:

### **a) Terénne práce a ich metodické zabezpečenie**

V súlade s vypracovaným a schváleným Projektom ČMS-P (2000) boli v roku 2003 uskutočnené nasledovné terénne práce:

- odber pôdnych a rastlinných vzoriek v sieti kľúčových monitorovacích lokalít (18)
- odber pôdnych vzoriek v samostatnej sieti lokalít (8) pre sledovanie alkalizácie a salinizácie pôd
- odber pôdnych vzoriek v samostatnej sieti lokalít (4 transekty) pre sledovanie erózie pôd

Tieto práce zahŕňajú homogenizáciu a prípravu odobraných pôdnych a rastlinných vzoriek pre analýzy.

### **b) Analytické práce**

Keďže ešte v roku 2002 boli zrušené regionálne laboratória v Banskej Bystrici a v Prešove, rozsah prakticky všetkých analýz sa presunul do centrálného (pre hygienu akreditovaného) laboratória VÚPOP v Bratislave (na Rožňavskej ul.).

V roku 2003 boli začaté analýzy z 3. cyklu monitorovania pôd v SR. Celá základná sieť bola rozdelená podľa pôdnych typov a subtypov, ale i využívania pôd do 24 skupín, pričom na analýzy pripadá každoročne 6 skupín tak, aby do ukončenia monitorovacieho systému bola zanalyzovaná celá základná sieť. V roku 2003 boli teda analyzované nasledovné skupiny pôd (z odberov základnej siete v roku 2002):

- podzoly, rankre a litozeme na kyslých substrátoch
- andozeme
- regozeme na karbonátových sedimentoch
- regozeme na nekarbonátových sedimentoch
- zasolené pôdy na rôznych substrátoch
- kultizeme

Súčasne boli analyzované pôdne vzorky z kľúčových monitorovacích lokalít, ktoré boli odobrané v roku 2003. Zároveň boli odobrané pôdne vzorky zo samostatnej siete lokalít pre sledovanie alkalizácie a salinizácie pôd, ako aj pôdne vzorky zo samostatnej siete lokalít pre sledovanie erózie pôd, ktoré boli odobrané taktiež v roku 2003.

Analýzy predstavujú zisťovanie širokého spektra parametrov podľa odborných okruhov nachádzajúcich sa v jednotlivých čiastkových úlohách. Jedná sa o stanovenie chemických, fyzikálnych i fyzikálno-chemických analýz v celom pôdnom profile monitorovacích lokalít. Množstvo vykonaných analýz je uvedené v predchádzajúcej časti tejto správy. Niektoré doplnujúce analýzy boli urobené aj na regionálnych pracoviskách v Banskej Bystrici a v Prešove, avšak len potiaľ, pokiaľ pre výkon určitých analýz zostali relevantné podmienky (priestory i vybavenie, prevažne sa však jednalo len o výkon jednoduchších a menej náročných analýz).

### **c) Vyhodnocovacie práce**

Predkladaná priebežná správa ČMS-P je v podstate výkazom za rok 2003 spojená s hodnotením tých nameraných údajov, ktoré boli predmetom sledovania v tomto roku (6 pôdnych skupín základnej siete). Okrem základnej siete hodnotíme aj kľúčové lokality, avšak na základe dávnejšieho rozhodnutia koordinačnej rady, že v danom roku hodnotíme len tie kľúčové lokality (každoročné sledovanie), ktoré po pedologickej stránke majú príslušnosť k hodnoteným pôdam v rámci základnej siete. To znamená, že v roku 2003 bola hodnotená len kľúčová lokalita regozeme (Moravský Ján – IČS 400 11), i keď analyzované boli v roku 2003 všetky kľúčové lokality, pochádzajúce z odberov v tom istom roku. Samostatne sú hodnotené dosiahnuté výsledky v samostatnej sieti pre sledovanie alkalizácie a salinizácie pôd, ako aj pre sledovanie erózie pôd.

Súčasne v roku 2003 bola vydaná publikácia „Monitoring pôd SR“, kde je hodnotený súčasný stav a vývoj pôd za 2. monitorovací cyklus (Kobza a kol., 2003). Zároveň boli dielčie výsledky monitorovania pôd publikované jednotlivými riešiteľmi na rôznych seminároch a konferenciách u nás a v zahraničí.

### **4. Medzinárodná činnosť**

Táto činnosť bola v roku 2003 značne intenzívna, čo vyplýva z nášho členstva v Európskej komisii – pracovnej skupine pre vypracovanie európskej Direktívy pre monitoring pôd. V tomto roku sa uskutočnili 3. pracovné stretnutia (13. júna v Bone, 22. septembra a 24. novembra v Bruseli).

Nutnosť vypracovania takejto Direktívy vyplýva z potreby zosúladenia jednotlivých monitorovacích systémov na národnej úrovni a zabezpečenia ich kompatibility, pretože:

- národné monitorovacie systémy, i keď sú rôzneho dáta, prevažne sa vzťahujú len na poľnohospodárske pôdy
- sú zaužívané často rozdielne metodologické postupy
- často nezahrňujú trendy, ako aj indikátory zmien sledovaných parametrov
- sú sledované rozdielne parametre v rozdielnej periodicite a sieti (pravidelná i nepravidelná)
- nie sú vždy zahrnuté hlavné aspekty ochrany pôd

V snahe zosúladiť určité aktivity v jednotlivých krajinách, ešte v júni 2003 zahájila svoju činnosť pracovná komisia pre monitoring pôd v Bone. Táto bola rozdelená do 5-tich základných pracovných skupín (A až E). Na zatiaľ poslednom pracovnom stretnutí v Bruseli rokovanie zúčastnených krajín vrátane Slovenska prebiehalo nasledovne:

V skupine A bolo jednanie zamerané na existujúce monitorovacie systémy v členských i kandidátskych krajinách, ako východzieho stavu pre riešenie jednotného a integrovaného systému monitoringu pôd na európskej úrovni.

Skupina B sa zaoberala parametrami a indikátormi, ktoré by mali byť monitorované. Preferované budú tie, ktoré budú relevantné k trvalo udržateľnému využívaniu a vývoju pôd najmä s dopadom na ekonomiku, zamestnanosť, sociálny blahobyt, životné prostredie a zdravie ľudí.

Jednanie v skupine C sa zaoberalo problematikou variability pôd. Je potrebné rozvíjať mechanizmus, ktorý odráža a adresne vystihuje variabilitu pôd v EÚ v nadväznosti na využitie jednotnej klasifikácie pôd. Variabilitu tiež treba zohľadňovať pri rozdielnom spôsobe využívania pôdy (orná pôda, pôdy pod trvalými trávnyimi porastami, lesná pôda), ako aj v rozdielnych klimatických podmienkach (napr. severná a južná časť Európy).

Skupina D sa zaoberala potrebou harmonizácie prác a aktivít v rámci procesu monitorovania pôd. Totiž stále pretrváva v jednotlivých krajinách značná heterogenita v jednotlivých analytických metódach i vzorkovaní pôd. Tiež bolo poukázané na značné množstvo rôznych existujúcich laboratórií, čo je skôr negatívnym javom.

Určítym špecifikom je problematika, ktorá bola prejednávaná v skupine E. Jedná sa o privátne vlastníctvo a možnosti zavedenia a využívania monitoringu pôd i v tejto oblasti. V tejto časti budú analyzované problémy založenia monitorovacieho systému vo vzťahu k privátnemu vlastníctvu krajiny, ako aj vzťahy medzi verejným prístupom informácií, právom na ochranu životného prostredia a zdravia ľudí a privátnym vlastníctvom krajiny.

Po rokovaníach v jednotlivých pracovných skupinách nasledovala bohatá spoločná diskusia, ktorej predbežné závery možno zhrnúť do nasledovných bodov:

- európsky monitorovací systém by mal vychádzať už z existujúcich národných monitorovacích systémov
- európsky monitorovací systém je uvažovaný s dobou trvania aspoň na 30-50 rokov (s predpokladanými cyklami 5-10 rokov podľa charakteru sledovaných parametrov)
- spôsob sledovania by mal odrážať nepriaznivé vplyvy ako napr. úbytok pôdnej organickej hmoty a prístupných živín v pôde, kontamináciu pôdy, acidifikáciu a alkalizáciu, fyzikálnu degradáciu a eróziu pôd, stratu biodiverzity pôd a pod.
- vybrať určité spoločné parametre, ktoré by mali byť sledované v európskom meradle v rámci porovnateľnosti na určitom súbore monitorovacích lokalít
- vhodne zvoliť spoločné štandardy (ISO, CEN, príp. ďalšie)
- vytvoriť spoločné zobrazenie základných údajov v predpokladanej mierke 1 : 250 000

Po každom pracovnom zasadnutí Európskej komisie (EÚ) boli vypracované písomné konspekty s príspevkami a doporučeniami pre vybudovanie európskej Direktívy monitoringu pôd ako dokumentu, ktorý bude významný a záväzný pre realizáciu európskeho monitoringu pôd. Boli pomerne vysoko hodnotené naše skúsenosti i poznatky z doterajšej realizácie monitoringu pôd, ktoré budú využiteľné pri tvorbe európskej Direktívy monitoringu pôd.

Vypracovanie európskej Direktívy monitoringu pôd bude prvou legislatívnou iniciatívou na úrovni EÚ, ktorá je špeciálne designovaná pre pôdu. Bude to významný dokument, využiteľný pri ďalšej stratégii využívania a ochrany pôd v rámci EÚ v rámci Európskej pôdnej politiky.

Práce pokračujú priebežne na základe pokynov hlavného koordinátora, ako aj príslušných koordinátorov jednotlivých pracovných podskupín.

Ďalšou iniciatívou v oblasti monitoringu pôd je koordinačná činnosť v rámci Podunajských krajín (pracovná skupina pre ochranu pôd). Pracovné stretnutie zúčastnených krajín sa uskutočnilo v termíne 23.- 25. apríla 2003 v Nitre. Bol prejednaný stav v realizácii monitoringu pôd, ako prvý krok pri riešení kompatibility národných systémov. Z našej strany bol vypracovaný Dotazník (Príloha 1), ktorý bol rozposlaný zúčastneným krajinám na vyplnenie a ktorý bude predmetom diskusie na ďalšom odbornom zasadnutí v roku 2004. Samozrejme po predpokladanom odsúhlasení Európskej Direktívy monitoringu pôd

v septembri 2004 na medzinárodnom fóre pôdoznancovo vo Freiburgu (Nemecko) – EUROSOIL 2004, bude tento dokument prijatý aj vo fóre Podunajských krajín.

V neposlednom rade v rámci medzinárodnej činnosti v oblasti monitoringu pôd treba spomenúť aj začatú 3-ročnú spoluprácu so Štátnou univerzitou Ceará vo Fortaleze (Brazília), kedy na pozvanie a náklady brazílskej strany sa uskutočnilo pracovné stretnutie v termíne 23.5.-30.6.2003. Kľúčovou oblasťou bola edukačná činnosť v problematike monitoringu a ochrany pôd (oboznamovanie študentov so skúsenosťami a poznatkami z realizácie nášho monitoringu pôd, ako aj s hlavnými trendami Európskej pôdnej politiky v rámci ochrany pôd). Ďalšou aktivitou je postupné zakladanie monitorovacích lokalít vo vybraných regiónoch štátu Ceará za účelom zistenia súčasného stavu pôd, ako aj ich postupného vývoja.

Nadalej prebieha dlhoročná spolupráca s Univerzitou v Bayreute (Nemecko) – od roku 1994 v oblasti kontaminácie pôd a jej monitorovania. Dielčie výsledky sú priebežne publikované.

### **Použitá literatúra**

KOBZA, J. a kol. 2003: Monitoring pôd SR. Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd. Výsledky ČMS-P za obdobie 1997-2001 (2. cyklus). VÚPOP Bratislava, 180 s., ISBN 80-89128-04-1.

KOLEKTÍV, 2000: Aktualizovaný rámcový projekt ČMS-P. VÚPOP Bratislava, 40 s.

## QUESTIONNAIRE

### On Soil Conservation Monitoring System in Danube Countries Working Community

#### A. Actual state

1. Monitoring level (national, regional, local)
2. Financial conditions (source of budget)
3. Monitoring network (regular or irregular)
4. Number of monitoring sites (not soil survey)
5. Are various types of cultivation included in? (arable land, grassland, forest land)
6. System and used depth of soil sampling in cm (sampling scheme is recommended)
7. Are soil samples archived? (if yes, long-termly or temporary, specify)
8. Interval of measurements (periodicity)
9. Comparability with existing european monitoring systems (ICP Forest, LUCAS, etc.)
10. Coordination of national/regional/local monitoring system (Ministry, Institute, etc.)
11. Soil monitoring database (responsible Institute, software equipment, etc.)

#### B. Comparability with EU proposal

Proposed indicator parameters according to european level

Site indicators	Parameters	National (N) or regional ® or local (L) level	Depth of measurement (in cm)	Extraction (ISO, CEN, etc.)	Periodicity
Site characteristics	Elevation Slope Meteorolog.data				
Soil type	Classification Soil profile				
Nutrients	Macro-nutrients (total and available), P, K, Mg				
Organic carbon	Total				

Soil chemistry	pH CEC, exchangeable cations				
Soil structure	Bulk density				
Soil biology	Key species (earthworms)				
Contamination	Selected heavy metals				
Desertification	Rain aggressiveness Evapotranspiration Vegetation cover Specific key species				
Acidification	Acid deposition (wet and dry) Mobile Al pH soil water chemistry specific key species				
Salinisation	Irrigation Evapotranspiration Saline and sodic development Water retention Conductivity				
Eutrophication	N deposition (wet and dry) Available soil N Soil water chemistry specific key species				
Soil compaction	Penetration resistance Infiltration/water acceptance Tillage forces				
Soil erosion	To be completed*				
Soil sealing	To be completed*				

- give your used parameters if relevant

Note: In case you use other indicator parameters do not hesitate to give them

### C. Perspectives and next tasks

1. Participation of your country on preparation of Directive of soil monitoring (EC) – responsible Institute, contact person, etc
2. Cooperation with responsible Institute of your country on Directive of soil monitoring preparation (specify)
3. Other activities on european level (if relevant)
4. Your national conditions, next possibilities and perspectives for your soil monitoring system to be continue (including limitations)
5. Give the list of the most important publications on soil monitoring system in your country

6. Give the most actual output of your soil monitoring system (map of soil contamination is recommended) – on national or regional level

**D. Your recommendations and proposals for unified soil conservation monitoring system in Danube Countries Working Community in relation to european level**





**ČÚ 02**

**VÝVOJ PÔD A METÓDY JEHO HODNOTENIA**

**Zodpovedný riešiteľ:** Doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.,  
RNDr. Jarmila Makovníková, CSc.



V súvislosti s hodnotením vývoja a s možnými zmenami pôd možno tieto rozdeliť do 3 nasledovných skupín:

### **1. Nesystematické (náhodné) zmeny**

Tieto zmeny nemajú tendenčný charakter, nevykazujú ani periodické (cyklické) zmeny, ani trendové zmeny, ale vykazujú, resp. sa vyskytujú v náhodnej priestorovej a časovej distribúcii. Sem možno zaradiť:

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

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

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

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

Spoločnou črtou týchto zmien je, že po ukončení monitorovacieho cyklu, zaznamenaná (nameraná) hodnota daného parametra je tá istá, alebo podobná, ako bola iniciálna (východzia) hodnota na začiatku sledovaného obdobia (cyklu). Z tohoto dôvodu dobre známe cyklické zmeny môžu byť pomerne dobre predikované pomerne s vysokou pravdepodobnosťou preukaznosti.

### **3. Zmeny trendu**

Tieto zmeny ukazujú smerodajnú tendenciu v určitom smere (priamo, alebo špirálovite), a to v smere zníženia, alebo zvýšenia. Podľa niektorých autorov (Arnold, R.W. et al., 1990) možno rozlíšiť 3 hlavné druhy týchto trendov:

### **3.1. Rovnovážny trend**

Nastáva vtedy, ak rýchlosť posunu pôdneho materiálu (vplyvom erózie i akumulčných procesov) je menšia ako rýchlosť procesov in situ (zvetrávanie, formovanie pôd a pod.). Pôda a pôdny kryt zostáva na svojom špecifickom mieste a môže sa vyvíjať a meniť podľa svojich zákonitostí na základe procesov in situ. Z pohľadu tohto trendu možno vyčleniť nasledovné hlavné typy pôdnych zmien:

- pôda sa vyvíja v určitom relatívne stabilnom a konštatnom prírodnom prostredí z konkrétneho iniciálneho materského substrátu
- pôda sa vyvíja síce v menlivom prírodnom prostredí, ale tieto zmeny sú tak slabé, málo výrazné a krátkodobé, že môžu ovplyvňovať maximálne pôdne režimy (teplotný, vlhkosťný režim pôd a pod.)
- pôda sa nachádza v silne a dlhodobo sa vyvíjajúcom prírodnom prostredí (klíma, biota, hydrológia, atď.), ale bez priameho vplyvu človeka na pôdu a pôdny kryt
- pôda sa vyvíja pod tlakom silných a rýchlych zmien, najmä vplyvom antropogénnych zásahov (podrávanie a hĺbkové kyprenie, hnojenie, drenáž, kompakcia pôd ťažkými mechanizmami, závlaha, terasovanie apod.). Tieto procesy môžu a často aj výrazne ovplyvňujú pôdny profil. Na rozdiel od postupného prirodzeného vývoja pôd, človekom indikované zmeny narušujú rovnováhu medzi pôdou a okolitým prírodným prostredím. Pôda v tomto prípade dosahuje nerovnovážny stav (ak vplyv človeka na pôdu je pravidelný), alebo sa môže čiastočne posúvať k svojmu rovnovážnemu stavu (ak vplyv človeka na pôdu je len zriedkavý a nepravidelný)

### **3.2. Denudačný trend**

Rýchlosť denudácie (erózne procesy) je rovnaká, alebo väčšia ako rýchlosť procesov in situ (zvetrávanie, formovanie a vývoj pôd). Základnou črtou tohoto trendu je, že pôdy nemôžu dosiahnuť svoje najrozvinutejšie formy (kompletnosť pôdneho profilu), pretože formovanie pôd je neustále oslabované, občas omladzované. V súvislosti s denudačným trendom možno rozlíšiť jeho 2 hlavné typy:

- pôda je totálne erodovaná (vetrom, vodou, príp. sú zahrnuté oba vplyvy)
- pôda je len čiastočne erodovaná (zasahuje časť A horizontu, alebo celú vrchnú časť pôdy)

### **3.3. Akumulačný trend**

O akumuláčnom trende hovoríme vtedy, ak rýchlosť transportovaného materiálu a jeho akumulácie na povrchu pôdy je rovnaká, alebo vyššia ako rýchlosť zvetrávacích procesov, formovania pôd a ich evolúcie. Pod vplyvom tohoto trendu pôda nemôže dosiahnuť klimaxové štádium, pretože povrchová časť pôdy a vrchné horizonty sú pravidelne, alebo periodicky obohacované transformovaným pôdno-sedimentárnym materiálom. Akumulačný trend sa môže vyskytovať pod vplyvom prirodzených, ale aj antropických podmienok. Výsledkom týchto dvoch vplyvov sú nasledovné typy vývoja:

- reprodukcia toho istého typu pôdneho profilu po každej akumulácii
- formovanie rozdielneho typu pôdneho profilu napr. pri vertikálnej stratigrafii spraší, ktorá odráža vývoj počas pleistocénu

Okrem nepravidelných, pravidelných (cyklických) a trendových zmien, niektoré autori (Arnold et al., 1990) zaraďujú možné zmeny pôd do 5-tich nasledovných kategórií:

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

Reverzibilita pôdnych zmien má svoj špeciálny význam pri formovaní pôdnych procesov indukovaných človekom. Rôzne ľudské aktivity výrazne ovplyvňujú vlastnosti pôd (pôdnu reakciu, obsah prístupných živín P a K, obsah pôdnej organickej hmoty, mikrobiálnu aktivitu, ale aj negatívne – napr. erózia pôd, kontaminácia pôd). Tieto aktivity ovplyvňujú rýchlosť pôdnych zmien. Ich reverzibilita závisí od frekvencie inputov do pôdy a ich množstva.

Najvýraznejším prejavom antropickej činnosti na zmeny vlastností pôd (čo vyplýva z doterajšieho sledovania pôd – Kobza a kol., 2003) je obsah prístupných živín v pôde – najmä fosforu a draslíka, ktoré pomerne dobre odrážajú úroveň hnojenia. Keďže v roku 2003 sme vyhodnocovali časť monitorovacích sond pôd základnej siete (6 skupín), kde boli zahrnuté jednak pôdy v prirodzenom vývoji (horské pôdy, ako napr. podzoly, rankre, litozeme a andozeme, ktoré neboli ovplyvnené priamou činnosťou človeka – ako je napr. kultivácia, hnojenie a vápnenie, čiastočne môžu byť ovplyvnené nepriamo, a to kyslými dažďami a diaľkovým prenosom emisií), jednak tu boli zahrnuté pôdy pod výrazným vplyvom antropickej činnosti – kultizeme, ako aj pôdy, ktoré sa najmä v minulosti intenzívne hnojili (hodnotené regozeme v roku 2003).

Preto v nasledovnej časti rozoberáme v roku 2003 v sledovaných a hodnotených pôdach tie vlastnosti pôd, ktoré nie sú predmetom sledovania v ostatných čiastkových úlohách (obsah prístupných živín v súčasnom vývoji), ako porovnanie pôd v prirodzenom vývoji a pôd ovplyvňovaných činnosťou človeka (kultivácia, hnojenie). Tiež sme sa pokúsili o vyjadrenie súvzťažnosti niektorých dôležitých parametrov, a to v ich prirodzenom vývoji, ako aj vo vývoji pôd, indukovanom činnosťou človeka.

## MATERIÁL A METÓDY

Boli použité jednotné analytické postupy pre monitoring pôd SR (Fiala a kol., 1999). Prístupné živiny boli hodnotené v pôdnom profile, pri pôdach pod trvalými trávnyimi porastami (TTP) v hĺbke 0-10 cm, 20-30 cm a 35-45 cm, na orných pôdach len v hĺbke 0-10 cm a 35-45 cm. Boli hodnotené nasledovné pôdy: podzoly, rankre, litozeme, andozeme, regozeme na nekarbonátových i karbonátových sedimentoch, zasolené pôdy a kultizeme. Zo siete kľúčových monitorovacích lokalít v danom roku vyhodnocujeme len tie, ktoré sú reprezentantom pôd, ktoré sa vyhodnocujú v základnej sieti. V tomto roku preto uvádzame len jednu kľúčovú lokalitu (regozem v Moravskom Jáne), i keď analyzované boli všetky kľúčové lokality (tie budú vyhodnocované neskôr pri pôdach v základnej sieti). Pri vyhodnotení boli použité základné matematicko-štatistické postupy. Štatistické spracovanie a vyhodnotenie výsledkov bolo uskutočnené v programe STATGRAPHIC 5.0.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

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

#### 1.1. Fosfor

Je všeobecne známe, že celková zásoba fosforu prakticky vo všetkých pôdach je malá, a preto jeho stav a vývoj odzrkadľuje predovšetkým úroveň hnojenia. Ako sme už dokumentovali v predchádzajúcich 2 cykloch (Kobza, J. a kol., 2003), obsah živín má po roku 1990 klesajúci trend v priemere o 10-30 %. Menej výrazný trend je v pôdach, ktoré sa ani v minulosti intenzívne nehnojili (menej prístupné, vzdialené pozemky, svahovité a pod.), výraznejší prejav je na orných pôdach, ktoré sa najmä v minulosti intenzívne hnojili, kde pozorujeme zníženie obsahu živín, i keď na niektorých lokalitách, ktoré sa v minulosti luxusne prehnojovali, je i v súčasnosti obsah živín vysoký.

V tejto časti hodnotíme jednak aktuálny stav, ako aj doterajší vývoj vrátane začatého 3. cyklu monitorovania pôd. Najnovšie, aktuálne údaje prístupného fosforu (stanoveného metódou podľa Egnera) v hodnotených pôdach v roku 2003 sú uvedené v tabuľke 1.

**Tab. 1** Zastúpenie prístupného fosforu (Egner) vo vybraných pôdach v 3. cykle monitorovania pôd

P.č.	Pôdy	Kultúra	Hĺbka v cm	P (mg.kg <sup>-1</sup> )		
				X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X
1	PZ, RN <sub>p</sub> , LI <sup>q</sup>	TTP	0-10	10,00	49,85	25,11
			20-30	3,05	11,22	6,08
			35-45	2,52	5,88	4,57
2	AM	TTP	0-10	12,24	102,24	57,22
			20-30	3,88	154,85	78,80
			35-45	4,93	154,85	79,90
3	RM na karbonátových pieskoch	OP	0-10	88,43	227,24	160,00
			35-45	21,94	63,06	42,00
4	RM na nekarbonátových pieskoch	OP	0-10	87,84	160,45	121,88
			35-45	4,03	91,12	50,70
5	Zasolené pôdy	TTP	0-10	5,83	53,56	22,32
			20-30	2,58	46,06	18,76
			35-45	1,82	65,98	24,01
6	KT	TTP	0-10	1,97	4,09	13,03
			20-30	0,68	5,08	2,88
			35-45	0,61	2,88	1,74

Vysvetlivky: PZ – podzoly, RN<sub>p</sub> – rankre podzolové, LI<sup>q</sup> – litozeme modálne, var. silikátové, AM – andozeme, RM – regozeme, KT – kultizeme, OP – orná pôda, TTP – trvalé trávne porasty, X<sub>min</sub> – minimálna hodnota, X<sub>max</sub> – maximálna hodnota, X – aritmetický priemer

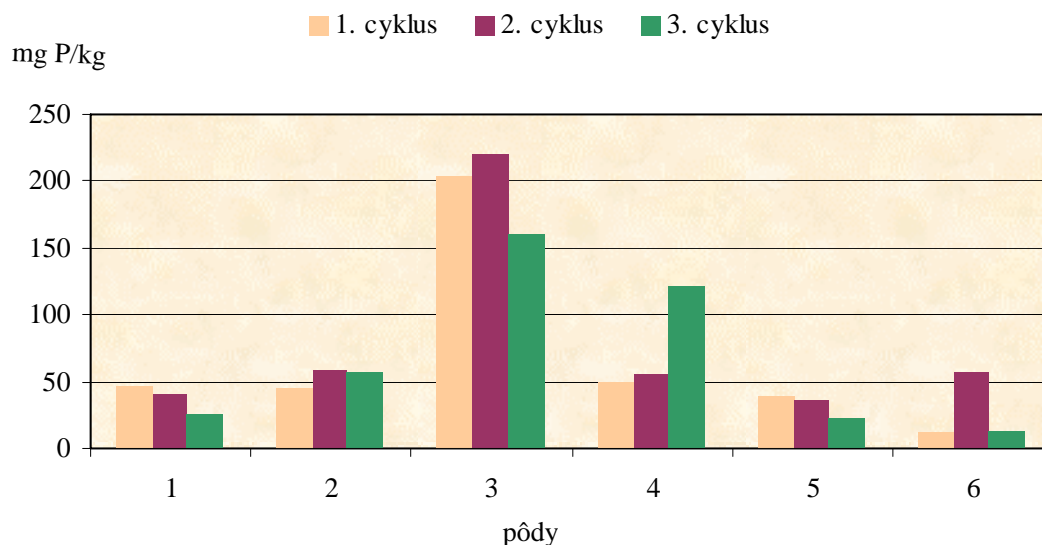
Nižšie hodnoty obsahu prístupného fosforu boli zistené na pôdach pod trvalými trávnyimi porastami, avšak i tu sa jeho hodnoty podľa kritérií ÚKSUP-u (1993) pohybujú v pomerne širokom rozpätí malej až vysokej zásobenosti. Najvyššie hodnoty prístupného fosforu spomedzi nehojených pôd a pôd pod trvalými trávnyimi porastami nachádzame v andozemiach (priemerne 57,22 mg P.kg<sup>-1</sup>). Súvisí to zrejme so zistením, že disponibilita fosforu koreluje s bohatosťou na kyselinu kremičitú (viac prístupného fosforu), ako uvádza Šály (1982).

Obsah prístupného fosforu na orných pôdach (regozeme) je výrazne vyšší najmä v povrchovom horizonte (vplyv fosforečného hnojenia), v podornici je obsah tohto prvku výrazne nižší, čo je pre tieto pôdy charakteristické. Obsah prístupného fosforu v ornici je stále vysoký, v podornici je jeho obsah stredný.

Čo sa týka vývoja obsahu prístupného fosforu za doteraz sledované obdobie, je tento pomerne variabilný, pričom na orných pôdach je to spôsobené rozdielnou úrovňou hnojenia, na horských pôdach sa jedná o prirodzenú heterogenitu. Je to pozorovateľné aj na obrázku 1 (vývoj prístupného P v povrchovom horizonte, resp. v ornici), kde zistený trend nie je vždy jednoznačný, ale skôr variabilný.

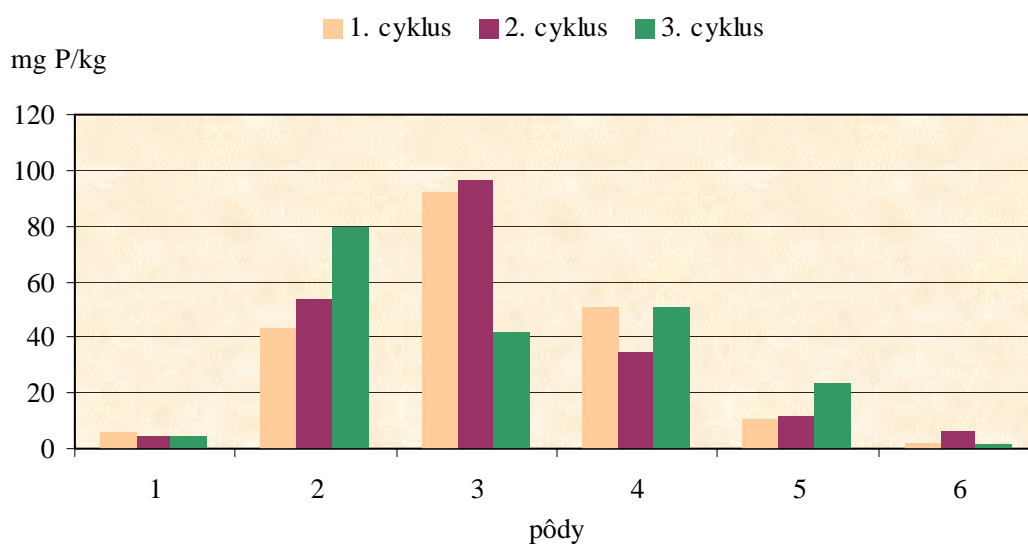


**Obr. 1** Vývoj obsahu prístupného fosforu (Egner) v hĺbke 0-10 cm vo vybraných pôdach (porovnanie 1., 2. a 3. cyklu)



Podobný trend bol zistený i v podornici (v hĺbke 35-45 cm), kde sú hodnoty prístupného fosforu taktiež variabilné. Vyššie obsahy prístupného fosforu v podornici spomedzi sledovaných pôd nachádzame v zrnitostne ľahších pôdach (regozeme), kde môže dochádzať k jeho určitému posunu (i keď tento prvok je málo pohyblivý). Pomerne vysoký obsah prístupného fosforu v hlbšej časti profilu andozemí súvisí do určitej miery už s predchádzajúcim konštatovaním (Šály, 1982).

**Obr. 2** Vývoj obsahu prístupného fosforu (Egner) v hĺbke 35-45 cm vo vybraných pôdach (porovnanie 1., 2. a 3. cyklu)



## 1.2. Draslík

Draslíkom na rozdiel od fosforu sú naše pôdy lepšie zásobené. Tvorí totiž súčasť kremičitanov, uhličitanov, síranov, chloridov a fosforečnanov. Kundler (1970) uvádza, že v pôdach je 8-40-krát viac draslíka ako fosforu. Bujdoš (1975) uvádza nasledovné rozdelenie celkového draslíka v pôdach Slovenska: 47,15 % celkového draslíka je v živcoch v ornici a 46,72 % v podornici, 25 % v sľudách v ornici aj v podornici a 15,9 % v ílových mineráloch v ornici a 16,6 % v podornici.

Nami zistené údaje prístupného draslíka (metódou Schachtschabela) sú uvedené v tabuľke 2.

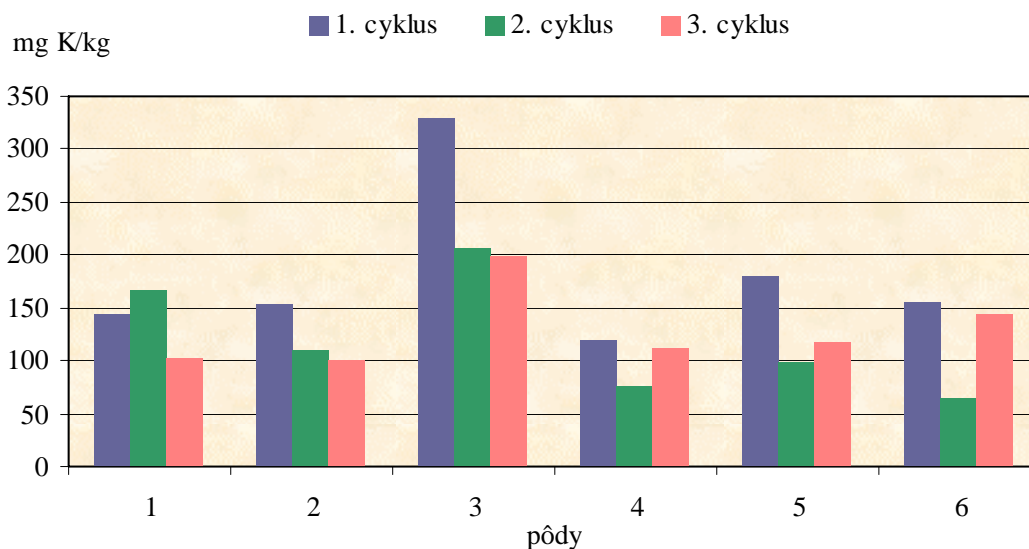
**Tab. 2** Zastúpenie prístupného draslíka (Schacht.) vo vybraných pôdach v 3. cykle monitorovania pôd

P.č.	Pôdy	Kultúra	Hĺbka v cm	K (mg.kg <sup>-1</sup> )		
				X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X
1	PZ, RN <sub>p</sub> , LI <sup>q</sup>	TTP	0-10	46,01	146,61	101,65
			20-30	18,33	80,03	41,36
			35-45	5,48	54,53	28,23
2	AM	TTP	0-10	87,65	114,40	101,00
			20-30	42,39	52,67	47,53
			35-45	29,01	51,65	40,33
3	RM na karbonátových pieskoch	OP	0-10	87,65	408,82	198,60
			35-45	27,98	284,87	116,40
4	RM na nekarbonátových pieskoch	OP	0-10	84,57	163,79	111,66
			35-45	7,41	265,97	112,80
5	Zasolené pôdy	TTP	0-10	107,77	123,53	116,52
			20-30	79,41	120,38	96,22
			35-45	81,51	117,23	94,81
6	KT	TTP	0-10	92,02	194,96	143,50
			20-30	48,95	123,53	86,24
			35-45	47,90	100,42	74,16

Na rozdiel od fosforu obsah prístupného draslíka je aj v pôdach pod trvalými trávnyimi porastami prevažne stredný, len pri podzolochoch a andozemiach je obsah malý, avšak blízko strednej zásobenosti. Na hodnotených orných pôdach (regozeme) je obsah prístupného draslíka stredný až dobrý. V hlbších častiach pôdneho profilu obsah prístupného draslíka klesá, jeho určitú variabilitu odzrkadľuje aj rozdielny príjem draslíka rastlinami.

Vývojový trend prístupného draslíka počas doterajších 3 cyklov, a to v ornici aj podornici je znázornený na obrázkoch 3 a 4.

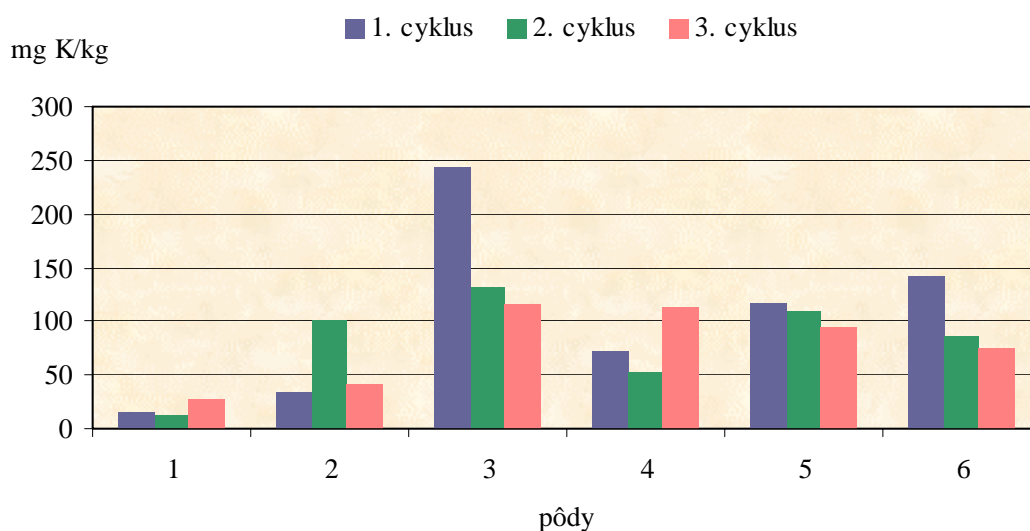
**Obr. 3** Vývoj obsahu prístupného draslíka (Schacht.) v hĺbke 0-10 cm vo vybraných pôdach (porovnanie 1., 2. a 3. cyklu)



Vývoj obsahu prístupného draslíka v povrchovom horizonte je pomerne variabilný, na orných pôdach odráža zároveň aj úroveň hnojenia, ktorá má klesajúci trend. V priemere však obsahy prístupného draslíka v 3. cykle monitorovania sú nižšie ako v predchádzajúcich, najmä v 1. cykle monitorovania pôd.

Vývoj obsahu prístupného draslíka v podornici je znázornený na obrázku 4.

**Obr. 4** Vývoj obsahu prístupného draslíka (Schacht.) v hĺbke 35-45 cm vo vybraných pôdach (porovnanie 1., 2. a 3. cyklu)



V podornici sú obsahy prístupného draslíka v priemere prirodzene nižšie, avšak jeho hodnoty taktiež vykazujú určitú časovú variabilitu prakticky na všetkých hodnotených pôdach. Najnižšie hodnoty v podornici boli zistené pri podzolochoch a andozemiach, najvyššie na orných pôdach (regozeme). Vývojový trend nie je jednoznačný, bol jednak zaznamenaný pokles prístupného draslíka v podornici, v niektorých pôdach je skôr opačný trend, najmä na horských pôdach (podzoly, andozeme), tento však odráža prirodzenú variabilitu, pretože tieto pôdy patria medzi nehnojené.

### 1.3. Horčík

Horčík sa všeobecne zaraďuje medzi 5. hlavný biogénny prvok. Ako sme už hodnotili v predchádzajúcich správach ČMS-P, naše pôdy sú pomerne dobre zásobené touto živinou. Základné štatistické ukazovatele prístupného horčíka v hodnotených pôdach v roku 2003 sú uvedené v tabuľke 3.

**Tab. 3** Zastúpenie prístupného horčíka (Mehlich II.) vo vybraných pôdach (v hĺbke 0-10 cm) v 3. cykle monitorovania pôd

P.č.	Pôdy	Kultúra	Mg (mg.kg <sup>-1</sup> )		
			X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X
1	PZ, RN <sub>p</sub> , LI <sup>q</sup>	TTP	12,5	78,5	41,6
2	RM na karb. pieskoch	OP	116,0	318,5	189,4
3	RM na nekarb. pieskoch	OP	50,0	91,0	70,0
4	Zasolené pôdy	TTP	466,5	602,0	534,2
5	KT	TTP	694,0	18 925,0*	9 809,5*

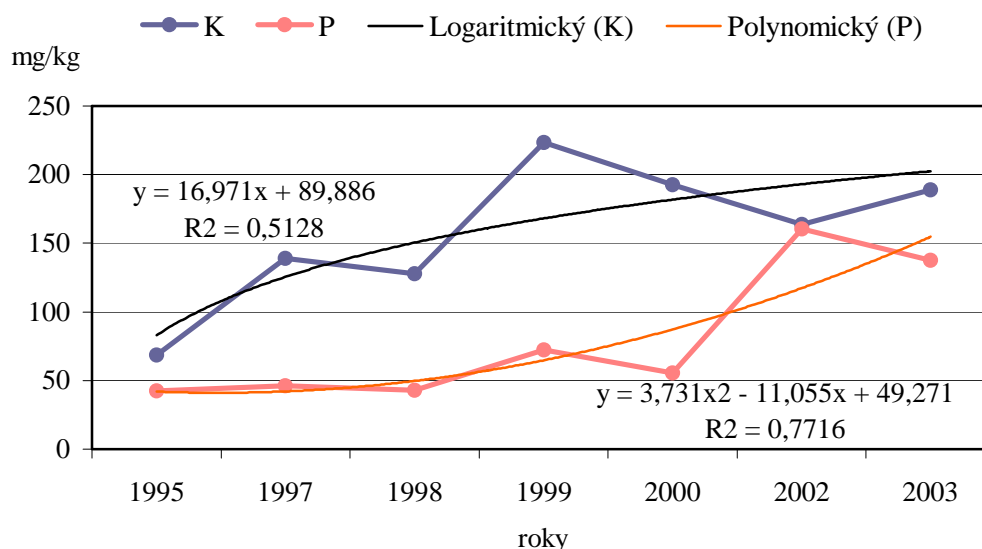
\* ovplyvnené Mg – imisiami blízko areálu magnezitky v Hačave

Obsah prístupného horčíka (metódou podľa Mehlicha II.) je v hodnotených pôdach trvalý (pri podzolochoch) stredný až vysoký. Veľmi vysoký obsah bol zistený pri kultizemiach, pričom tieto pôdy sú ovplyvnené veľmi vysokou hodnotou Mg (maximálna nameraná hodnota) na lokalite kultizeme, var. kontaminovanej (Mg imisiami) v tesnej blízkosti magnezitky v Hačave. Tieto extrémne vysoké hodnoty Mg tu pretrvávajú už pomerne dlhú dobu, na čo sme už poukázali aj v niektorých predchádzajúcich prácach (Kobza, 2000, Kobza a kol., 2003). Získané výsledky v roku 2003 pri hodnotení 3. cyklu monitorovania pôd SR potvrdzujú i na tejto časti pôd (pôdy sa vyhodnocujú priebežne počas 5-ročného cyklu), že naše pôdy sú dobre zásobené horčíkom, takže prvok netreba do pôdy pridávať prihnojovaním, čo sa dotýka aj extenzívne využívaných, resp. nevyužívaných pôd s výnimkou podzolov, ktoré sa však nachádzajú prevažne mimo poľnohospodársky využívaného pôdneho fondu (prevažne horské pôdy).

## 2. Vývoj obsahu prístupných živín P a K na príklade kľúčovej lokality na regozemi (Moravský Ján)

V tejto časti je zahrnutá len jedna kľúčová lokalita, ktorej pôdny typ sa nachádza v škále hodnotených pôd základne siete v roku 2003. Vývojový trend v obsahu prístupného fosforu a draslíka je uvedený na obrázku 5.

**Obr. 5** Vývoj obsahu prístupného P (Egner) a K (Schacht.) v ornici regozeme na kľúčovej lokalite Moravský Ján



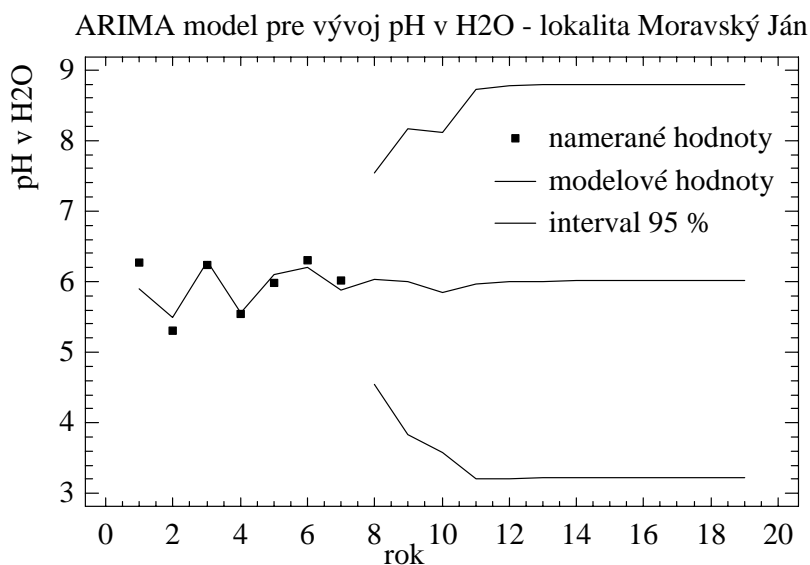
Priebeh kriviek fosforu a draslíka v ornici regozeme nemajú jednoznačný charakter, nevykazujú ani periodické (cyklické) zmeny, ani trendové zmeny. Vývoj fosforu a draslíka na danej lokalite je skôr ovplyvňovaný úrovňou hnojenia v jednotlivých rokoch (presné dávky aplikovaných hnojív na danej lokalite sa nám nepodarilo zistiť), ako aj úrovňou infiltrácie sledovaných živín do hlbších častí pôdneho profilu (výraznejšie pri draslíku, ktorý je oproti fosforu viac pohyblivý). Obsah prístupného fosforu je v súčasnosti vysoký a obsah prístupného draslíka je dobrý na uvedenej lokalite. Jedná sa o intenzívne obhospodarovanú pôdu. Zistené zmeny v obsahu prístupných živín môžeme zaradiť prevažne medzi reverzibilné, pretože pri výraznej redukcii hnojenia, príp. jeho prerušení sa dosiahnuté hodnoty prístupného fosforu a draslíka znižujú smerom k prirodzeným hodnotám, ktoré sú nízke (pôda na eolických kremitých pieskoch).

### 3. Analýza vývoja vybraných pôdnych parametrov

Pri modelovaní časového vývoja sledovaných parametrov sme použili úpravu časovej rady pomocou ARIMA modelov. ARIMA modely vychádzajú z Box-Jenkinsonovej metódy a pri predikcii sledovaných parametrov v určenom časovom období využívajú autoregresný proces ako aj sezónnu zložku. K vlastnému modelovému odhadu vychádzajú z Marquardtovej metódy.

Vývoj hodnôt pôdnej reakcie (obr.6) na lokalite Moravský Ján (regozem kultizemná, využívaná ako orná pôda) je v meranom časovom období ovplyvnený aplikáciou agrotechnických opatrení. Potenciálny odhad vývoja v najbližšom období predpokladá pretrvávanie tohto vplyvu, neskôr dochádza k poklesu hodnôt, ktoré sa bez vonkajších zásahov pohybujú na úrovni okolo stredovej hodnoty. Pomerne široký konfidenčný interval poukazuje na relatívne širokú mieru potenciálnych zmien sledovaného parametra.

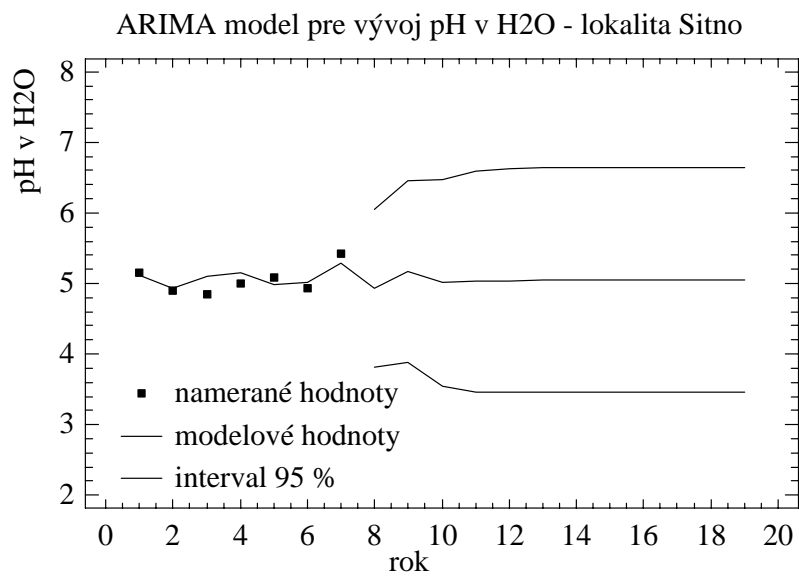
Obr. 6 ARIMA model – lokalita Moravský Ján



Na lokalite (obr. 7) Sitno (andozem modálna, využívaná ako trvalý trávny porast) je modelový priebeh, napriek kolísavým hodnotám v meranom období, pomerne vyrovnaný, konfidenčný interval je užší, čo determinuje len mierne zmeny pôdnej reakcie, ktorá osciluje okolo pôvodne stanovenej hodnoty.

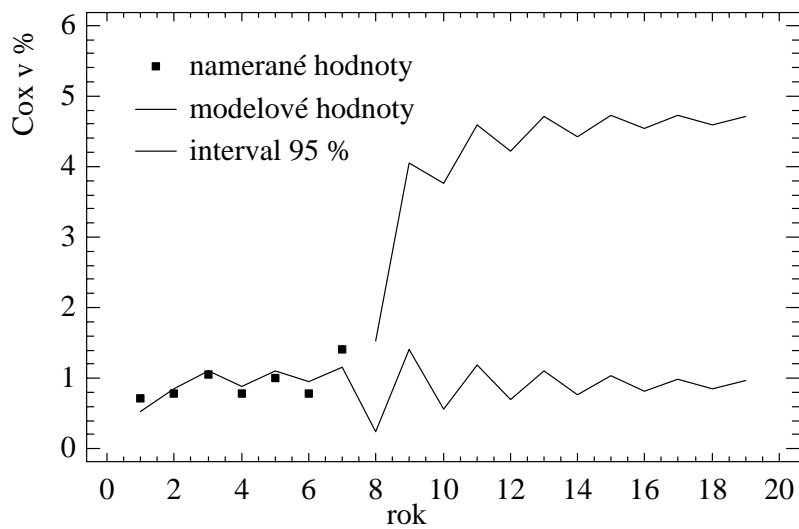
Vývoj hodnôt obsahu pôdnej organickej hmoty (obr.8) na lokalite Moravský Ján (regozem kultizemná, využívaná ako orná pôda) má rozkolísaný charakter s pomerne širokým konfidenčným intervalom. Na lokalite Sitno (andozem modálna, využívaná ako trvalý trávny porast) sa namerané hodnoty (obr.9) pohybujú v širšom intervale, potenciálny vývoj predpokladá v najbližšom období mierny pokles obsahu na úroveň stredovej hodnoty a v ďalšom období relatívne vyrovnaný priebeh.

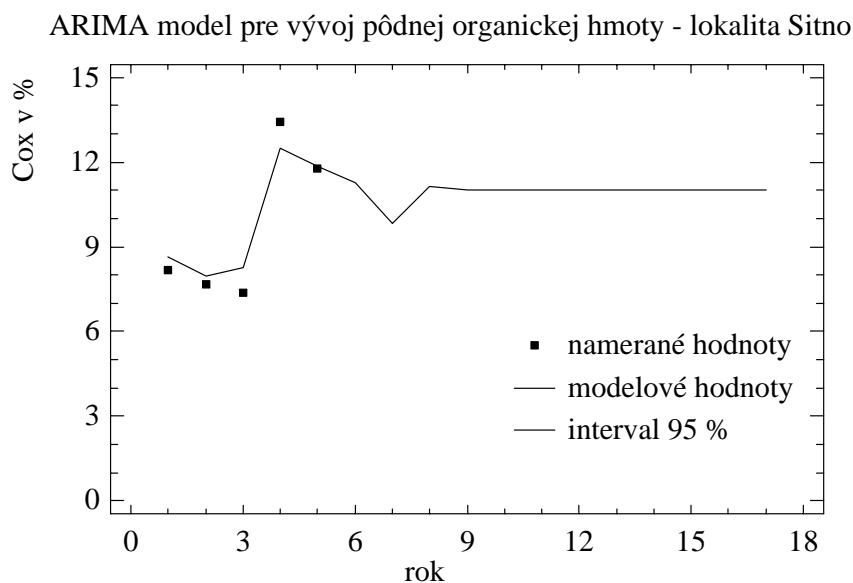
Obr. 7 ARIMA model – lokalita Sitno



Obr. 8 ARIMA model – lokalita Moravský Ján

ARIMA model pre vývoj pôdnej organickej hmoty - lokalita Moravský Ján

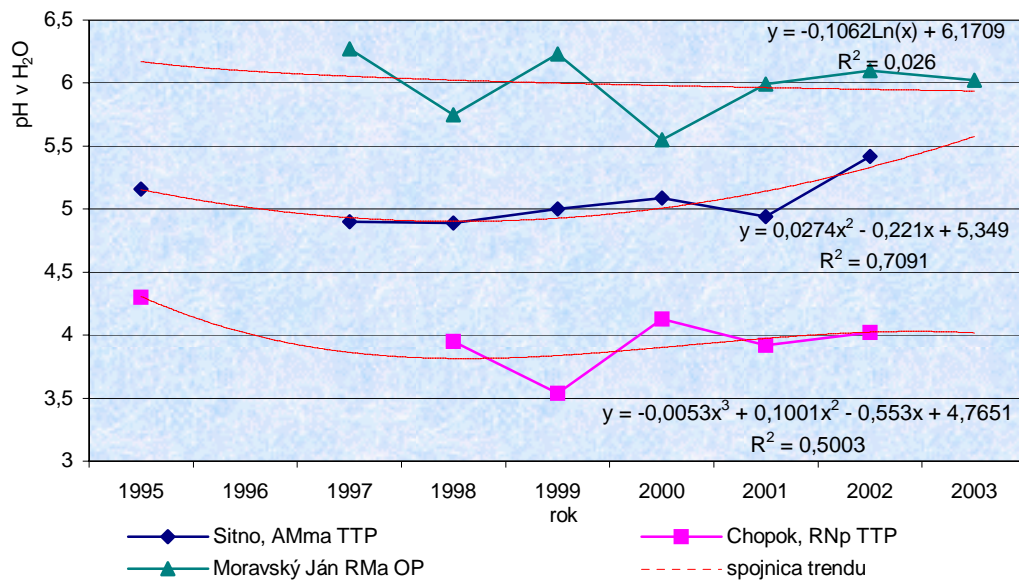




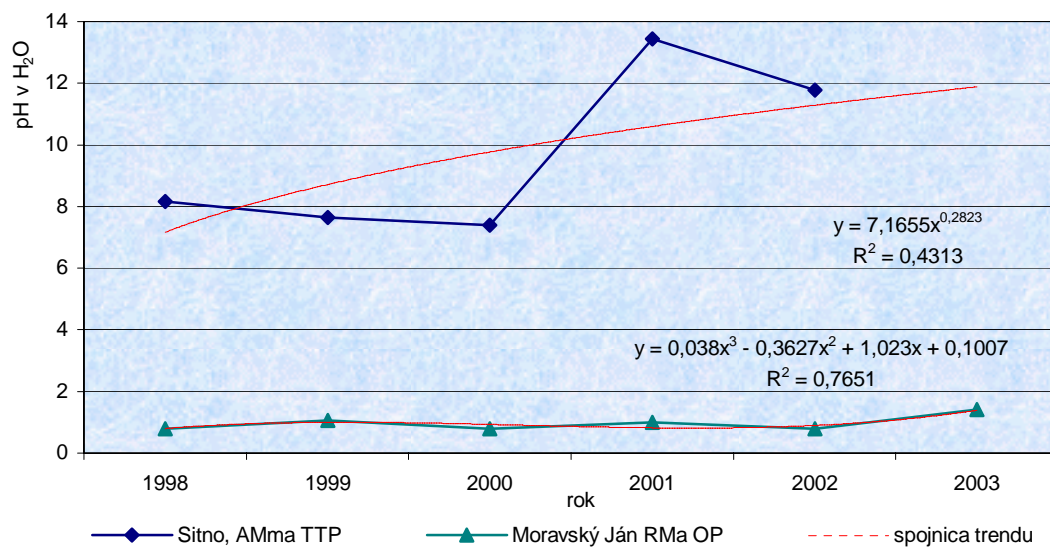
Trend vývoja hodnôt pôdnej reakcie (obr.10) na lokalite Moravský Ján (regozem kultizemná, využívaná ako orná pôda) má logaritmický priebeh, na lokalite lokalite Sitno (andezem modálna, využívaná ako trvalý trávny porast) a na lokalite Chopok (ranker podzolový, využívaný ako trvalý trávny porast) je priebeh oscilujúci, polynomický. Trend vývoja hodnôt pôdnej organickej hmoty na lokalite Moravský Ján (regozem kultizemná, využívaná ako orná pôda) má polynomický priebeh, lokalita Sitno (andezem modálna, využívaná ako trvalý trávny porast) sa vyznačuje viacerými vybočenými extrémnymi hodnotami a jej trend v sledovanom časovom období popisuje mocninová krivka, zmiernujúca práve extrémne hodnoty.



**Obr. 10** Trendy vývoja hodnôt pôdnej reakcie



**Obr. 11** Trendy vývoja hodnôt pôdnej organickej hmoty



## ZÁVER

V tejto časti rozoberáme niektoré princípy vývoja a možných zmien vlastností pôd. Vývojovo hodnotíme obsah prístupných živín (P, K, Mg), ďalšie parametre sú náplňou ostatných čiastkových úloh. V tomto roku sme začali hodnotiť prvé analytické údaje zo začatého 3. cyklu monitorovania pôd na Slovensku. Hodnotených bolo prvých 6 pôdných skupín, i keď sa prevažne jedná o pôdy mimo poľnohospodárskeho záujmu (horské pôdy i pôdy s výrazne zmenenými pôdnymi vlastnosťami). Obsah prístupných živín je na týchto pôdach prirodzene variabilný (žiadna úroveň hnojenia horských pôd i pôd často s extrémnymi pôdnymi vlastnosťami – zasolené pôdy).

Na orných pôdach (regozeme) obsah prístupných živín odráža úroveň hnojenia i ich pohyblivosť v pôdnom profile. Potvrďuje sa, že naše pôdy sú i naďalej dobre zásobené horčíkom. Doteraz zistené vývojové trendy niektorých parametrov sú skôr necyklické, odrážajú vplyv kultivácie, avšak prevažne sú reverzibilné (s výnimkou zmeny pôdných parametrov v dôsledku eróznno-akumulačných procesov).

## POUŽITÁ LITERATÚRA

- ARNOLD, R. W., SZABOLCS, I. and TARGULIAN, V. O. (1990): Global soil change. Edited and printed in Budapest, 110 pp.
- BUJDOŠ, G. (1975): Formy draslíka v hlavných pôdných typoch Slovenska a ich využiteľnosť. Záv. správa, VŠP Nitra
- FIALA, K. a kol. (1999): Závazné metódy rozborov pôd. VÚPOP Bratislava, 142 s. ISBN 80-85361-55-8.
- KOBZA, J. (2000): Horčík z hľadiska kontaminácie pôd. Ved. práce č.23, VÚPOP Bratislava, 83-88 s.
- KOBZA, J. a kol. (2003): Monitoring pôd SR Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd. VÚPOP Bratislava, 180 s., ISBN 80-89128-04-1
- KUNDLER, P. (1970): Mineraldüngung. VED Deutscher Landwirtschaft verlag, Berlin
- ŠÁLY, R. (1982): Pedológia a mikrobiológia. Skriptum. VŠLD Zvolen, 384 s.
- ÚKSUP (1993): Kritéria hodnotenia obsahu živín v pôdach. ÚKSUP Bratislava



**ČÚ 03**

**ACIDIFIKÁCIA A ALKALIZÁCIA PÔD**

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



## A. ACIDIFIKÁCIA PÔD

### Úvod

Pufračná funkcia pôdy, ktorá predstavuje schopnosť pôdy tlmiť vplyv chemických látok na zmeny pôdných parametrov, patrí k základným ekologickým funkciám pôd. Priamym indikátorom pufračnej funkcie pôdy je hodnota pôdnej reakcie. Pôdnu reakciu formujú vnútorné činitele (chemizmus pôdy, textúra materského substrátu) a vonkajšie činitele (atmosférické, biologické a antropické). Acidifikácia, proces znižovania hodnoty pôdnej reakcie, je determinovaná schopnosťou agroekosystému vyrovnáť sa s prirodzenou a antropogénnou acidifikačnou záťažou. Acidifikácia závisí od kapacity a potenciálu aktívnych pufrajúcich systémov, od reakčnej rýchlosti pufrajúcich systémov, ktorá sa výrazne líši v rámci jednotlivých pôdných predstaviteľov a je ovplyvnená množstvom faktorov.

Cieľom riešenia tejto čiastkovej úlohy je sledovanie acidifikačných tendencií vyplývajúcich zo zmien hodnôt pôdnej reakcie (aktívnej a výmennej), pôdnej acidity a relatívneho zastúpenia iónov v sorpčnom komplexe s dôrazom na ekologické riziká toxicky pôsobiacich iónov, ktorých bioprístupnosť je vnútorne regulovaná v prevažnej miere hodnotou pôdnej reakcie (Makovníková, Kanianska, 1996).

### Materiál a metóda

V pôdných vzorkách odobraných v 1. (rok 1993), 2. (rok 1997) a 3. (rok 2002) odberovom cykle z monitorovacích lokalít vybraných skupín pôd (1 – podzoly, rankre a litozeme, 2 - andozeme, 3 - regozeme na karbonátových substrátoch, 4 - regozeme na nekarbonátových substrátoch, 5 - zasolené pôdy, 6 - kultizeme) v prípade orných pôd (OP) z hĺbok 0 - 10 cm a 35 - 45 cm, v prípade trvalých trávnych porastov (TTP) z hĺbok 0 - 10 cm, 20 - 30 cm a 35 - 45 cm bola stanovená aktívna pôdna reakcia (ktorá je daná vzájomným pomerom aktivít hydroxóniových a hydroxidových iónov v pôdnom roztoku) ako aj výmenná pôdna reakcia (roztokom neutrálnej soli KCl a CaCl<sub>2</sub>) potenciometricky, obsah jednotlivých výmenných bázičických katiónov a celková sorpčná kapacita (Fiala, 1994).

V pôdných vzorkách odobraných v rokoch 1994 - 2003 z kľúčových lokalít reprezentujúcich vybrané skupiny pôd bola stanovená aktívna a výmenná pôdna reakcia, hydrolytická kyslosť (Sotáková a kol., 1984), obsah jednotlivých výmenných bázičických katiónov a celková sorpčná kapacita.

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

## Výsledky a diskusia

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

Hodnoty pôdnych parametrov vo vybraných skupinách pôd z hľadiska zachovania predpokladov štatistického hodnotenia vyhovovali podmienkam normality rozdelenia v skupinách 1 – podzoly, rankre a litozeme, 3 - regozeme na karbonátových substrátoch, 4 - regozeme na nekarbonátových substrátoch, 5 - zasolené pôdy v ktorých sme sledované parametre charakterizovali popisnou štatistikou normálneho rozdelenia (aritmetický priemer, minimálna a maximálna hodnota), málopočetné skupiny ako sú 2 - andozeme, a 6 – kultizeme sme hodnotili len parametrami minimálnej a maximálnej hodnoty. (tab. 1).

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

Pôdny predstaviteľ <sup>1</sup>	Hĺbka odberu vzorky <sup>2</sup> / cm/	pH/H <sub>2</sub> O			pH/ KCl			pH/CaCl <sub>2</sub>		
		Min	Max	X <sup>3</sup>	Min	Max	X <sup>3</sup>	Min	Max	X <sup>3</sup>
podzoly, rankre a litozeme TTP	0-10	3,55	3,88	3,66	2,86	3,42	3,16	3,05	3,48	3,27
	20 - 30	3,85	4,17	4,02	3,55	3,96	3,79	3,59	3,98	3,79
	35-45	4,09	4,40	4,21	3,71	4,22	3,99	3,77	4,23	3,99
andozeme - TTP	0-10	4,85	5,20	-	4,18	4,73	-	4,32	4,81	-
	20 - 30	4,92	5,25	-	4,15	4,56	-	4,35	4,69	-
	35-45	4,91	5,37	-	4,23	4,56	-	4,50	4,74	-
regozeme na karb. substrátoch - OP	0-10	6,62	7,76	7,21	6,29	7,29	6,93	6,07	7,42	6,87
	35-45	6,65	8,61	7,47	6,22	7,89	6,92	6,12	7,65	6,97
regozeme na nekarb. substrátoch - OP	0-10	5,10	6,12	6,36	4,24	5,69	5,80	4,33	6,41	5,56
	35-45	7,08	6,45	6,25	5,19	6,40	5,52	5,37	5,40	5,39
zasolené pôdy - TTP	0-10	6,90	9,90	8,45	5,69	8,88	7,56	6,90	9,72	8,20
	20 - 30	8,55	9,71	8,95	7,40	8,90	8,04	7,43	9,50	8,69
	35-45	7,68	9,67	9,06	7,20	8,91	8,19	7,61	9,48	8,71
kultizeme - TTP	0-10	7,38	8,21	-	7,04	8,20	-	7,28	8,01	-
	20 - 30	7,43	8,06	-	6,60	7,50	-	6,95	7,58	-
	35-45	7,53	8,00	-	6,62	7,38	-	6,99	7,52	-

<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

Podzoly, rankre, litozeme, andozeme, ako aj regozeme na nekarbonátových substrátoch predstavujú prevažne máloproduktne pôdy s nízkou rezistenciou voči acidifikácii (Bedrna, 1994). Rozdiely hodnôt pôdnej reakcie medzi jednotlivými pôdnymi typmi sú podmienené minerálnou bohatosťou materského substrátu, kvalitatívnou, ako aj kvantitatívnou štruktúrou výmenných kationov, obsahom a kvalitou ťoľových minerálov, pufrovacou schopnosťou organickej hmoty, ako aj prítomnosťou pedoxidov. Najnižšie priemerné hodnoty aktívnej aj výmennej pôdnej reakcie sme stanovili v skupine podzoly, rankre, litozeme a to vo všetkých sledovaných hĺbkach. Hodnota aktívnej pôdnej reakcie v hĺbke 0-10 cm bola 3,66, v hĺbke 20-30 cm 4,02 a v hĺbke 35-45 cm 4,21. V skupinách regozemí je výrazný vplyv prítomnosti karbonátov, rozdiel priemerných hodnôt aktívnej pôdnej reakcie v skupine regozemí na karbonátových substrátoch a v skupine regozemí na

nekarbonátových substrátoch predstavuje v hĺbke 0-10 cm 0,85 jednotiek pH, v hĺbke 35-45 cm je rozdiel ešte výraznejší a to 1,22 jednotiek pH.

**Tab. 2a** Popisná štatistika výmenných kationov v roku 2002

Pôdny predstaviteľ <sup>1</sup>	Hĺbka odberu vzorky <sup>2</sup> / cm/	Na v cmol.kg <sup>-1</sup>			K v cmol.kg <sup>-1</sup>			Ca v cmol.kg <sup>-1</sup>		
		Min	Max	X <sup>3</sup>	Min	Max	X <sup>3</sup>	Min	Max	X <sup>3</sup>
podzoly, rankre a litozeme TTP	0-10	0,031	0,039	0,034	0,216	0,647	0,419	0,792	2,104	1,317
	20 - 30	0,005	0,026	0,017	0,043	0,217	0,116	0,525	1,058	0,658
	35-45	0,008	0,021	0,014	0,043	0,130	0,065	s	1,058	0,661
andozeme - TTP	0-10	0,067	0,074	-	0,194	0,255	-	6,660	12,110	-
	20 - 30	0,046	0,070	-	0,032	0,096	-	4,410	9,260	-
	35-45	0,031	0,066	-	S	0,088	-	3,370	8,060	-
regozeme na karb. substrátoch - OP	0-10	0,004	0,020	0,011	0,259	1,413	0,652	3,035	8,805	5,695
	35-45	0,003	0,011	0,011	0,096	0,684	0,360	1,175	7,984	3,744
regozeme na nekarb. substrátoch - OP	0-10	0,004	0,081	0,031	0,226	0,503	0,329	1,394	2,574	2,139
	35-45	0,007	0,028	0,017	0,065	0,616	0,297	0,352	2,458	1,171
zasolené pôdy - TTP	0-10	0,050	35,89	15,220	0,320	0,350	0,294	5,990	10,200	5,976
	20 - 30	0,140	38,34	20,270	0,250	0,280	0,211	1,720	9,190	4,595
	35-45	0,380	38,58	21,170	0,140	0,250	0,159	0,770	7,910	3,736
kultizeme - TTP	0-10	0,020	0,020	-	0,210	0,680	-	6,150	11,270	-
	20 - 30	s	0,010	--	0,110	0,320	-	0,390	9,860	-
	35-45	0,010	0,020	-	0,110	0,210	-	0,190	8,950	-

**Tab. 2b** Popisná štatistika výmenných kationov a kationovej výmennej kapacity v roku 2002

Pôdny predstaviteľ <sup>1</sup>	Hĺbka odberu vzorky <sup>2</sup> / cm/	Mg v cmol.kg <sup>-1</sup>			CEC v cmol.kg <sup>-1</sup>		
		Min	Max	X <sup>3</sup>	Min	Max	X <sup>3</sup>
podzoly, rankre a litozeme TTP	0-10	0,054	0,547	0,348	10,040	13,410	11,461
	20 - 30	s	0,061	0,038	13,160	19,170	15,830
	35-45	0,017	0,230	0,072	13,650	19,320	16,908
andozeme - TTP	0-10	0,280	0,330	-	16,240	17,510	-
	20 - 30	0,080	0,200	-	17,340	18,040	-
	35-45	0,042	0,154	-	13,640	18,880	-
regozeme na karb. substrátoch - OP	0-10	0,101	0,494	0,236	5,470	13,270	7,262
	35-45	0,047	0,847	0,236	2,750	10,790	5,364
regozeme na nekarb. substrátoch - OP	0-10	0,079	0,145	0,112	6,050	6,440	6,224
	35-45	0,037	0,125	0,069	0,800	5,991	3,787
zasolené pôdy - TTP	0-10	3,580	4,890	3,066	18,350	38,970	26,623
	20 - 30	3,200	5,390	3,361	19,120	41,800	28,190
	35-45	3,970	6,460	3,801	19,170	42,780	30,350
kultizeme - TTP	0-10	2,720	22,390	-	12,510	17,130	-
	20 - 30	3,990	6,770	-	9,300	18,440	-
	35-45	3,830	6,600	-	7,890	18,540	-



Najvyššie hodnoty aktívnej aj výmennej pôdnej reakcie sme namerali v skupine zasolených pôd, a to v prípade aktívnej pôdnej reakcie 8,45 v hĺbke 0-10 cm, 8,95 v hĺbke 20-30 cm a 9,06 v hĺbke 35-45 cm. Hodnoty pôdnej reakcie v alkalickej oblasti sú podmienené vysokým obsahom Na a Mg v sorpčnom komplexe. Tieto pôdy majú nepriaznivé fyzikálne aj biologické vlastnosti práve v dôsledku peptizačných účinkov výmenného sodíka. Zastúpenie jednotlivých výmenných kationov v sorpčnom komplexe ako aj celková kationová výmenná kapacita sú uvedené v tabuľke 2a, 2b.

Kvalitatívne a kvantitatívne zloženie výmenných kationov v sorpčnom komplexe pôdy ovplyvňuje predovšetkým pufráciu pôdy, trofickú funkciu, štruktúru ako aj vodný a vzdušný režim pôdy (Hanes, 1999). Vo všetkých skupinách pôd okrem zasolených pôd je najväčším podielom zastúpený  $\text{Ca}^{2+}$  a to viac ako 42 % zo sumy sledovaných výmenných kationov. Najnižšie priemerné zastúpenie vápnika sme stanovili v skupine podzoly, rankre a litozeme a to len 16,9%, v týchto pôdach prevládajú kationy  $\text{H}^+$  a  $\text{Al}^{3+}$ . Najvyššie priemerné percentuálne zastúpenie vápnika sme namerali v skupine regozemí na karbonátových substrátoch, 63,8 %. Pomer  $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$  sa pohybuje od 2:1 v skupine zasolených pôd po 29:1 v skupine andozemí a je vyšší ako uvádza pre poľnohospodárske pôdy (4:1) Hanes (Hanes, 1999). V skupine zasolených pôd je 53 % zastúpený výmenný sodík a 22 % výmenný horčík.

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

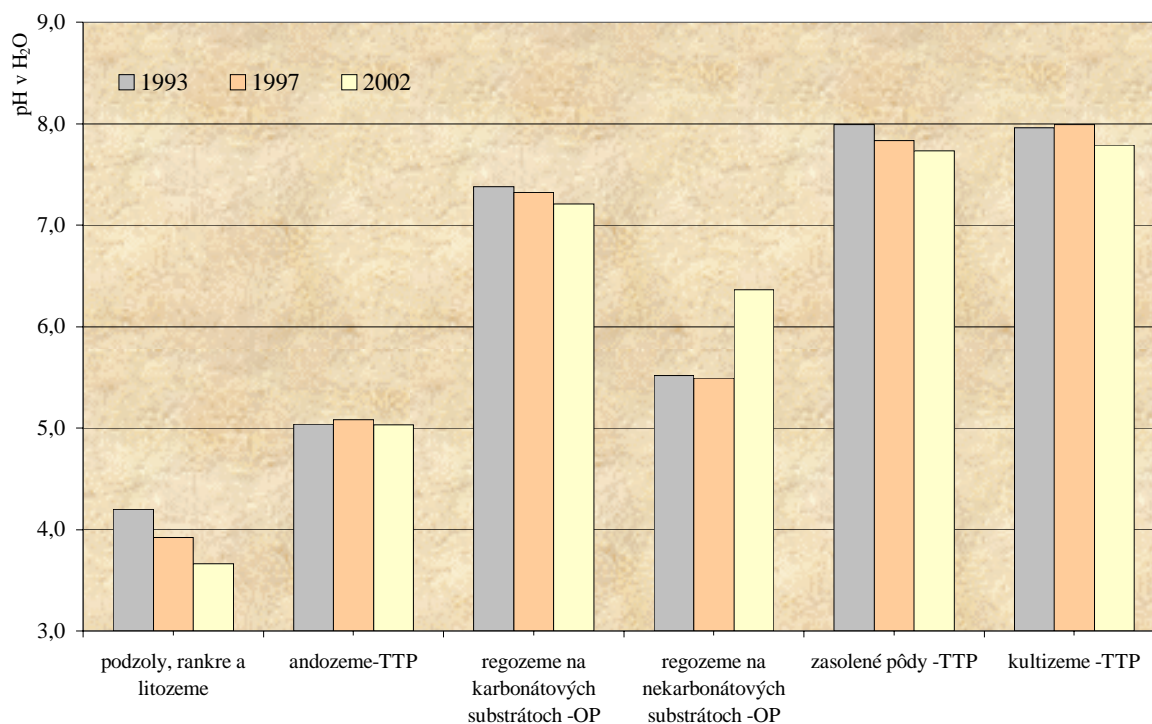
parametre	Korelačný koeficient (r)					
	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	CEC	pH v $\text{H}_2\text{O}$
$\text{Na}^+$	1,00	-0,10	0,08	0,08	0,28	0,34
$\text{K}^+$	-0,10	1,00	-0,20	-0,20	-0,10	0,20
$\text{Ca}^{2+}$	0,08	0,20	1,00	0,23	<b>0,56</b>	<b>0,54</b>
$\text{Mg}^{2+}$	0,08	-0,20	0,23	1,00	<b>0,81</b>	0,38
pH v $\text{H}_2\text{O}$	0,34	0,20	<b>0,54</b>	0,38	-0,10	1,00

Štatisticky významné sú kladné korelačné vzťahy medzi hodnotou pôdnej reakcie a obsahom výmenného vápnika a medzi hodnotou kationovej výmennej kapacity a obsahom výmenného vápnika a horčíka, ktoré sú vysokým podielom zastúpené v sorpčnom komplexe.

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

Okrem priestorových zmien v profile sme sledovali aj časové zmeny pôdnej reakcie. Pri posudzovaní časových zmien sme hodnotili párované hodnoty vo všetkých troch sledovaných cykloch. Na obrázku 1 je znázornené porovnanie priemerných hodnôt pôdnej reakcie v jednotlivých skupinách pôd v rokoch 1993, 1997 a 2002.

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

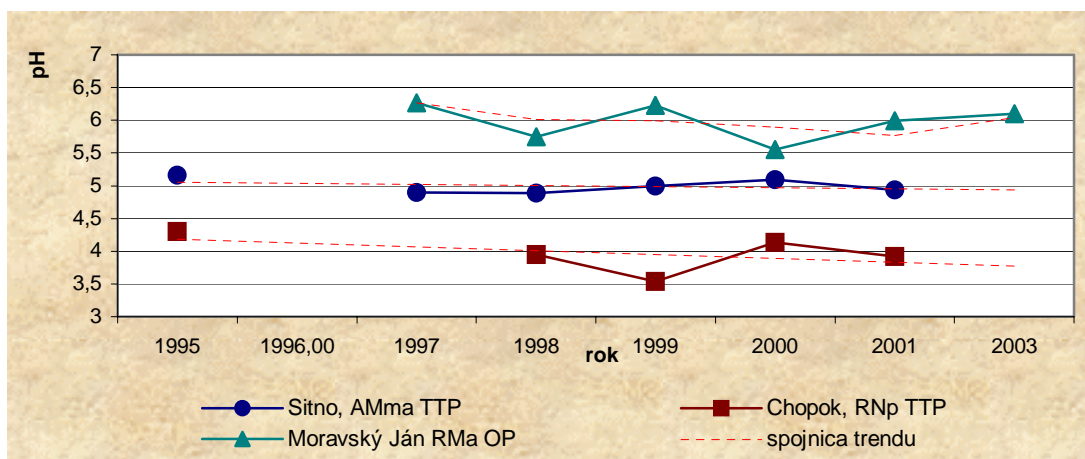


Vzhľadom na nízku početnosť súborov sme netestovali štatistickú preukaznosť zmien v jednotlivých skupinách. V skupine podzoly, rankre a litozeme vidíme v sledovanom období troch monitorovacích cyklov výrazný acidifikačný trend. V kyslých pôdach, ku ktorým patria aj pôdy tejto skupiny, je dominantný pufrujúci systém hliníka, pôdy sa vyznačujú nízkym stupňom rezistencie voči acidifikácii. Pri hodnote aktívnej pôdnej reakcie nižšej ako 4,2 sa dominantným kationom v pôdnom roztoku stáva  $Al^{3+}$  a významne sa zvyšujú symptómy hliníkovej toxicity (Makovníková, 2002). Priemerné hodnoty v skupine andozemí, v skupine regozemí na karbonátových substrátoch, zasolených pôd a kultizemí s pufrujúcim systémom karbonátov sa výraznejšie nezmenili. V skupine regozemí na nekarbonátových substrátoch využívaných ako orné pôdy došlo k nárastu hodnoty aktívnej pôdnej reakcie vplyvom aplikovaných agrotechnických opatrení.

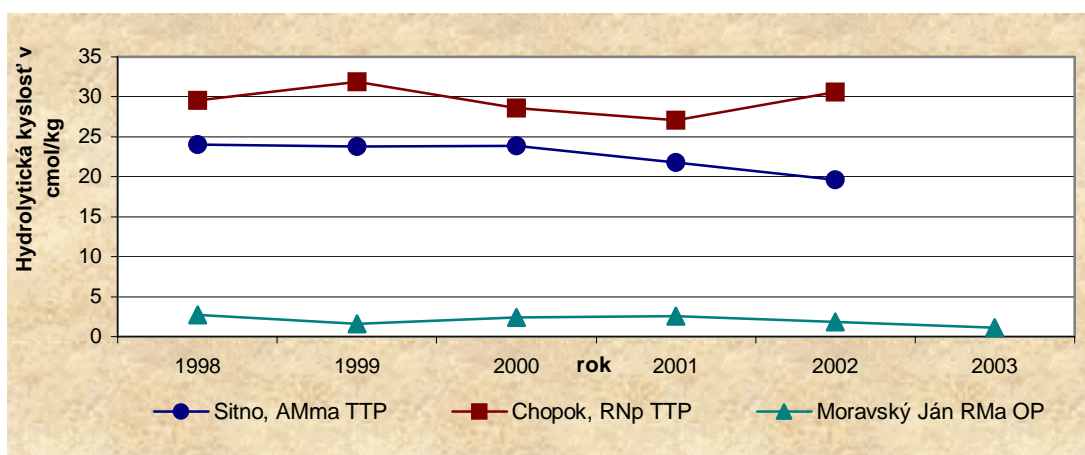
Tendenčné časové zmeny parametrov acidifikácie sledované na kľúčových lokalitách (obr.2, 3) sú podmienené kapacitou a potenciálom pufrujúceho systému sledovaných pôd, zastúpeného pufrujúcim systémom karbonátov, silikátov, výmenných kationov až hliníka.

Vyrovnaný priebeh hodnôt pôdnej reakcie, ktorý osciluje okolo pôvodne stanovenej hodnoty, sme zaznamenali v prípade andozeme s neutralizačným pufrujúcim systémom karbonátov. Vývoj pôd smerom k okysleniu v skupine podzoly, rankre a litozeme potvrdzuje aj polynomickejší klesajúci trend vývoja pôdnej reakcie na reprezentujúcej kľúčovej lokalite. Nestabilita pufrujúceho systému regozeme na viatych pieskoch sa prejavuje výrazným rozkolísaním hodnôt pôdnej reakcie. Piesočnaté nekarbonátové pôdy patria k nízko rezistentným pôdam voči acidifikácii, ktoré reagujú rýchlou zmenou hodnôt pôdnej reakcie na acidifikačnú záťaž a na druhej strane aj na aplikované agrotechnické opatrenia zamerané na optimalizáciu pôdnej reakcie. Vývojové trendy hydrolytickej kyslosti korelujú s vývojom hodnôt pôdnej reakcie.

**Obr. 2** Vývojové trendy pH v H<sub>2</sub>O na kľúčových lokalitách



**Obr. 3** Vývojové trendy hydrolytickej kyslosti



## Záver

- najvyššia priemerná hodnota pH/H<sub>2</sub>O v hĺbke 0 - 0,10 m (8,45), v hĺbke 20 –30 cm (8,95) a v hĺbke 0,35 - 0,45 m (9,06) bola nameraná v skupine zasolených pôd, najnižšia priemerná hodnota pH/H<sub>2</sub>O v hĺbke 0 - 0,10 m (3,66), v hĺbke 20 – 30 cm (4,02) a v hĺbke 0,35 - 0,45 m (4,21) bola nameraná v skupine podzoly, rankre a litozeme využívaných ako trvalé trávne porasty
- vo všetkých skupinách pôd okrem zasolených pôd je najväčším podielom zastúpený Ca<sup>2+</sup> a to viac ako 42 % zo sumy sledovaných výmenných kationov, najnižšie priemerné zastúpenie vápnika sme stanovili v skupine podzoly, rankre a litozeme (16,9 %), najvyššie v skupine regozemí na karbonátových substrátoch (63,8 %). Pomer Ca<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> sa pohybuje od 2:1 v skupine zasolených pôd po 29:1 v skupine andozemí
- výrazný acidifikačný trend v rokoch 1993, 1997 a 2002 bol zistený v skupine podzoly rankre a litozeme a potvrdený aj vývojom hodnôt aktívnej pôdnej reakcie na kľúčovej lokalite

## **Zoznam použitej literatúry**

- Bedrna, Z.: Resistibility of Landscape to acidification. *Ekologia*, 13, 1994, s.77 - 86
- Fiala, K a kol.: Návrh metodík chemického rozboru pôd pre účely pôdneho monitoringu. Bratislava, 1994, 60s.
- Hanes, J.: Analýza sorpčných vlastností pôd, VÚPOP Bratislava, 1999, 138 s.
- Kanianska, R.: Acidifikácia pôd vplyvom kyslých atmosférických polutantov, Bratislava, 2000, 96s.
- Makovníková, J., Kanianska, R.: Aktívny hliník a jeho súčasný stav v pôdach SR. *Rostlinná výroba*, 42/7, 1996, s. 289 - 292
- Makovníková, J.: Stav a vývojové trendy aktívneho hliníka v pôdach SR. *Poľnohospodárstvo* 12, s. 619 - 624
- Sotáková, S., Mucha, V., Brabcová, M., Slovák, R.: Rozbory chemických vlastností pôd. *Návody na cvičenia z geológie a pôdoznalectva*, Bratislava, Príroda, 1984, 181 s.



## B. SALINIZÁCIA A ALKALIZÁCIA

Monitoring soľných pôd v roku 2003 pokračoval na vybudovanej sieti stacionárnych monitorovacích lokalít. Sieť zahŕňa jednak slabo a stredne slaniskové a slancové pôdy, jednak typické slaniská a slance. To nám umožňuje sledovať postupný vývoj soľných pôd od ich začiatkových štádií, cez ich stredné stupne až po ich plné rozvinutie (tab. 1). 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 rozširovanie soľných pôd. Monitorované lokality sú tu situované v katastrach obcí: Iža, Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce, Kamenín.

Na Východoslovenskej nížine je do monitorovacej siete zahrnutý typický slanec v katastri obce Malé Raškovce. Lokalita v katastri obce Žiar nad Hronom slúži na monitorovanie antropogénnej alkalizácie pôd exhalátmi závodu na výrobu hliníka.

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

Označenie lokality	Miesto	Názov pôdy
400 180	<b>Iža</b> okres Komárno	Čiernica modálna karbonátová v počiatočnom štádiu slancovania
400 176	<b>Gabčíkovo</b> okres Dunajská Streda	Čiernica modálna slabo slanisková
400 177	<b>Zlatná na Ostrove</b> okres Komárno	Čiernica černozečná slabo slanisková, hlboko slancová
400 178	<b>Komárno-Hadovce</b>	Čiernica černozečná 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 realizuje v ročných intervaloch v jarných mesiacoch apríl – máj. To umožňuje stanoviť ten obsah solí, ktorý zostal v pôde po jesenných, zimných a skorých jarných dažďoch resp. ktoré neboli vyplavené do spodných horizontov prípadne až do podzemnej vody a zostávajú v pôde v priebehu nastupujúceho vegetačného obdobia. Vzorky pôdy sa odoberajú z jednotlivých pôdnych horizontov do hĺbky cca 1 m. Analýzy pôdnych vzoriek zahŕňajú rozbor vodného výluhu (Hraško, J. a kol., 1962) a rozbor nasýteného extraktu pôdnych pást (Sotáková, S. a kol., 1988). Ako podporné analýzy sa na Podunajskej rovine (okrem lokality Kamenín) stanovuje aj chemické zloženie podzemných vôd, ktoré sú hlavným zdrojom vzniku a rozvoja soľných pôd.

### Výsledky a ich hodnotenie

V roku 2003 sa v monitorovaných pôdach opätovne potvrdila prítomnosť oboch soľných procesov - slaniskovania i slancovania ako aj značná mineralizácia podzemných vôd.

## ***Slaniskovanie – zasolovanie pôd***

Slaniskovanie ako proces akumulácie sodných solí v pôdnom profile sme v roku 2003, s výnimkou lokality Iža, zaznamenali vo všetkých monitorovaných pôdach (tabuľka 2). Slabé – počiatkové zasolovanie, charakterizované hodnotou odparu 0,1 – 0,2 prebieha na lokalitách Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, Komárno – Hadovce a Malé Raškovce. Stredné zasolovanie (odparok 0,2-0,9 %) prebieha na lokalite Kamenín. Uvedené hodnoty odparu sa nachádzajú jednak v povrchových horizontoch (Iža, Zemné), čo je pre proces zasolovania typické, jednak v hlbších – podpovrchových a substrátových horizontoch (Komárno, Malé Raškovce, Zlatná na Ostrove), ale aj v celom profile (Kamenín, Gabčíkovo).

Uvedené rozvrstvenie solí v pôdnom profile potvrdzuje náš poznatok, že typické zasolovanie pôd, ktoré je charakteristické najvyšším obsahom solí na povrchu pôdy, resp. v povrchových horizontoch, nie je na monitorovaných územiach dominantné. Prevláda tu proces pri ktorom sa sodné soli akumulujú v hlbších a substrátových horizontoch, kde je častý kapilárny výstup mineralizovaných podzemných vôd (tabuľka 4).

Vysoký obsah solí (1,13 – 1,35 %) charakteristický pre typické slaniská sme zaznamenali len na lokalite Žiar nad Hronom ako antropogenný vplyv exhalátov závodu na výrobu hliníka.

Výsledky analýz vodného výluhu (tabuľka 2) najmä zvýšené zastúpenie aniónov  $\text{Cl}^-$  a  $\text{SO}_4^{2-}$  potvrdzujú, že charakter prebiehajúceho zasolovania je tu chloridovosulfátový.

Hodnoty elektrickej vodivosti nasýteného extraktu pôdy (ECe) sú väčšinou nízke (pod  $200 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) a nepotvrdzujú zvýšený obsah solí v monitorovaných pôdach a ich horizontoch. Len na lokalitách Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce a Kamenín sme zaznamenali hodnoty ECe ( $210\text{--}362 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ ), ktoré svedčia o začínajúcom zasolovaní najmä hlbších a substrátových horizontov uvedených pôd.

## ***Slancovanie – alkalizácia pôd***

V zhode s predchádzajúcimi rokmi sme proces slancovania zaznamenali vo všetkých monitorovaných pôdach aj v roku 2003. Rok 2003 v porovnaní s predchádzajúcimi rokmi (tabuľka 5) je charakteristický celkovo vyšším obsahom výmenného sodíka (hodnoty ESP) vo všetkých monitorovaných pôdach. Okrem toho na lokalite Zlatná na Ostrove sme v spodných horizontoch pôdy prvý krát namerali obsah výmenného sodíka nad 10 % (ESP 10,6 – 13,7 %), čo znamená premenu slabo slancovanej pôdy na slancovú resp. premenu prvého vývojového štádia na jeho stredný vývojový stupeň.

Celkove slabé slancovanie, avšak s hodnotami ESP blízky hornej hranici tohto vývojového stupňa slancových pôd (10 %) prebieha na lokalitách Iža, Komárno-Hadovce, Zemné (tabuľka 3).

Ako typické slance analýzy (tabuľka 3) potvrdili pôdy lokalít Kamenín a Malé Raškovce s hodnotami ESP nad 20 %.

Pôda lokality Žiar nad Hronom nebola z technických príčin v roku 2003 analyzovaná.

## **Chemické zloženie podzemných vôd**

Chemické zloženie mineralizovaných podzemných vôd, ktoré je hlavným zdrojom vzniku a rozvoja soľných pôd sme ako podporné analýzy v roku 2003 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 2003 (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.

Celkove najnižšie riziko vzniku a rozvoja soľných pôd z hľadiska hodnôt EC 77 a 85  $\text{mS.m}^{-1}$  a mineralizácie 521 a 638  $\text{mg.l}^{-1}$  je na lokalite Gabčíkovo. Lokalita Iža a Zemné s hodnotami EC 96 – 136  $\text{mS.m}^{-1}$  a celkovou mineralizáciou 570 – 898  $\text{mg.l}^{-1}$  vykazujú mierne vyššie riziko. Lokality Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce s hodnotami EC 164-205  $\text{mS.m}^{-1}$  a mineralizáciou 1230 – 1598  $\text{mg.l}^{-1}$  sú najrizikovejšie. Na týchto lokalitách hodnoty SAR 8,45 – 11,35 signalizujú aj reálne riziko sódového zasolenia.

Obsah jednotlivých aniónov v chemickom zložení podzemných vôd signalizuje charakter možného zasolenia pôd. Vyššie zastúpenie aniónov  $\text{SO}_4^{2-}$  a  $\text{Cl}^-$  vytvára podmienky pre rozvoj sulfátového prípadne chloridosulfátového zasolenia. Riziko rozvoja sódového zasolenia v lokalitách Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce signalizuje aj zvýšený obsah aniónov  $\text{HCO}_3^-$  (616-746  $\text{mg.l}^{-1}$ ), sodíka (308-336  $\text{mg.l}^{-1}$ ) a SAR (8,45-11,39).

## **Záver**

Výsledky monitoringu soľných pôd v roku 2003 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 v ktorom sme v slaboslancových pôdach prvý krát namerali najvyššie hodnoty ESP.

Tieto sa približujú k hornej hranici (10 %) tohto vývojového štádia a na lokalite Zlatná na Ostrove túto hranicu zreteľne prevyšujú. Prvý krát sme tu zaznamenali zreteľnú premenu slabo slancovej pôdy na slancovú resp. zmenu prvého stupňa slancovania na jeho stredný stupeň.

Z hľadiska rizikovosti vzniku, rozširovania a rozvoja soľných pôd, charakterizovaného chemickým zložením podzemných vôd (tabuľka 6) je takéto riziko najreálnejšie na dolnej časti Žitného ostrova v úseku Zlatná na Ostrove – Komárno. Svedčia o tom najvyššie hodnoty elektrickej vodivosti (EC 164-204  $\text{mS}$ .

$\text{m}^{-1}$ ) ako aj sodíkový adsorpčný pomer (SAR 8,45-11,39), ktorý indikuje reálne podmienky pre vznik sódového zasolenia, ktoré patrí k najhoršiemu druhu soľných pôd.



**Tab. 2** Rozbor vodného výluhu pôd v roku 2003

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>	Odparok 105°C (%)
				mmol/kg								
Iža 400180	Amlcp (S)	0-10	8,0	0,04	0,37	0,26	1,81	1,48	0,34	0,27	0,09	
	Amlcp (S)	15-25	8,1	0,04	0,39	0,29	1,91	1,51	0,55	0,13	0,08	
	Amlc	30-40	8,2	0,04	0,48	0,54	1,70	1,55	0,62	0,07	0,07	
	CGo	75-85	8,7	0,03	0,77	1,37	0,85	2,11	1,36	0,03	0,05	
	Cgon	90-100	8,8	0,03	0,55	1,84	0,74	1,86	1,78	0,02	0,05	
Zemné 400179	Amlcp (S)	0-10	8,0	0,04	0,81	0,44	2,45	1,10	1,04	0,81	<b>0,12</b>	
	Amlcp (S)	10-20	8,1	0,04	0,61	0,44	2,18	0,91	1,17	0,33	<b>0,12</b>	
	A/Cgon	45-55	8,1	0,03	1,16	1,06	1,60	0,84	1,24	0,01	0,07	
	CGrn	65-75	8,3	0,03	0,89	1,31	1,38	0,79	1,24	0,02	0,06	
	CGrn	80-90	8,4	0,02	0,79	0,67	1,17	0,47	0,81	0,04	0,05	
	CGrn	100-110	8,3	0,02	1,06	0,60	1,22	0,46	0,75	0,06	0,05	
Gabčikovo 400176	Amlcp (S)	0-10	8,1	0,04	0,50	0,60	2,64	1,15	0,18	1,12	<b>0,12</b>	
	Amlcp (S)	10-20	8,0	0,04	0,85	0,43	2,74	1,14	0,29	0,61	<b>0,11</b>	
	Amlc (S)	40-50	8,1	0,04	0,66	0,45	2,48	1,06	0,44	0,31	<b>0,10</b>	
	A/Cgro (S)	65-75	8,1	0,03	1,48	5,73	2,21	2,07	1,23	0,13	0,08	
	Cgroc(S)n	90-100	8,0	0,02	3,20	15,36	3,06	4,21	1,99	0,13	<b>0,14</b>	
	Cgroc(S)n	100-110	7,8	0,02	2,85	14,50	3,06	3,52	1,79	0,15	<b>0,15</b>	
Zlatná na Ostrove 400172	Amčcp	0-10	7,2	0,04		0,30	2,41	0,91	0,24	0,42	0,08	
	Amčcp	10-20	7,0	0,04	0,49	0,32	2,49	1,04	0,34	0,36	0,08	
	A/Cgoc(S)n	40-45	7,4	0,04	0,39	0,89	2,21	1,26	1,99	0,16	0,08	
	Cgoc(S)n	50-65	7,8	0,03	0,64	2,05	1,11	1,25	3,65	0,07	0,05	
	2CGoc(S)n	100-110	8,5	0,02	6,12	12,20	1,97	4,96	8,99	0,09	<b>0,14</b>	
Komárno Hadovce 400178	Amčcp (S)	0-10	7,0	0,04	0,62	0,30	2,21	1,00	0,19	1,08	0,08	
	Amčcp (S)	10-20	7,0	0,04	0,71	0,34	2,30	1,08	0,28	0,72	0,08	
	A/CGocSn	40-50	8,2	0,02	0,76	11,36	4,16	3,50	2,35	0,23	<b>0,13</b>	
	CGrocSn	55-60	8,3	0,02	1,51	13,05	3,53	4,51	3,81	0,12	<b>0,13</b>	
	CGrocSn	70-80	8,2	0,02	3,45	13,56	3,48	4,67	4,25	0,11	<b>0,14</b>	
	CGrocSn	100-110	8,1	0,01	11,96	16,20	4,43	6,38	4,41	0,11	<b>0,18</b>	
Kamenín 400138	AmSn	0-10	8,2	0,06	1,04	2,06	0,00	0,30	13,11	0,60	<b>0,24</b>	
	AmSn	10-20	9,4	0,15	1,02	2,47	0,11	0,13	35,5	0,55	<b>0,39</b>	
	AmSn	20-30	9,9		1,31	4,34	0,21	0,14	48,5	0,57	<b>0,55</b>	
	AmSn	40-50	10,0		1,60	8,89	0,43	1,30	61,0	0,70	<b>0,88</b>	
	Bn(S)	60-70	9,8		1,88	11,36	0,32	0,17	58,6	0,60	<b>0,69</b>	
	Bn	80-90	9,6	0,02	2,15	5,83	0,21	0,11	47,7	0,43	<b>0,36</b>	
	Bn	150-160	8,5	0,04	0,71	0,58	0,11	0,63	7,42	0,15	0,09	
	Bn	180-200										
Malé Raškovec 400229	Ae(S)	0-10	7,4	0,02	0,55	0,31	0,43	0,73	0,43	0,20	0,08	
	A(S)n	20-30	8,0	0,03		0,18	0,96	0,87	1,33	0,05	0,08	
	Asn	35-45	8,2	0,04		0,25	0,43	0,74	6,46	0,02	0,08	
	BnS	50-60	8,0	0,04		0,19	0,00	0,03	8,80	0,10	<b>0,13</b>	
	BnS	70-80	8,7	0,07		0,35	0,00	0,43	18,7	0,06	<b>0,14</b>	
	BnS	120-130	8,2	0,05		2,00	0,00	0,02	16,1	0,28	<b>0,24</b>	
Žiar nad Hronom 400063	An	0-10	10,1		0,48	5,20	0,64	0,38	76,6	0,57	<b>1,13</b>	
	An	10-20	10,0		0,34	7,20	0,85	1,23	84,3	0,40	<b>1,26</b>	
	A/Bn	20-30	10,2		0,38	10,32	0,96	1,57	88,9	0,39	<b>1,35</b>	
	Bn	35-45	9,9		0,56	8,70	0,53	0,43	72,8	0,43	0,85	
	Bn(S)	55-65	9,8		0,64	8,98	0,43	0,41	69,3	0,40	0,81	
	Bn(S)	75-85	9,6		0,72	4,99	0,43	0,07	62,6	0,83	0,80	

**Tab. 3** Rozbor nasýteného extraktu půd v roku 2003

Lokalita	Horizont	Hĺbka cm	ECe mS.m <sup>-1</sup>	Na	Mg	Ca	SAR	ESP
				mmol.kg <sup>-1</sup>				%
Iža 400180	Amlcp (S)	0-10	71	0,194	1,397	1,213	0,169	1,2
	Amlcp (S)	15-25	72	0,362	1,554	1,154	0,311	2,5
	Amlc	30-40	65	0,405	1,487	1,052	0,359	2,9
	CGo	75-85	74	2,243	2,513	0,499	1,828	<b>8,7</b>
	Cgon	90-100	87	3,901	2,201	0,457	3,384	<b>9,8</b>
Zemné 400179	Amlcp (S)	0-10	92	0,713	1,030	1,630	0,618	4,7
	Amlcp (S)	10-20	65	0,724	0,689	1,162	0,753	<b>5,5</b>
	A/Cgon	45-55	66	1,049	0,734	0,958	1,140	<b>7,0</b>
	CGrn	65-75	62	1,236	0,634	0,771	1,475	<b>8,0</b>
	CGrn	80-90	70	1,324	0,729	0,924	1,456	<b>7,9</b>
	CGrn	100-110	80	1,324	0,795	1,111	1,356	<b>7,7</b>
Gabčíkovo 400176	Amlcp (S)	0-10	87	0,178	1,348	1,793	0,142	1,0
	Amlcp (S)	10-20	92	0,268	1,371	1,921	0,209	1,6
	Amlc (S)	40-50	66	0,388	0,930	1,387	0,359	2,9
	A/Cgro (S)	65-75	105	0,991	2,273	1,408	0,730	<b>5,4</b>
	Cgroc(S)n	90-100	<b>233</b>	2,241	6,823	2,797	1,022	<b>6,6</b>
	Cgroc(S)n	100-110	<b>241</b>	1,552	6,691	3,054	0,703	<b>5,2</b>
Zlatná na Ostrove 400172	Amčcp	0-10	65	0,266	1,215	1,253	0,239	1,9
	Amčcp	10-20	59	0,244	1,112	1,077	0,234	1,8
	A/Cgoc(S)n	40-45	60	1,435	1,224	0,922	1,385	<b>7,7</b>
	Cgoc(S)n	50-65	84	4,351	1,773	0,529	4,056	<b>10,6</b>
	2CGoc(S)n	100-110	<b>304</b>	14,677	9,143	1,511	6,360	<b>13,7</b>
Komárno Hadovce 400178	Amčcp (S)	0-10	85	0,165	1,805	1,573	0,127	0,8
	Amčcp (S)	10-20	79	0,295	1,620	1,418	0,239	1,9
	A/CGocSn	40-50	156	2,290	4,032	1,811	1,340	<b>7,6</b>
	CGrocSn	55-60	<b>233</b>	5,630	7,395	2,080	2,587	<b>9,7</b>
	CGrocSn	70-80	<b>284</b>	7,347	9,312	2,369	3,040	<b>9,5</b>
	CGrocSn	100-110	<b>362</b>	7,102	12,205	3,145	2,563	<b>9,7</b>
Kamenín 400138	AmSn	0-10	<b>210</b>	23,766	0,955	0,873	24,859	<b>36,2</b>
	AmSn	10-20		32,091	0,353			
	AmSn	20-30						
	AmSn	40-50						
	Bn(S)	60-70		44,582	0,215	0,499	74,623	<b>66,4</b>
	Bn	80-90		45,600	0,212			
	Bn	150-160	63	4,963	0,345	0,125	10,142	<b>20,1</b>
	Bn	180-200						
Malé Raškovce 400229	Ae(S)	0-10	74	0,375	1,431	1,298	0,321	2,6
	A(S)n	20-30	47	1,063	0,930	0,720	1,170	<b>7,1</b>
	Asn	35-45	61	4,443	0,639	0,346	6,331	<b>13,7</b>
	BnS	50-60		5,549	0,118	0,244	13,041	<b>23,5</b>
	BnS	70-80		8,569				
	BnS	120-130		7,732	0,081	0,074	27,731	<b>38,9</b>

**Tab. 4** Vývoj zasolovania - salinizácie

Názov pôdy	Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka vzorky (cm)	Odparok (%)				ECe (mS.m <sup>-1</sup> )			
				2000	2001	2002	2003	2000	2001	2002	2003
Čiernica modálna s limitným obsahom solí a iónov sodíka	Iža 400180	Am(s) 0-50	0-10	<b>0,17</b>	<b>0,10</b>	<b>0,12</b>	0,09	106	57	49	71
			15-25	<b>0,13</b>	0,05	<b>0,10</b>	0,08	43	51	38	72
			30-40	0,08	0,09	0,07	0,07	29	45	36	65
			55-65	0,09	0,05	0,05	0,05	38	47	26	74
			75-85	0,08	0,04	0,05	0,05	34	39	28	87
Čiernica modálna slabo slanisková	Gabčíkovo 400176	Am 0-40	0-10		<b>0,10</b>	<b>0,15</b>	<b>0,12</b>		57	60	87
			10-20	0,08	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	53	63	46	92
			40-50	<b>0,10</b>	0,09	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	79	43	43	66
			65-75	<b>0,17</b>	<b>0,10</b>	<b>0,13</b>	0,08	136	92	80	105
			90-100	<b>0,15</b>	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>	<b>0,14</b>	<b>218</b>	195	97	<b>233</b>
100-110	<b>0,19</b>	<b>0,13</b>	<b>0,17</b>	<b>0,15</b>	<b>223</b>	<b>238</b>	99	<b>241</b>			
Čiernica černozečná slabo slanisková, hlboko slancová	Zlatná na Ostrove 400172	Am 0-37	0-10		<b>0,11</b>	0,09	0,08		67	38	65
			10-20	<b>0,10</b>	<b>0,14</b>	<b>0,10</b>	0,08	40	58	36	59
			40-45	0,03	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	0,08	43	60	45	60
			50-65	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>	0,05	83	115	62	84
			100-110	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>	<b>0,17</b>	<b>0,14</b>	<b>207</b>	<b>291</b>	105	<b>304</b>
Čiernica černozečná slanisková, slabo slancová	Komárno-Hadovce 400178	Am 0-33	0-10		<b>0,30</b>	<b>0,10</b>	0,08		73	34	85
			10-20	<b>0,11</b>	0,09	<b>0,10</b>	0,08	42	63	37	79
			40-50	<b>0,36</b>	<b>0,17</b>	<b>0,30</b>	<b>0,13</b>	<b>309</b>	<b>212</b>	149	156
			55-60	<b>0,38</b>	<b>0,17</b>	<b>0,27</b>	<b>0,13</b>	<b>355</b>	<b>252</b>	147	<b>233</b>
			70-80	<b>0,27</b>	<b>0,27</b>	<b>0,20</b>	<b>0,14</b>	<b>214</b>	<b>375</b>	117	<b>284</b>
100-110	<b>0,14</b>	<b>0,18</b>	<b>0,12</b>	<b>0,17</b>	<b>227</b>	<b>355</b>	68	<b>362</b>			
Čiernica glejová slabo slanisková, slabo slancová	Zemné 400179	Am(sn) 0-35	0-10	<b>0,15</b>	<b>0,16</b>	<b>0,18</b>	<b>0,12</b>	164	39	68	92
			10-20	0,08	<b>0,13</b>	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>	52	43	48	65
			35-45	0,09	<b>0,12</b>	0,08	0,07	85	73	37	66
			55-65	<b>0,16</b>	0,09	0,08	0,05	171	115	43	62
			90-100	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	0,04	<b>218</b>	<b>273</b>	53	80

pokračovanie tab. 4

Názov pôdy	Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka vzorky (cm)	Odparok (%)				ECe (mS.m <sup>-1</sup> )			
				2000	2001	2002	2003	2000	2001	2002	2003
Slanec slaniskový	Kamenín	Am sn 0-60	0-10	<b>0,15</b>	0,09	<b>1,46</b>	<b>0,24</b>	<b>232</b>	83	84	<b>210</b>
			10-20	<b>0,34</b>	0,09	<b>0,68</b>	<b>0,39</b>	<b>212</b>	59	71	
	400138		20-30	<b>0,40</b>	<b>0,14</b>	<b>1,34</b>	<b>0,55</b>	<b>257</b>	57	92	
	CSn 60-110		40-50	<b>0,27</b>	<b>0,30</b>	<b>1,16</b>	<b>0,88</b>	25	33	97	
			60-70	<b>0,13</b>	<b>0,30</b>	<b>0,69</b>	<b>0,69</b>	82	57	69	
			80-90		<b>0,34</b>	<b>0,26</b>	<b>0,36</b>		54	60	
Slanec	Malé Raškovce	Ae sn 0-50	0-10	0,08	0,02	0,07	0,08	39	26	27	74
			20-30			0,07	0,08			20	47
			35-45	<b>0,11</b>		0,06	0,08	109	22	22	61
	400229		Bn 50-70			<b>0,11</b>	<b>0,13</b>			13	
	Gr ns vd 70				<b>0,12</b>	<b>0,14</b>			34		
Slanec-slanisko	Žiar nad Hronom	Asm 0-30	0-10	0,00	<b>0,31</b>	<b>0,82</b>	<b>1,13</b>	46	<b>241</b>	103	
			20-30		<b>0,46</b>	<b>1,15</b>	<b>1,26</b>			167	106
			400063	Gro sn 30-90	30-40	0,07	<b>0,29</b>	<b>1,26</b>	<b>0,85</b>	46	57

Poznámka: odparok - obsah vodorozpustných solí sodíka vo vodnom výluhu pôdy  
 ECe - merná elektrická vodivosť nasýteného extraktu pôdy  
 0,17; 246 - nadlimitné hodnoty odparoku a ECe

**Tab. 5** Vývoj slancovania – alkalizácie

Názov pôdy	Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka vzorky (cm)	pH/H <sub>2</sub> O				ESP (%)			
				2000	2001	2002	2003	2000	2001	2002	2003
Čiernica modálna s limitným obsahom solí a iónov sodíka	Iža 400180	Am(s) 0-50	0-10	8,1	7,5	8,1	8,0	0,3	0,7	0,8	1,2
			15-25	8,3	7,4	8,2	8,1	1,0	1,3	1,1	2,5
			30-40	8,3	7,6	8,3	8,2	1,6	1,7	1,6	2,9
			55-65	<b>9,0</b>	7,6	8,6	<b>8,7</b>	3,4	3,4	3,4	<b>8,7</b>
			75-85	<b>9,2</b>	7,5	<b>8,9</b>	<b>8,8</b>	4,8	4,4	<b>6,7</b>	<b>9,8</b>
Čiernica modálna slabo slanisková	Gabčíkovo 400176	Am 0-40	0-10	8,2	7,4	8,1	8,1		0,7	0,4	1,0
			10-20	8,1	7,4	8,2	8,0	1,2	0,9	0,8	1,6
			40-50	7,9	7,4	8,2	8,1	2,2	1,6	1,8	2,9
			65-75	7,9	7,6	8,2	8,1	3,6	3,4	3,9	<b>5,4</b>
			90-100	8,1	7,5	8,2	8,0	4,5	4,7	<b>5,2</b>	<b>6,6</b>
100-110	8,0	7,4	8,1	7,8	<b>5,0</b>	4,3	<b>5,2</b>	<b>5,2</b>			
Čiernica černozečná slabo slanisková, hlboko slancová	Zlatná na Ostrove 400172	Am 0-37	0-10	7,3	7,6	8,2	7,2		0,9	0,7	1,9
			10-20	7,6	7,5	8,2	7,0	1,7	1,1	0,9	1,8
			40-45	8,3	7,6	8,3	7,4	3,8	1,1	<b>5,2</b>	<b>7,7</b>
			50-65	8,0	7,5	8,4	7,8	<b>7,3</b>	<b>8,2</b>	<b>9,5</b>	<b>10,6</b>
			100-110	8,1	7,5	8,4	8,5	<b>10,1</b>	<b>9,7</b>	<b>9,9</b>	<b>13,7</b>
Čiernica černozečná slanisková, slabo slancová	Komárno- Hadovce 400178	Am 0-33	0-10	8,3	7,3	8,2	7,0		0,7	0,8	0,8
			10-20	8,5	7,3	8,2	7,0	3,0	0,8	1,3	1,9
			40-50	8,0	7,5	8,1	8,2	<b>7,3</b>	<b>7,3</b>	<b>5,3</b>	<b>7,6</b>
			55-60	8,0	7,5	8,2	8,3	<b>7,9</b>	<b>8,7</b>	<b>6,8</b>	<b>9,7</b>
			70-80	7,8	7,2	8,3	8,2	<b>6,9</b>	<b>8,2</b>	<b>6,8</b>	<b>9,5</b>
100-110	7,8	7,2	8,3	8,1	<b>8,0</b>	<b>7,8</b>	<b>6,5</b>	<b>9,7</b>			
Čiernica glejová slabo slanisková, slabo slancová	Zemné 400179	Am(sn) 0-35	0-10	7,5	7,4	8,0	8,0	<b>8,9</b>	0,6	1,8	4,7
			10-20	7,9	7,4	8,1	8,1	4,4	0,8	2,6	<b>5,5</b>
			35-45	8,0	7,5	8,2	8,1	<b>6,9</b>	1,8	<b>6,0</b>	<b>7,0</b>
			55-65	8,0	7,6	8,2	8,3	<b>9,3</b>	3,7	<b>7,2</b>	<b>8,0</b>
			90-100	8,0	7,7	8,2	8,4	<b>9,7</b>	3,6	<b>7,2</b>	<b>7,9</b>

pokračovanie tab. 5

Názov pôdy	Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka vzorky (cm)	pH/H <sub>2</sub> O				ESP (%)			
				2000	2001	2002	2003	2000	2001	2002	2003
Slanec slaniskový	Kamenín 400138	Am sn 0-60  CSn 60-110	0-10	7,9	7,5	8,4	8,2	<b>25,1</b>	<b>9,8</b>	<b>52,0</b>	<b>36,2</b>
			10-20	<b>10,4</b>	8,0	<b>8,7</b>	8,4	<b>20,1</b>	<b>12,4</b>	<b>51,6</b>	
			20-30	<b>10,6</b>	<b>8,8</b>	<b>9</b>	<b>9,9</b>	<b>26,9</b>	<b>10,1</b>	<b>57,0</b>	
			40-50	<b>10,5</b>	<b>9,4</b>	<b>9,3</b>	<b>10,0</b>	<b>8,0</b>	<b>12,1</b>	<b>59,1</b>	
			60-70		<b>9,3</b>	<b>9,2</b>	<b>9,8</b>	<b>14,7</b>	<b>9,1</b>	<b>53,5</b>	<b>66,4</b>
		80-90	<b>10,3</b>	<b>9,7</b>	<b>9,7</b>	<b>9,6</b>		<b>6,3</b>	<b>58,8</b>		
Slanec	Malé Raškovec 400229	Ae sn 0-50  Bn 50-70 Gr ns vd 70	0-10	6,6	7,1	7,6	7,4	<b>8,8</b>	3,7	1,3	2,6
			20-30			8,2	8,0			5,2	<b>7,1</b>
			35-45	7,2	7,3	8,2	8,2	<b>14,0</b>	<b>6,7</b>	<b>9,7</b>	<b>13,7</b>
			50-60			7,8	8,0			<b>16,4</b>	<b>23,5</b>
			70-80			8,6	<b>8,7</b>			<b>24,8</b>	
Slanec-slanisko	Žiar nad Hronom 400063	Asm 0-30  Gro sn 30-90	0-10	7,0	<b>9,9</b>	<b>9,3</b>	<b>10,1</b>		<b>22,9</b>	<b>75,6</b>	
			20-30		<b>9,6</b>	<b>9,1</b>	<b>10,2</b>		<b>19,3</b>	<b>77,2</b>	
			30-40	7,0	<b>9,5</b>	<b>9,9</b>	<b>9,9</b>		<b>10,0</b>	<b>82,9</b>	

Poznámka: ESP - obsah výmenného sodíka v sorpčnom komplexe pôdy  
8,7; 5,4 - nadlimitné hodnoty pH a ESP

**Tab. 6** Chemické vlastnosti podzemných vôd, významné pre vznik a vývoj solných pôd v roku 2003

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	7,4	137	984	898		449	103,3	594	48,9	77,4	110,8	1,77	3,25
	september	7,7	117	904	724		424	88,0	544	46,1	57,0	131,7	2,25	4,33
Zemné 400179	máj	7,4	127	886	819		347	229,0	397	64,5	41,1	51,7	1,00	1,75
	september	7,5	96	759	570		353	147,1	271	54,6	31,0	50,20	1,69	1,90
Gabčíkovo 400176	máj	7,5	77	521	493		252	54,3	292	44,8	33,2	9,0	1,81	0,35
	september	7,7	81	638	477		242	67,8	402	49,3	36,2	10,50	2,49	0,39
Zlatná na Ostrove 400177	máj	7,5	181	1231	1185		616	159,9	707	47,3	59,3	308,2	2,26	9,97
	september	7,7	164	1277	1147		632	147,1	702	49,5	50,2	336,2	2,56	11,39
Komárno-Hadovce 400178	máj	7,2	205	1439	1360		743	200,9	779	58,8	88,2	310,1	2,25	8,45
	september	7,4	197	1598	1364		746	217,5	892	64,2	85,4	326,5	2,67	8,88

RL 1 - rozpustné látky po sušení pri 105 °C, RL 2 - rozpustné látky po žíhaní pri 600 °C, EC - merná elektrická vodivosť, SAR - sodíkový adsorpčný pomer



**ČÚ 04**

**MONITORING ZAŤAŽENIA PÔD RIZIKOVÝMI LÁTKAMI**

**Zodpovedný riešiteľ:** Ing. Libuša Matúšková, CSc.

**Spoluriešiteľ:** RNDr. Ján Vojtáš, CSc.





## ÚVOD

V monitoringu pôd SR bolo v období rokov 1993, 1997 a 2002 (I.,II. a III. odberový cyklus) sledované obsah rizikových prvkov vo výluhu 2M HNO<sub>3</sub> (Cd, Cr Cu, Ni, Pb, Zn) a 2M HCl (As), pri ktorých bola vyhodnotená časová a priestorová zmena ich obsahu vo vybraných monitorovaných pôdnych sondách v A horizonte. Spracované výsledky sú vzťahované a hodnotené k hygienickému stavu pôdneho fondu, ktorý bol zistený počas I. odberového cyklu (rok odberov 1993).

## CIEĽ

Porovnanie zmien obsahu vybraných rizikových prvkov (As, Cd, Cr Cu, Ni, Pb, Zn) v rámci I.,II. a III. odberového cyklu monitoringu pôd.

## MATERIÁL A METÓDY

Pôdne vzorky odobraté z monitorovanej siete počas I. až III.. odberového cyklu (odber roku 1993, 1997 a 2002) boli analyzované na potenciálne prístupne obsahy rizikových prvkov vo výluhu 2M HNO<sub>3</sub> a 2M HCl (pre As).

### **Základné štatistické vyhodnotenie a porovnanie monitorovaných poľnohospodárskych pôd v rámci celého Slovenska**

*Základné štatistické vyhodnotenie a porovnávanie hlavných pôdnych typov:*

- . podzol, ranker podzolový a litozem (PZ, RNp, LI)
- . andozem (AM)
- . regozem na karbonátových substrátoch (RM)
- . regozem na nekarbonátových substrátoch (RM)
- . zasolené pôdy na rôznych substrátoch
- . kultizem na rôznych substrátoch (KM)

### **Vyhodnotenie stavu kontaminácie pre jednotlivé rizikové prvky**

*Modelovanie vývoja kontaminácie za sledované obdobie rokov 1993 a 1997*

Pre stanovenie rizikových prvkov boli použité analytické metóda podľa "Záväzných analytických postupov pre - monitoring pôd (Fiala a kol. , 1999). Získané výsledky sú vyhodnotené štatisticky a graficky.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### A. Základné štatistické vyhodnotenie a porovnanie vybraných monitorovaných sond

**Tab. 1** Základné štatistické parametre pre vybrané monitorované sondy pre A- horizont výluh v 2M HNO<sub>3</sub> (I. odberový cyklus 1993)

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemer	5.14	0.47	1.61	12.98	2.08	37.21	31.47
Medián	1.04	0.20	1.43	5.80	2.00	16.03	20.58
Modus	*	0.01	2.45	*	4.35	*	*
Minimum	0.33	0.01	0.10	1.10	0.10	3.70	2.05
Maximum	25.25	2.88	7.70	59.50	4.50	149.00	93.00
Počet	17	20	20	20	20	20	20

**Tab. 2** Základné štatistické parametre pre vybrané monitorované sondy pre A- horizont výluh v 2M HNO<sub>3</sub> (II. odberový cyklus 1997)

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemer	14.63	0.32	1.56	12.72	2.52	29.55	26.38
Medián	0.83	0.15	1.44	7.85	2.20	13.30	9.50
Modus	4.33	0.95	1.59	51.00	2.20	78.50	106.00
Minimum	0.36	0.03	0.22	2.20	0.60	3.80	1.95
Maximum	230.00	0.95	3.48	51.00	5.55	100.00	106.00
Počet	19	19	19	19	19	19	19

**Tab. 3** Základné štatistické parametre pre vybrané monitorované sondy pre A- horizont výluh v 2M HNO<sub>3</sub> (III. odberový cyklus 2002)

(mg/kg)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemer	7.21	0.38	3.65	10.80	2.08	51.39	18.63
Medián	1.10	0.35	3.40	4.21	1.60	15.32	10.33
Modus	*	0.45	*	*	0.59	*	*
Minimum	0.19	0.10	0.69	1.03	0.22	3.19	3.85
Maximum	98.89	1.22	8.60	76.95	7.06	404.90	70.20
Počet	22	22	22	22	22	22	22

## B. Základné vyhodnotenie a porovnanie obsahu rizikových prvkov vo vybraných pôdnych typoch za I. až III. odberový cyklus

V tabuľke č. 4 až č. 6 je uvedené zastúpenie ťažkých kovov Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn (výluh 2M HNO<sub>3</sub>) a As (výluh 2M HCl) v vybratých pôdnych typoch.

**Tab. 4** Základné porovnanie zastúpenie ťažkých kovov Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn (výluh 2M HNO<sub>3</sub>) a As (výluh 2M HCl) v vybratých pôdnych typoch za I. odberový cyklus – rok 1993

IČS	Pôdny typ	Hĺbka	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
400247	Litozem	0-10	13.370	1.255	1.550	11.500	2.600	106.500	38.000
400049	Podzol	0-10	4.150	0.910	1.550	7.000	2.150	90.250	35.400
400097	Podzol	0-10	3.600	2.875	0.700	5.400	1.700	149.000	52.000
400301	Podzol	0-10	*	*	*	*	*	*	*
400303	Podzol	0-10	*	0.445	0.200	3.590	0.200	65.500	20.800
400304	Podzol	0-10	*	0.490	0.450	2.780	1.000	3.960	17.510
400338	Podzol	0-10	*	*	*	*	*	*	*
400034	Andozem	0-10	1.400	0.350	1.850	19.000	1.750	24.550	59.000
400340	Andozem	0-10	*	*	*	*	*	*	*
400075	Regozem	0-10	0.570	0.030	2.450	2.250	1.850	6.500	9.000
400118	Regozem	0-10	0.650	0.010	0.550	2.000	0.950	4.900	5.200
400128	Regozem	0-10	0.837	0.065	0.900	51.000	1.500	4.000	16.500
400129	Regozem	0-10	0.700	0.020	1.100	3.450	2.450	3.900	9.500
400348	Regozem	0-10	*	*	*	*	*	*	*
400111	Regozem	0-10	0.400	0.050	0.430	4.300	0.250	5.650	5.950
400119	Regozem	0-10	0.325	0.010	0.100	1.100	0.100	3.700	2.050
400272	Regozem	0-10	0.862	0.095	0.750	5.100	2.450	6.550	11.600
400138	Slanisko	0-10	1.037	0.255	1.700	4.500	2.500	18.800	20.350
400229	Slanec	0-10	0.870	0.125	1.650	6.350	4.350	10.750	9.900
400063	Fluvizem	0-10	7.200	0.900	7.700	44.850	2.800	74.500	93.000
400007	Kambizem	0-10	6.980	0.375	2.450	11.850	4.350	24.800	31.500
400061	Kultizem	0-10	19.260	0.130	1.300	6.200	4.500	13.250	66.000

**Tab. 5** Základné porovnanie zastúpenie ťažkých kovov Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn (výluh 2M HNO<sub>3</sub>) a As (výluh 2M HCl) v vybraných pôdnych typoch za II. odberový cyklus – rok 1997

IČS	Pôdny typ	Hĺbka	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
400247	Litozem	0-10	14.000	0.455	1.400	11.200	0.600	67.000	21.350
400049	Podzol	0-10	0.763	0.950	1.480	5.250	2.750	88.000	24.350
400097	Podzol	0-10	*	*	*	*	*	*	*
400301	Podzol	0-10	*	*	*	*	*	*	*
400303	Podzol	0-10	*	*	*	*	*	*	*
400304	Podzol	0-10	*	*	*	*	*	*	*
400338	Podzol	0-10	*	*	*	*	*	*	*
400034	Andozem	0-10	1.287	0.375	1.810	15.750	1.300	21.200	38.350
400340	Andozem	0-10	2.950	0.685	1.030	6.600	0.600	100.000	32.500
400075	Regozem	0-10	0.513	0.030	2.370	2.850	2.050	7.200	9.500
400118	Regozem	0-10	0.388	0.130	1.140	3.450	3.300	8.450	8.600
400128	Regozem	0-10	1.025	0.185	1.440	11.500	3.900	6.900	8.200
400129	Regozem	0-10	0.425	0.095	0.860	21.950	2.650	6.800	7.650
400348	Regozem	0-10	0.625	0.295	3.105	11.450	3.350	7.250	14.150
400111	Regozem	0-10	0.375	0.070	0.590	2.750	0.950	5.450	4.200
400119	Regozem	0-10	0.363	0.075	0.220	2.200	0.800	3.800	1.950
400272	Regozem	0-10	0.463	0.070	0.500	2.650	1.650	6.100	7.650
400138	Slanisko	0-10	0.825	0.150	2.340	7.850	4.600	13.900	7.600
400229	Slanec	0-10	0.450	0.075	1.300	5.950	3.650	8.750	7.250
400063	Fluvizem	0-10	4.325	0.950	1.585	51.000	2.200	78.500	106.000
400007	Kambizem	0-10	11.375	0.265	2.480	9.650	4.150	23.250	22.950
400061	Kultizem	0-10	230.000	0.140	3.480	14.800	5.550	13.300	64.200

**Tab. 6** Základné porovnanie zastúpenie ťažkých kovov Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn (výluh 2M HNO<sub>3</sub>) a As (výluh 2M HCl) v vybratých pôdnych typoch za III. odberový cyklus – rok 2002

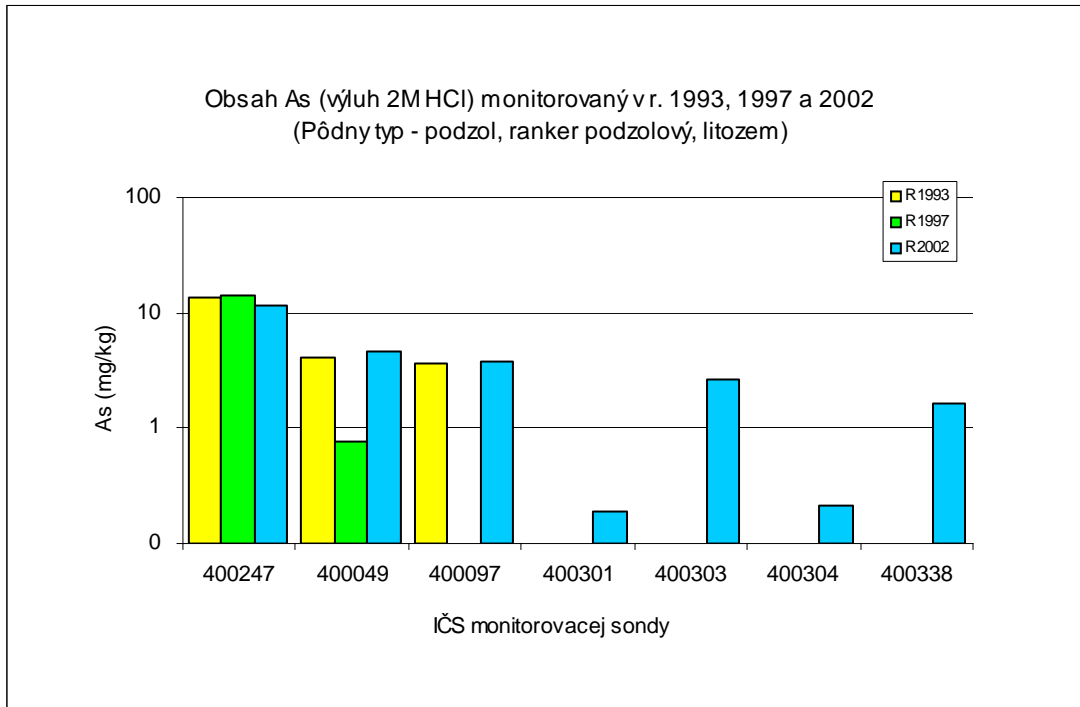
IČS	Pôdny typ	Hĺbka	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
400247	Litozem	0-10	11.750	0.945	4.110	14.860	2.165	116.600	32.000
400049	Podzol	0-10	4.616	0.500	3.240	3.475	1.162	44.610	14.860
400097	Podzol	0-10	3.819	0.445	1.665	4.200	0.585	74.535	10.400
400301	Podzol	0-10	0.190	0.410	0.725	1.075	0.395	34.905	6.780
400303	Podzol	0-10	2.673	0.420	1.430	2.950	0.305	49.975	12.495
400304	Podzol	0-10	0.215	0.170	0.735	1.030	0.220	16.010	3.845
400338	Ranker	0-10	1.621	0.525	3.830	4.210	1.180	108.735	10.250
400034	Andozem	0-10	1.305	0.450	3.565	16.405	1.455	24.285	43.700
400340	Andozem	0-10	1.548	0.585	3.090	5.580	0.585	75.170	23.185
400075	Regozem	0-10	0.544	0.170	4.870	2.645	2.385	6.365	8.025
400118	Regozem	0-10	0.574	0.135	2.560	2.445	1.745	5.570	5.985
400128	Regozem	0-10	0.613	0.120	2.840	36.605	1.195	3.210	12.805
400129	Regozem	0-10	0.730	0.095	3.575	3.680	1.795	3.185	8.475
400348	Regozem	0-10	0.645	0.450	7.120	12.700	3.815	7.320	15.915
400111	Regozem	0-10	0.551	0.110	2.335	2.795	0.575	5.630	6.790
400119	Regozem	0-10	0.656	0.130	0.685	2.890	1.020	4.900	6.815
400272	Regozem	0-10	0.901	0.185	2.515	3.300	2.295	6.345	9.990
400138	Slanisko	0-10	1.488	0.245	3.785	5.355	3.675	14.620	8.835
400229	Slanec	0-10	0.570	0.175	4.705	6.330	5.035	8.810	10.155
400063	Fluvizem	0-10	12.295	1.220	8.595	76.950	3.445	104.210	70.200
400007	Kambizem	0-10	12.350	0.625	8.285	19.055	7.055	404.900	43.200
400061	Kultizem	0-10	98.888	0.285	6.000	9.125	3.690	10.755	45.150

***Vyhodnotenie vývojového trendu vybranej skupiny pôd (porovnanie rokov 1993 až 2002)***

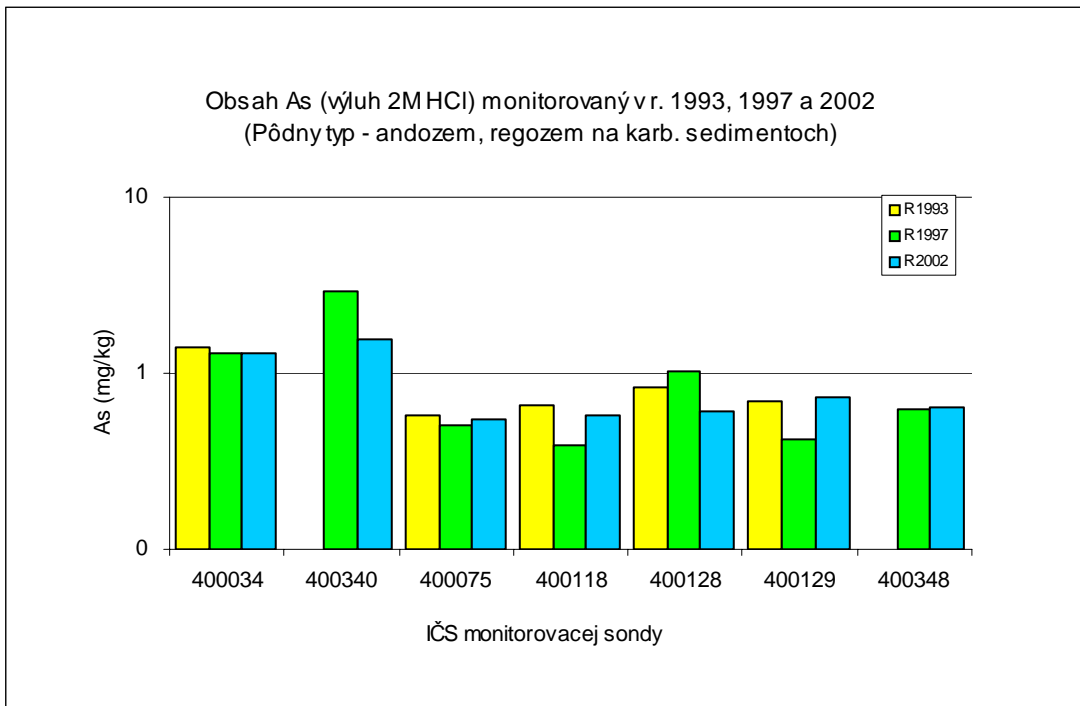
Údaje z tabuliek č. 4 až 6 sú graficky vyhodnotené na obrázkoch č. 1 až č. 21. Sú tu porovnané prístupné (vyluhovateľné) obsahy ťažkých kovov za I. až III. odberový cyklus.

Obsah As vo vybratej skupine pôd

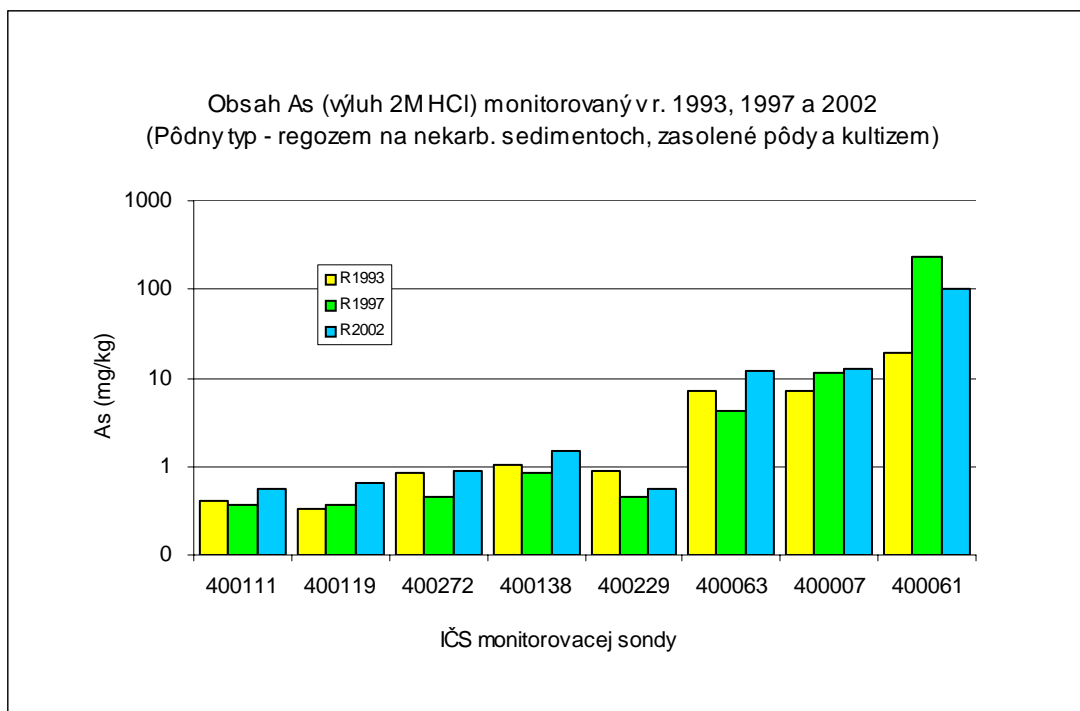
**Obr. 1** Porovnanie obsahu As v A horizonte za I. odberový cyklus –rok 1993



**Obr. 2** Porovnanie obsahu As v A horizonte za II. odberový cyklus - rok 1997

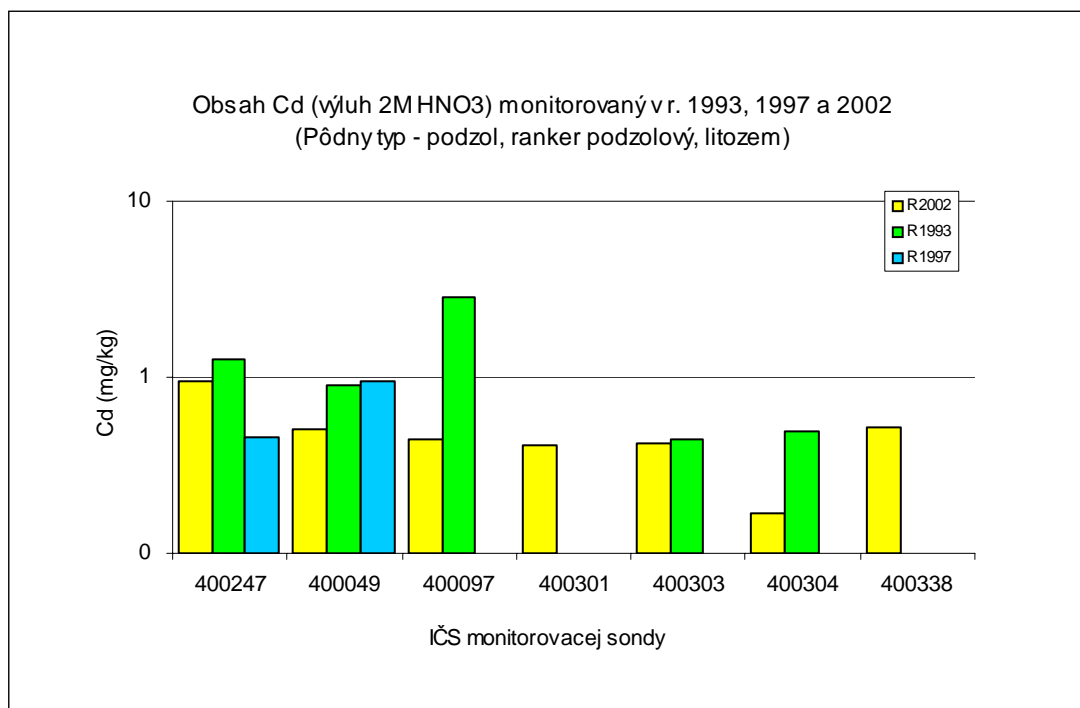


**Obr. 3** Porovnanie obsahu As v A horizonte za III. odberový cyklus - rok 2002



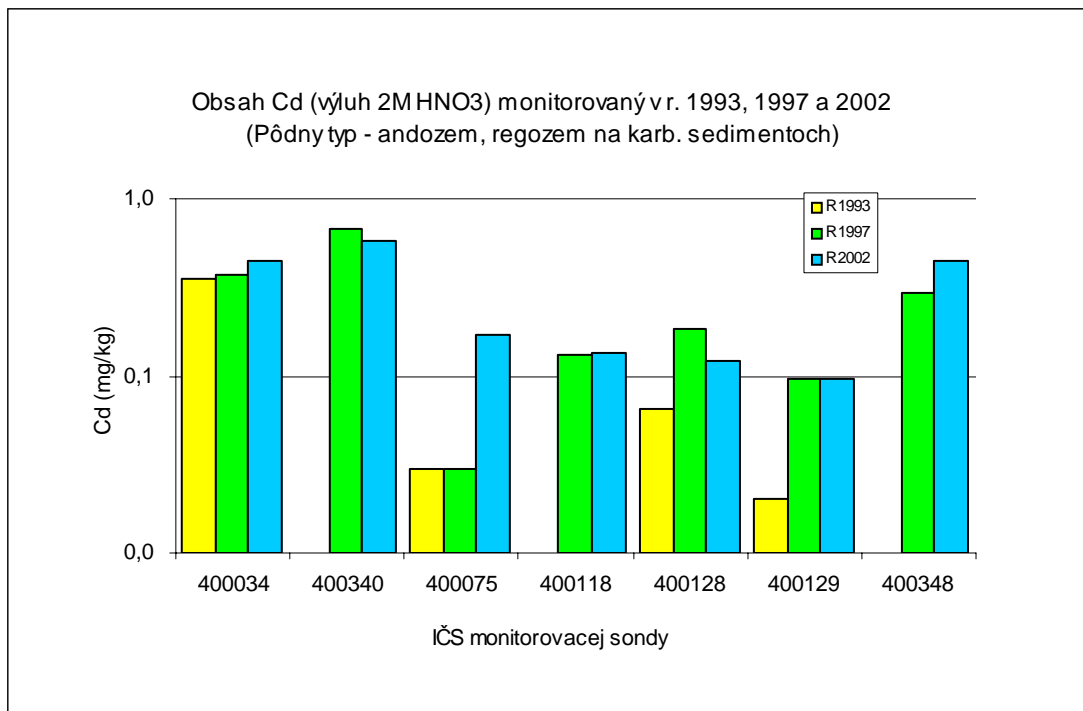
*Obsah Cd vo vybratej skupine pôd*

**Obr. 4** Porovnanie obsahu Cd v A horizonte za I. odberový cyklus –rok 1993

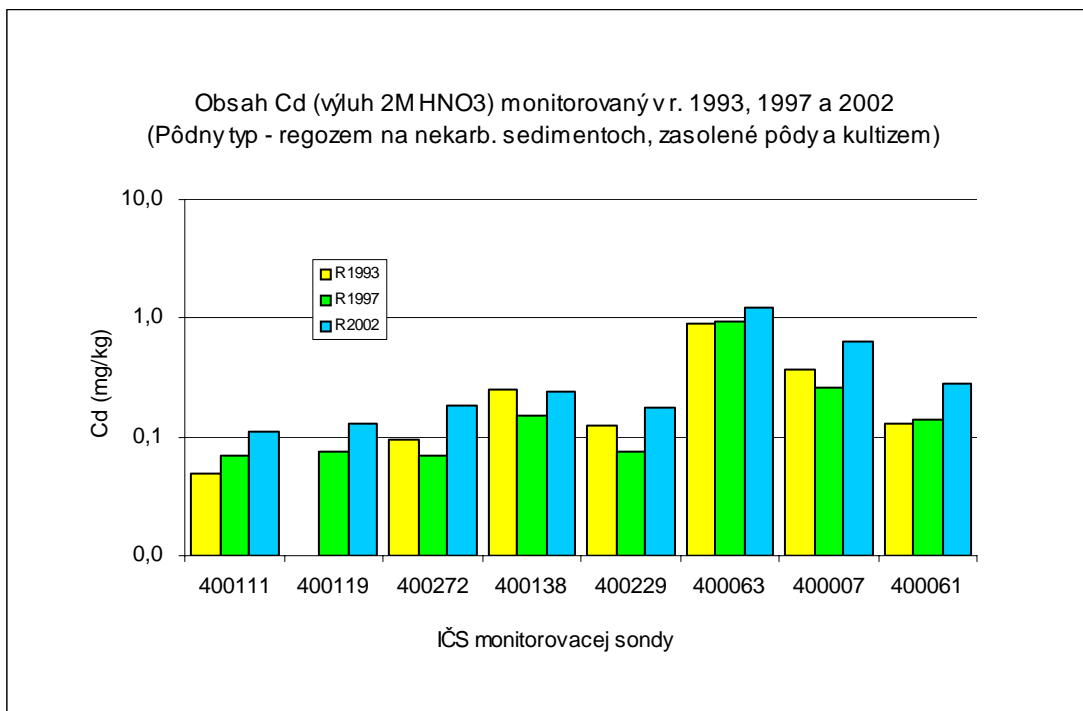




**Obr. 5** Porovnanie obsahu Cd v A horizonte za II. odberový cyklus - rok 1997

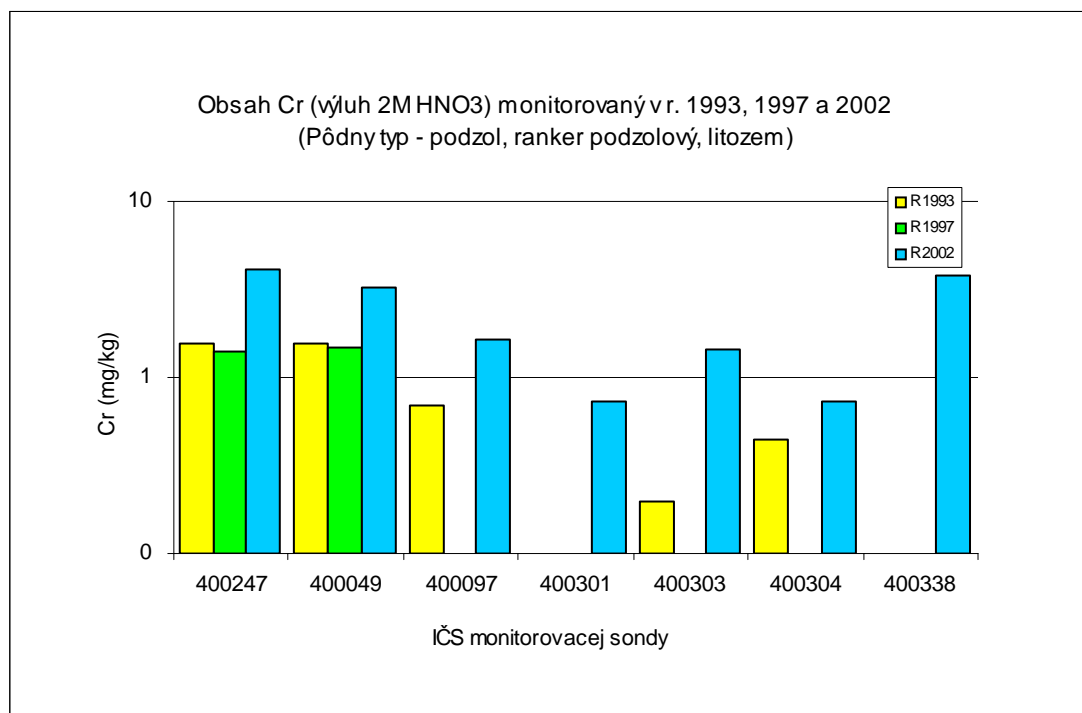


**Obr. 6** Porovnanie obsahu Cd v A horizonte za III. odberový cyklus - rok 2002

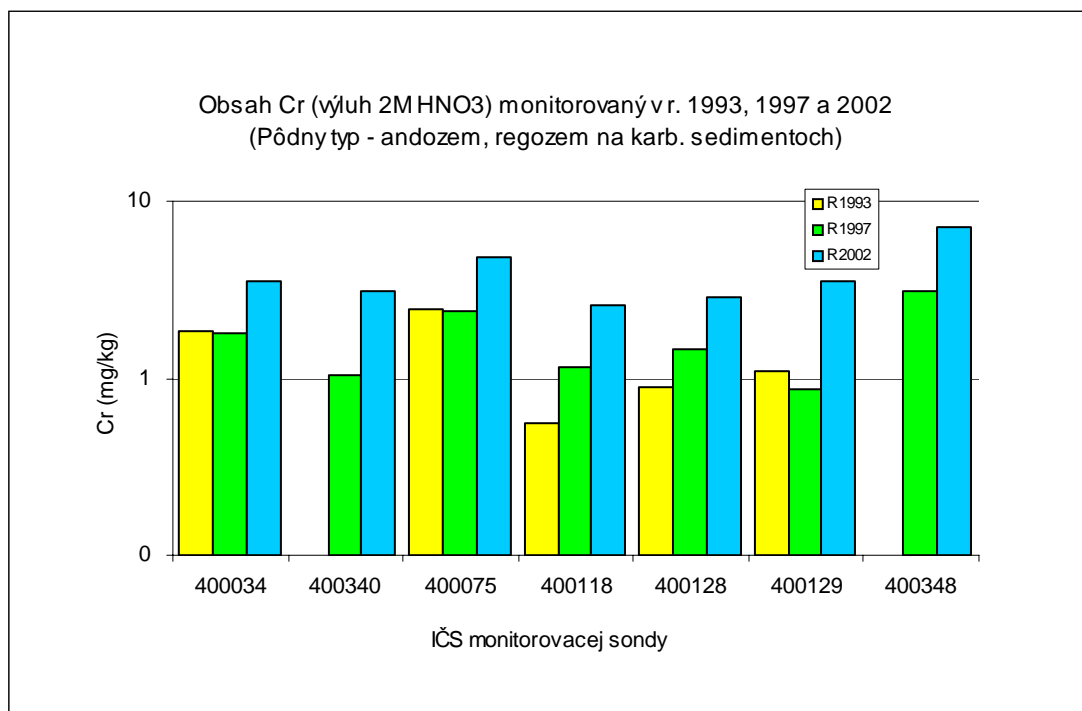


## Obsah Cr vo vybratej skupine pôd

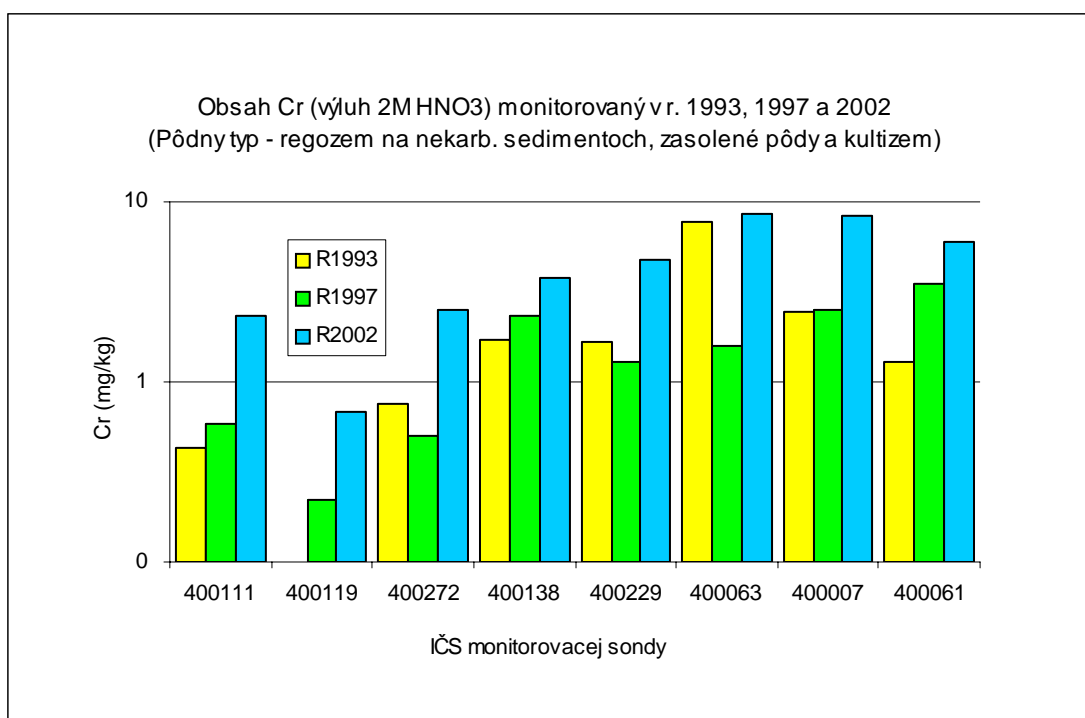
**Obr. 7** Porovnanie obsahu Cr v A horizonte za I. odberový cyklus –rok 1993



**Obr. 8** Porovnanie obsahu Cr v A horizonte za II. odberový cyklus - rok 1997

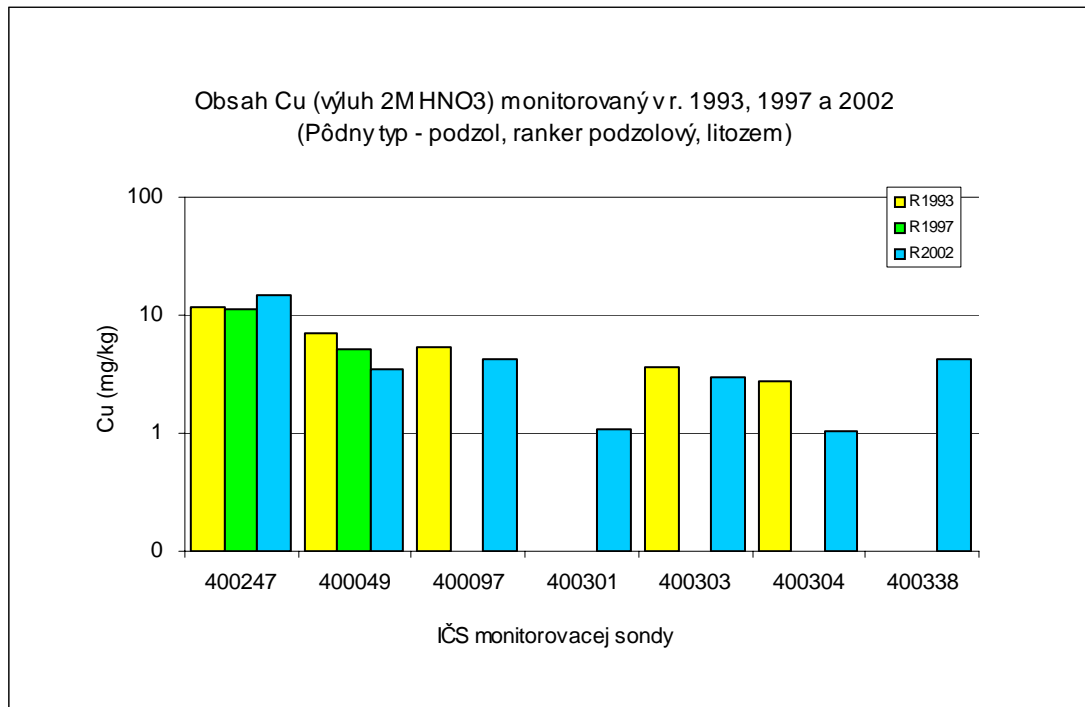


**Obr. 9** Porovnanie obsahu Cr v A horizonte za III. odberový cyklus - rok 2002

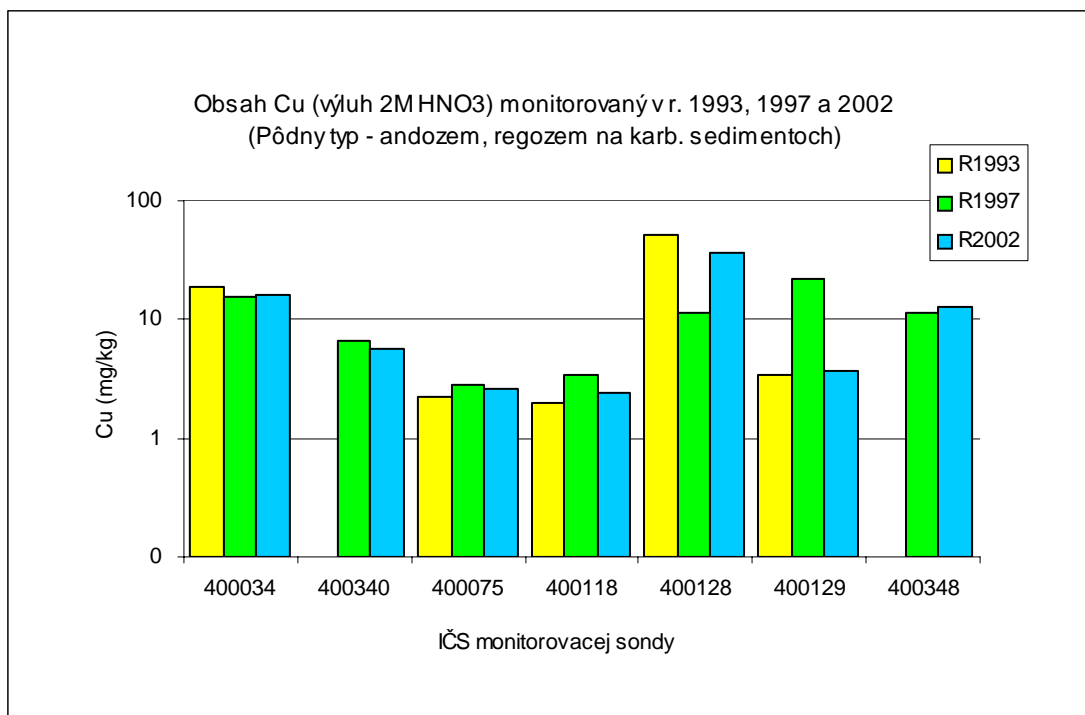


*Obsah Cu vo vybratej skupine pôd*

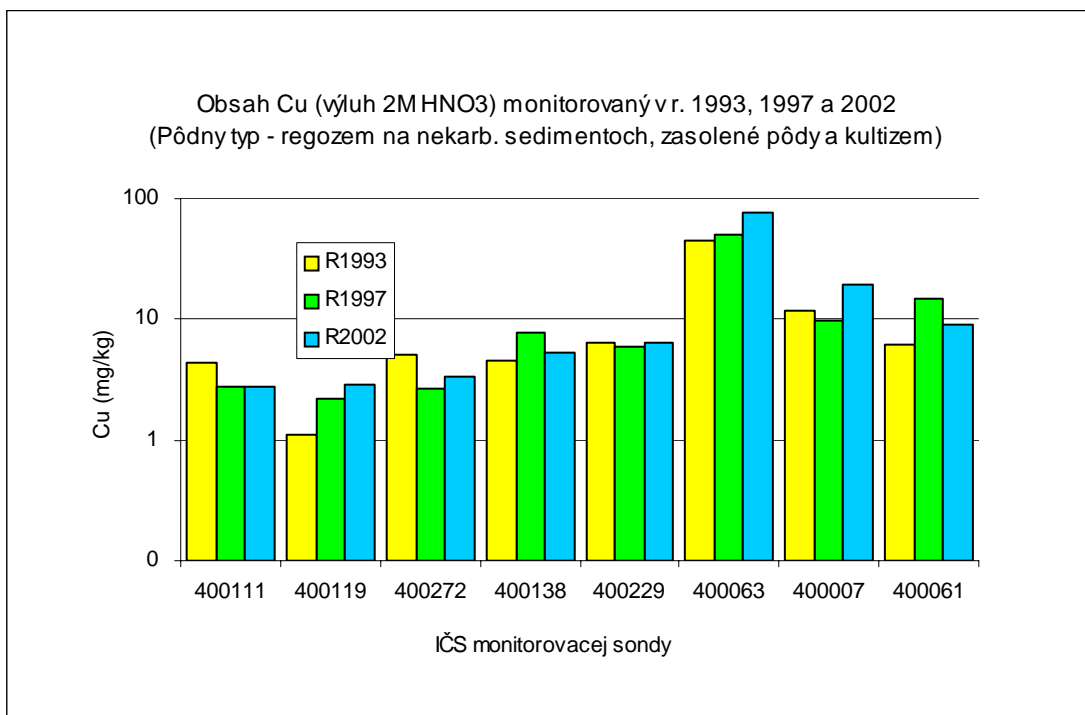
**Obr. 10** Porovnanie obsahu Cu v A horizonte za I. odberový cyklus –rok 1993



**Obr. 11** Porovnanie obsahu Cu v A horizonte za II. odberový cyklus - rok 1997

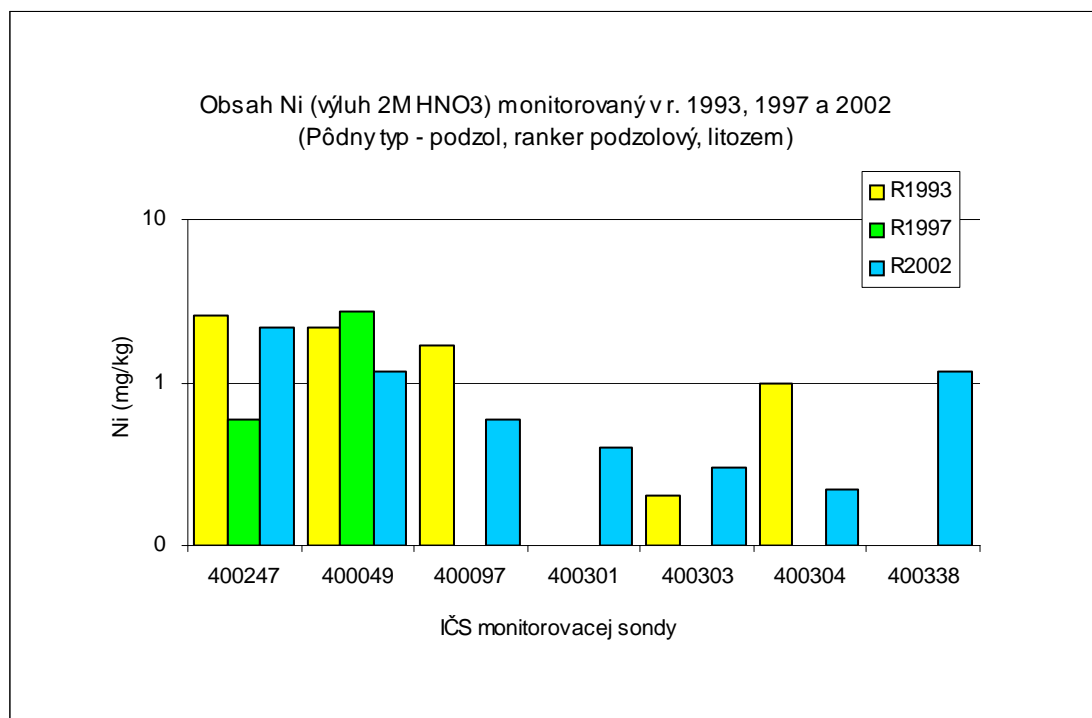


**Obr. 12** Porovnanie obsahu Cu v A horizonte za III. odberový cyklus - rok 2002

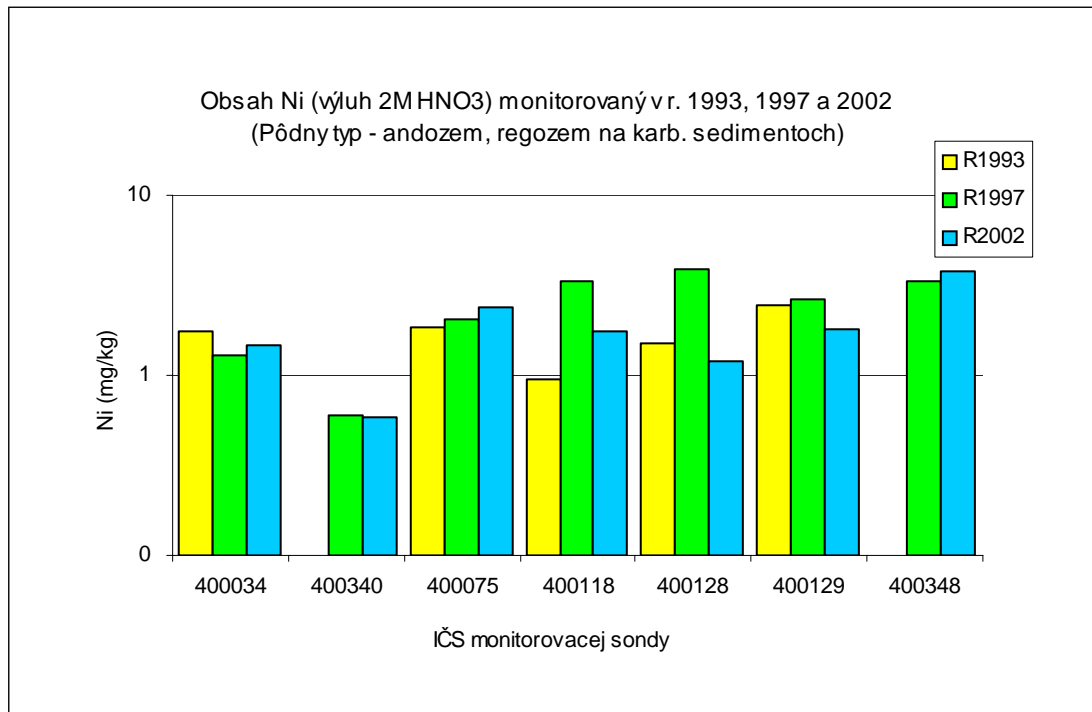


Obsah Ni vo vybratej skupine pôd

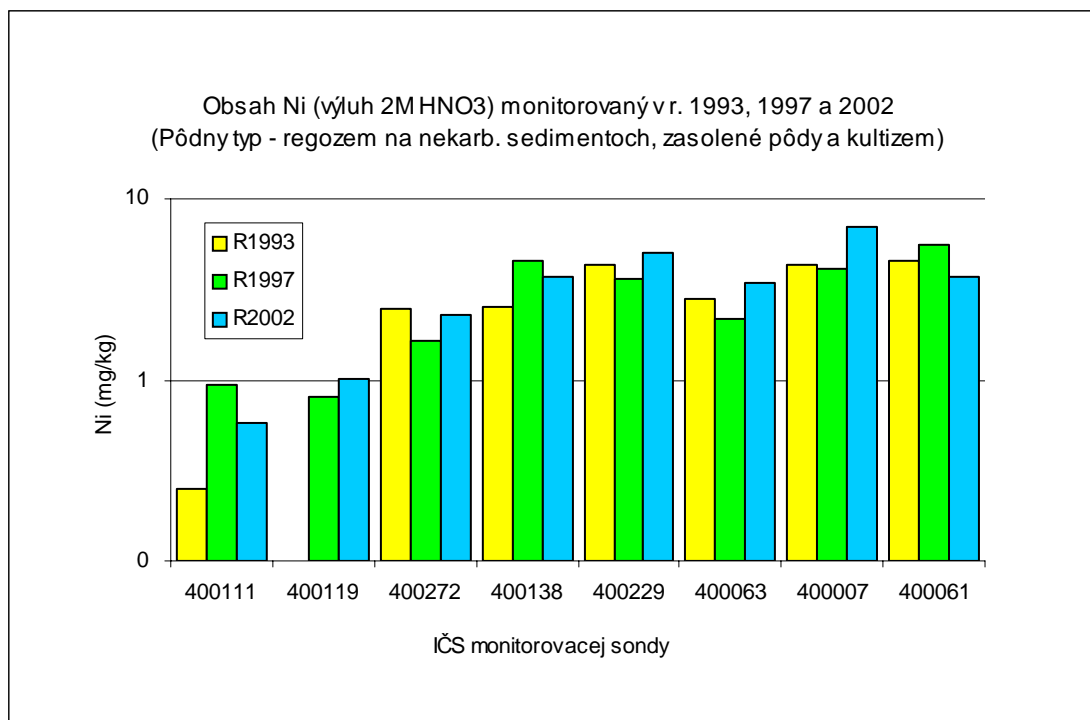
Obr. 13 Porovnanie obsahu Ni v A horizonte za I. odberový cyklus –rok 1993



Obr. 14 Porovnanie obsahu Ni v A horizonte za II. odberový cyklus - rok 1997

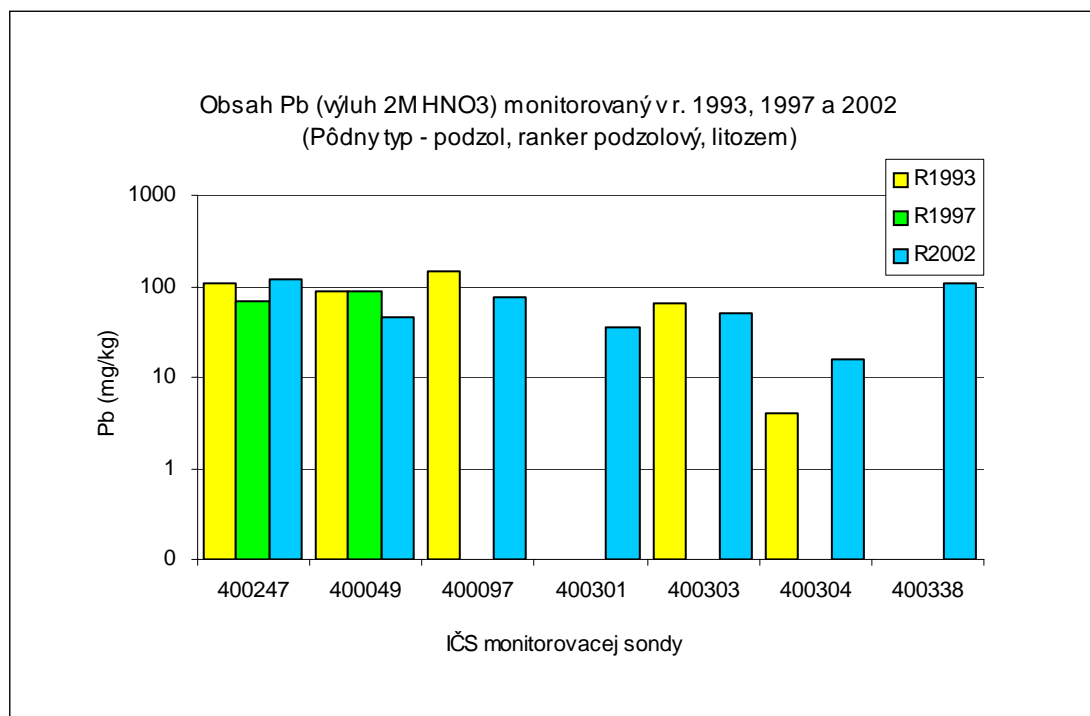


**Obr. 15** Porovnanie obsahu Ni v A horizonte za III. odberový cyklus - rok 2002

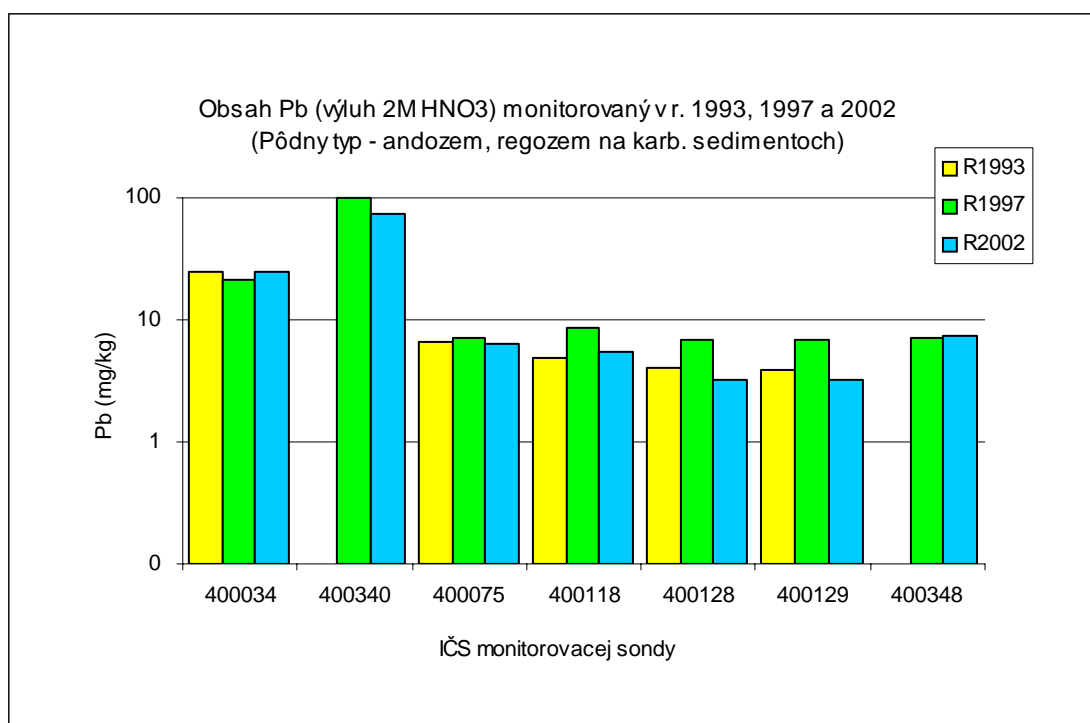


*Obsah Pb vo vybratej skupine pôd*

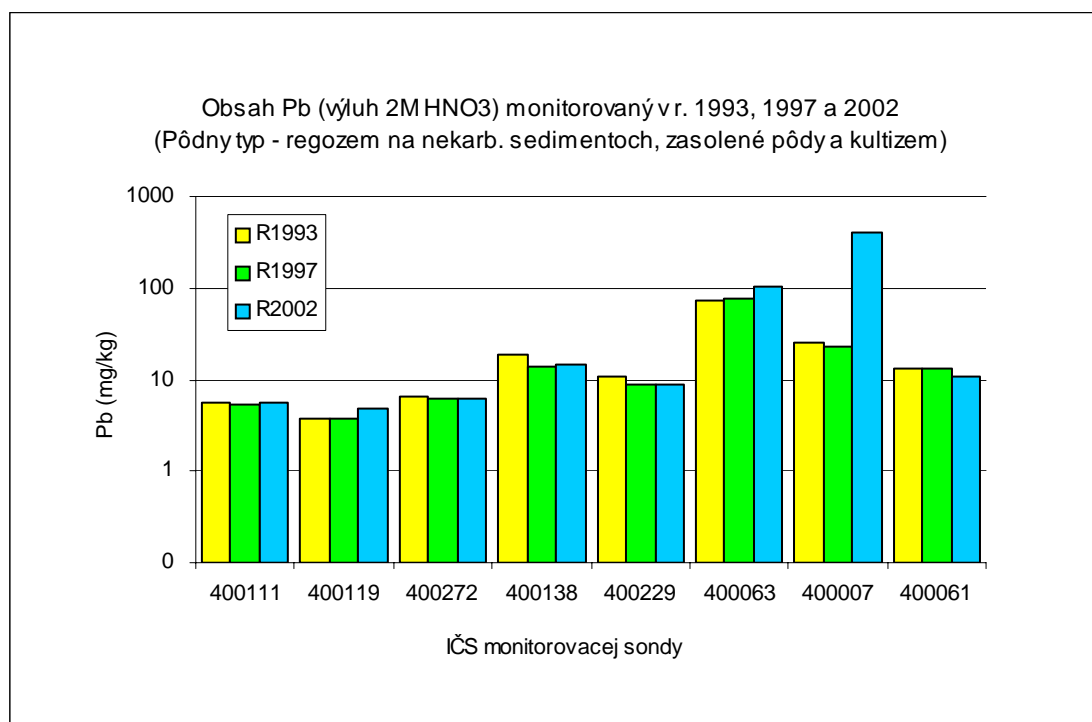
**Obr. 16** Porovnanie obsahu Pb v A horizonte za I. odberový cyklus –rok 1993



**Obr. 17** Porovnanie obsahu Pb v A horizonte za II. odberový cyklus - rok 1997

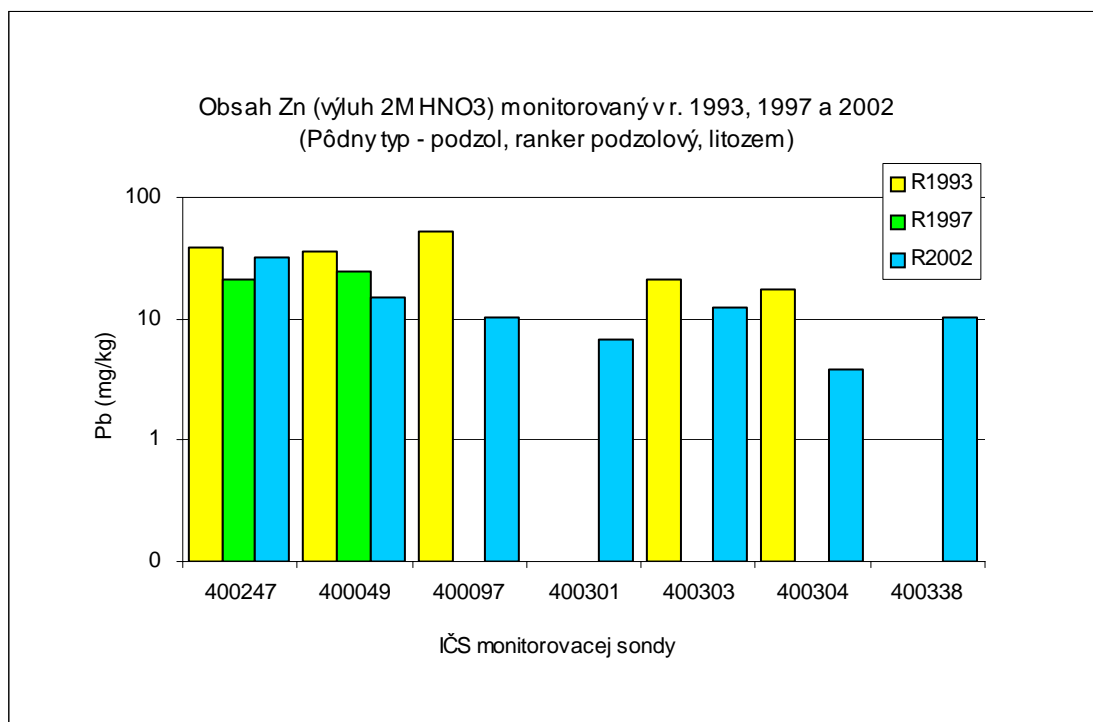


**Obr. 18** Porovnanie obsahu Pb v A horizonte za III. odberový cyklus - rok 2002

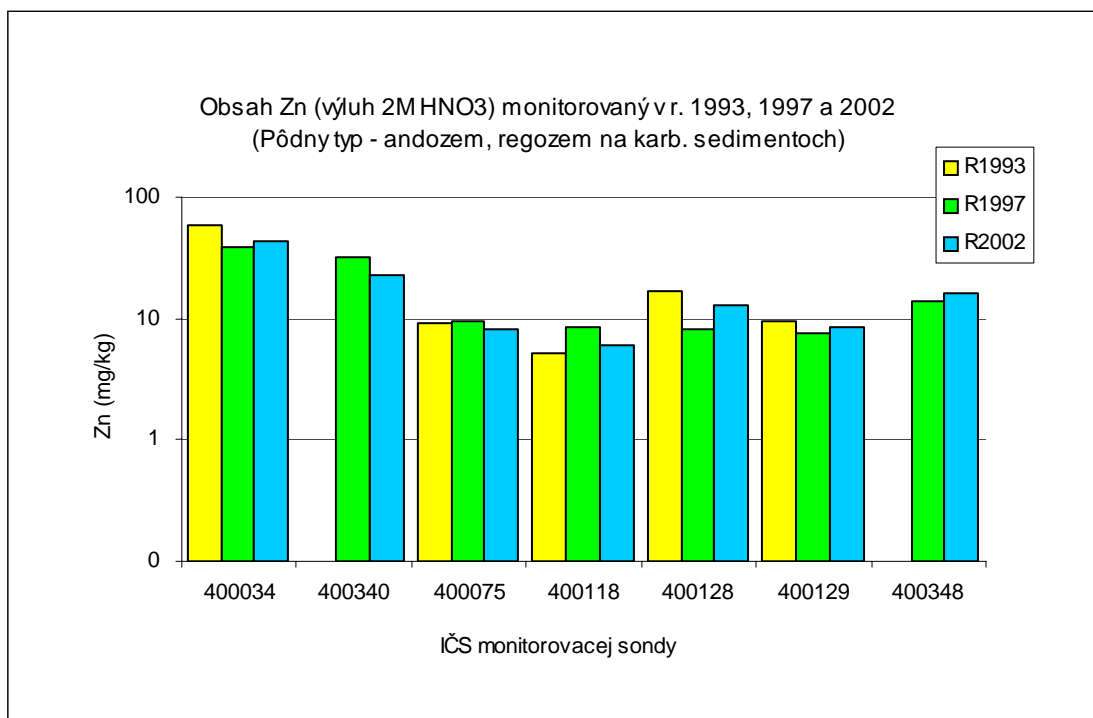


Obsah Zn vo vybratej skupine pôd

**Obr. 19** Porovnanie obsahu Zn v A horizonte za I. odberový cyklus –rok 1993

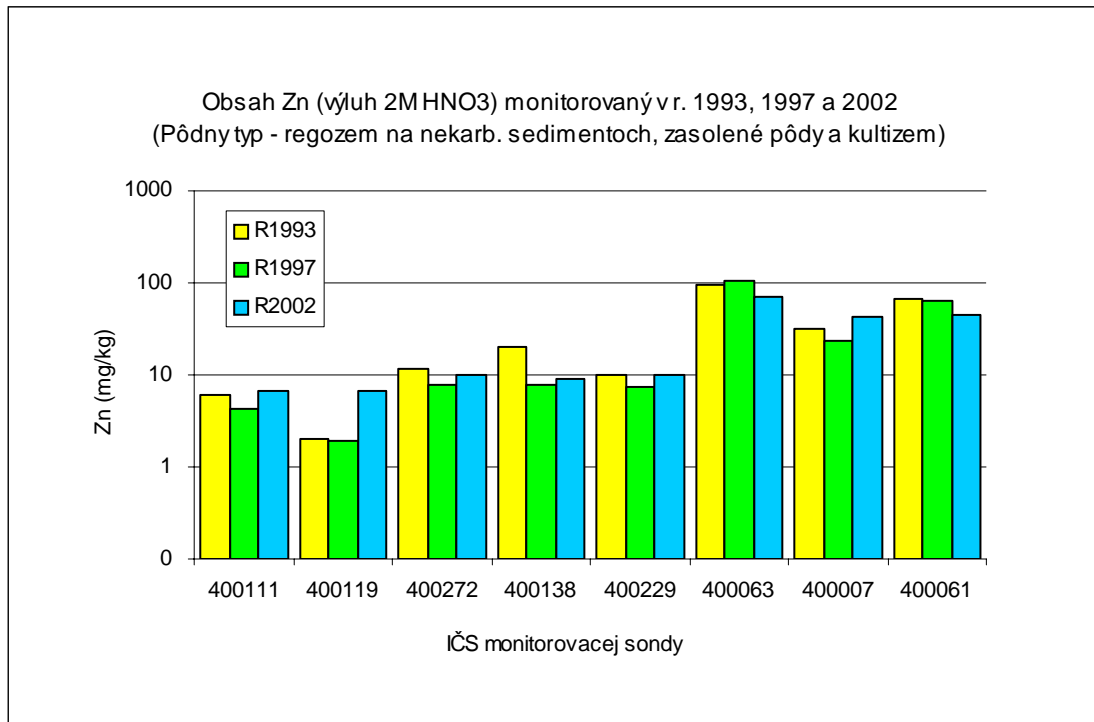


**Obr. 20** Porovnanie obsahu Zn v A horizonte za II. odberový cyklus - rok 1997





**Obr. 21** Porovnanie obsahu Zn v A horizonte za III. odberový cyklus - rok 2002



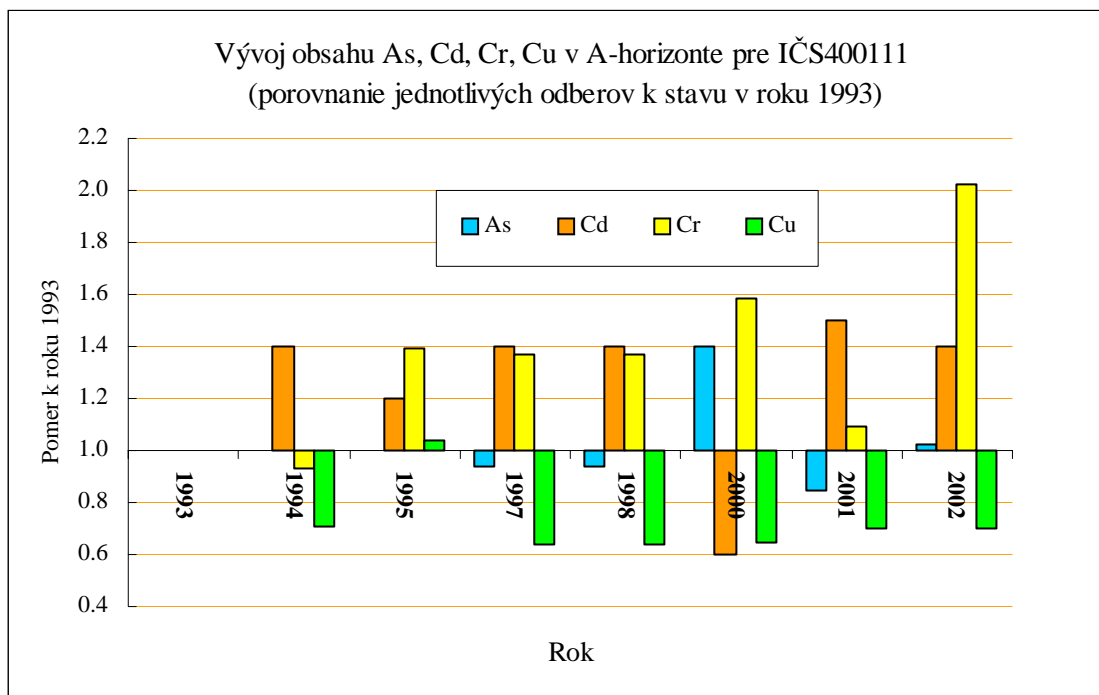
### Vyhodnotenie kľúčovej lokality Moravský Ján (IČS 400 111)

Kľúčová lokalita Moravský Ján bola monitorovaná v priebehu rokov 1993 až 2002. Výsledky monitoringu sú uvedené v tabuľke č. 7 a na obrázkoch č. 22 až 24.

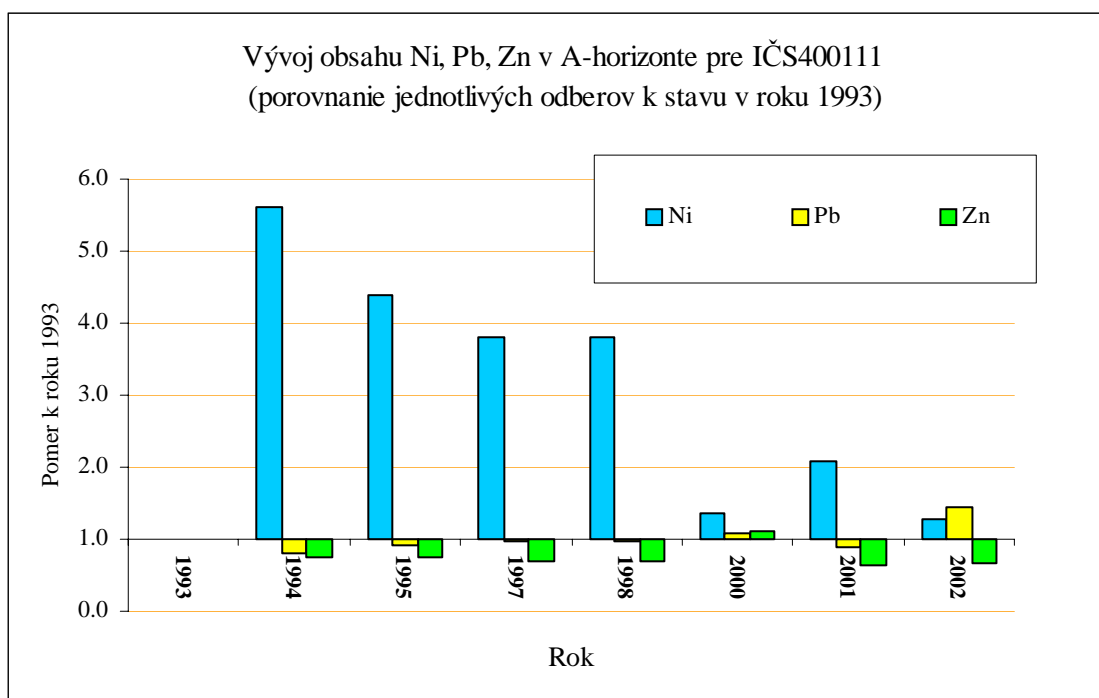
**Tab. 7** Výsledky prístupných foriem rizikových prvkov v 2M HNO<sub>3</sub> a 2M HCl.

1993									
IČS	hlbka	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
IČS400111	0-10	0.400	0.05	0.43	4.30	x	0.25	5.65	5.95
IČS400111	20-30	0.142	0.01	0.60	3.27	x	0.65	6.10	5.05
IČS400111	35-45	0.125	0.01	0.20	2.45	x	1.35	1.60	3.61
1994									
IČS	hlbka	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
IČS400111	0-10	0.40	0.07	0.40	3.05	0.021	1.40	4.60	4.50
1995									
IČS	hlbka	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
IČS400111	0-10	x	0.06	0.60	4.45	x	1.10	5.15	4.40
1997									
IČS	hlbka	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
IČS400111	0-10	0.375	0.07	0.59	2.75	x	0.95	5.45	4.20
IČS400111	35-45	0.175	0.00	0.12	0.95	x	0.15	1.10	1.15
IČS400111	70-80	0.2	0.00	0.705	0.79	0.009	0.8375	0.7	1.862
1998									
IČS	hlbka	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
IČS400111	0-10	0.375	0.07	0.59	2.75	x	0.95	5.45	4.2
IČS400111	35-45	0.175	0.00	0.12	0.95	x	0.15	1.1	1.15
2000									
IČS	hlbka	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
IČS400111	0-10	0.56	0.03	0.68	2.79	x	0.34	6.19	6.68
2001									
IČS	hlbka	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
IČS400111	0-10	0.34	0.075	0.47	3.00	x	0.52	4.95	3.75
2002									
IČS	hlbka	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
IČS400111	0-10	0.41	0.07	0.87	3.00	x	0.32	8.10	3.90

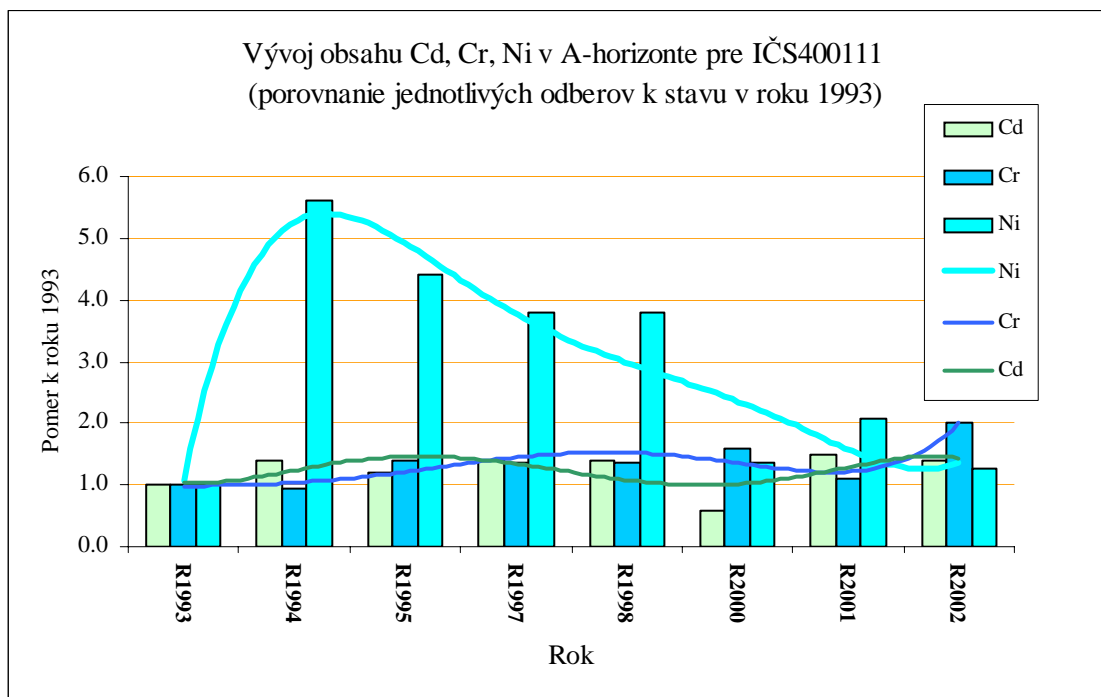
**Obr. 22** Vývoj obsahu As, Cd, Cr, Cu v A-horizonte pre IČS400111 (porovnanie jednotlivých odberov k stavu v roku 1993)



**Obr. 23** Vývoj obsahu Ni, Pb, Zn v A-horizonte pre IČS400111 (porovnanie jednotlivých odberov k stavu v roku 1993)



**Obr. 24** Vývoj obsahu As, Cd, Cr, Cu v A-horizonte pre IČS400111 (porovnanie jednotlivých odberov k stavu v roku 1993)



## ZÁVER

Prezentované výsledky sú informatívneho charakteru. Stav a vývoj monitoringu kontaminácie PPF je prezentovaný na predchádzajúcich obrázkoch.



**ČÚ 05**

**VÝVOJ EKOLOGICKÝCH FUNKCIÍ PŮD Z POHLADU ICH ZRANITELNOSTI**

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



## ÚVOD

Zdravá pôda je schopná plniť všetky svoje funkcie v optimálnom rozsahu v rámci daného agroekosystému a to pri konkrétnom spôsobe ich využívania. Z hľadiska trvalo udržateľného rozvoja môžeme rozdeliť funkcie pôdy na produkčné a mimoprodukčné (Barančíková, Madaras, 2002). Mimoprodukčné funkcie tvoria dve podskupiny, a to ekologické funkcie a socio-ekonomické funkcie. K ekologickým funkciám patria: filtračná, akumulčná, pufrčná, transformačná a transportná funkcia, asanačná funkcia, prostredie pre organizmy a génová rezerva.

V rámci ČÚ sledujeme vývoj indikátorov zraniteľnosti vybraných ekologických funkcií pôd, pufrčnej, akumulčnej, filtračnej a transportnej vzhľadom na skupinu anorganických kontaminantov. Anorganické kontaminanty, ku ktorým patria hlavne ťažké kovy, sa vyznačujú vysokou ekotoxicitou a schopnosťou akumulácie. Ekologické správanie sa ťažkých kovov je determinované predovšetkým ich mobilnými frakciami (Makovníková, 2000).

Pufrčná funkcia pôdy predstavuje schopnosť pôdy tlmiť vplyv chemických látok na zmeny pôdných parametrov, v zúženom význame determinuje hlavne zmeny pôdnej reakcie. Mechanizmus pufrčnej funkcie je založený na mechanickom odfiltrovaní (v systéme pórov), vyzrážaní, adsorbovaní, rozložení prípadne transformovaní cudzorodých látok (Demo a kol., 1998). 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. Akumulčná funkcia súvisí s akumuláciou látok v pôdných horizontoch a je prepojená s filtračnou funkciou a s pufrčnou funkciou. 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. Ekologické funkcie pôdy sa menia v čase aj v priestore, sú úzko vzájomne previazané a preto aj ich hodnotenie musí byť komplexné.

Zraniteľnosť ekologických funkcií pôd predstavuje stupeň priblíženia sa vlastností pôdy ako aj ich kombinácií k limitným hodnotám vratnej a nevratnej miery ich poškodenia.

Indikátory zraniteľnosti pôd z pohľadu ich ekologických funkcií zahrňujú parametre, vzájomné korelácie týchto parametrov, ako aj pomerné vzťahy týchto parametrov, ktoré majú vzťah k ekologickým funkciám pôdy. Jednotlivé parametre sa môžu pri hodnotení vzájomne substituovať ako aj kvalitatívne vyjadrovať pomocou matematických vzťahov (Makovníková, 2002). Indikátory majú svoj optimálny interval hodnôt, ktorý umožňuje pôde plniť si svoje ekologické funkcie v požadovanom rozsahu.

Štatistické hodnotenie parametrov umožňuje rozlíšiť časovú variabilitu parametra od jeho preukaznej zmeny. Pokiaľ hodnoty parametra neprekročia hranice konfidenčného intervalu, nedochádza k zhoršeniu prípadne k zlepšeniu hodnoty daného parametra.

## MATERIÁL A METÓDA

V pôdných vzorkách odobraných v 1. (rok 1993) a 2. (rok 1997) a 3. (rok 2002) odberovom cykle z monitorovacích lokalít vybratých skupín pôd (1 – podzoly, rankre a litozeme, 2 - andozeme, 3 - regozeme na karbonátových substrátoch, 4 - regozeme na nekarbonátových substrátoch, 5 - zasolené pôdy, 6 - kultizeme) v prípade orných pôd (OP) z



hĺbok 0 - 10 cm a 35 - 45 cm, v prípade trvalých trávnych porastov (TTP) 0 - 10 cm, 20 - 30 cm a 35 - 45 cm bola stanovená pôdna reakcia potenciometricky, obsah organického uhlíka (Cox) mokrou cestou podľa Ľurina v modifikácii podľa Nikitina, vo vzorkách z hĺbky 0 – 10 cm bola stanovená kvalita humusu, katiónová výmenná kapacita a vybrané fyzikálne parametre pôdy (Fiala, 1994).

V pôdnych vzorkách odobratých z 21 kľúčových lokalít v rokoch 1994 - 2003 bola stanovená aktívna a výmenná pôdna reakcia, aktívny hliník podľa Sokolova, obsah organického uhlíka (Cox) mokrou cestou podľa Ľurina v modifikácii podľa Nikitina, kvalita humusu skrátenou metódou podľa Kononovovej a Beľčikovej, katiónová výmenná kapacita, ako aj vybrané fyzikálne parametre pôdy.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### 1. Stanovenie indikátorov ekologických funkcií pôd na základe faktorovej analýzy

Pri stanovení minimálneho súboru indikátorov vzhľadom na ekologické funkcie pôd sme vychádzali z nasledovných podmienok: indikátory musia byť súčasťou existujúcej databázy ČMS- pôda a na základe výsledkov faktorovej analýzy majú priamy alebo nepriamy vplyv na sledované ekologické funkcie pôd.

Faktorovou analýzou môžeme vstupné premenné vyjadriť ako kombináciu spoločných faktorov a chybového faktora. Faktorovú analýzu sme aplikovali na súbor vytvorený z kľúčových lokalít, ktorý predstavuje širokú škálu pôdnych typov s využitím ako orné pôdy aj ako trvalé trávne porasty. Súbor indikátorov je utvorený na základe súčasného poznania pôdnych faktorov a procesov, ktoré ovplyvňujú distribúciu, akumuláciu a transport anorganických kontaminantov v pôde.

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, katiónová výmenná kapacita pôdy, obsah a kvalita organickej hmoty, hrúbka humusového horizontu, obsah ílových častíc menších ako 0,01 mm ako aj celková pórovitosť pôdy. Výsledky faktorovej analýzy vzhľadom na filtračnú funkciu pre indikátory, ktoré sú súčasťou databázy kľúčových lokalít ČMS-pôda, sú uvedené v tabuľke 1 a 2.

**Tab. 1** Faktorová analýza dát vzhľadom na filtračnú funkciu (Varimax rotácia faktorov)

Parameter	Faktorové záťažé priamych indikátorov filtračnej funkcie			
	Cd mobilná frakcia	Pb mobilná frakcia	Cu mobilná frakcia	Zn mobilná frakcia
pH v CaCl <sub>2</sub>	<b>-0,878</b>	<b>-0,792</b>	<b>0,854</b>	<b>-0,806</b>
Cox v %	<b>0,769</b>	<b>0,802</b>	<b>-0,686</b>	<b>0,733</b>
Q46	<b>0,884</b>	<b>0,894</b>	<b>-0,909</b>	<b>0,902</b>
obsah íl.častíc v%	-0,480	-0,540	-0,561	-0,276
hrúbka hum. horizontu	<b>-0,648</b>	<b>-0,649</b>	<b>0,675</b>	<b>-0,662</b>
celková pórovitosť	-0,578	-0,531	0,578	-0,586
KVK	0,063	0,071	0,005	0,078
Faktor 1 kumulatívne %	74	68,2	65,2	68,6
Faktor 2 kumulatívne %	86	81,5	78,6	81,7
Faktor 3 kumulatívne %	93	90,7	89,1	88,4

**Tab. 2** Komunalita faktorov k faktorovej analýze v tab.1

Parameter	Odhady komunalít priamych indikátorov filtračnej funkcie			
	Cd mobilná frakcia	Pb mobilná frakcia	Cu mobilná frakcia	Zn mobilná frakcia
pH v CaCl <sub>2</sub>	0,786	0,601	0,995	0,648
Cox v %	0,866	0,968	0,978	0,486
Q <sub>6</sub> <sup>4</sup>	0,789	0,823	0,982	0,785
obsah íl. častíc	0,724	0,849	0,995	0,759
hrúbka hum. horizontu	0,707	0,640	0,993	0,675
celková pórovitosť	0,691	0,454	0,911	0,546
KVK	0,782	0,899	0,842	0,776

Na základe faktorovej analýzy môžeme stanoviť minimálny súbor indikátorov filtračnej funkcie pôd vzhľadom na anorganické kontaminanty, ktoré sú súčasťou existujúcej databázy ČMS-pôda: priamym indikátorom je mobilný obsah anorganických kontaminantov, predovšetkým ťažkých kovov, k nepriamym indikátorom môžeme zaradiť hodnotu pôdnej reakcie, obsah a kvalitu organickej hmoty s väčším dôrazom na kvalitu organickej hmoty a hrúbku humusového horizontu.

Akumulačná funkcia súvisí s akumuláciou látok v pôdnych horizontoch a je prepojená s filtračnou funkciou a s pufrácnou funkciou. Priamymi indikátormi akumulácie funkcie pôd sú celkové obsahy anorganických kontaminantov v pôde. Akumulačnú funkciu pôd ovplyvňuje hrúbka humusového horizontu, obsah a kvalita organickej hmoty v pôde, pôdna reakcia, obsah ílových častíc menších ako 0,01 mm, pôdotvorný substrát ako aj antropogénne zaťaženie pôdy anorganickými látkami. Výsledky faktorovej analýzy vzhľadom na akumuláciu funkciu pre indikátory, ktoré sú súčasťou databázy kľúčových lokalít ČMS-pôda, sú uvedené v tabuľke 3 a 4.

**Tab. 3** Faktorová analýza dát vzhľadom na akumuláciu funkciu (Varimax rotácia faktorov)

Parameter	Faktorové záťaž priamych indikátorov akumulácie funkcie			
	Cd celkový obsah	Pb celkový obsah	Cu celkový obsah	Zn celkový obsah
hrúbka hum. horizontu	<b>-0,758</b>	<b>-0,706</b>	<b>0,769</b>	<b>-0,762</b>
Cox v %	<b>0,699</b>	<b>0,756</b>	<b>-0,695</b>	<b>0,698</b>
Q <sub>6</sub> <sup>4</sup>	<b>0,910</b>	<b>0,910</b>	<b>-0,914</b>	<b>0,912</b>
obsah íl. častíc	-0,005	0,029	-0,048	0,006
pH v CaCl <sub>2</sub>	<b>-0,837</b>	<b>-0,797</b>	<b>0,824</b>	<b>-0,834</b>
Faktor 1 kumulatívne %	62,7	73,5	75,1	75,0
Faktor 2 kumulatívne %	77,8	86,7	87,0	87,9

**Tab. 4** Komunalita faktorov k faktorovej analýze v tab.3

Parameter	Odhady komunalít priamych indikátorov akumulácie funkcie			
	Cd celkový obsah	Pb celkový obsah	Cu celkový obsah	Zn celkový obsah
hrúbka hum. horizontu	0,465	0,457	0,570	0,469
Cox v %	0,365	0,622	0,350	0,351
Q <sub>6</sub> <sup>4</sup>	0,686	0,743	0,757	0,659
obsah íl. častíc	0,063	0,106	0,796	0,754
pH v CaCl <sub>2</sub>	0,514	0,506	0,503	0,502

Minimálny súbor indikátorov, ktoré majú vplyv na akumuláciu funkciu pôd vzhľadom na anorganické kontaminanty zahŕňa: priamy indikátor, ktorým je celkový obsah ťažkých kovov a nepriame indikátory, a to obsah a kvalita organickej hmoty, hodnotu pôdnej reakcie a hrúbku humusového horizontu.

Pufrácná funkcia, zúžene determinovaná zmenami hodnôt pôdnej reakcie, je vzájomne prepojená s akumuláciou 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. Výsledky faktorovej analýzy vzhľadom na pufracnú funkciu, pre indikátory, ktoré sú súčasťou databázy kľúčových lokalít ČMS-pôda, sú uvedené v tabuľke 5 a 6.

**Tab. 5** Faktorová analýza dát vzhľadom na pufracnú funkciu (Varimax rotácia faktorov)

Faktorová záťaž priameho indikátora pufracnej funkcie	Parameter					
	hrúbka hum. horizontu	KVK	Obsah, íl. častíc	Cox v %	Q <sup>4</sup> <sub>6</sub>	celková pórovitosť
pH v CaCl <sub>2</sub>	<b>0,681</b>	-0,348	<b>0,963</b>	<b>-0,771</b>	<b>-0,890</b>	0,580
Faktor 1 kumulatívne %	53,3					
Faktor 2 kumulatívne %	70,6					
Faktor 3 kumulatívne %	84,4					

**Tab. 6** Komunalita faktorov k faktorovej analýze v tab.5

Odhady komunalít priamych indikátorov filtračnej funkcie	Parameter					
	hrúbka hum. horizontu	KVK	obsah íl. častíc	Cox v %	Q <sup>4</sup> <sub>6</sub>	celková pórovitosť
pH v CaCl <sub>2</sub>	0,639	0,370	0,860	0,543	0,860	0,403

Minimálny súbor indikátorov, ktoré majú vplyv na pufracnú funkciu pôd zahŕňa: priamy indikátor, ktorým je pôdna reakcia a nepriame indikátory, a to obsah ílových častíc menších ako 0,01 mm, obsah organickej hmoty, kvalitu organickej hmoty, a to s väčším dôrazom na kvalitu organickej hmoty a hrúbku humusového horizontu.

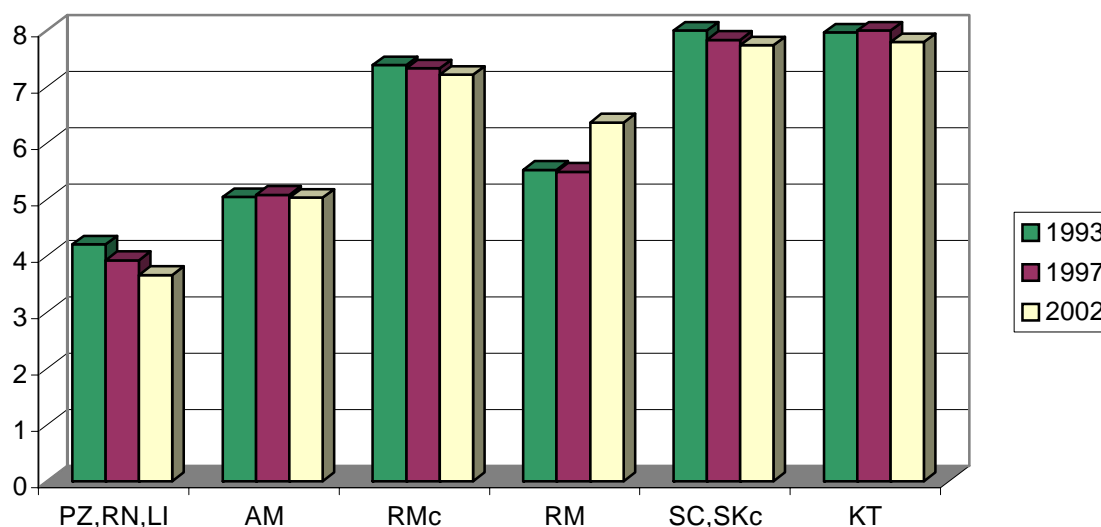
Transportná funkcia súvisí s predchádzajúcimi funkciami ako aj s vodným režimom pôdy, stavbou pôdneho profilu, systémom pórov, zrnitostným zložením a štruktúrou ako aj so spôsobom obhospodarovania pôdy.

Na základe faktorovej analýzy aplikovanej na súbor kľúčových lokalít a na základe súčasného poznania pôdnych procesov a faktorov, ktoré ovplyvňujú ekologické funkcie pôdy vzhľadom na anorganické kontaminanty sme zvolili nasledovný minimálny akceptovateľný súbor indikátorov ekologických funkcií pôd: priame indikátory – mobilný obsah ťažkých kovov (prijateľný rastlinou, možný transfér v rámci pôdneho profilu), celkový akumulovaný obsah ťažkých kovov, hodnota pôdnej reakcie 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.

## 2. Vývoj niektorých indikátorov ekologických funkcií pôd v rámci vybraných skupín základnej siete

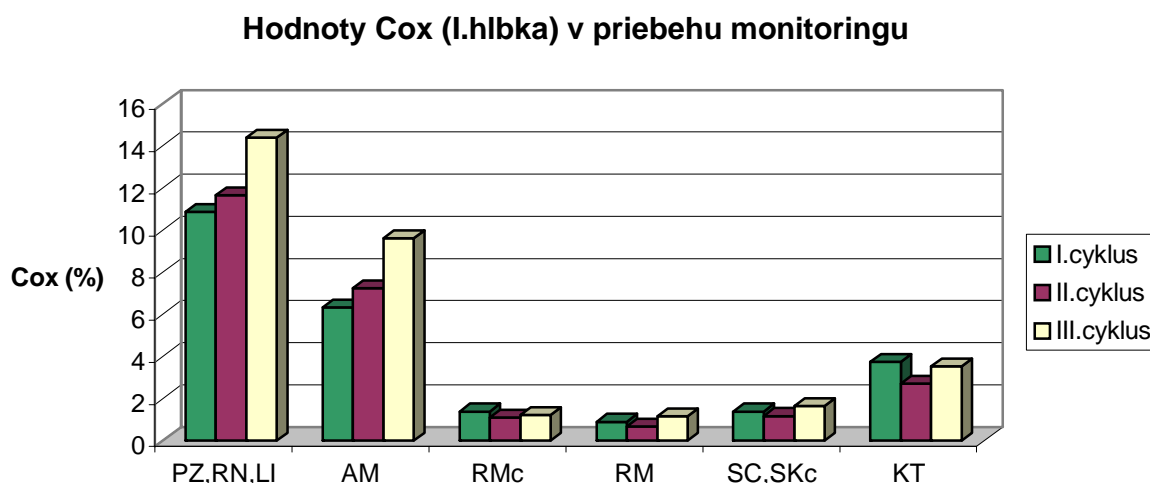
V rámci základnej siete monitorujeme nasledovné indikátory ekologických funkcií pôd: pôdna reakcia, obsah a kvalita organickej hmoty v pôde, bioprístupné obsahy ťažkých kovov vo výluhu EDTA, obsah ílových častíc menších ako 0,01 mm, v prvom cykle boli stanovené aj celkové obsahy ťažkých kovov, hrúbka humusového horizontu a celková pórovitosť. Vývoj hodnôt pôdnej reakcie v hĺbke 0 – 10 cm v období troch monitorovacích cyklov v sledovaných skupinách pôd je na obr.1.

**Obr. 1** Vývoj hodnôt pH v H<sub>2</sub>O v rokoch 1993, 1997 a 2002

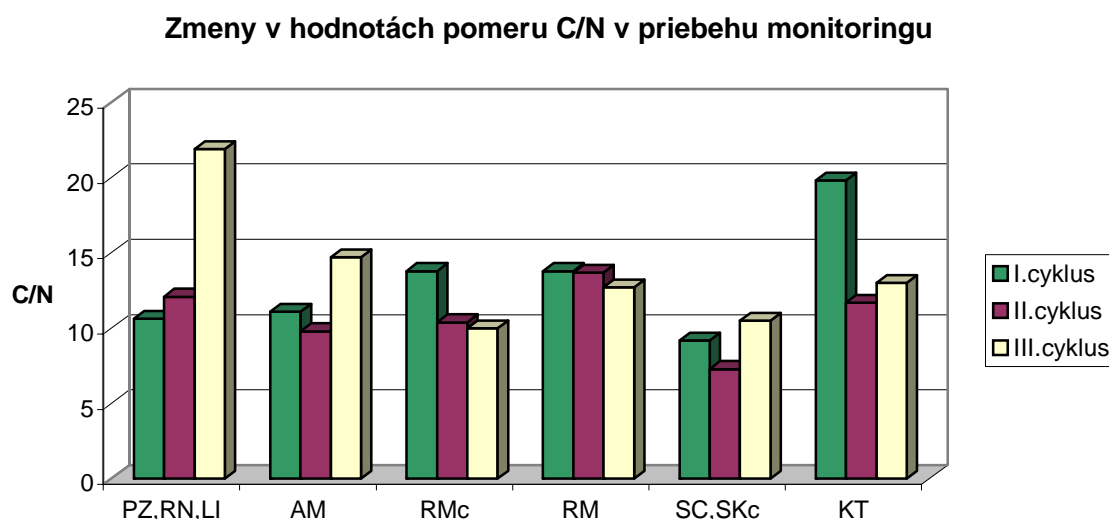


V rámci vybraných skupín pôd predstavuje skupina pôd podzoly, rankre a litozeme potenciálne vysoko ohrozenú skupinu. Hodnota pôdnej reakcie v kyslej oblasti priamo determinuje vysokú rozpustnosť a prístupnosť anorganických kontaminantov. V skupine podzoly, rankre a litozeme vidíme v sledovanom období troch monitorovacích cyklov výrazný acidifikačný trend. V kyslých pôdach, ku ktorým patria aj pôdy tejto skupiny, je dominantný pufrujúci systém hliníka a pôdy sa vyznačujú nízkym stupňom rezistencie voči acidifikácii. Pri hodnote aktívnej pôdnej reakcie v roku 2002 nižšej ako 4,2 (výmennej v CaCl<sub>2</sub> 3,72) už došlo k prekročeniu limitných hodnôt pH pre jednotlivé kovy, ktoré sú nasledovné: Cd < 6,5, Pb < 4,4, Cu < 4,0 a Zn < 6,3 (Makovníková, 2002) a k výraznému zvýšeniu prístupnosti anorganických kontaminantov. Filtračná a akumulácia funkcia je ovplyvnená vysokým obsahom a nízkou kvalitou organickej hmoty s prevahou fulvokyselín spojenou s transportom nízkomolekulových organických látok a na nich viazaných anorganických kontaminantov z humusového a eluviálneho podzolového horizontu do podložného Bs horizontu. V priebehu troch monitorovacích cyklov boli zistené určité trendy vo vývoji obsahu organického uhlíka ako aj celkového dusíka (obr. 2,3), avšak uvedené trendy neboli štatisticky významné (Barančíková, 2003). Štatisticky nevýznamné sú aj značné rozdiely v hodnotách Cox (obr.2) v povrchových horizontoch horských pôd (podzoly, rankre, litozeme), v dôsledku vysokej heterogenity hodnôt organického uhlíka medzi jednotlivými lokalitami uvedenej pôdnej skupiny (Barančíková, 2003).

**Obr. 2** Vývoj obsahu pôdnej organickej hmoty v rokoch 1993, 1997 a 2002 (Barančíková, 2003)



**Obr. 3** Vývoj hodnôt pomeru C/N v rokoch 1993, 1997 a 2002 (Barančíková, 2003)



Značná skeletovitost' litozemí a malá hrúbka humusového horizontu umožňujúca rýchly pohyb vody v makropóroch v smere gravitácie znižujú filtračnú a akumuláciu funkciu týchto pôd. Andozeme disponujú vysokým obsahom menej kvalitnej organickej hmoty, hodnota pôdnej reakcie sa pohybuje v slabokyslej oblasti a predstavujú stredne ohrozenú skupinu pôd. Na orniciach andozemí na trvalých trávnych porastoch je možné pozorovať postupné zvyšovanie obsahu organickej hmoty (obr. 2) (Barančíková, 2003). V skupine regozemí s veľmi nízkym obsahom, aj keď relatívne kvalitnej organickej hmoty, má výrazný vplyv na zraniteľnosť ekologických funkcií hodnota pôdnej reakcie. V skupine regozemí na nekarbonátových substrátoch využívaných ako orné pôdy došlo k nárastu hodnoty aktívnej pôdnej reakcie vplyvom aplikovaných agrotechnických opatrení, a tým k pozitívnej zmene indikátorov zraniteľnosti ekologických funkcií pôd.

Filtračná funkcia zasolených pôd je ovplyvnená vodným režimom, čím dochádza k akumulácii solí v slaniskovom alebo slancovom horizonte. Napriek ich vysokej pufrácej

schopnosti, a akumuláčnej schopnosti, majú tieto pôdy nevhodné vlastnosti pre poľnohospodárske využitie. Priemerné hodnoty pôdnej reakcie v skupine andozemí, v skupine regozemí na karbonátových substrátoch, zasolených pôd a kultizemí s pufrujúcim systémom karbonátov sa výraznejšie nezmenili.

### 3. Sorpčné schopnosti humínových kyselín rôznych pôdnych typov v kontexte so základnými parametrami pôdy (Makovníková, J., Barančíková G., Madaras, M.)

Pôda má schopnosť eliminovať kontaminaty ich interakciou s anorganickými a organickými pôdnymi zložkami, a tým znížiť ich horizontálny i vertikálny pohyb a zamedziť tak kontaminácii podzemných vôd i potravného reťazca. Prirodzená samočistiaca schopnosť pôdy (natural attenuation) je v jednotlivých pôdnych typoch značne rozdielna a závisí od vzájomného pôsobenia viacerých faktorov (tab. 1, 3, 5).

Pôdna reakcia priamo determinuje rozpustnosť anorganických zlúčenín a ovplyvňuje sorpčné a desorpčné procesy prebiehajúce v pôde. Kľúčovú úlohu pri eliminácii anorganických pôdnych kontaminantov zohráva množstvo a kvalita pôdnej organickej hmoty a v rámci nej hlavne humínové kyseliny (HK), ktoré sú schopné podieľať sa významnou mierou na dekontaminácii agroekosystému (Senesi, 1993, Zhang a kol., 1997). V dôsledku rozdielnej chemickej štruktúry HK v jednotlivých pôdnych typoch je aj ich sorpčná schopnosť značne rozdielna.

Na 5 vybraných pôdnych typoch zo siete kľúčových lokalít a z nich izolovaných humínových kyselín (HK) boli realizované sorpčné a desorpčné experimenty s vybranými ťažkými kovmi (kadmium, meď) s rôznymi koncentraciami ťažkých kovov. Adsorpcia bola uskutočnená na katiónoch  $\text{Cu}^{2+}$  a  $\text{Cd}^{2+}$ . Desorpcia prebiehala podľa skrátenej sekvenčnej analýzy v dvoch krokoch, a to v prvej fáze s 1 M roztokom  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , a v druhom kroku bol použitý 0,025 M roztok  $\text{NH}_4$  - EDTA (Titriplex II). Základné pedologické charakteristiky lokalít sú uvedené v tabuľke 6, distribúcia kadmia a medi v tabuľke 7.

**Tab. 6** Základné pedologické charakteristiky vybraných vzoriek

Pôdny typ	Lokalita	pH v $\text{H}_2\text{O}$	pH v $\text{CaCl}_2$	Cox	$Q_6^4$	P v mg/kg (Egner)	K v mg/kg (Schacht.)
Fluvizem karbonátová	Topoľník y	7,91	7.89	0,97	3,73	52,10	71,20
Fluvizem glejová	Nacína Ves	5,86	5.46	1,43	4,83	25,80	247,40
Černozem karbonátová	Voderady	8,12	7.77	1,16	3,80	167,60	230,00
Hnedozem	Malanta	6,18	5.56	1,09	3,96	67,00	348,00
Kambizem modálna, var. kyslá	Raková	4,16	3.63	3,00	6,06	39,00	38,40

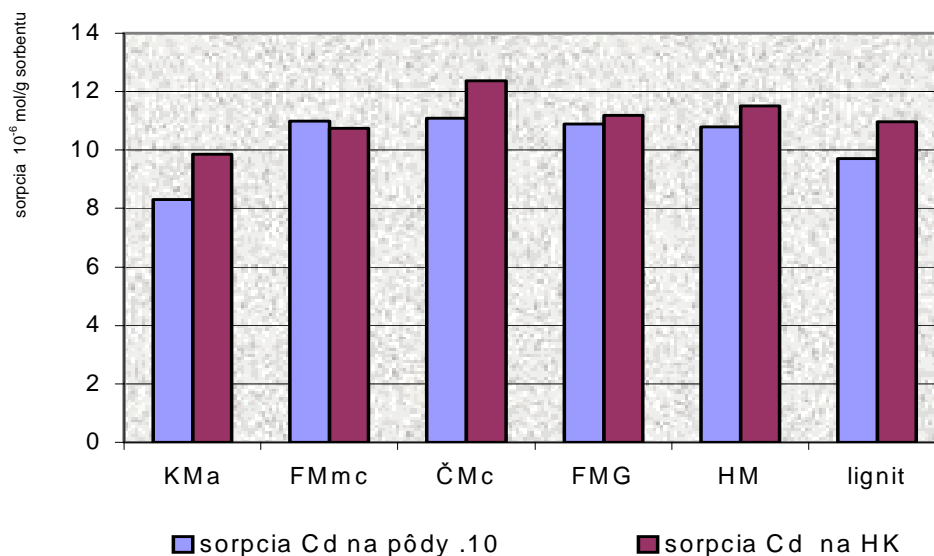
**Tab. 7** Obsah vybraných ťažkých kovov na sledovaných lokalitách

Pôdny typ	Lokalita	Cd /Cu v mg/kg			
		Cd */Cu I. frakcia	Cd*/Cu I.-IV.frakcia	Cd/Cu 2 M HNO <sub>3</sub>	Cd/Cu tot
Fluvizem karbonátová	Topoľníky	0,0040/ 0,549	0,156/ 7,538	0,164/ 11,72	0,200/ 17,57
Fluvizem glejová	Nacina Ves	0,0700/ 0,247	0,250/ 7,853	0,298/ 15,380	0,320/ 27,60
Černozem karbonátová	Voderady	0,0042/ 0,324	0,182/ 5,468	0,154/ 9,500	0,260/ 17,09
Hnedozem	Malanta	0,0140/ 0,204	0,169/ 5,816	0,152/ 9,480	0,220/ 18,52
Kambizem modálna, var. kyslá	Raková	0,0920/ 0,164	0,124/ 1,315	0,105/ 2,000	0,146/ 7,257

\* -frakcionácia podľa Zeiena a Brummera

Pôdne vzorky zachytávajú širšiu škálu pôdnych typov, ktoré sa líšia pôdnymi parametrami, potenciálne ovplyvňujúcimi distribúciu kadmia a medi v pôde, ako sú pôdna reakcia, obsah a kvalita organickej hmoty, kationová výmenná kapacita, obsah prístupných makroživín a celkový obsah ťažkých kovov. Mobilná frakcia kadmia a medi (I. frakcia podľa Zeiena a Brummera) ako aj potenciálne prístupný obsah (I. až IV. frakcia podľa Zeiena a Brummera) modelujú aktuálny stav distribúcie kovov v pôdach pred sorpčnými experimentmi.

Porovnanie adsorpcie kadmia na vybraných pôdnych typoch a humínových kyselinách izolovaných z pôd a lignitu prepočítané na 1 g sorbentu je na obr.4

**Obr. 4** Porovnanie adsorpcie kadmia na vybraných pôdnych typoch

Pri posudzovaní sorpčných schopností pôd ako aj humínových kyselín vo vzťahu k vybraným pôdnym parametrom sme vychádzali z tabuľky Spearmanových korelačných koeficientov (tab.8a, 8b). Sorpcia / desorpcia sú uvedené v percentách sorbovaného /desorbovaného množstva kadmia prípadne medi. Štatisticky preukazné (preukaznosť na hladine  $\alpha = 0,05$  je v prípade hodnoty korelačného koeficientu vyššej ako 0,70) závislosti determinujú pôdnu reakciu a už naviazaný obsah kadmia v mobilnej frakcii ako hlavné parametre, ovplyvňujúce sorpciu kadmia na pôdu. Selektivita kovu k sorbentom je rôzna

v rôznych oblastiach pH pričom sorpcia je vyššia v neutrálnej až slabo alkalickej oblasti, čo je na základe uvedených pedologických charakteristík (tab. 1) zrejme aj z obr.1. Na dominantný vplyv pH na sorpciu pôdy poukázali viacerí autori (Christensen, 1989, Lee a kol., 1996).

Sila sorpčnej väzby ako aj stabilita vzniknutých komplexov charakterizovaná jednotlivými krokmi desorpcie je riadená pôdnou reakciou, obsahom mobilného kadmia v pôde ako aj obsahom prístupných makroživín. Na základe korelačných koeficientov môžeme konštatovať, že pôdy s hodnotou pH v neutrálnej až mierne alkalickej oblasti sorbujú vyššie percento kadmia ako pôdy s hodnotou pH v kyslej oblasti, pričom vyššie percento kadmia (ako naznačuje záporná korelácia medzi desorpciou mobilne viazaného kadmia a hodnotou pH) je sorbované v pevnejšej väzbe (karbonátmi, oxidmi Mn, organickou hmotou). Sila vzniknutých komplexov kadmia v pôdach s hodnotou pH v slabo kyslej až kyslej oblasti je nižšia, ide prevažne o mobilnú frakciu kadmia.

Sorpcia medi na pôdu nie je riadená hodnotou pôdnej reakcie, je závislá predovšetkým na obsahu a kvalite organickej hmoty v pôde (štatisticky preukazná korelácia s kvalitatívnym parametrom humusu, optickým kvocientom  $Q^{4/6}$ ), ktorá je považovaná za hlavný sorbent tohto prvku v pôde (Zhang a kol., 1997, Santos a kol., 2002, Schalscha a kol. 1999, Makovníková 2000, Pospíšilová a kol. 2000) a od obsahu naviazaných makroživín. Desorpciu medi determinuje hodnota pôdnej reakcie spolu s obsahom medi v mobilnej a potenciálne mobilnej frakcii.

**Tab. 8a** Spearmanove koeficienty pre sorpciu Cd na pôdu (koncentrácia 5 mg/l)

parameter	Sorpcia		Desorpcia	
	%	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> v %	EDTA v %	Spolu v %
pH v CaCl <sub>2</sub>	<b>0,87</b>	<b>-0,90</b>	<b>0,90</b>	<b>0,70</b>
Cd (I. fra) mg/kg	<b>-0,87</b>	<b>0,90</b>	<b>-0,90</b>	<b>-0,70</b>
Cd (I.-IV.fra) mg/kg	0,67	-0,40	0,40	<b>0,70</b>
Cd (2M HNO <sub>3</sub> ) mg/kg	0,66	-0,30	0,30	0,90
Cox v %	-0,62	<b>0,70</b>	-0,70	-0,60
Q4/6	-0,50	0,66	-0,67	-0,46
P (Egner) mg/kg	0,41	<b>-0,80</b>	<b>0,80</b>	0,10

**Tab. 8b** Spearmanove koeficienty pre sorpciu Cu na pôdu (koncentrácia 0,20 mol/l)

parameter	Sorpcia		Desorpcia	
	%	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> v %	EDTA v %	Spolu v %
pH v CaCl <sub>2</sub>	0,60	0,50	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>
Cu (I. fra) mg/kg	0,20	<b>0,80</b>	<b>0,90</b>	<b>0,90</b>
Cu (I.-IV.fra) mg/kg	-0,10	0,60	0,30	0,30
Cu (2M HNO <sub>3</sub> ) mg/kg	-0,30	<b>0,80</b>	0,60	0,60
Cox v %	<b>-0,80</b>	-0,30	-0,40	-0,40
Q4/6	<b>-0,87</b>	-0,10	-0,21	-0,21
P (Egner) mg/kg	<b>0,70</b>	-0,30	0,10	0,10

## ZÁVER

- na základe faktorovej analýzy aplikovanej na súbor kľúčových lokalít a na základe súčasného poznania pôdnych procesov a faktorov, ktoré ovplyvňujú ekologické funkcie pôdy vzhľadom na anorganické kontaminanty sme zvolili nasledovný minimálny akceptovateľný súbor indikátorov ekologických funkcií pôd: priame indikátory – mobilný obsah ťažkých kovov, 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



- zníženie hodnôt pôdnej reakcie v skupine pôd podzoly, rankre a litozeme znížilo kvalitu indikátorov zraniteľnosti ekologických funkcií, pozitívny trend vývoja indikátorov ekologických funkcií vplyvom aplikácie agrotechnických opatrení sme zaznamenali v skupine regozemí na nekarbonátových substrátoch
- kľúčovú úlohu pri eliminácii anorganických pôdnych kontaminantov zohráva množstvo a kvalita pôdnej organickej hmoty a v rámci nej hlavne humínové kyseliny. Na základe získaných výsledkov môžeme konštatovať rozdielnu sorpčnú schopnosť jednotlivých pôdnych typov vzhľadom ku kadmium. Sorpčná schopnosť humínových kyselín je v porovnaní so sorpčnou schopnosťou pôd niekoľkonásobne vyššia a je závislá od pôdneho typu, z ktorého bola humínová kyselina izolovaná. Najvyššia sorpčná schopnosť bola zistená v prípade humínovej kyseliny izolovanej z černoze
- na sorpciu kadmia v pôde má dominantný vplyv hodnota pôdnej reakcie a mobilný obsah anorganických kontaminantov, sorpcia medi je determinovaná predovšetkým kvalitou a kvantitou organickej hmoty v pôde a obsahom makroživín v pôde

## POUŽITÁ LITERATÚRA

- Barančíková, G., Brečková, V., Dluhoš.: Retencia kadmia pôdami a humínovými kyselinami. Rost. výroba 43, 1997, str. 107-112
- Barančíková, G., Madaras, M.: Kvalita pôdy a prístup k hodnoteniu mimoprodukčných funkcií pôdy. In: Pôda-jedna zo základných zložiek životného prostredia. Zborník referátov. 2002, s.109-115
- Barančíková, G.: Monitoring obsahu a kvality organickej hmoty. In: Priebežná správa ČMS-pôda za rok 2003.
- Demo, M. a kol.: Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine. Nitra, 1998, 302 s.
- Christensen, T.H : Cadmium soil sorption at low concentrations. VIII. Correlation with soil parameters. Water Air Soil Pollut., 44, 1989, pp. 71-82
- Lee, s., Allen, H., Huang, C.P., Sparks, D., Sanders, P., Peijnenburg, W. : Predicting Soil-Water Partition Coefficients for Cadmium. Environ. Sci. Technol., 30, 1996, pp. 3418-3424
- Makovníková, J.: Závislosti medzi vybranými pôdnymi parametrami a prístupným obsahom kadmia, olova, medi a zinku. Rostl. výroba, 46, 2000, str. 289-296
- Makovníková, J.: Indikátory zraniteľnosti environmentálnych funkcií kambizemí. Poľnohospodárstvo 48, č.1, 2002, s.18-25
- Pospíšilová, L., Laštincová, J., Fišera, M., Branšteterová, E.: Quality of soil organic matter in Fluvi-Eutric Gleysol. Acta Univ. Agric. Silv. Mendel. Brun., 69, 2000, pp. 7-13
- Schalscha, E. B., Escudero, P., Saldago, P., Ahumada, I.: Chemical forms and sorption of copper and zinc in soils of Central Chile. Commun. Soil Sci. Pl. Anal., 30, 1999, pp. 497-507
- Santos, A., Bellin, I.C., Corbi, P.P., Cuin, A., Rosa, A.H., de Oliviera Resende, M.O., Rocha, J.C., Melnikov, P.: Complexation of metal ions by humic substances and  $\alpha$ -amino

acids. A comparative study. Humic Substances: Nature's most versatile materials. Proceedings, Boston, pp. ,2002, 271-273

Senesi, N.: Metal-humic substances complexes in the environment. Molecular and mechanistic aspects by multiple spectroscopic approach. In: Biogeochemistry of trace Metals (ed.D.C.Adriano), Lewis Publishers, Boca Raton. 1993, pp. 429-496

Zhang, M., Alva, A.K., Li, C., Calvert, D.V.: Chemical association of Cu, Zn, Mn and Pb in selected sandy citrus soils. Soil Sci., 162,1997, pp. 181-187



**ČÚ 06**

**MONITORING KVANTITATÍVNEHO A KVALITATÍVNEHO ZLOŽENIA  
HUMUSU**

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



## ÚVOD

Pôdna organická hmota (POH) predstavuje jeden z hlavných faktorov kontrolujúcich fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti pôdy a svojím množstvom a zložením ovplyvňuje nielen úrodnostné funkcie pôdy (tvorba a udržiavanie pôdnej štruktúry, zlepšenie retenčnej schopnosti pôdy, retencia rastlinných živín), ale plní aj veľmi významnú úlohu v pôdnej hygiene (imobilizácia ťažkých kovov a organických polutantov). Z uvedeného dôvodu obsah a kvalitatívne zloženie pôdnej organickej hmoty patria medzi najdôležitejšie pôdne vlastnosti sledované v Čiastkovom monitorovacom systéme – pôda.

V predkladanej práci uvádzame hodnotenie zmien v množstve a kvalite humusu v treťom 5-ročnom monitorovacom cykle na 6 pôdnych skupinách v rámci základnej monitorovacej siete. V práci sú tiež zhodnotené zmeny POH na kľúčovej lokalite Moravský Ján v období rokov 1995 – 2003 ako aj detailné zmeny v chemickom zložení humínových kyselín (HK), izolovaných z tejto lokality, ktoré sa monitorujú každé tri roky.

## MATERIÁL A METÓDY

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

Podzoly, rankre podzolové a litozeme – PZ, RNp, Li/TTP

Andozeme – AM/TTP

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

Regozeme na nekarbonátových sedimentoch – RM/OP

Zasolené pôdy – SK+SC/TTP

Kultizeme – KT/TTP

Obsah organického uhlíka – Cox, ako aj celkového dusíka Nt bol v treťom monitorovacom cykle stanovený v hĺbkach: 0-10, 10-20, 35-45 cm na trvalých trávnych porastoch (TTP) a v hĺbkach 0-10, 35-45 cm na orných pôdach (OP). Metódy stanovenia Cox a Nt sú uvedené v jednej z predchádzajúcich správ (Barančíková, 1999).

Na kľúčovej lokalite regozeme – Moravský Ján, okrem parametrov POH, sú na základe vybraných parametrov (elementárne stanovenie uhlíka, dusíka, vodíka a kyslíka (CHNO analýza), optický parameter  $E^{1\%}_d$ , 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 HK. Izolácia humínových kyselín ako aj metódy stanovenia všetkých sledovaných parametrov sú uvedené v predchádzajúcej správe (Barančíková, 1999).

Štatistické spracovanie a zhodnotenie údajov bolo realizované Lordovým, resp. Moorovým testom.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

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

Hodnoty organického uhlíka v jednotlivých pôdnych skupinách sú značne rozdielne, nakoľko obsah POH závisí hlavne na pôdnom type, zrnitosťnom zložení pôdy a jej poľnohospodárskom využití (Sotáková, 1982), pričom najvyššími hodnotami Cox disponujú ornice a s hĺbkou obsah POH klesá. Uvedený trend bol zaznamenaný aj na nami sledovaných pôdnych skupinách.

Veľmi vysokým obsahom organickej hmoty disponujú podzoly a rankre, ktoré sa vyskytujú vo vysokých horských polohách, ale aj andozeme na trvalých trávnych porastoch (Tabuľka 1). Na sledovaných kultizemiach bol zistený vysoký a na zasolených pôdach stredný obsah humusu. Najnižšie hodnoty Cox boli namerané na regozemiach, pričom na regozemiach karbonátových boli hodnoty Cox o niečo vyššie ako u regozemí na nekarbonátových viatych pieskoch (Tabuľka 1), na základe čoho sa dá usudzovať aj na vplyv podložia na obsah POH.

**Tab. 1** Obsah organického uhlíka (Cox) na vybraných pôdnych skupinách v treťom monitorovacom cykle

pôdy	kultúra	hĺbka odberu pôdnej	Cox (%)		
			$X_{\min}$	$X_{\max}$	X
PZ,RNp,LI	TTP	vzorky v cm			
		0-10	6,06	23,44	14,4
		20-30	9,68	14,18	12,37
AM	TTP	35-45	5,23	12,22	9,79
		0-10	6,81	12,4	9,61
		20-30	4	7,83	5,92
RM <sup>c</sup>	OP	35-45	2,78	4,82	3,8
		0-10	0,79	2,09	1,23
		35-45	0,02	0,85	0,26
RM	OP	0-10	0,68	1,4	1,16
		35-45	0,03	0,69	0,31
		0-10	1,18	1,9	1,64
SK+SC	TTP	20-30	0,54	1,79	1,11
		35-45	0,51	1,99	1,12
		0-10	2,49	4,57	3,53
KT	TTP	20-30	0,7	0,83	0,77
		35-45	0,46	0,82	0,64

Priemerné hodnoty celkového dusíka - Nt sú v súlade s hodnotami organického uhlíka, čo potvrdzuje aj významná lineárna korelácia medzi Cox a Nt v orničnom horizonte ( $R=0,97$  pre  $n=22$ ). S hĺbkou hodnoty Nt, podobne ako Cox, klesajú (Tabuľka 2). Obdobne ako v prípade Cox najvyššie hodnoty Nt boli zistené na horských pôdach (rendziny, rankre, litozeme) a andozemiach a najnižšie hodnoty na regozemiach (Tabuľka 2). Vplyv materskej horniny sa prejavil aj v hodnotách celkového dusíka, nakoľko na regozemiach karbonátových bola hodnota Nt vyššia ako na nekarbonátových regozemiach (Tabuľka 2).

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), sa okrem horských pôd pohybovali v rozmedzí 10 až 14, čo predstavuje strednú až nízku zásobu dusíka v pôdnej organickej hmote (Tabuľka 3). Najvyššia

priemerná hodnota C/N a teda najnižšia obohatenosť POH dusíkom bola zistená na podzoloch, rankoch a litozemiach, ktoré sa vyskytujú vo vysokých horských polohách (Tabuľka 3)

**Tab. 2** Hodnoty celkového dusíka (Nt) na sledovaných pôdnych skupinách v treťom monitorovacom cykle

Pôdy	kultúra	hĺbka odberu pôdnej vzorky v cm	Nt (mg/kg)		
			X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X
PZ,RNp,LI	TTP	0-10	2530	10827	6576
		20-30	1829	5974	3625
		35-45	773	5482	1919
AM	TTP	0-10	4292	9287	6790
		20-30	2674	5263	3969
		35-45	1926	3659	2793
RM <sup>c</sup>	OP	0-10	816	1449	1213
		35-45	422	774	571
RM	OP	0-10	774	1097	905
		35-45	352	591	478
SK+SC	TTP	0-10	1263	1741	1553
		20-30	672	1712	1174
		35-45	672	1825	1169
KT	TTP	0-10	1853	3649	2751
		20-30	815	872	844
		35-45	730	829	780

**Tab. 3** Pomer C/N na sledovaných pôdnych skupinách v treťom monitorovacom cykle

Pôdy	kultúra	hĺbka odberu pôdnej vzorky v cm	C/N		
			X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X
PZ,RNp,LI	TTP	0-10	18,1	30,3	21,9
AM	TTP	0-10	13,4	15,9	14,7
RM <sup>c</sup>	OP	0-10	6,3	14,4	10
RM	OP	0-10	8,8	16,6	12,7
SK+SC	TTP	0-10	9,3	11,5	10,5
KT	TTP	0-10	12,5	13,4	13

V priebehu troch monitorovacích cykloch boli zistené určité trendy vo vývoji obsahu organického uhlíka ako aj celkového dusíka, avšak v žiadnej zo sledovaných pôdnych skupín uvedené trendy neboli štatisticky významné na hladine významnosti 0,05 (Tabuľka 4). Štatisticky nevýznamné sú aj značné rozdiely v hodnotách Cox (Obr.1) v ornici horských pôd (podzoly, rankre, litozeme), v dôsledku vysokej heterogenity hodnôt organického uhlíka medzi jednotlivými lokalitami uvedenej pôdnej skupiny.

Na orniciach horských pôdach ako aj andozemí na trvalých trávnych porastoch je možné pozorovať postupné zvyšovanie obsahu POH, na ostatných sledovaných pôdnych typoch medzi prvým a druhým cyklom bolo pozorované minimálne zníženie hodnoty Cox, a údaje Cox z tretieho cyklu sú viac-menej na úrovni hodnôt prvého cyklu (Obr. 1). Kolísavý charakter hodnôt Cox bol zaznamenaný v hĺbkach 10-20 a 35-45 cm. V tretej hĺbke v prípade orných pôdach regozemí môžeme pozorovať nepatrný pokles organického uhlíka(Obr.2,3). Hodnoty celkového dusíka na orniciach vysokohorských pôd postupne klesali, na ostatných sledovaných pôdnych typoch bol pozorovaný ustálený stav, resp. nepatrné zvýšenie Nt (andozeme, kultizeme) (Obr. 4). Kolísavý charakter vývoja bol zaznamenaný aj pri parametri C/N (Obr. 5).



**Tab. 4** Hodnoty Lordovho , resp. Moorovho testu pre parametre Cox a Nt

skupina pôd			1	2	21	22	23	24
parameter	hĺbka (cm)	porovnanie	Ua=0,294	ua=1,714	ua=0,306	ua=0,636	ua=0,636	ua=1,714
Cox	0-10	93/97	0,08	0,195	0,139	0,255	0,15	0,208
		93/02	0,153	0,445	0,061	0,217	0,15	0,038
		97/02	0,12	0,121	0,071	0,414	0,023	0,261
Nt	0-10	93/97	0,209	0,081	0,045	0,038	0,033	0,26
		93/02	0,343*	0,084	0,0004	0,458	0,011	0,356
		97/02	0,211	0,013	0,076	0,344	0,035	0,116

1 - podzoly, rankre podzolové a litozeme

2 - andozeme

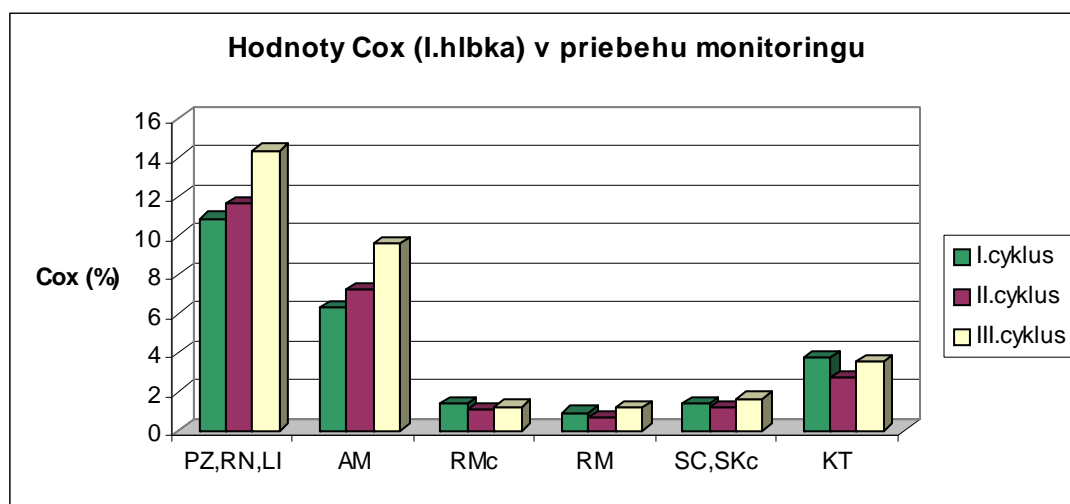
21 - regozeme na karbonátových sedimentoch

22 - regozeme na nekarbonátových sedimentoch

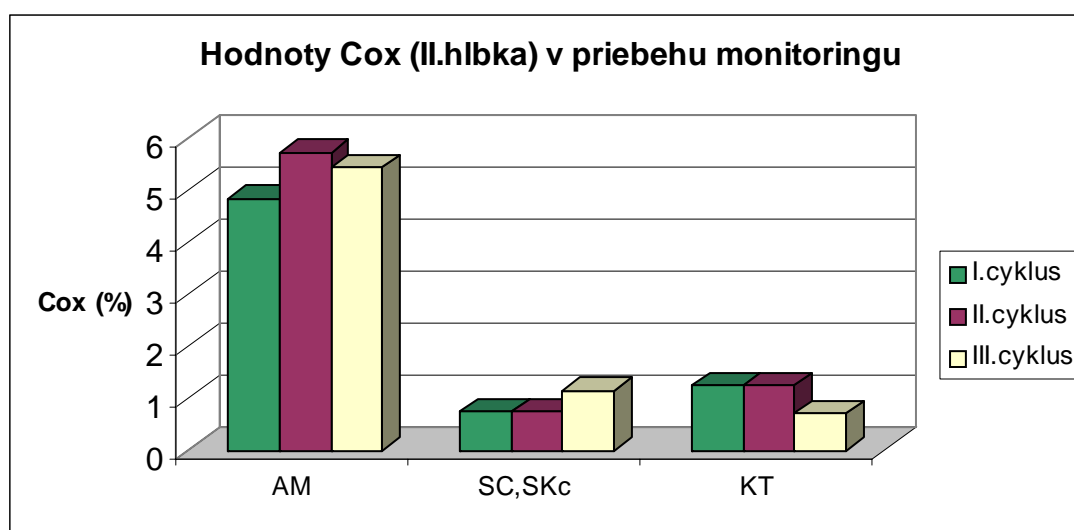
23 - zasolené pôdy

24 - Kultizeme

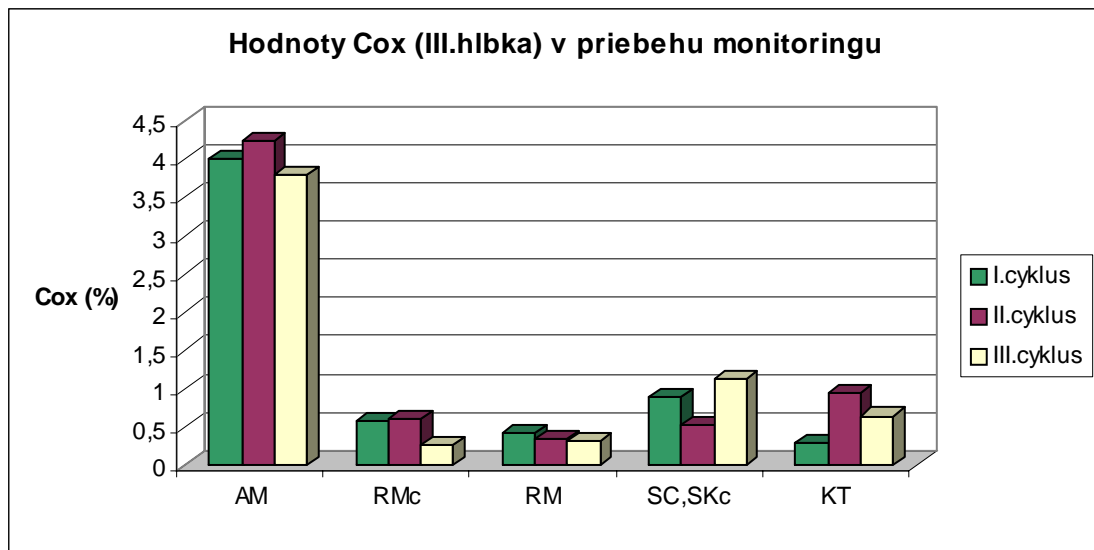
**Obr. 1**



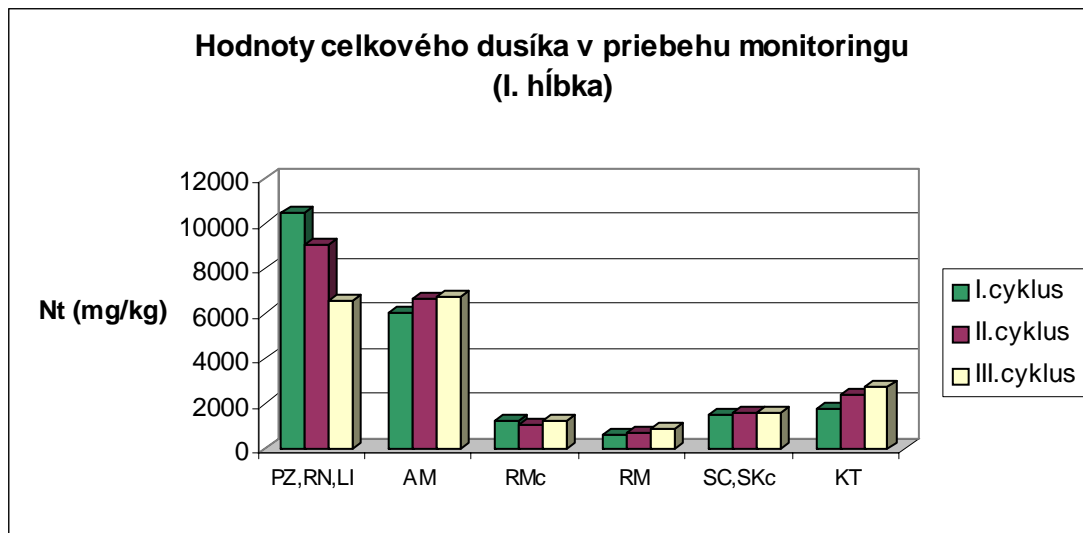
**Obr. 2**



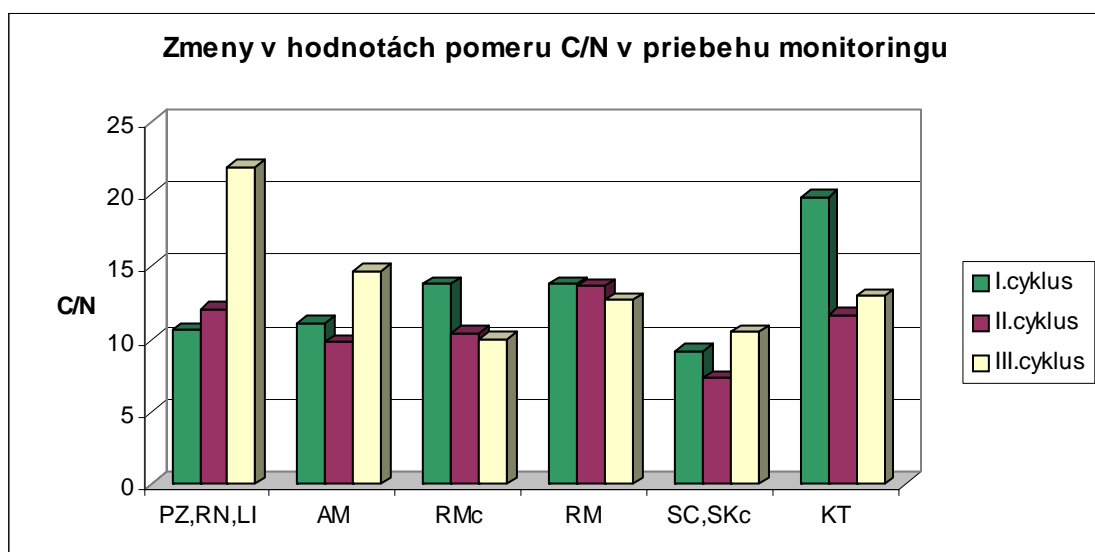
Obr. 3



Obr. 4



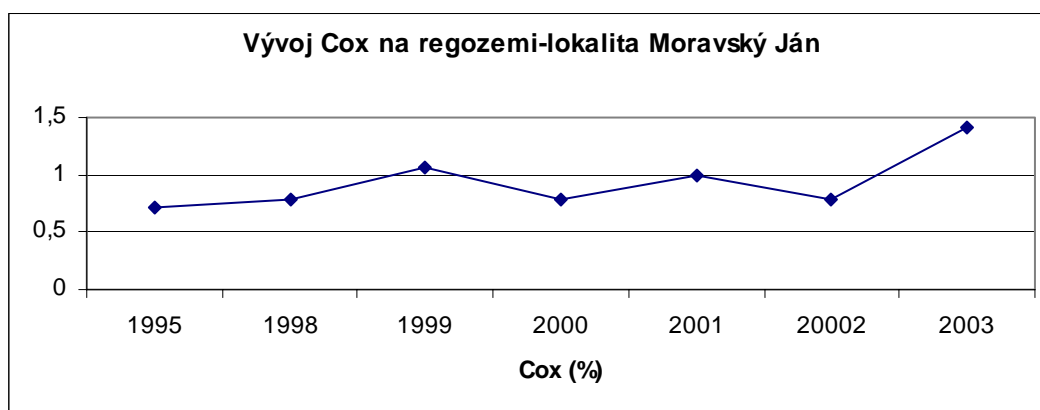
Obr.5



Zmeny základných parametrov obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty na kľúčovej lokalite regozem Moravský Ján (1995-2003)

Obsah humusu v ornici na hodnotenej kľúčovej lokalite regozeme je nízky (Sotáková, 1982), v priebehu monitorovania sa pohybuje okolo 1 % Cox, avšak v poslednom roku merania r.2003 bola zaznamenaná zatiaľ najvyššia hodnota organického uhlíka 1,4 %. V priebehu monitorovacieho obdobia nadobúdali hodnoty Cox na lokalite Moravský Ján značne kolísavý charakter (Obr.6).

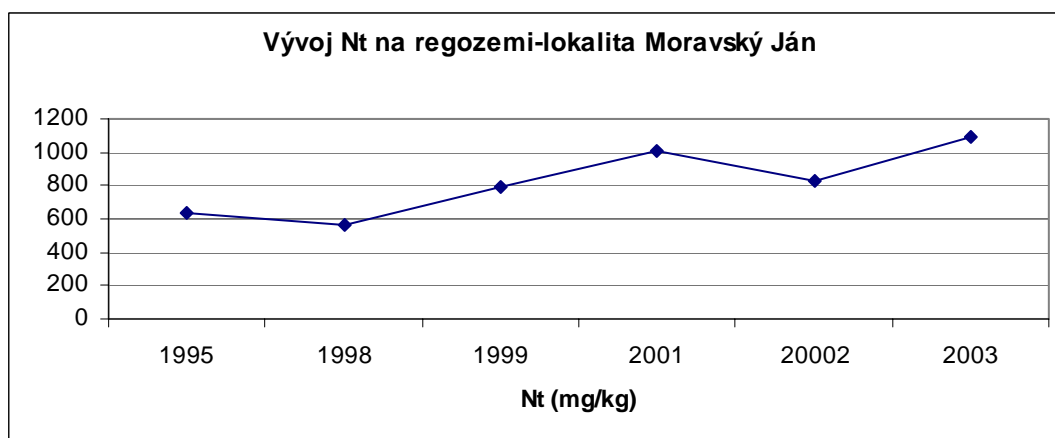
Obr. 6



Uvedené hodnoty Cox sú typické pre hodnotený pôdny typ, keďže regozeme na pieskoch sú charakteristické najnižšou zásobou pôdnej organickej hmoty medzi hlavnými typmi poľnohospodárskych pôd Slovenska (Linkeš a kol. 1997, Kobza a kol. 2002) a aj v súčasnom období (tretí monitorovací cyklus) priemerné hodnoty Cox na regozemiach nadobúdajú hodnotu okolo 1,2 %. Hodnoty Cox, stanovené na regozemiach, patria k podprahovým hodnotám organického uhlíka pre poľnohospodárske pôdy, nakoľko Loveland a Webb (2003) uvádzajú ako prahovú hodnotu Cox 2 %, keďže na pôdach s nižšou hodnotou Cox môže potencionálne dochádzať k značnému zníženiu pôdnej kvality.

V súlade s hodnotami Cox na uvedenej regozemi sú aj hodnoty celkového dusíka, čo potvrdzuje aj významná lineárna korelácia medzi Cox a Nt ( $R=0,84^{**}$ , pre  $n=6$ ). Hodnoty celkového dusíka sa v priebehu monitorovacieho obdobia pohybujú od 600 do 1090 mg/kg a od roku 1999 nadobúda tento parameter mierne sa zvyšujúcu tendenciu (Obr.7).

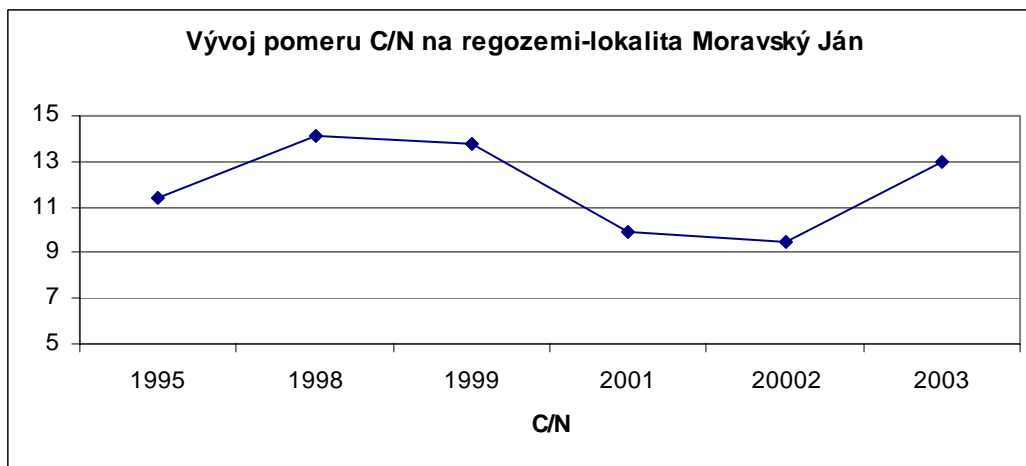
Obr. 7



Jeden z hlavných ukazovateľov kvality humusu, ktorý vystupuje do popredia pri veľmi nízkych zásobách humusu je pomer C/N, ktorý zároveň môže byť aj dobrým indikátorom

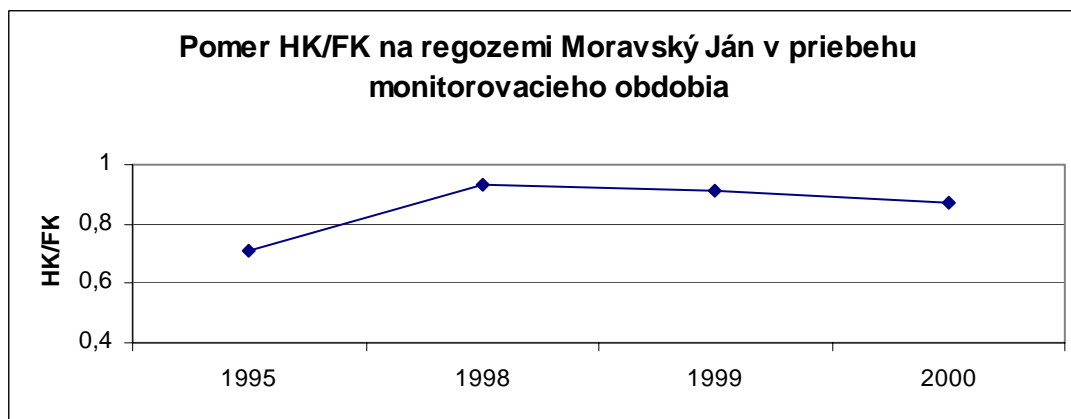
dynamiky pôdnej kvality (Franzluebbers, 2002). Hodnota tohto parametra má v priebehu monitorovania značne kolísavý charakter a pohybuje sa od 9 do 14 (Obr. 8), čo poukazuje na strednú až nízku zásobu dusíka (Sotáková, 1982) v pôdnej organickej hmote (POH) sledovanej regozeme.

Obr. 8



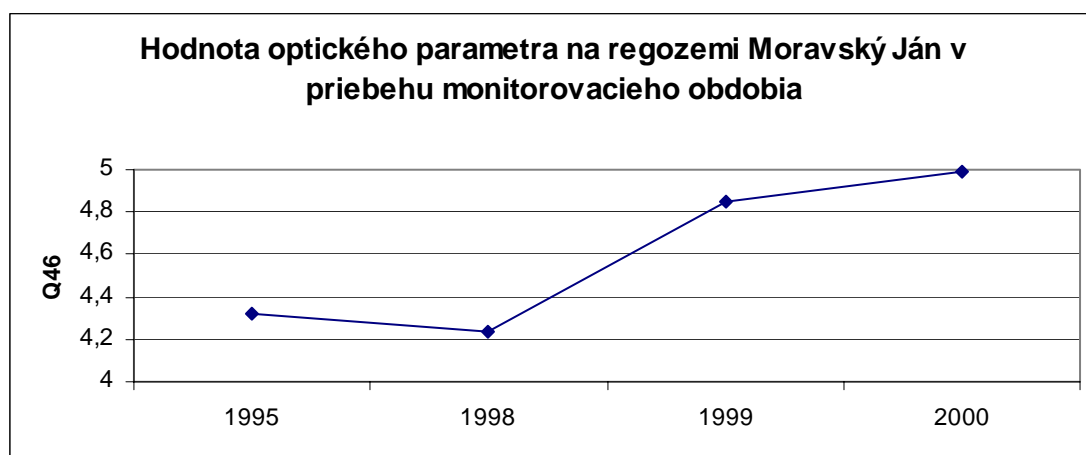
Ďalší ukazovateľ kvality humusu pomer humínových a fulvo kyselín sa v priebehu celého monitorovacieho obdobia pohyboval pod 1 (Obr. 9), t. j. v humuse sledovanej regozeme prevládajú fulvokyseliny, čo je charakteristické pre uvedený pôdny typ. Stanovené hodnoty  $C_{HK}/C_{FK}$  sú v súlade s priemernou hodnotou tohto parametra zistenej na regozemiach Slovenska v uplynulom období. (Linkeš a kol., 1997).

Obr. 9



Hodnota ďalšieho kvalitatívneho parametra  $Q_6^4$  sa v sledovanom období pohybovala od 4,2 do 5 (Obr. 10), pričom hlavne v posledných dvoch sledovaných rokoch uvedená hodnota značne stúpla, čo môže poukazovať na zlabilnenie štruktúry POH na sledovanej regozemi.

Obr. 10



### Zmeny v chemickom zložení humínových kyselín

Humínové kyseliny (HK) reprezentujú spolu s fulvo kyselinami (FK) a humínom tri základné frakcie humusu. HK však patria medzi najdôležitejšie frakcie humifikovanej POH, pretože na rozdiel od FK a humínu, ktoré s podieľajú 9, resp. 8 % na celkovom kolobehu uhlíka, podiel humínových kyselín je až 16 % (Doane a kol. 2003). Dôležitosť HK vyjadruje aj skutočnosť, že boli izolované z prvej generácie Europôd (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. Súbor vybraných parametrov HK môže byť citlivejší ako základný kvalitatívny parameter humusu  $C_{HK}/C_{FK}$ . Hodnota pomeru HK a FK sa nemusí výraznejšie meniť a k zmenám v parametroch stupňa humifikácie môže dochádzať, čo vyjadruje skutočný trend zmien kvality humusu. Navyiac, niektoré zo stanovovaných parametrov môžu byť veľmi užitočné pri klasifikácii pôd do špecifických taxonomických jednotiek (Wegner a kol. 1999). V predkladanej práci uvádzame detailnú charakteristiku HK z troch odberov, ktoré boli realizované v r. 1995 1999 a 2001.

Základným parametrom stanovenia štruktúry HK je elementárna analýza C H N O, ktorá odráža dominantné charakteristiky pôdnej humifikácie. Na rozdiel od černoziem, ktoré disponujú vysokým obsahom C a nízkym zastúpením H v štruktúre HK, resp. pseudogejev, u ktorých je vysoko zastúpený vodík a obsah uhlíka je pomerne nízky, je elementárne zloženie HK regozeme (42 atóm. % C a 37 % H) podobné hnedozemi (Barančíková, 1999). V priebehu monitoringu nadobúdali hodnoty C, H, N kolísavý charakter, ale zastúpenie kyslíka v priebehu sledovaných rokov postupne rástlo a zvyšovala sa tiež hodnota O/C (Tabuľka 5). Vyššie hodnoty kyslíka môžu indikovať čiastočnú oxidáciu pôdnej organickej hmoty, ktorá je príznačná pre intenzívne obrábané pôdy (Rossel a kol. 1998). Podobne ako v prípade sledovanej regozeme boli oxidačné trendy zistené aj na ďalších pôdnych typoch intenzívne obhospodarovaných pôd (Barančíková, 1997, Barančíková, 2002).

**Tab. 5** Základné parametre chemickej štruktúry humínových kyselín regozeme na lokalite Moravský Ján

rok	atom. %			meq/lg HK			%			
	C	H	N	O	COOH	E6	anomérny C	Calif	Car	$\alpha$
1995	42,6	37,25	3,43	16,69	3,62	22	1,56	41,77	38,6	48,03
1998	41,7	38,3	3,23	16,8	3,42	21	2,84	37,15	38,99	46,14
2001	42,14	36,96	3,41	17,49	2,5	13	4	46,4	34,9	42,9

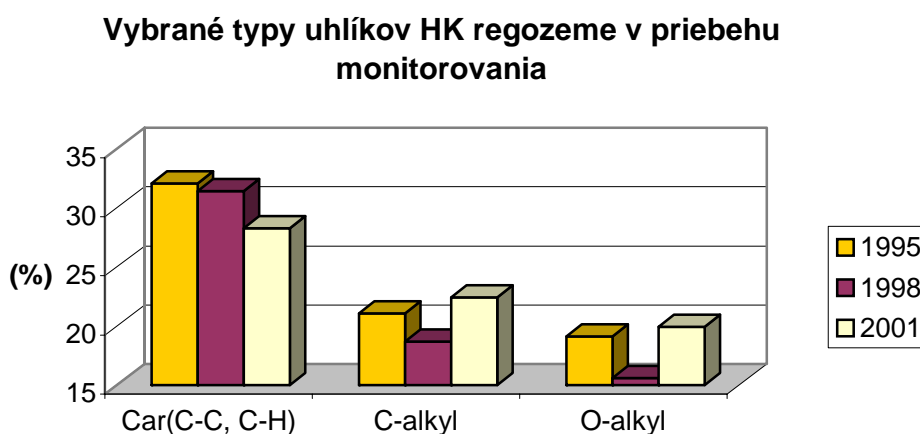
Ďalším dôležitým parametrom pri posudzovaní kvality humínových kyselín je obsah karboxylových skupín (COOH), nakoľko postupujúci priebeh humifikácie je charakterizovaný karboxyláciou periférnych častí HK (Ševcova, Sidorina, 1988). COOH skupiny hrajú dôležitú úlohu aj z environmentálneho hľadiska, nakoľko účinne viažu ťažké kovy (Barančíková a kol. 1997, Cocozza a Miano, 2002). Podobne ako v prípade elementárneho zloženia je obsah karboxylových skupín sledovanej regozeme v porovnaní s ostatnými pôdnymi typmi stredný (Barančíková, 1999). V priebehu monitorovacieho obdobia mal obsah COOH klesajúcu tendenciu, pričom hlavne medzi rokmi 1998 a 2001 bol pokles pomerne značný (Tabuľka 5).

Veľký prínos pri poznávaní chemickej podstaty HK predstavujú spektrálne metódy vo viditeľnej oblasti spektra. Humínové kyseliny obsahujú konjugované systémy dvojitých väzieb, ktoré sú zodpovedné za ich hnedé až čierne sfarbenie. Z uvedeného dôvodu, hodnotenie sfarbenia HK založené na optických vlastnostiach môže indikovať stupeň humifikácie HK. Kumada (1987) na hodnotenie optických vlastností doporučuje optický parameter  $E^{1\%}_6$ , ktorý predstavuje extinciu roztoku HK nameranú pri vlnovej dĺžke 600 nm. Uvedený optický parameter Kumada nazýva stupeň humifikácie. Podobne ako v prípade elementárneho zloženia aj karboxylových skupín hodnoty  $E^{1\%}_6$  sledovanej regozeme v porovnaní s ostatnými pôdnymi typmi (černozem, pseudoglej) nadobúdajú strednú hodnotu (Barančíková, 1999). V priebehu sledovaného obdobia došlo k poklesu stanovovaného optického parametra, pričom pokles bol evidentný hlavne medzi rokmi 1998 a 2001 (Tabuľka 5) podobne ako v prípade karboxylových skupín, čo potvrdzuje aj signifikantná lineárna korelácia ( $R=0,99^*$ ) medzi týmito parametrami. Zníženie hodnôt optického parametra uvádzajú aj Orlova a Bakina (2002) na pôdach bez dostatočného prísunu kvalitných organických hnojív. Pokles hodnôt  $E^{1\%}_6$  a COOH indikuje zlabilnenie štruktúry HK a je v súlade s oxidačnými trendmi pozorovanými v elementárnom zložení HK.

Metóda nukleárnej magnetickej rezonancie  $^{13}\text{C}$  je jednou z najdôležitejších spektroskopických metód využívaných pri identifikácii chemického zloženia humínových kyselín nakoľko poskytuje kvantitatívnu analýzu jednotlivých typov uhlíka v štruktúre HK (Mathers a kol. 2000). Z parametrov  $^{13}\text{C}$  NMR spektier je z hľadiska chemickej štruktúry HK najdôležitejšie percentuálne zastúpenie alifatického (Calif) a aromatického uhlíka (Car), z ktorých sa stanovuje stupeň aromatizácie  $\alpha$ . Alifatické štruktúry HK sú zodpovedné za stabilitu pôdnej štruktúry a aromatické jadro ovplyvňuje pútanie živín (Beyer a kol. 1993), ale aj sorpciu organických polutantov (Spiteller a Haider, 1997, Barančíková a Petrová, 1994, Barančíková a Szaboová, 1999). V porovnaní s ostatnými pôdnymi typmi (černozem, pseudoglej) zastúpenie aromatického a alifatického uhlíka sledovanej regozeme je pomerne vyrovnané (Tabuľka 5), stupeň aromaticity v porovnaní s ostatnými pôdnymi typmi (černozem, pseudoglej) nadobúda strednú hodnotu (Barančíková, 1999) podobne ako hodnoty elementárneho zloženia, optického parametra a karboxylových skupín. V priebehu monitorovacieho obdobia, hlavne pri porovnaní prvého a zatiaľ posledného odberu sa zastúpenie aromatických štruktúr znížilo, čo môže byť spôsobené intenzívnym obhospodávaním pôdy (Rossel a kol., 1998). Zníženie Car a zvýšenie alifatických štruktúr sa odzrkadlilo aj v hodnote stupňa aromaticity, ktorá sa podstatne znížila (Tabuľka 1).

Podobné zníženie stupňa aromaticity bolo v priebehu monitoringu zistené aj na adozezi a hnedozezi (Barančíková, 2002). Zníženie aromaticity ako aj zníženie počtu karboxylových skupín je charakteristické pre obmedzenie humifikačného procesu (Olk, 1995, Kaczmarek a Dziadowiec, 1999). Pri detailnejšej analýze, ktoré typy uhlíka sú zodpovedné za uvedené zmeny sme zistili postupné znižovanie aromatických a olefinických uhlíkov s väzbou C-C a C-H, avšak hodnota alkylového uhlíka sa zvýšila iba minimálne a O-alkylové štruktúry pri porovnaní prvého a zatiaľ posledného odberu boli takmer identické (Obr. 11).

Obr 11



Zvýšenie Calif v priebehu monitoringu je teda spôsobené čiastočne alkylovým uhlíkom, ale hlavne podstatným zvýšením anomérnych uhlíkov v poslednom odbere (Tabuľka 1), napriek ich nízkemu celkovému počtu v porovnaní s O-alkyl, resp. C-alkyl uhlíkmi.

## ZÁVER

Záverom môžeme konštatovať, že v priebehu takmer 10-ročného monitorovacieho obdobia boli vo vývoji obsahu organického uhlíka aj dusíka zistené určité trendy, avšak na žiadnej zo sledovaných pôdných skupín základnej monitorovacej siete uvedené trendy neboli štatisticky významné. Na orniciach horských pôd a na trvalých trávnych porastoch andozemí môžeme sledovať postupné zvyšovanie hodnôt Cox., na ostatných sledovaných pôdných typoch boli zmeny v obsahu organickej hmoty minimálne.

Kľúčová monitorovacia lokalita regozeme - Moravský Ján obsahuje nízky obsah pôdnej organickej hmoty, čo je charakteristické pre uvedený pôdny typ, hlavne pre regozeme vyvinuté na viatych pieskoch a je v súlade priemernou hodnotou Cox regozemí z tretieho monitorovacieho cyklu. Zmeny organického uhlíka v priebehu monitorovacieho obdobia mali na kľúčovej lokalite kolísavý charakter a boli v súlade so zmenami celkového dusíka, čo potvrdzuje aj vysoká hodnota korelačného koeficientu medzi Cox a Nt.

Kvalitatívny ukazovateľ pomer humínových a fulvo kyselín na kľúčovej lokalite regozeme bol nižších ako jedna, t. j. na danej lokalite prevládajú FK nad HK, čo je charakteristické pre tento pôdny typ. V priebehu sledovaného obdobia nedošlo k podstatným zmenám hodnôt  $C_{HK}/C_{FK}$ . Pri ďalšom kvalitatívnom parametri  $Q^4_6$  hlavne v poslednom období (1999-2000) došlo k zvýšeniu, čo môže poukazovať na zlabilnenie štruktúry POH na sledovanej regozemi.

Na zlabilnenie štruktúry POH regozeme poukazujú aj oxidačné trendy (zvýšenie % O, pomeru O/C, zníženie optického parametra a množstva karboxylových skupín, ako aj zníženie stupňa aromaticity), ktoré boli zaznamenané pri sledovaní chemickej štruktúry HK, hlavne v zatiaľ poslednom odbere realizovanom v r. 2001.

## POUŽITÁ LITERATÚRA

- Barančíková, G.: Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty. In: Kobza a kol.: Výsledky čiastkového monitorovacieho systému –Pôda, ako súčasť Monitoringu životného prostredia SR za rok 1999. Priebežná správa, Bratislava, 1999, str. 67-84.
- Barančíková, G.: Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty. In: Kobza a kol.: Výsledky čiastkového monitorovacieho systému –Pôda za obdobie 1997-2001 (2.cyklu). Bratislava, 2002, str.54-73.
- Barančíková, G.: Changes of humic acids structure on selected key monitoring localities of arable soils. Rostl.výr., 2002, vol. 48, str. 40-44.
- Barančíková, G., Brečková, V., Dluhoš, J.: Retencia Cd pôdami a humínovými kyselinami. Rostl. výr., 1997, vol. 43, str. 107-112.
- Barančíková, G., Petrová, Z.: Soil parameters influencing of PCB sorption. In: Van den Brink, W.J., Bosman, R. a Arendt, F. (eds.), Contaminated Soil 95, 1995, str. 357-358.
- Barančíková, G., Szaboová, J. PCP retention experiments on soils and humic acids. Vedecké práce VÚPOP, vol. 22, 1999 str. 5-11.
- Beyer, L., Schulten, H.R., Frund, R., Irmeler, U.: Formation and properties of organic matter in a forest soils, as revealed by its biological activity, wet chemical analysis, CP-MAS <sup>13</sup>C NMR spectroscopy and pyrolysis-field ionization mass spectrometry. Soil Biol. Biochem., 1993, vol. 25, str. 587-596.
- Cocozza, C., Miano, T.M.: Structural resolution of metal-humic acids interactions through deconvolution FT-IR spectroscopy. In: Humic Substances: Nature's most versatile materials, Proceedings, Boston, 2002, str. 264-267.
- Doane, T.A., Devereux, 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. 319-331.
- Franzluebbers, A.J.: Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. Soil. Till. Res., 2002, vol. 66, str. 95-106.
- Kaczmarek, J., Dziadowiec, H.: Humification process of soil organic matter in various forest stand. Humic Subst. Envir., 1999, vol. 1, str. 27-33.
- Kumada, K.: Chemistry of soil organic matter. Tokyo, Elsevier, 1987, str. 17-30.
- Linkeš, V., Kobza, J., Švec, M., Ilka, P., Pavlenda, P., Barančíková, G., Matúšková, L.: Monitoring pôd Slovenskej republiky. Súčasný stav monitorovaných vlastností. Bratislava, 1997, 128 str.
- Loveland, P., Webb, J.: Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. Soil Till. Res., 2003, vol. 70, str. 1-18.



- Mathers, N.J., Mao, X.A., Xu, Z.H., Saffigna, P.G., Berners-Price, S.J., Perera, M.C.S.: Recent advances in the application of  $^{13}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}$  NMR spectroscopy to soil organic matter studies. *Aust. J. Soil Res.*, 2000, vol. 38, str. 769-787.
- Olk, D.C., Casman, K.G., Fan, T.W.M.: Characterization of two humic acid fractions from a calcareous vermiculit soil: implications for the humification process. *Geoderma*, 1995, vol. 65, str. 195-208.
- Orlova, N.E., Bakina, L.G.: Sovremennyye procesy gumusoobrozovanija v kul'turnych dernovo-podzolistykh počvach severo-zapada Rosiji. *Agrochimija*, 2002, č. 11, str. 5-12.
- Rosell, R.A., Zech, W., Haumaier, L., Miglierina, A.M.: Physicochemical properties of humus of a semiarid pampaeian soil under two crop rotations. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 1995, č. 9, str. 379-387.
- Senesi, N., D'Orazio, V., Ricca, G.: Humic acids in the first generation of EUROSOLS. *Geoderma*, 2003, vol. 116, str. 325-344.
- Sotáková, S.: Organická hmota a úrodnost' pôdy. Bratislava, Príroda, 1982, 234 str.
- Spiteller, M. a Haider, K., 1997: Characterization of the interaction of natural organic matter and xenobiotics. In: Drozd, J., Gonet, S.S., Senesi, N. Weber, J. (eds.): The role of humic substances in the ecosystems and in environmental protection. Wroclaw, str. 689-695.
- Ševcova, L.K., Sidorina, S.J.: Vlijanije dlitel'novo promenenija udobrenij na termografičeskije charakteristiki gumusovykh kyslot. *Počvovedenije*, 1988, č.6, str. 130-136.
- 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 07**

**MONITORING FYZIKÁLNÝCH A HYDROFYZIKÁLNÝCH VLASTNOSTÍ PŮD**

**Zodpovedný riešiteľ:** Ing. Miloš Širáň



## ÚVOD

Dobrý fyzikálny stav pôdy je podmienkou jej priaznivého tepelného, vodno-vzdušného a ostatných režimov a takéto pôdy sú optimálnym prostredím pre rast a vývoj rastlín. Čo sa týka fyzikálnych vlastností pôdy, najväčším degradačným prejavom je zhutňovanie a erózia. Táto časť správy je zameraná na hodnotenie fyzikálnych a hydrofyzikálnych vlastností pôdy vzhľadom na limity zhutnenia, ktoré sa pre jednotlivé pôdne druhy líšia vo svojich hodnotách.

## MATERIÁL A METÓDY

V prvej časti správy sú hodnotené výsledky tretieho odberového cyklu monitoringu fyzikálnych vlastností pôd Slovenska v rámci tzv. *základnej siete*, týkajúce sa pôdneho typu – *regozeme*. Odbery vzoriek v rámci tretieho cyklu boli uskutočnené v roku 2002. Prvý cyklus odberu sa realizoval v roku 1993, druhý v roku 1997. Z výsledkov uvedených troch cyklov bol vyhodnotený trend vývoja sledovaných fyzikálnych parametrov regozemí.

Podobne v druhej časti správy sú spracované údaje získané z *klúčových lokalít* na regozemiach, kde sa odbery robia každoročne. Pre daný pôdny typ boli použité údaje z nasledujúcej lokality:

Moravský Ján (400 111) - Regozem modálna, (RMm)

Sledované fyzikálne parametre z odberov z tzv. *základnej siete* i *klúčových 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 orného (0-10 cm) i podorného (30-40 cm) horizontu.

Pri vyhodnocovaní výsledkov sa použila metóda popisnej štatistiky a grafické znázornenie.

Vyhodnotenie fyzikálnych vlastností sledovaných pôd zo *základnej siete* a z *klúčových lokalít* sa robilo vo vzťahu k limitom zhutnenia pôdy pre jednotlivé pôdne druhy podľa Lhotského a kol. (1984)(tab.1).

**Tab.1** Limity zhutnenia pôdy pre jednotlivé pôdne druhy podľa Lhotského a kol.(1984)

Pôdna vlastnosť	Pôdny druh					
	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
Celková pórovitosť $P_c$ (obj. %)	< 48	< 47	< 45	< 42	< 40	< 38
Minimálna prevzdušnosť $V_zK$ (obj. %)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Max.kapilárna kapacita $MKK$ (obj. %)	>35	>35	>35	-	-	-
Retenčná vodná kapacita $RVK$ (obj. %)	>35	>35	>35	-	-	-

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

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### 1. Vyhodnotenie súčasného stavu a trendu vývoja fyzikálnych vlastností regozemí

Regozeme sú prevažne pôdy piesčité, ľahké, s malým zastúpením hlinitých, stredne ťažkých.

#### *Piesčité regozeme*

Piesčité pôdy sa vo všeobecnosti vyznačujú nízkym obsahom ílovej frakcie (< 0,01 mm), humusu, celkovo teda nízkou sorpčnou schopnosťou a plytkým humusovým horizontom. Sú vzdušné, s dostatočnou pórovitosťou a vyšším obsahom nekapilárnych pórov. Čo sa týka zhutnenia, môžeme povedať, že sú to pôdy odolné voči prirodzenému uľahňaniu. V súčasnosti však treba počítať i so značným sekundárnym utláčaním pôd spôsobeným prejazdami ťažkých mechanizmov.

Výsledky v rámci monitorovacích lokalít na piesčitých pôdach potvrdzujú ich značnú odolnosť voči zhutňovaniu, tak v ornici ako aj v podornici. Celkovo priemerné hodnoty meraných fyzikálnych a hydrofyzikálnych vlastností z posledného odberového cyklu (tab.2 a 3) sú mimo kritických intervalov týkajúcich sa zhutnenia. Čo sa týka extrémnych hodnôt, v ornici len jedna lokalita nedosahuje limit minimálnej vzdušnej kapacity, pri podornici dve sú nad limitom objemovej hmotnosti a tri pod limitom celkovej pórovitosti.

**Tab. 2** Tretí odberový cyklus – regozem, piesčitá pôda. Ornica.

Štatistická veličina	P <sub>d</sub> (g.cm <sup>-3</sup> )	KN	MKK	RVK	P <sub>N</sub>	P <sub>S</sub>	P <sub>C</sub>	VzK
		objemové %						
Str. hodnota	1,43	36,04	26,56	22,80	15,50	7,72	45,90	19,47
Chyba str. hodnoty	0,07	2,18	2,43	2,84	2,22	2,18	2,66	3,27
Medián	1,49	37,75	24,73	19,35	16,99	6,04	43,41	20,01
Smer. odchýlka	0,16	4,89	5,43	6,35	4,96	4,87	5,94	7,30
Rozptyl výberu	0,02	23,87	29,52	40,33	24,59	23,73	35,31	53,32
Minimum	1,24	28,75	20,08	17,72	8,45	2,39	40,09	9,15
Maximum	1,59	41,60	34,25	32,57	20,42	15,08	53,39	29,33
Spoľahlivosť (95,0%)	0,20	6,07	6,75	7,89	6,16	6,05	7,38	9,07

P<sub>d</sub> – objemová hmotnosť, KN - kapilárna.nasiakavosť, MKK – maximálna kapilárna kapacita, RVK – retenčná vodná kapacita, P – nekapilárna (N), semikapilárna (S), celková (C), VzK – minimálna vzdušná kapacita

**Tab. 3** Tretí odberový cyklus – regozem, piesčitá pôda. Podornica.

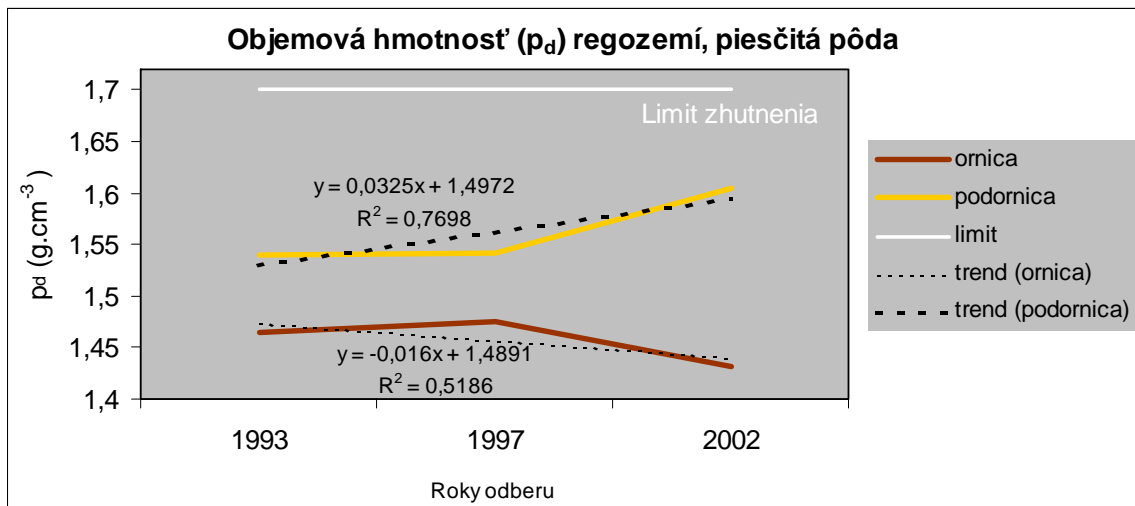
Štatistická veličina	P <sub>d</sub> (g.cm <sup>-3</sup> )	KN	MKK	RVK	P <sub>N</sub>	P <sub>S</sub>	P <sub>C</sub>	VzK
		objemové %						
Str. hodnota	1,61	31,29	25,27	21,56	11,62	6,45	39,63	14,36
Chyba str. hodnoty	0,05	2,40	1,94	2,27	0,75	1,66	1,98	1,05
Medián	1,63	29,34	22,66	20,31	11,94	5,01	38,62	14,20
Smer. odchýlka	0,12	5,89	4,74	5,55	1,83	4,07	4,86	2,56
Rozptyl výberu	0,01	34,68	22,49	30,81	3,34	16,54	23,61	6,58
Minimum	1,41	25,85	21,47	14,25	9,00	2,45	34,77	11,81
Maximum	1,73	39,08	32,01	29,89	13,46	13,16	47,39	18,71
Spoľahlivosť (95,0%)	0,13	6,18	4,98	5,83	1,92	4,27	5,10	2,69

P<sub>d</sub> – objemová hmotnosť, KN - kapilárna.nasiakavosť, MKK – maximálna kapilárna kapacita, RVK – retenčná vodná kapacita, P – nekapilárna (N), semikapilárna (S), celková (C), VzK – minimálna vzdušná kapacita

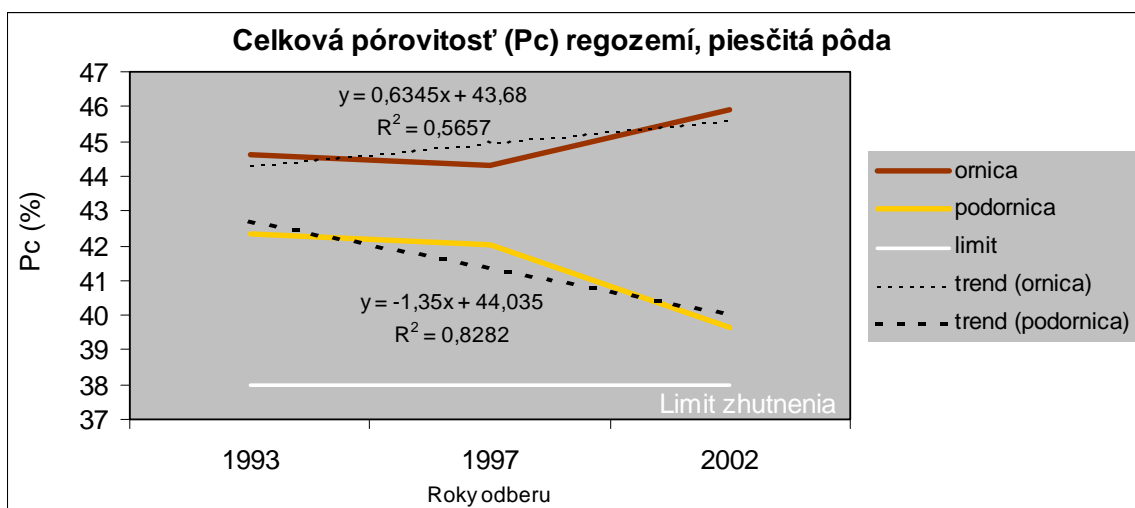
Ak porovnáme aktuálny fyzikálny stav týchto pôd z predchádzajúcimi odberovými cyklami (graf 1 až 3), môžeme pozorovať určitý trend. V rámci ornice ide o zlepšenie v prípade objemovej hmotnosti i celkovej pórovitosti. Pri podorniciach je stav opačný. Napriek kolísaniam počas celého sledovaného obdobia sú hodnoty týchto charakteristík mimo kritických intervalov.

Keď sledujeme stav niektorých ďalších fyzikálnych charakteristík (graf 3), môžeme si všimnúť nižšie hodnoty MKK a RVK a naopak vyššie prevzdušnenie, čo súvisí s nízkym obsahom ílovej frakcie pôdy (< 0,01 mm), teda nižšou vododržnosťou.

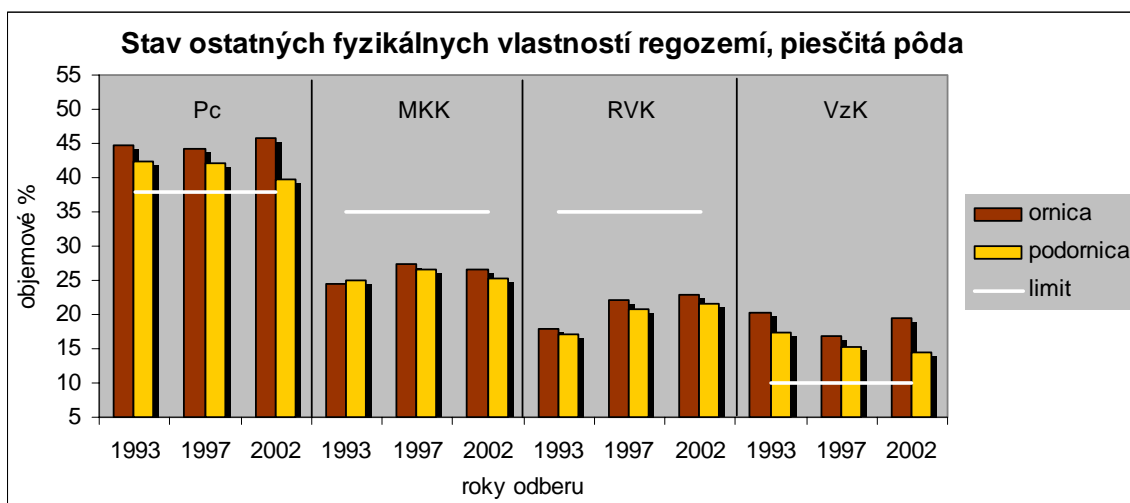
**Graf 1** Objemová hmotnosť ( $\rho_d$ ) ornice a podornice. Regozem, piesčité pôda.



**Graf 2** Celková pórovitosť ( $P_c$ ) ornice a podornice. Regozem, piesčité pôda.



**Graf 3** Stav ostatných fyzikálnych vlastností ornice a podornice v jednotlivých odberových cykloch potrebných k posúdeniu zhutnenia pôdy. Regozem, piesčitá pôda.



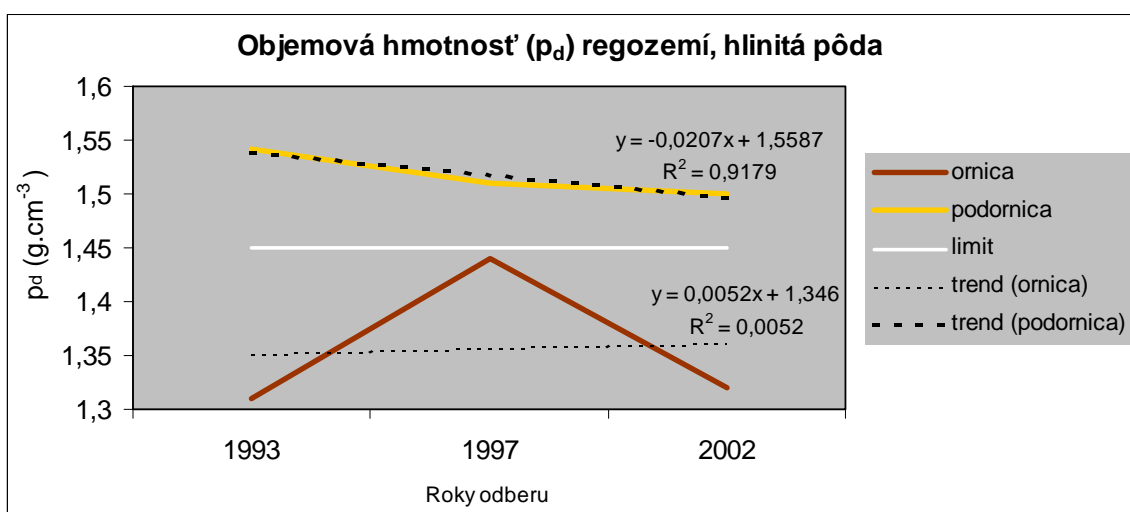
Pc – celková pórovitosť, MKK – max. kapil. kapacita, RVK – retenčná vodná kapacita, VzK – minimálna vzdušná kapacita

### Hlinité regozeme

V monitorovacej sieti sú zastúpené dvomi lokalitami, z ktorých len z jednej sú úplné údaje za všetky odberové cykly. V hlinitých pôdach je vyšší obsah ílovej frakcie (< 0,01 mm), sú v určitom intervale pôdnej vlhkosti (väčšom v porovnaní s piesčitými pôdami) tvárlivejšie, náchylnejšie na utláčanie, preto sú i limity zhutnenia prísnejšie.

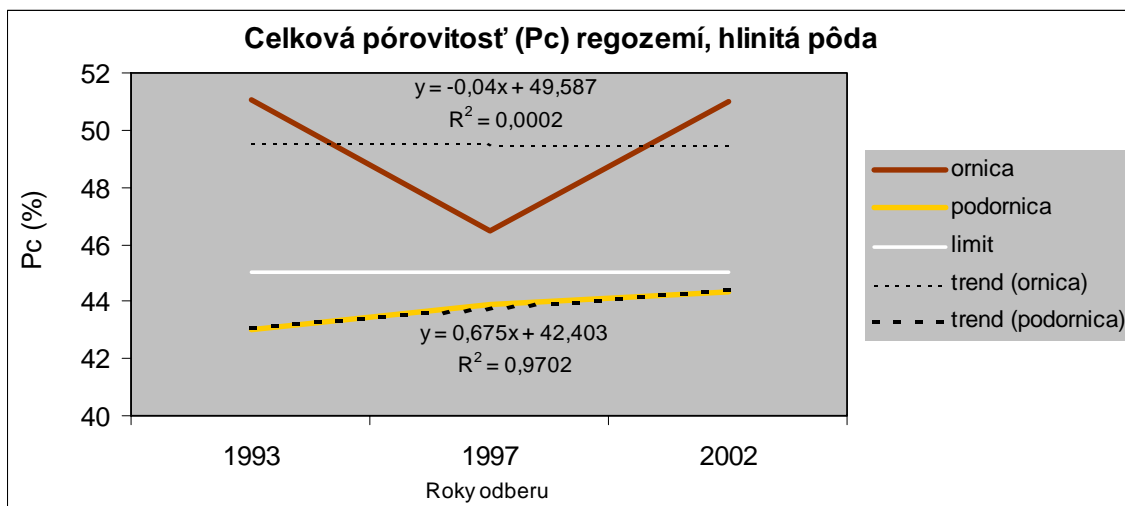
I napriek tomu, že ukazovatele fyzikálneho stavu pôdy (graf 4 a 5) dosahujú často priaznivejšie hodnoty ako pri piesčitých pôdach (vyššia celková pórovitosť, nižšia objemová hmotnosť), sú často kritické a nevyhovujú požiadavkám rastlín. Možno to pozorovať pri podornici, ktorá vo všetkých cykloch prekračuje limity tak v objemovej hmotnosti, ako aj celkovej pórovitosti. Jej fyzikálny stav sa postupne zlepšuje.

**Graf 4** Objemová hmotnosť ( $\rho_d$ ) ornice a podornice v jednotlivých odberových cykloch a trend jej vývoja. Regozem, hlinitá pôda



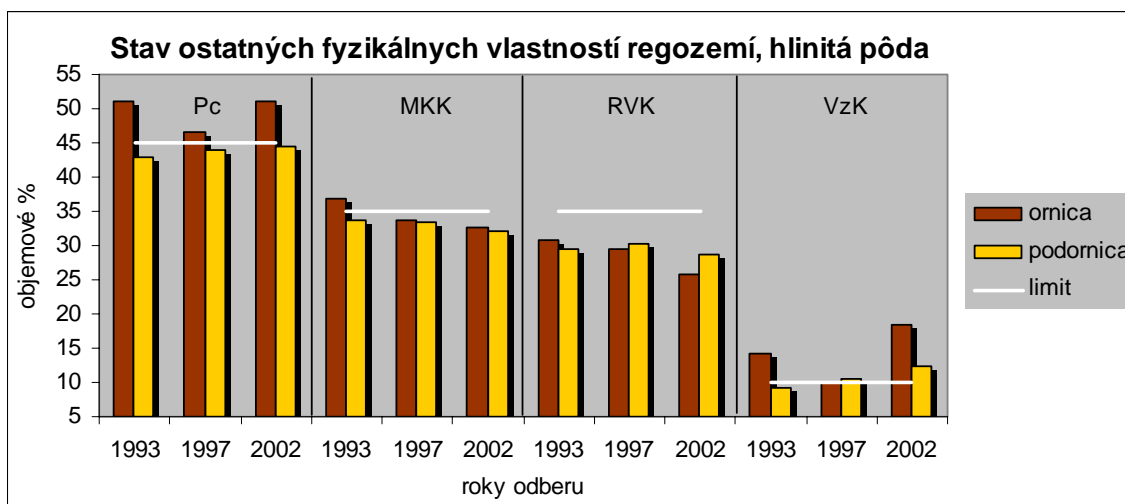
Výsledky v ornici veľmi kolíšu, pravdepodobne je to spôsobené vplyvom druhu pestovanej plodiny, príp. druhu agrotechnického zásahu v čase pred odberom vzoriek. Napriek tomu je jej fyzikálny stav ohľadom spomínaných vlastností počas celého sledovaného obdobia priaznivý.

**Graf 5** Celková pórovitosť (Pc) ornice a podornice v jednotlivých odberových cykloch a trend jej vývoja. Regozem, hlinitá pôda



Čo sa týka ostatných fyzikálnych vlastností (graf 6), zaznamenali sme pri hlinitých pôdach oproti piesčitém síce vyššiu celkovú pórovitosť, ale i vyšší obsah kapilárnych pórov. Prevdzdušnosť pôdy sa pohybuje okolo kritickej hranice. Potvrdzujú to aj iní autori (Houšková,1999, Šály,1998).

**Graf 6** Stav ostatných fyzikálnych vlastností ornice a podornice v jednotlivých odberových cykloch potrebných k posúdeniu zhutnenia pôdy. Regozem, hlinitá pôda.



Pc – celková pórovitosť, MKK – max. kapil. kapacita, RVK – retenčná vodná kapacita, VzK – minimálna vzdušná kapacita

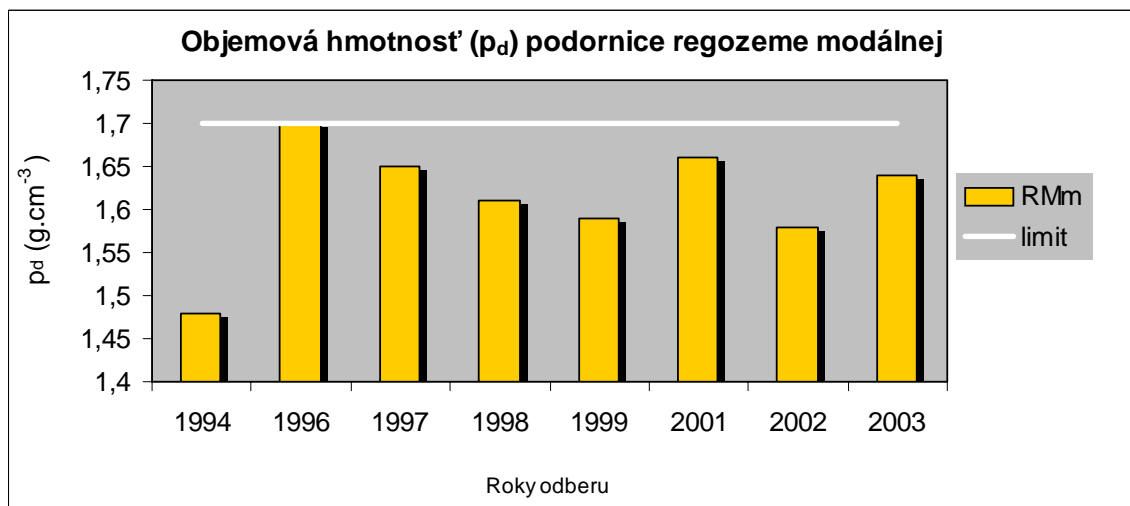


## 2. Vyhodnotenie fyzikálnych vlastností podornice v rámci kľúčových lokalít

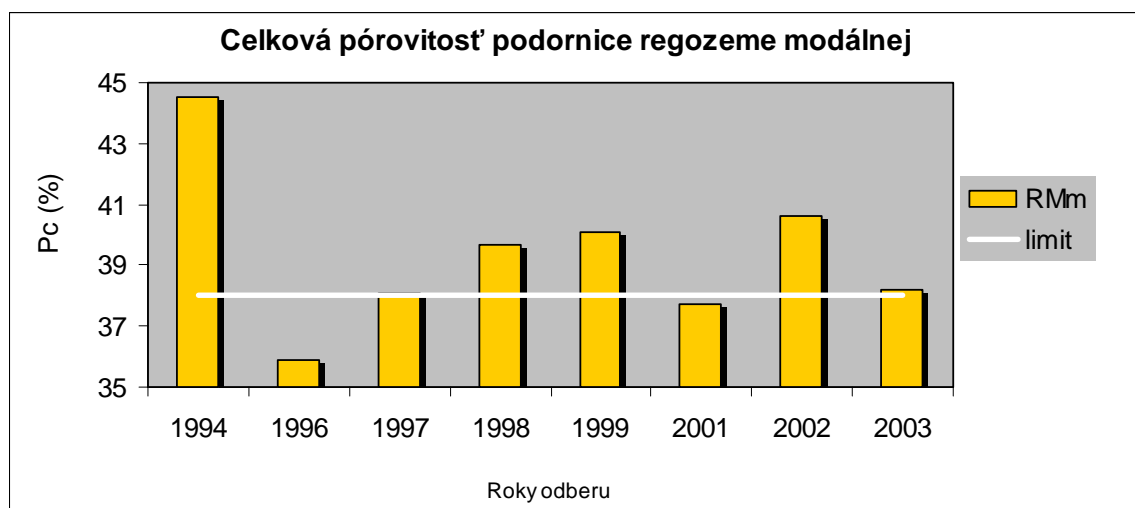
V tejto správe podľa vybraných pôdných skupín je zahrnutá kľúčová lokalita Moravský Ján. Pôda na tejto lokalite patrí medzi zrnitostne ľahké, piesčité (s obsahom častíc < 0,01 mm okolo 6 %). Z hľadiska pôdneho typu ide o regozem modálnu RMm. (Poznámka: V kľúčových lokalitách sa fyzikálne vlastnosti sledovali len v podornici orných pôd.)

Údaje fyzikálnych vlastností pôdy, zobrazené na priložených grafoch (graf 7– 11) potvrdzujú doterajšie poznatky o značnej odolnosti piesčitých pôd voči zhutneniu.

**Graf 7** Stav objemovej hmotnosti podornice regozeme modálnej v jednotlivých rokoch

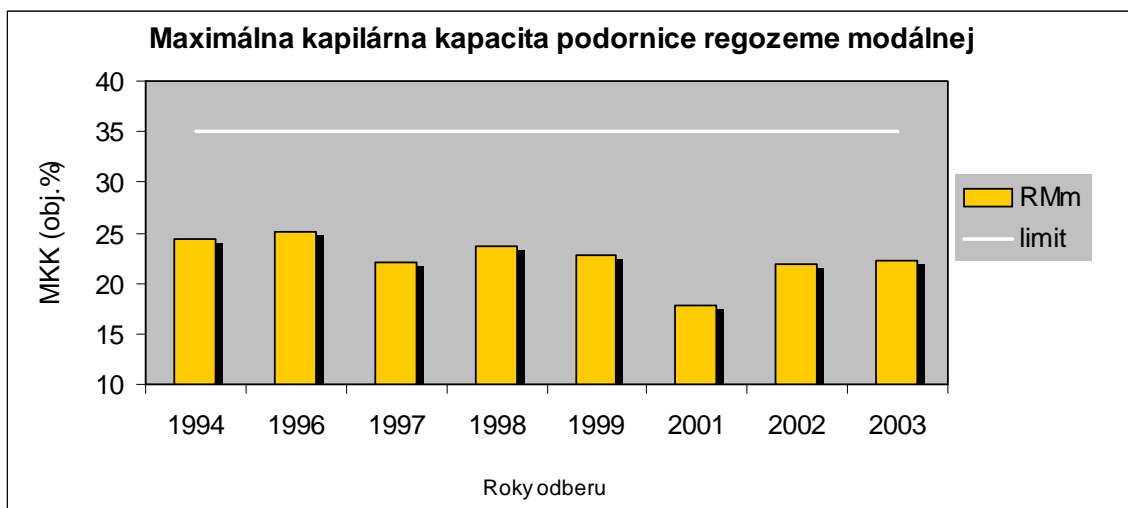


**Graf 8** Celková pórovitosť podornice regozeme modálnej v jednotlivých rokoch

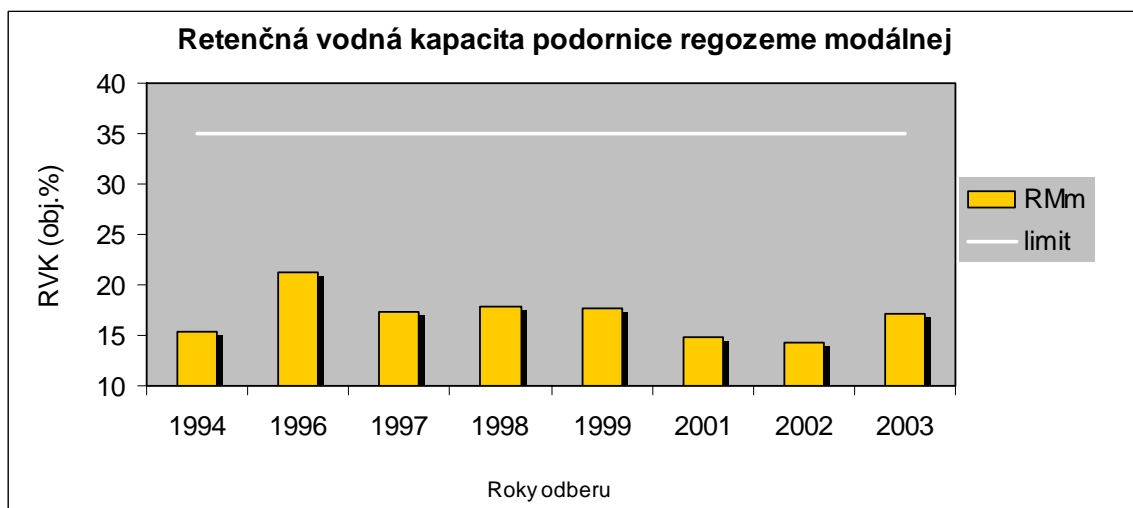


V prípade objemovej hmotnosti len s výnimkou roku 1996 si pôda udržiava podlimitné hodnoty. S pohľadu pórovitosti je situácia najhoršia, keď v dvoch rokoch (1996 a 2001) sú zaznamenané údaje nad kritickou hranicou. Pri maximálnej kapilárnej a retenčnej vodnej kapacite je stav hlboko pod limitom. Svedčí to o malej vododržnosti, čo vyplýva z príslušnosti pôdy k danému pôdному druhu. Vďaka tejto vlastnosti si podornica celé sledované obdobie udržiava vysokú prevzdušnosť.

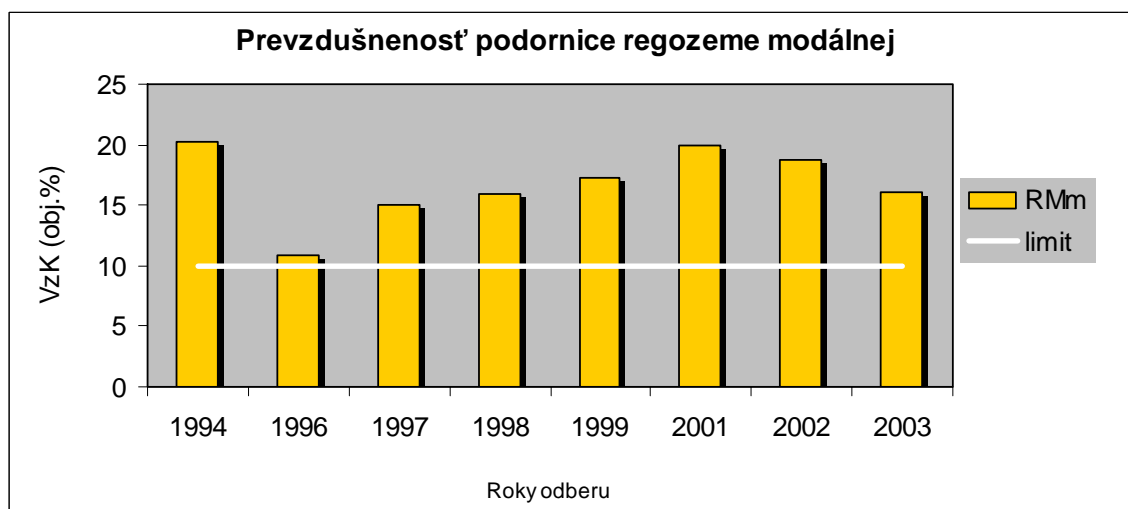
**Graf 9** Maximálna kapilárna kapacita podornice regozeme modálnej počas sledovaných rokov



**Graf 10** Retenčná vodná kapacita podornice regozeme modálnej počas sledovaných rokov



**Graf 11** Prevzdušnosť podornice regozeme modálnej počas sledovaných rokov



## **ZÁVER**

Čo sa týka piesčitých pôd opäť sa nám potvrdzuje ich značná odolnosť voči uľahňaniu, primárnemu i sekundárnemu. Potvrdzujú to výsledky tak na viacerých lokalitách v rámci základnej siete, ako aj na síce jednej kľúčovej lokalite, ale v kratších časových intervaloch. Len v ojedinelých prípadoch dochádza k prekročeniu limitov zhutnenia.

Pri hlinitých pôdach je situácia horšia. Nie sú až natoľko náchylné na utlačanie ako ťažké, ílovité pôdy, no sú intenzívne využívané, čím "trpí" predovšetkým podornica.

## **ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY**

Lhotský a kol.: Zúrodnění zhutnělých zemědělských půd, metodika ÚVTIZ, 1984

Houšková, B.: Hodnotenie fyzikálnych vlastností poľnohospodárskych pôd Slovenska. Priebežná správa za etapu: E 31 – 60 – 05, VÚPU, Bratislava, 1999, 36 s.

Šály, R.: Pedológia. TU, Zvolen, 1998, 177 s.

**ČÚ 08**

**MONITORING ERÓZIE PÔD**

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

**Spoluriešiteľ:** Ing. Miloš Širáň



## ÚVOD

Erózia pôdy patrí v celosvetovom meradle k najzávažnejším pedodegradačným procesom (spolu so zasoľovaním, zhutňovaním, acidifikáciou, desertifikáciou a kontamináciou pôd toxickými látkami), ktoré v konečnom dôsledku môžu viesť až k zníženiu produkčného potenciálu (prirodzenej úrodnosti) pôd. Jedným z dôležitých faktorov ovplyvňujúcich skutočnosť do akej miery sa môže na konkrétnej lokalite erózia prejaviť je intenzifikácia poľnohospodárskej výroby (riadi sa väčšinou trhovými podmienkami), kde protierózna ochrana pôdy je zabezpečená v nedostatočnej miere. Z tohto dôvodu má otázka monitoringu vplyvu vodnej erózie na zmeny pôdnych vlastností svoje opodstatnenie. Získavanie údajov o intenzite vodnej erózie môže slúžiť ako podklad pre uplatňovanie účinných protieróznych opatrení. Monitorovanie účinkov vodnej erózie na pôdu je od roku 1993 (boli vytyčené prvé tri transekty na sledovanie erózneho vplyvu) súčasťou Čiastkového monitorovacieho systému – Pôda.

## CIEĽ RIEŠENIA

Od roku 2000 bolo cieľom úlohy každoročné sledovanie a vyhodnocovanie vplyvu vodnej erózie na kvantitatívne zmeny vybraných pôdnych vlastností (obsah humusu, pH/KCl, zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti) na 8 erózných transektoch v priestore (priestorová diferenciácia) a v čase (časová dynamika). Nakoľko jednoročný cyklus sledovania časovej dynamiky zmien bol veľmi krátky (zmeny pôdnych parametrov sú nepatrné), od roku 2002 prechádzame na päťročný cyklus sledovania (je pravdepodobnejšie, že na sledovaných plochách prebehne výraznejšia erózna udalosť, ktorá bude mať za následok viditeľnejšiu zmenu sledovaných vlastností čo je aj v súlade so zachovaním 5 ročných cyklov). Z tohto dôvodu musíme na poľnohospodárskej pôde každoročne lokalizovať nové erózne transekty (pričom po piatich rokoch sa vrátíme na pôvodné), na ktorých sa bude sledovať vplyv erózne – akumuláčnych procesov na zmenu pôdnych parametrov.

## MATERIÁL A METÓDY

Na sledovanie vplyvu procesov vodnej erózie na kvantitatívne zmeny pôdnych parametrov (zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti, pH/KCl a obsah humusu) v čase (časová dynamika) a v priestore (priestorová diferenciácia) sme v tomto roku vytyčili štyri nové transekty, ktoré sa nachádzajú v erózne ohrozených lokalitách (z hľadiska intenzity zrážok, protieróznej odolnosti pôdy, svahovitosti, kultúre obhospodarovania atď.). Jedná sa o transekty lokalizované v blízkosti Banskej Bystrice (OP), Plášťoviec (OP) a dva transekty pri Kečove (OP, TTP). Po piatich rokoch (päťročný cyklus) sa vrátíme na spomenuté transekty a porovnáme dosiahnuté výsledky kvôli zisteniu do akej miery vplýva erózia na časovú dynamiku zmien sledovaných vlastností. V prvom roku sledovania môžeme charakterizovať vplyv erózných procesov na zmenu pôdnych vlastností len z hľadiska priestorovej diferenciácie (zmeny v profile a v rámci transektu).

Správnosť výberu transektu sme si overili na základe stanovenia erózneho odnosu pôdy, ktorý bol vypočítaný použitím USLE-rovnice (Wischmeier, Smith, 1978) pre stanovenie aktuálnej erózie. Aplikovaním uvedenej rovnice na konkrétnej lokalite získame

údaje o aktuálnej erózii (priemerné množstve odnesenej pôdy z hektára v tonách za rok). Všeobecná rovnica pre výpočet odnosu pôdy (USLE) je vyjadrená súčinom dvoch kvantitatívnych faktorov (faktor R, K) a štyroch (L, S, C, P) kvalitatívnych faktorov (Ilavská et al., 1999):

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

kde:

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

faktor R – erózna účinnosť dažďa

faktor K – protierózna odolnosť pôdy (koeficient erodovateľnosti)

faktor L – vplyv dĺžky svahu

faktor S – vplyv svahovitosti

faktor C – vplyv rastlinného krytu

faktor P – spôsob obhospodarovania

Analýzy sledovaných pôdných vlastností boli urobené podľa štandardných analytických metód používaných v rámci ČMS – Pôda v laboratóriách VÚPOP, Bratislava. Stanovenie prístupného fosforu sme tohto roku vynechali nakoľko je to pomerne variabilný ukazovateľ (vo veľkej miere ovplyvňovaný jeho prísunom do pôdy vo forme hnojív ako aj spotrebou rastlinami) a nevyjadruje vplyv vodnej erózie na pôdu v takej miere ako sme očakávali (potvrdzujú to aj výsledky z predchádzajúcich rokov).

Ako už bolo uvedené, vplyv eróznno-akumulačných procesov na pôdu sme v tomto roku monitorovali na erózných transektoch lokalizovaných v blízkosti Banskej Bystrice, Plášťoviec a Kečova. Pri obci Kečovo boli vytýčené dva transekty, ktoré sú v tesnej blízkosti na zhodnom pôdnom type, ale kultúra využívania pôdy je rôzna (OP, TTP). Snahou je porovnať vplyv erózie na pôdu pri jej odlišnom obhospodarovaní.

Na každom z uvedených erózných transektov boli odkryté a morfológicky popísané tri pôdne profily, ktoré boli lokalizované na vrchole svahu (predstavuje vrcholovo eluviálnu časť - neerodované alebo mierne erodované pôdy) môžeme ho brať ako kontrolný profil. Druhá sonda bola umiestnená na svahu v eróznnej časti transektu (erodované pôdy) a tretia v spodnej (akumulačnej) časti transektu (akumulované pôdy). Vzorky na analýzu pôdných vlastností sme odobrali z hĺbok 0-0,10; 0,25-0,30; 0,30-0,35; 0,35-0,40; 0,40-0,45 m. Z ornice, ktorá je orbou pravidelne premiešaná, odoberáme pôdnu vzorku iba z hĺbky 0-10 cm.

## DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

Na základe výsledkov priemerného erózneho odnosu pôdy, ktoré sme dosiahli aplikovaním rovnice USLE na konkrétnych lokalitách môžeme potvrdiť, že vo všetkých lokalitách sa viac či menej prejavuje vplyv eróznno-akumulačných procesov na pôdu pričom ich intenzita je rôzna (v závislosti od reliéfu, pestovanej plodiny, intenzity zrážok, spôsobu obhospodarovania atď.). Aby sme mohli vyhodnotiť stratu pôdnej hmoty spôsobenej vplyvom vodnej erózie (eróznny odnos pôdy) použijeme nasledovnú škálu hodnôt (Sviček, 2003):

strata v t/ha/rok	hodnotenie erózie
0 – 4	veľmi nízka
4 – 10	nízka
10 – 20	stredná
20 – 30	vyššia
30 – 40	vysoká
40 – 50	veľmi vysoká
viac ako 50	extrémne vysoká

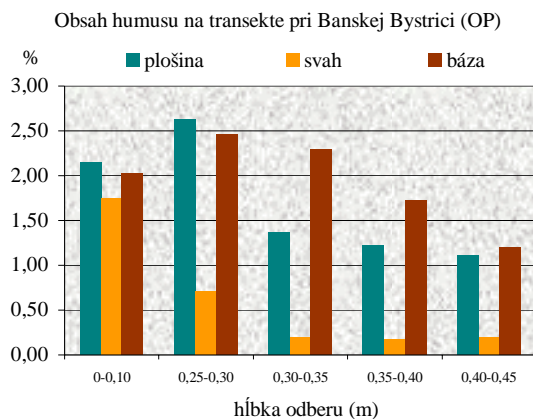
### Transekt pri Banskej Bystrici

Transekt sme lokalizovali v pomerne členitom reliéfe oblasti Slovenského stredohoria, konkrétne sa jedná o Zvolenskú kotlinu. Lokalita je charakteristická výskytom stredne ťažkých, hlbokých pôd vyvinutých prevažne na zvetralinách premiešaných substrátov (výskyt zvetralín silikátov a vápencov). Erózný transekt bol situovaný na ornej pôde, jeho dĺžka je 210m a svahovitosť 10°. Na celom sledovanom úseku sa nachádza kambizem pseudoglejová, kultizemná, rozdielna je len hĺbka profilu (najmä hrúbka humusového horizontu). Vo vrcholovej časti (je ovplyvnená eróziou len minimálne) je hrúbka humusového horizontu 0,25m, na svahu (erózna časť) je hrúbka 0,20m a v akumuláčnej časti (tu dochádza k akumulácii translokovanej pôdnej hmoty) je humusový horizont hrubý 0,45m.

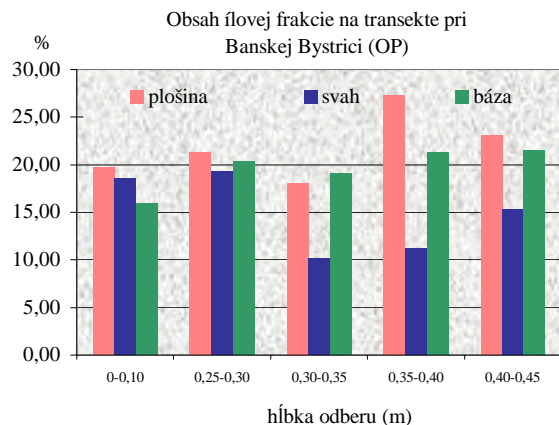
Na základe stanovenia erózneho odnosu pôdy na vybratej lokalite (bol vypočítaný použitím USLE rovnice), sme zistili priemerné množstvo vodnou eróziou pretransportovanej pôdnej hmoty (37,78 t/ha/rok). Môžeme konštatovať, že pôda na sledovanom transekte patrí do kategórie s vysokou stratou (odnosom) pôdnej hmoty. Uvedenú skutočnosť nám potvrdzuje aj priestorová diferenciácia (zmeny v priestore) sledovaných pôdnych parametrov.

Najvyšší obsah humusu sme stanovili v humusovom (orničnom) horizonte (hĺbka do 0,30m) vrcholovej (plošina) a akumuláčnej (báza) časti svahu, naopak v eróznej časti (svah) už v hĺbke 0,25-0,30 m bol jeho obsah oveľa nižší (obr. 1) a s narastajúcou hĺbkou pôdy viditeľne klesal. Podobný priebeh má obsah humusu v podornici (0,40-0,45m) v akumuláčnej časti svahu (báza) kde sú jeho hodnoty oveľa vyššie ako v eróznej časti transektu. Je to spôsobené akumuláciou pôdnej hmoty v tejto časti sledovaného úseku.

Obr. 1



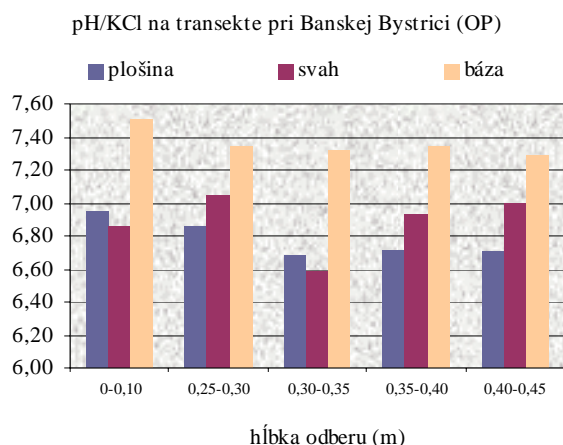
Obr. 2





Na obrázku 2 je zobrazený priestorový priebeh zastúpenie ílovej frakcie (<0,002mm) v rámci transektu (plošina, svah, báza) a v rámci jednotlivých hĺbok pôdneho profilu. V humusovom horizonte sa obsah ílovej frakcie v priebehu transektu výrazne nemení, no v podornici eróznej časti svahu je jeho percentuálne zastúpenie nižšie ako na plošine a báze.

**Obr. 3**



Nakoľko pôda vznikla na zvetralinách premiešaných substrátov (výskyt silikátov aj vápencov) hodnoty pH sa vo vrcholovej a eróznej časti svahu pohybujú okolo 7, vyššie hodnoty boli namerané v akumuláčnej časti svahu (báza) čo je zapríčinené značnou heterogenitou pôdotvorného substrátu v rámci transektu kde v spodnej časti sa zvyšuje podiel zvetralín vápencov (obr. 3).

Objemová hmotnosť ornice sa pohybuje vo všetkých častiach transektu okolo hodnoty  $1,40 \text{ g.cm}^{-3}$  (tab. 1). Sú to pomerne vysoké hodnoty, ale neprekračujú limity zhutnenia pôdy stanovené pre pôdny druh hlinité pôdy (Lhotský et al., 1984). Na základe klasifikácie pôd podľa pórovitosti (Kosil, 1973) sa ornica na celom sledovanom úseku zaraďuje medzi mierne utlačenú.

**Tab. 1** Zmeny základných fyzikálnych vlastností v jednotlivých častiach transektu

Erózný transekt	Hĺbka m	Objem. hmot. $\text{g.cm}^{-3}$	PO obj.%	Zrnitostné zloženie pôdy (frakcie %)		
				<0,002mm	0,002-0,05mm	0,05-2,0mm
B. Bystrica plošina	0-0,10	1,42	47,25	19,73	48,97	31,27
	0,30-0,40	1,59	41,15	27,31	43,52	29,15
B. Bystrica svah	0-10	1,47	45,14	18,56	39,41	42,01
	0,30-0,40	1,76	33,14	11,18	19,40	69,40
B. Bystrica báza	0-0,10	1,37	49,48	15,95	31,50	52,52
	0,30-0,40	1,62	40,01	21,30	41,92	36,77

PO - celková pórovitosť

### Transekt pri Plášťovciach

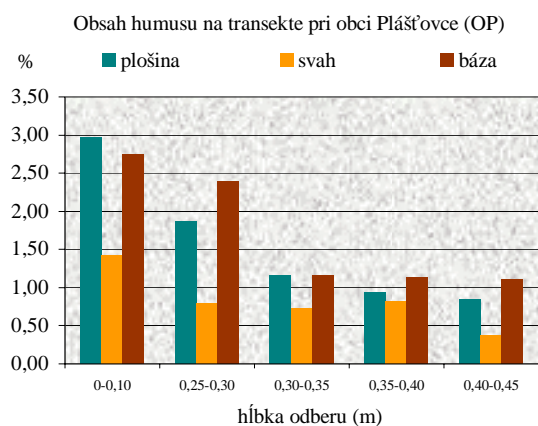
Lokalita na ktorej bol situovaný erózný transekt sa nachádza v členitom reliéfe charakteristickom pre oblasť Slovenského stredohoria, celok Krupinská planina. V oblasti sa vyskytujú stredne ťažké až ťažké, hlboké pôdy predovšetkým hnedozemného typu vyvinuté na polygenetických substrátoch. Transekt je umiestnený na ornej pôde so svahovitosťou  $11^\circ$ ,

jeho dĺžka je 400m. Vo vrcholovej a svahovej časti transektu sa nachádza hnedozem pseudoglejová kultizemná. Báza svahu (akumulačná časť transektu) je charakteristická hnedozemou modálnou kultizemnou. Orbou premiešaný humusový horizont má vo všetkých častiach transektu približne rovnakú hrúbku (do 0,30m).

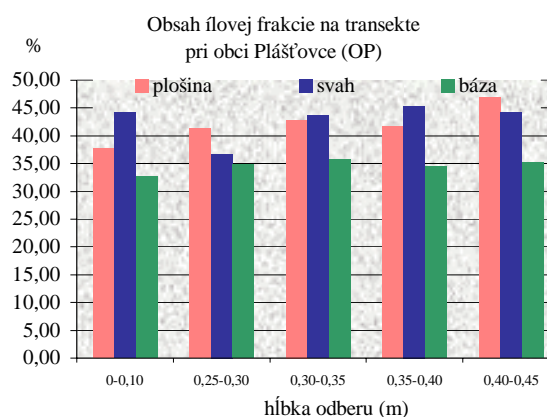
Vypočítaním aktuálneho množstva vodnou eróziou pretransportovanej pôdnej hmoty (aplikovanie všeobecnej rovnice straty pôdnej hmoty) sme zistili, že pôda na sledovanej lokalite patrí do kategórie extrémne ohrozená vodnou eróziou (131,13 t/ha/rok). Veľký vplyv na túto skutočnosť má predovšetkým dĺžka honu a svahovitosť, pôdny druh, pestovaná plodina, ako aj intenzita zrážok v tejto oblasti. O prítomnosti eróznno-akumulačných procesov svedčia aj zmeny sledovaných pôdnych vlastností v priestore (priestorová diferenciácia).

Obrázok 4 zobrazuje priestorový priebeh obsahu humusu v pôde erózneho transektu. Zjavne najnižší obsah humusu sme stanovili vo všetkých hĺbkach pôdneho profilu nachádzajúceho sa v eróznej časti svahu, čo je zapríčinené odnosom pôdnej hmoty z horných vrstiev pôdneho profilu, ktoré sú bohatšie na humus. Následnú akumuláciu pretransportovanej pôdnej hmoty v báze svahu potvrdzuje pomerne vysoký obsah humusu v hĺbke 0,45m.

**Obr. 4**



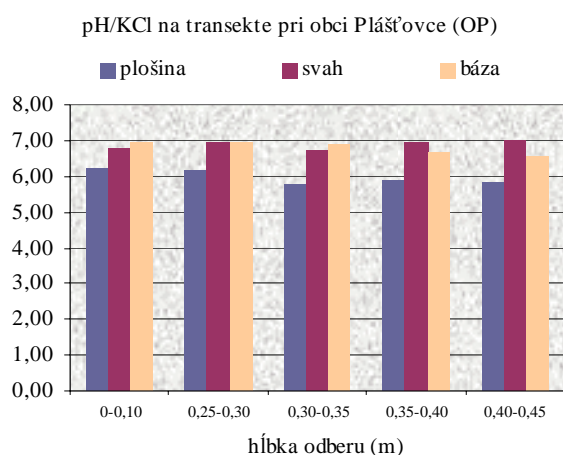
**Obr. 5**



Zvýšený obsah ílovej frakcie (<0,002mm) v orničnom horizonte (a vlastne vo všetkých hĺbkach pôdneho profilu) eróznej časti svahu (obr. 5) potvrdzujú skutočnosť, že odnosom vrchných vrstiev pôdy sa na povrch dostáva ťažšie podložie (pôdotvorným substrátom sú polygenetické hliny). Pôdy v tejto časti transektu sú pôdneho druhu – ťažká. Naopak v báze svahu (akumulačná časť) ani v hĺbke 0,45m nie je taký vysoký obsah ílovej frakcie ako v eróznej časti (pôdny druh – stredná).

Výrazné zmeny pôdnej reakcie (obr. 6) neboli v rámci jednotlivých pôdnych profilov pozorované, čo môže byť spôsobené tým že pôda nachádzajúca sa na transekte vznikla na takmer identickom pôdotvornom substráte.

**Obr. 6**



Aj napriek pomerne vysokým obsahom ílovej frakcie (<0,002mm) v ornici na sledovanom transekte pôdy neprekračujú limit zhutnenia a na základe objemovej hmotnosti ich môžeme zaradiť medzi pôdy (okrem eróznej časti svahu), ktoré vytvárajú pre väčšinu poľnohospodárskych plodín optimálne podmienky vodného, vzdušného a tepelného režimu (Hanes et al, 1996). Hodnotami celkovej pórovitosti sa ornica na celom sledovanom úseku zaraďuje do kategórie mierne utlačená.

**Tab. 2** Zmeny základných fyzikálnych vlastností v jednotlivých častiach transektu

Erózný transekt	Hĺbka m	Objem. hmot. g.cm <sup>-3</sup>	PO obj.%	Zrnitostné zloženie pôdy (frakcie %)		
				<0,002mm	0,002-0,05mm	0,05-2,0mm
Plášťovce plošina	0-0,10	1,15	56,65	37,69	49,44	12,85
	0,30-0,40	1,48	45,18	41,68	45,94	12,35
Plášťovce svah	0-10	1,37	49,25	44,20	44,11	11,65
	0,30-0,40	1,45	47,17	45,34	43,62	11,02
Plášťovce báza	0-0,10	1,34	49,91	32,74	54,41	12,83
	0,30-0,40	1,39	48,95	34,39	52,51	13,08

PO - celková pórovitosť

## Transekt pri Kečove

Monitorovacie plochy sa nachádzajú v členitom reliéfe oblasti Slovenského rudohoria, celok Slovenský kras. Transekt sme lokalizovali v blízkosti vedľa seba na ornej pôde a TTP. Nakoľko sa nachádzajú v lokalite charakteristickej intenzívnymi privalovými zrážkami, chceme porovnať ich vplyv na zmenu pôdných vlastností pri rozdielnom obhospodarovaní pôdy (rovnaký pôdny typ, skoro zhodná svahovitosť). Porovnanie (zmena parametrov v čase) bude možné uskutočniť až keď sa odberový cyklus zopakuje (5-ročný cyklus).

### Transekt na TTP

Materskou horninou, ktorá dala základ vzniku pôdy nachádzajúcich sa vo vybranej lokalite sú neogénne sedimenty napriek tomu, že sa transekt nachádza v Slovenskom krase,

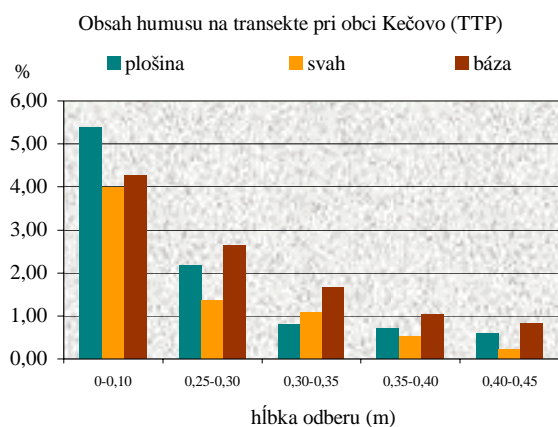
ktorý je charakteristický predovšetkým výskytom vápencov a dolomitických vápencov. Na celej ploche sledovanej lokality sa nachádza stredne ťažká, stredne hlboká kambizem pseudoglejová. Svah má sklon 8° a jeho dĺžka je 150m. V minulosti bol transekt intenzívne využívaný ako orná pôda. Zmenu kultúry využívania spôsobil fakt, že tu intenzívne pôsobila vodná erózia. Túto skutočnosť potvrdzujú aj rozdielne hrúbky humusových horizontov (vrchol svahu – 0,30m, erózna časť – 0,20m, báza svahu – 0,40m).

Už niekoľko rokov je transekt zatravněný čo sa prejavuje znížením vplyvu vodnej erózie na pôdu. Použitím všeobecnej rovnice pre výpočet odnosu pôdnej hmoty (USLE), pôdu tohto transektu môžeme v súčasnosti zaraďovať do kategórie slabo ohrozená vodnou eróziou pričom aktuálna hodnota straty pôdy je momentálne iba 0,25 t/ha/rok.

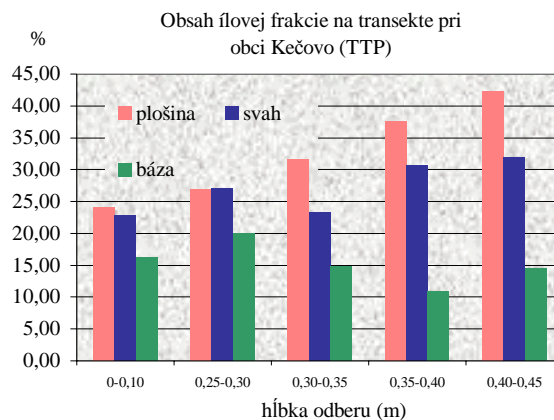
Na prítomnosť vodnej erózie, ktorá tu v minulosti pôsobila na pôdu poukazuje priestorová diferenciácia obsahu humusu v rámci transektu, ale aj v jednotlivých pôdnych profiloch (obr. 7). V humusovom horizonte všetkých sond je jeho obsah pomerne vysoký, nakoľko je pôda už niekoľko rokov využívaná ako TTP. V eróznej časti svahu sa v hĺbke 0,25-0,30 m obsah humusu viditeľne znížil (v tejto časti transektu je to už podornica) a s pribúdajúcou hĺbkou výrazne klesajú. Naopak v akumuláčnej časti (báza) ešte v hĺbke 0,45m je jeho obsah približne 1%.

Obsah ílovej frakcie (<0,002mm) v pôde je pravdepodobne ovplyvnený prirodzenou heterogenitou pôdotvorných substrátov na sledovanej lokalite keď v podornici vrcholovej a eróznej časti svahu sme namerali vyššie obsahy ako v akumuláčnej časti (báza), pritom v ornici všetkých troch profilov bol obsah ílovej frakcie približne rovnaký (obr. 8).

**Obr. 7**

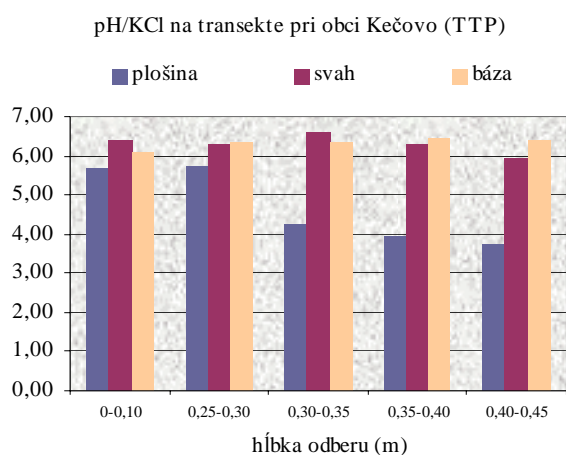


**Obr. 8**



O heterogenite pôdotvorného substrátu svedčí aj priestorový priebeh pôdnej reakcie. Ako už bolo uvedené, materskou horninou, ktorá dala základ vzniku pôd nachádzajúcich sa v tejto lokalite sú neogénne sedimenty, ktoré však môžu byť spodných častiach svahu premiešané so zvetralinami vápencov nakoľko v blízkosti sledovaného územia sa pôdy vyvíjali práve na zvetralinách vápencov. Substrát veľkou mierou ovplyvňuje pôdnu reakciu, ktorá je v ornici vrcholovej časti svahu slabo kyslá a so zväčšujúcou sa hĺbkou pH/KCl ešte výraznejšie klesá (obr. 9). Naopak v báze (akumuláčnej časti svahu) sa pH/KCl pohybuje okolo hodnoty 6 v celom pôdnom profile.

**Obr. 9**



Vplyv eróznno-akumulačných procesov na zmeny základných fyzikálnych vlastností v priestore je minimálny. Ornica má podobnú objemovú hmotnosť aj celkovú pórovitosť vo všetkých častiach sledovaného územia (tab. 3).

**Tab. 3** Zmeny základných fyzikálnych vlastností v jednotlivých častiach transektu

Eróznny transekt	Hĺbka m	Objem. hmot. g.cm <sup>-3</sup>	PO obj.%	Zrnitostné zloženie pôdy (frakcie %)		
				<0,002mm	0,002-0,05mm	0,05-2,0mm
Kečovo (TTP) plošina	0-0,10	1,12	57,36	24,12	53,41	22,40
	0,30-0,40	1,42	48,54	37,54	46,98	15,45
Kečovo (TTP) svah	0-10	1,24	53,37	22,78	53,22	23,90
	0,30-0,40	1,54	43,14	30,73	46,72	22,52
Kečovo (TTP) báza	0-0,10	1,21	53,76	16,23	50,63	33,12
	0,30-0,40	1,14	46,98	10,88	50,15	38,95

PO - celková pórovitosť

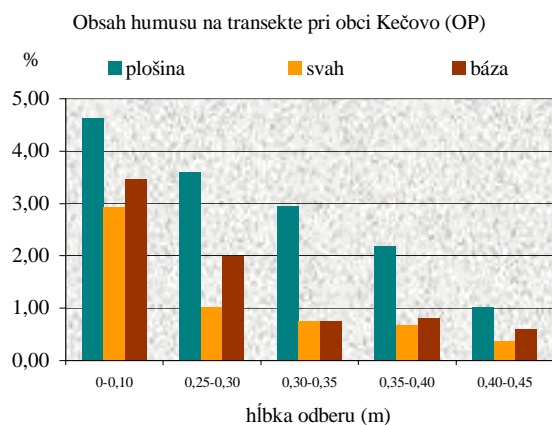
### Transekt na OP

Tento transekt sa nachádza v blízkosti transektu na TTP, rozdiel je len v pôdotvornom substráte akumuláčnej časti svahu, ktorým sú polygenetické hliny a v hĺbke pôdy (hlboká). Na transekte sa nachádza stredne ťažká kambizem pseudoglejová kultizemná, v báze svahu pseudoglej modálny kultizemný. Jeho dĺžka je 110m a svahovitosť 10°. Orbou premiešaný humusový horizont má na celej ploche transektu približne rovnakú hrúbku (do 0,30m), len v eróznej časti je to 0,25m. Najhlbší profil sa nachádza v báze svahu (akumulačná časť transektu), kde Bg horizont siaha až do hĺbky 1,20m (na svahu Bvg horizont končí v hĺbke 0,50m).

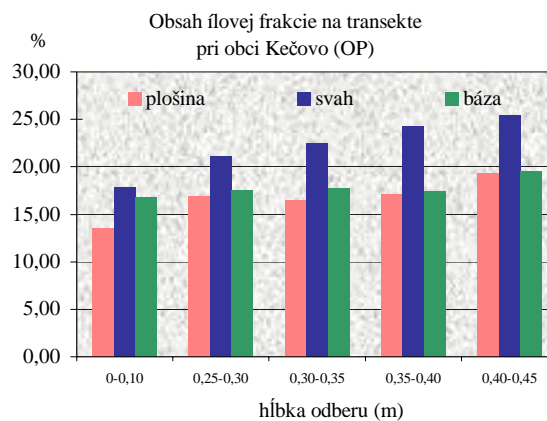
Pôda na sledovanej lokalite zaraďujeme (na základe USLE-rovnice) do kategórie s nízkym vplyvom vodnej erózie na pôdu (priemerný aktuálny odnos pôdy je 6,23 t/ha/rok). Pri výbere transektu sme očakávali, že na lokalite bude vplyv eróznno-akumulačných procesov na pôdu oveľa intenzívnejší. Možno práve dĺžka transektu (110m) ako aj pestovaná plodina (husto siata obilnina) zabráňujú tomu aby sa vplyv vodnej erózie na priestorové zmeny pôdných parametrov prejavil vo väčšej miere.

Ornica na celom úseku je charakterizovaná pomerne vysokým obsahom humusu (obr. 10). Jeho viditeľné zníženie je pozorované v hĺbke pod 0,25m v eróznej časti (svah), čo je spôsobené premiestnením vrchných častí pôdneho profilu do akumuláčnej časti (báza) sledovaného územia. Translokáciou pôdnej hmoty z tejto časti svahu sa na povrch dostáva zrnitostne ťažšie podložie o čom svedčí aj vyšší obsah ílovej frakcie ako v ostatných častiach transektu (obr. 11).

**Obr. 10**

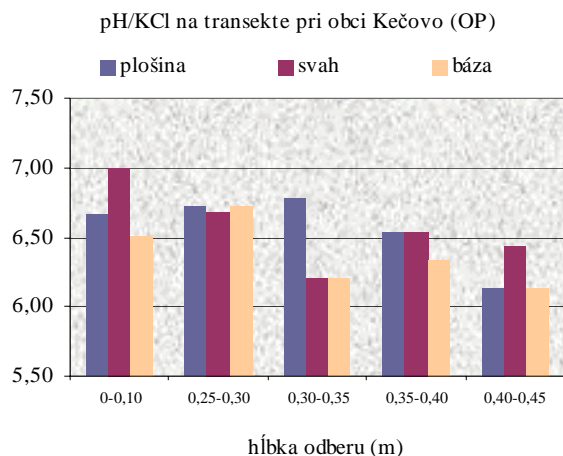


**Obr. 11**



Erózne procesy výraznejšie neovplyvnili zmeny pôdnej reakcie v jednotlivých profiloch a v rámci transektu (obr. 12). pH okolo 6,50 a viac bolo namerané v humusových horizontoch všetkých troch sledovaných úsekov transektu (vrchol, svah, báza) a s pribúdajúcou hĺbkou hodnoty pôdnej reakcie mierne poklesli (vo všeobecnosti sa aj tu pH pohybuje nad hodnotou 6,20).

**Obr. 12**



Pôda na sledovanom transekte vytvára pre väčšinu poľnohospodárskych plodín optimálne podmienky vodného, vzdušného a tepelného režimu. Môžeme to konštatovať na základe objemovej hmotnosti stanovenej v ornici a podornici. Na vrcholovej časti svahu je pôda kyprá, v ostatných častiach mierne utlačená (Kosil,1973). Priestorová diferenciácia zmien fyzikálnych vlastností vplyvom pôsobenia erózných procesov je nevýrazná (tab. 4).

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

Erózný transekt	Hĺbka m	Objem. hmot. g.cm <sup>-3</sup>	PO obj. %	Zrnitostné zloženie pôdy (frakcie %)		
				<0,002mm	0,002- 0,05mm	0,05-2,0mm
Kečovo (OP) plošina	0-0,10	1,12	56,97	13,45	53,28	32,72
	0,30-0,40	1,37	48,26	17,10	57,51	25,38
Kečovo (OP) svah	0-10	1,34	49,62	17,81	51,61	30,54
	0,30-0,40	1,41	47,28	24,25	55,50	20,27
Kečovo (OP) báza	0-0,10	1,27	51,81	16,77	50,06	23,11
	0,30-0,40	1,33	50,22	17,48	61,42	21,07

PO - celková pórovitosť

## ZÁVER

Sledovanie vplyvu eróznno-akumulačných procesov na zmenu sledovaných pôdných parametrov (zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti, pH/KCl, obsah humusu) v priestore (priestorová diferenciácia) sme uskutočnili na štyroch novo-lokalizovaných erózných transektoch (Banská Bystrica, Plášťovce, 2x Kečovo). Transekty boli situované v lokalitách, na ktorých sme predpokladali intenzívne pôsobenie vodnej erózie na pôdu. Časovú dynamiku zmien sledovaných vlastností (zmeny v čase) budeme schopní vyhodnotiť až po piatich rokoch (5-ročný odberový cyklus) kedy sa na spomínané transekty kvôli odberom vrátíme a porovnáme získané výsledky z oboch cyklov.

Prítomnosť vplyvu erózných procesov na pôdu potvrdili výsledky výpočtov aktuálnej straty pôdnej hmoty, ktoré sme uskutočnili aplikáciou USLE-rovnice (všeobecná rovnica odnosu pôdy) v konkrétnej lokalite. Na základe dosiahnutých hodnôt (množstvo vodnou eróziou pretransportovanej pôdnej hmoty z hektára za rok) môžeme konštatovať, že eróznno-akumulačné procesy prebiehajú, alebo v minulosti prebiehali (Kečovo – TTP) na každom z vybraných transektov, ale ich intenzita je všade rozdielna. Vysoký a extrémny vplyv vodnej erózie na pôdu bol zaznamenaný len na dvoch transektoch (Banská Bystrica, Plášťovce). Monitorovaním zmien jednotlivých pôdných parametrov na konkrétnej lokalite môžeme upresniť výsledky získané aplikovaním USLE-rovnice.

Relatívne dobrým indikátorom pôsobenia vodnej erózie na pôdu je obsah humusu, nakoľko humus v pôde je pomerne stály faktor. Kvantitatívne zmeny jeho obsahu v priestore (priestorová diferenciácia) sme zaznamenali na všetkých transektoch, ale tam kde je vplyv vodnej erózie na pôdu intenzívnejší (podľa USLE-rovnice) aj zmeny v jeho obsahu sú výraznejšie. Konkrétne sa jedná o lokality pri Banskej Bystrici a Plášťovciach. Najnižšie hodnoty obsahu humusu v celom profile sme namerali v erózných častiach svahov, naopak pomerne vysoké hodnoty do značnej hĺbky boli zaznamenané v bázach svahov (akumulačná časť), o čom svedčí aj hrúbka humusových horizontov, ktorá je na svahu viditeľne menšia ako v akumulačnej časti (pretransportovanie pôdnej hmoty).

Zaujímavé je porovnanie transektov nachádzajúcich sa v tesnej blízkosti, ale s rozdielnym spôsobom obhospodarovania (Kečovo – OP, TTP). Transekt lokalizovaný na ornej pôde je podľa výsledkov všeobecnej rovnice odnosu pôdnej hmoty (USLE) slabo ohrozený vodnou eróziou, čo potvrdzujú aj výsledky zmien sledovaných vlastností (môže to byť ovplyvnené krátkosťou transektu ako aj pestovanou plodinou, ktorou je husto siata obilnina). Naopak pôda na transekte nachádzajúcom sa na TTP bola na základe USLE-rovnice zaradená tiež do kategórie slabo ohrozená, ale zmeny sledovaných vlastností v priestore

vypovedajú o v minulosti intenzívnom pôsobení vodnej erózie na pôdu. Je to pozostatok z obdobia, kedy sa pôda na tejto lokalite intenzívne poľnohospodársky využívala.

Výraznejšie priestorové zmeny pôdnej reakcie sme zaznamenali len na transektoch pri Banskej Bystrici a Kečove (TTP). V prevažnej miere je to však spôsobené heterogenitou pôdotvorného substrátu na uvedených lokalitách ako eróznymi procesmi.

Možný vplyv vodnej erózie na priestorovú diferenciáciu ťavej frakcie (<0,002mm) sme pozorovali len na transektoch v Plášťovciach a Kečove (OP), kde odnosom vrchných vrstiev pôdy z eróznej časti svahu sa dostáva na povrch zrnitostne ťažšie podložie, čo zákonite vedie k zvýšeniu obsahu ťavej frakcie už vo vrchných častiach pôdneho profilu. Na iných transektoch je priestorová zmena obsahu ťlu spôsobená pravdepodobne heterogenitou pôdotvorných substrátov.

## POUŽITÁ LITERATÚRA

- Hanes, J., Zaujec, A., Sisák, P., Linkeš, V., Mucha, V., Čurlík, J.: Pedológia, SPU Nitra, 1996, 119 s.
- Ilavská, B., Sviček, M., Granec M.: Potential and actual water erosion assessment, In: Vedecké práce, 22, VÚPOP, Bratislava, 1999, p. 55-62Kosil, V. et al.: Půdoznalectví I. II. SPN Praha, 1973
- Lhotský, J., Váchal, J., Ehrlich, P.: Zúrodnění zhutněných zemědělských půd, metodika ÚVTIZ,1984
- Sviček, M.: Modelovanie potenciálnej erózie a detekcia plôch erodovanej pôdy na Trnavskej pahorkatine a Krupinskej planine za použitia metód diaľkového prieskumu Zeme, In:
- Nestroy, O., Jambor, P.: Aspekty vodnej erózie v Rakúsku, Maďarsku a na Slovensku, VÚPOP, Bratislava, 2003, s. 137-153
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D.: Predicting rainfall erosion losses – Guide to conservation planning, Agricultural Handbook 537, USDA, 1978





## **SUBSYSTÉM**

### **PLOŠNÝ PRIESKUM KONTAMINÁCIE POĽNOHOSPODÁRSKYCH PÔD**

**Organizácia:** Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky,  
Bratislava

**Zodpovedný riešiteľ:** Ing. Juliana Schlosserová, CSc.  
Ing. Vlasta Čepková



## PLOŠNÝ PRIESKUM KONTAMINÁCIE PÔD ZA ROK 2003

Plošný prieskum kontaminácie poľnohospodárskej pôdy v SR v roku 2003 na obsahy kontaminujúcich látok je tretím rokom v III. cykle, ktorý začal v roku 2001 a bude pokračovať až do roku 2005. Jedná sa o subsystém ČMS-Pôda a je priamo prepojený so systémom agrochemického skúšania pôd tým, že využíva organizovaný odber pôdných 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 cieleného monitoringu), kde sa sledujú vybrané parametre Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, As a niektoré doplňujúce parametre podľa požiadaviek koordináčného centra.

Predkladaná ročná správa a výsledky reprezentujú stav vykonaných prác k 15. 11. 2003. Za obdobie od 15. 11. 2002 – 15. 11. 2003 v rámci PPKP 2002 a PPKP 2003 sa celkovo analyzovalo 1229 pôdných vzoriek s počtom celkovo vykonaných analýz 11 700.

Dokončili sa analýzy pôdných vzoriek z vybraných katastrálnych území, ktoré boli zaradené do PPKP v roku 2002. Analyzovalo sa celkom 883 pôdných vzoriek na anorganické a organické kontaminanty. U 883 pôdných vzoriek sa vykonalo celkom 7822 analýz. Prehľad počtu vzoriek a vykonaných analýz je v tabuľke č. 1. Stanovovali sa obsahy anorganických kontaminantov u 8 parametrov a tým sa vykonalo 2236 analýz a u 108 pôdných vzoriek sa sledovali aj obsahy 12 parametrov chlórovaných uhl'ovodíkov, čím sa vykonalo 1296 analýz.

Zastúpenie počtu vzoriek v jednotlivých regiónoch bolo nasledovné:

118 pôdných vzoriek zo západoslovenského regiónu s počtom analýz 338 na anorganické kontaminanty;

465 pôdných vzoriek zo stredoslovenského regiónu bolo analyzovaných na anorganické kontaminanty a u 91 vzoriek sa sledovali aj obsahy chlórovaných uhl'ovodíkov. Celkový počet analýz bol 2388;

300 pôdných vzoriek z východoslovenského regiónu sa analyzovalo na niektoré z vybraných parametrov: Pb, Cd, Cr, Ni, As, Hg, Cu, Zn a chlórované uhl'ovodíky v celkovom počte 806 analýz.

Prehľad kontrolovanej rozlohy poľnohospodárskej pôdy, počty honov a parametrov za rok 2002 uvádzame v tabuľke č. 2. Analyzovaných 883 pôdných vzoriek reprezentuje rozlohu 22634,7 ha o počte 731 honov zo 64 podnikov. Z uvedenej kontrolovanej rozlohy bolo 2476,6 ha nadlimitných, čo predstavuje 85 honov.

Limitné hodnoty sledovaných parametrov pre pôdu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  suchej hmoty) podľa rozhodnutia MP SR č. 531/1994-540

Parameter	Limit	Parameter	Limit
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 uhl'ovodíky (suma)	1,0

Hodnoty sledovaných parametrov v členení podľa okresov sú uvedené v tabuľke č. 3. V tabuľke č. 4 sú uvedené nadlimitné obsahy jednotlivých parametrov v členení podľa okresov.

V rámci PPKP 2003 sa analyzovalo 346 pôdnych vzoriek zaradených do KCM pre rok 2003 zo západoslovenského regiónu, ktoré boli analyzované na P, K, Mg a anorganické kontaminanty v celkovom počte analýz 3878 (tabuľka č. 5). Sledované anorganické kontaminanty boli kontrolované v 19 poľnohospodárskych podnikoch, čo predstavuje 23379,0 ha poľnohospodárskej pôdy o počte honov 343. Z tejto kontrolovanej výmery pôdy bolo 545 ha nadlimitných, čo predstavuje 6 honov v 4 poľnohospodárskych podnikoch. Výsledky v požadovanom členení sú spracované v tabuľkách č. 6 až č. 8. Analýzy pôdnych vzoriek ešte pokračujú.

**Prehľad počtu vzoriek a vykonaných analýz v rámci PPKP 2002 - odberový rok 2001**  
(od 15. 11. 2002 - 15. 11. 2003)

**Tab. 1**

Počet		Počet nadlimitných		Parametre	
analýz	vzoriek	analýz	vzoriek	Kód	Názov
862	862	0	0	54112	Horčík
862	862	0	0	54115	Fosfor
862	862	49	49	54119	Draslík
187	187	2	2	54124	Chróm
87	87	0	0	54128	Nikel
70	70	10	10	54129	Meď
149	149	16	16	54130	Zinok
312	312	33	33	54133	Arzén
549	549	34	34	54148	Kadmium
437	437	49	49	54180	Ortuť
445	445	21	21	54182	Olovo
842	842	0	0	54998	Rozloha honu
862	862	0	0	54999	pH
108	108	0	0	58302	DDE
108	108	0	0	58304	Suma DDT
108	108	0	0	58305	DDD
108	108	0	0	58306	Alfa HCH
108	108	0	0	58307	Beta HCH
108	108	0	0	58308	Gama HCH
108	108	0	0	58312	Heptachlór
108	108	0	0	58313	Heptachlór-epoxid
108	108	0	0	58314	Endrín
108	108	0	0	58315	Dieldrín
108	108	0	0	58316	Aldrin
108	108	0	0	58318	Suma CLRH
<b>7822</b>	<b>883</b>	<b>214</b>	<b>126</b>	<b>SPOLU</b>	

**Prehľad kontrolovanej rozlohy, počtu honov, parametrov v rámci PPKP 2002 - odberový rok 2001**  
(od 15. 11. 2002 - 15. 11. 2003)

**Tab. 2**

Agis	Názov okresu	Kontrolované hony		Sledované parametre	Nadlimitné hony		Nadlimitné parametre
		ha	počty		ha	počty	
108	Senec	776,0	12	Cr,	-	-	
307	Prievidza	1758,0	108	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	217,0	15	Cr,As,Hg,
402	Levice	2772,7	51	As,Zn,Cd, Hg,Pb,	1076,6	20	As,Zn,Cd, Hg,Pb,
405	Šaľa	1611,0	20	Ni,	-	-	
502	Čadca	40,0	4	Cd,	-	-	
503	Dolný Kubín	546,0	41	Cd,Hg,Pb,	62,0	3	Cd,
507	Námestovo	1157,0	56	Cr,Cd,Pb,	79,0	4	Cd,
604	Detva	337,0	36	Ni,As,Hg,	-	-	
605	Krupina	1198,0	62	Cd,Hg,Pb,	22,0	3	Cd,Hg,Pb,
610	Veľký Krtíš	1879,0	90	chlór.uhl. ,	-	-	
613	Žiar nad Hronom	399,0	24	As,Zn,Cd, Hg,Pb,	116,0	9	As,Zn,Cd, Hg,Pb,
701	Bardejov	515,0	13	Cd,	-	-	
702	Humenné	1034,0	29	Ni,Zn,Cd,chlór.uhl. ,	30,0	1	Cd,
704	Levoča	884,0	20	Hg,	-	-	
706	Poprad	1064,0	20	Cd,	-	-	
707	Prešov	285,0	7	Cd,	-	-	
708	Sabinov	432,0	6	Ni,Cu,Cd,	-	-	
712	Svidník	87,0	3	Cd,	-	-	
713	Vranov nad Topľou	900,0	16	Cd,	-	-	
801	Gelnica	241,0	14	As,Cu,Zn,Cd, Hg,Pb,	241,0	14	As,Cu,Zn,Cd, Hg,Pb,
806	Košice - okolie	1886,0	34	As,Cu,Zn,Cd,Hg,Pb,	168,0	3	As,Cd,Hg,Pb,
808	Rožňava	631,0	18	As,Hg,Pb,	465,0	13	Hg,
810	Spišská Nová Ves	714,0	13	As,Cu,Zn,Hg,	-	-	
811	Trebišov	1488,0	34	Cd,Pb,	-	-	
<b>Spolu</b>		<b>22634,7</b>	<b>731</b>		<b>2476,6</b>	<b>85</b>	

**Hodnoty sledovaných parametrov v mg/kg v pôde v rámci PPKP 2002 - odberový rok 2001**  
(od 15. 11. 2002 -15. 11. 2003)

**Tab. 3**

Agis	Názov okresu	pH			Chróm			Nikel		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
108	Senec	6,3	7,2	7,6	1,1	1,6	2,5	-	-	-
307	Prievidza	4,0	6,3	7,5	0,5	1,5	38,0	0,6	1,0	1,5
401	Komárno	5,2	6,4	7,3	-	-	-	-	-	-
402	Levice	5,2	6,3	7,4	-	-	-	-	-	-
405	Šaľa	7,0	7,3	7,5	-	-	-	3,4	5,4	7,4
502	Čadca	4,2	4,6	5,1	-	-	-	-	-	-
503	Dolný Kubín	5,2	6,8	7,4	-	-	-	-	-	-
506	Martin	6,5	7,3	7,6	-	-	-	-	-	-
507	Námestovo	4,2	5,9	7,2	0,7	2,2	6,8	-	-	-
604	Detva	4,0	4,8	6,8	-	-	-	<0,5	0,5	0,7
605	Krupina	4,1	5,7	7,3	-	-	-	-	-	-
610	Veľký Krtíš	4,7	6,7	7,6	-	-	-	-	-	-
613	Žiar nad Hronom	4,0	5,9	7,1	-	-	-	-	-	-
701	Bardejov	4,2	5,3	6,7	-	-	-	-	-	-
702	Humenné	3,8	5,6	7,0	-	-	-	1,9	3,5	4,4
703	Kežmarok	4,8	6,2	7,3	-	-	-	-	-	-
704	Levoča	5,8	6,6	7,4	-	-	-	-	-	-
706	Poprad	5,3	6,3	7,1	-	-	-	-	-	-
707	Prešov	4,5	6,5	7,7	-	-	-	-	-	-
708	Sabinov	5,1	5,5	6,5	-	-	-	2,0	2,3	2,7
710	Stará Ľubovňa	4,4	5,8	6,7	-	-	-	-	-	-
712	Svidník	6,0	6,1	6,3	-	-	-	-	-	-
713	Vranov nad Topľou	4,9	6,0	6,9	-	-	-	-	-	-
801	Gelnica	5,6	6,5	7,2	-	-	-	-	-	-
806	Košice - okolie	4,7	6,0	7,0	-	-	-	-	-	-
807	Michalovce	4,9	5,8	6,5	-	-	-	-	-	-
808	Rožňava	4,0	5,5	6,5	-	-	-	-	-	-
810	Spišská Nová Ves	5,4	6,5	7,2	-	-	-	-	-	-
811	Trebišov	5,1	6,4	7,5	-	-	-	-	-	-

Agis	Názov okresu	Meď			Zinok			Arzén		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
307	Prievidza	-	-	-	-	-	-	<2,0	2,9	22,0
402	Levice	-	-	-	4,0	54,3	738,0	<2,0	2,7	8,4
604	Detva	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
613	Žiar nad Hronom	-	-	-	4,2	51,5	615,0	<2,0	5,4	31,5
702	Humenné	-	-	-	5,3	6,4	7,4	-	-	-
708	Sabinov	3,7	4,5	5,4	-	-	-	-	-	-
801	Gelnica	7,1	39,9	168,0	5,6	51,6	248,0	2,6	7,3	31,2
806	Košice - okolie	1,6	3,5	8,5	1,6	4,3	22,2	<2,0	2,3	8,2
808	Rožňava	-	-	-	-	-	-	<2,0	2,3	3,3
810	Spišská Nová Ves	3,0	3,8	5,0	3,1	4,6	11,0	<2,0	<2,0	<2,0



Tab. 3 (pokračovanie)

Agis	Názov okresu	Kadmium			Ortuť			Olovo		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
307	Prievidza	0,05	0,07	0,28	0,03	0,10	0,89	3,1	6,0	13,3
402	Levice	0,05	0,68	7,90	0,03	0,21	1,98	6,2	58,3	690,0
502	Čadca	0,12	0,16	0,17	-	-	-	-	-	-
503	Dolný Kubín	0,05	0,17	0,43	0,04	0,07	0,19	4,4	8,7	21,0
507	Námestovo	0,09	0,18	0,40	-	-	-	5,4	9,1	16,6
604	Detva	-	-	-	0,04	0,06	0,08	-	-	-
605	Krupina	0,05	0,24	7,80	0,03	0,06	0,35	3,3	18,8	492,0
613	Žiar nad Hronom	0,06	0,47	4,60	0,04	0,30	1,30	6,8	29,7	230,0
701	Bardejov	0,11	0,14	0,21	-	-	-	-	-	-
702	Humenné	0,08	0,14	0,50	-	-	-	-	-	-
704	Levoča	-	-	-	0,11	0,16	0,24	-	-	-
706	Poprad	0,05	0,07	0,12	-	-	-	-	-	-
707	Prešov	0,07	0,10	0,12	-	-	-	-	-	-
708	Sabinov	0,12	0,15	0,18	-	-	-	-	-	-
712	Svidník	0,05	0,08	0,12	-	-	-	-	-	-
713	Vranov nad Topľou	0,05	0,08	0,13	-	-	-	-	-	-
801	Gelnica	0,10	0,30	1,00	0,19	1,07	3,18	9,1	24,6	75,0
806	Košice - okolie	0,05	0,12	1,14	0,05	0,11	1,37	3,9	9,5	96,0
808	Rožňava	-	-	-	0,19	1,06	5,11	7,0	10,0	20,6
810	Spišská Nová Ves	-	-	-	0,08	0,10	0,13	-	-	-
811	Trebišov	0,05	0,07	0,19	-	-	-	4,1	5,3	8,6

Agis	Názov okresu	DDE			Suma DDT			DDD		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
610	Veľký Krtíš	0,0005	0,0082	0,0350	0,0079	0,0309	0,1850	0,0345	0,0582	0,2013
702	Humenné	0,0027	0,0063	0,0174	0,0079	0,0079	0,0079	0,0767	0,0871	0,1055
710	Stará Ľubovňa	0,0299	0,0310	0,0353	0,1479	0,1570	0,1778	0,0543	0,0576	0,0692

Agis	Názov okresu	Alfa HCH			Beta HCH			Gama HCH		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
610	Veľký Krtíš	0,0003	0,0014	0,0085	0,0017	0,0057	0,0327	0,0003	0,0012	0,0074
702	Humenné	0,0003	0,0003	0,0003	0,0017	0,0017	0,0017	0,0003	0,0003	0,0003
710	Stará Ľubovňa	0,0061	0,0063	0,0067	0,0243	0,0247	0,0258	0,0068	0,0070	0,0075

Agis	Názov okresu	Heptachlor			Heptachlor epoxide			Endrin		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
610	Veľký Krtíš	0,0005	0,0013	0,0069	0,0019	0,0061	0,0586	0,0068	0,0147	0,0771
702	Humenné	0,0005	0,0010	0,0046	0,0019	0,0019	0,0019	0,0068	0,0068	0,0068
710	Stará Ľubovňa	0,0059	0,0061	0,0068	0,0249	0,0257	0,0286	0,0630	0,0686	0,0787

Agis	Názov okresu	Dieldrin			Aldrin			Suma CLRH		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
610	Veľký Krtíš	0,0031	0,0084	0,0494	0,0101	0,0111	0,0192	0,0610	0,1257	0,4904
702	Humenné	0,0031	0,0031	0,0031	0,0010	0,0093	0,0111	0,0878	0,1012	0,1331
710	Stará Ľubovňa	0,0432	0,0444	0,0487	0,0139	0,0143	0,0159	0,4221	0,4426	0,5010

**Prehľad nadlimitných parametrov v mg/kg v jednotlivých okresoch v rámci PPKP 2002 - odberový rok 2001**

(od 15. 11. 2002 - 15. 11. 2003)

**Tab. 4**

Agis	Názov okresu	Chróm			Meď			Zinok		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
307	Prievidza	12,0	25,0	38,0	-	-	-	-	-	-
402	Levice	-	-	-	-	-	-	87,5	313,1	738,0
613	Žiar nad Hronom	-	-	-	-	-	-	59,0	359,7	615,0
801	Gelnica	-	-	-	24,5	50,6	168,0	42,1	93,9	248,0

Agis	Názov okresu	Arzén			Kadmium			Ortuť		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
307	Prievidza	5,1	9,1	22,0	-	-	-	0,37	0,57	0,89
402	Levice	6,0	6,9	8,4	0,35	2,12	7,90	0,31	0,80	1,98
503	Dolný Kubín	-	-	-	0,34	0,37	0,43	-	-	-
507	Námestovo	-	-	-	0,31	0,35	0,40	-	-	-
605	Krupina	-	-	-	0,32	2,92	7,80	0,35	0,35	0,35
613	Žiar nad Hronom	5,1	12,0	31,5	4,00	4,30	4,60	0,40	0,75	1,30
702	Humenné	-	-	-	0,50	0,50	0,50	-	-	-
801	Gelnica	5,2	10,7	31,2	0,32	0,56	1,00	0,38	1,14	3,18
806	Košice - okolie	<2,0	5,1	8,2	0,41	0,78	1,14	1,37	1,37	1,37
808	Rožňava	-	-	-	-	-	-	0,31	1,39	5,11

Agis	Názov okresu	Olovo		
		min.	priem.	max.
402	Levice	32,5	202,0	690,0
605	Krupina	64,5	278,3	492,0
613	Žiar nad Hronom	181,0	205,5	230,0
801	Gelnica	31,0	53,0	75,0
806	Košice - okolie	96,0	96,0	96,0

**Prehľad počtu vzoriek a vykonaných analýz v rámci PPKP 2003 - odberový rok 2002**  
(od 15. 11. 2002 - 15. 11. 2003)

**Tab. 5**

Počet		Počet nadlimitných		Parametre	
analýz	vzoriek	analýz	vzoriek	Kód	Názov
344	344	0	0	54112	Horčík
344	344	0	0	54115	Fosfor
344	344	22	22	54119	Draslík
346	346	4	4	54124	Chróom
346	346	1	1	54128	Nikel
9	9	1	1	54129	Meď
73	73	0	0	54130	Zinok
346	346	0	0	54133	Arzén
346	346	3	3	54148	Kadmium
346	346	1	1	54180	Ortuť
346	346	1	1	54182	Olovo
344	344	0	0	54998	Rozloha honu
344	344	0	0	54999	pH
<b>3878</b>	<b>346</b>	<b>33</b>	<b>28</b>	<b>SPOLU</b>	

**Prehľad kontrolovanej rozlohy, počtu honov, parametrov v rámci PPKP 2003 - odberový rok 2002**  
(od 15. 11. 2002 - 15. 11. 2003)

**Tab. 6**

Agis	Názov okresu	Kontrolované hony		Sledované parametre	Nadlimitné hony		Nadlimitné parametre
		ha	počty		ha	počty	
105	Bratislava V	3160,0	33	Cr,Ni,As,Zn,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
106	Malacky	396,0	10	Cr,Ni,As,Zn,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
107	Pezinok	1095,0	17	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
201	Dunajská Streda	4050,0	58	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
202	Galanta	1930,0	25	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	80,0	1	Ni,
206	Skalica	1656,0	28	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	134,0	2	Cr,Cd,
207	Trnava	841,0	11	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
304	Nové Mesto nad Váhom	264,0	8	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
309	Trenčín	347,0	12	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
401	Komárno	636,0	6	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
402	Levice	667,0	9	Cr,Ni,As,Cu,Zn,Cd, Hg,Pb,	130,0	1	Cu,Cd, Hg,Pb,
403	Nitra	2140,0	33	Cr,Ni,As,Zn,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
404	Nové Zámky	1066,0	13	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
406	Topoľčany	3936,0	58	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	201,0	2	Cr,
407	Zlaté Moravce	1195,0	22	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
<b>Spolu</b>		<b>23379,0</b>	<b>343</b>		<b>545,0</b>	<b>6</b>	

**Hodnoty sledovaných parametrov v mg/kg v pôde v rámci PPKP 2003 - odberový rok 2002**  
(od 15. 11. 2002 - 15. 11. 2003)

**Tab. 7**

Agis	Názov okresu	pH			Chróm			Nikel		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
105	Bratislava V	7,3	7,5	7,6	1,6	3,0	5,1	3,2	4,4	5,8
106	Malacky	6,4	7,0	7,3	0,5	0,6	1,3	0,5	1,0	1,6
107	Pezinok	5,2	6,8	7,5	1,1	1,3	1,6	1,6	3,4	4,1
201	Dunajská Streda	7,1	7,4	7,8	2,9	4,6	5,9	3,2	4,5	7,5
202	Galanta	5,8	7,2	7,6	1,4	2,5	3,3	4,0	6,1	11,1
206	Skalica	5,3	6,8	7,4	0,7	2,5	22,8	1,5	5,1	8,5
207	Trnava	4,9	5,9	6,4	0,9	1,4	1,6	3,3	3,9	4,7
304	Nové Mesto nad Váhom	4,1	6,4	7,4	0,9	1,4	2,0	0,8	3,7	6,6
309	Trenčín	5,2	6,6	7,2	0,6	1,3	1,9	1,2	3,1	4,7
401	Komárno	7,4	7,5	7,6	2,7	3,4	4,3	4,5	5,4	7,4
402	Levice	6,3	6,7	7,3	1,2	1,6	1,9	2,4	5,1	6,1
403	Nitra	5,7	6,8	7,3	0,8	1,6	6,9	1,9	3,6	5,6
404	Nové Zámky	7,0	7,2	7,5	1,5	2,4	4,3	4,1	5,6	6,9
406	Topoľčany	5,2	6,2	7,2	0,7	2,6	12,2	1,1	3,1	5,0
407	Zlaté Moravce	4,0	5,3	6,5	0,8	1,0	1,4	0,9	2,5	3,1

Agis	Názov okresu	Meď			Zinok			Arzén		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
105	Bratislava V	-	-	-	4,3	8,4	16,1	<2,0	<2,0	<2,0
106	Malacky	-	-	-	2,3	4,4	11,2	<2,0	<2,0	<2,0
107	Pezinok	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
201	Dunajská Streda	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
202	Galanta	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
206	Skalica	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
207	Trnava	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
304	Nové Mesto nad Váhom	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
309	Trenčín	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
401	Komárno	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
402	Levice	5,8	11,4	49,0	3,8	7,1	28,5	<2,0	<2,0	<2,0
403	Nitra	-	-	-	2,6	6,9	15,7	<2,0	<2,0	<2,0
404	Nové Zámky	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
406	Topoľčany	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
407	Zlaté Moravce	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0

**Tab. 7 (pokračovanie)**

Agis	Názov okresu	Kadmium			Ortuť			Olovo		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
105	Bratislava V	0,13	0,16	0,22	0,03	0,04	0,08	7,0	9,1	12,9
106	Malacky	0,05	0,06	0,08	0,02	0,02	0,03	2,8	3,5	4,8
107	Pezinok	0,06	0,08	0,11	0,04	0,05	0,06	5,6	6,5	7,7
201	Dunajská Streda	0,12	0,18	0,25	0,02	0,04	0,11	6,2	10,5	15,1
202	Galanta	0,09	0,18	0,24	0,02	0,04	0,07	7,5	10,3	12,6
206	Skalica	0,06	0,12	0,55	0,02	0,04	0,12	3,6	6,3	11,9
207	Trnava	0,08	0,10	0,12	0,04	0,04	0,05	5,7	7,1	8,2
304	Nové Mesto nad Váhom	0,15	0,22	0,28	0,04	0,06	0,09	8,4	14,4	18,8
309	Trenčín	0,08	0,10	0,16	0,04	0,05	0,07	5,8	7,6	11,1
401	Komárno	0,15	0,17	0,19	0,03	0,04	0,05	8,0	10,8	12,4
402	Levice	0,10	0,15	0,47	0,04	0,16	1,10	6,0	12,8	57,5
403	Nitra	0,06	0,11	0,21	0,03	0,05	0,08	4,3	7,6	16,2
404	Nové Zámky	0,13	0,16	0,19	0,02	0,03	0,05	7,5	9,1	12,2
406	Topoľčany	0,05	0,09	0,15	0,03	0,04	0,05	6,1	8,3	11,2
407	Zlaté Moravce	0,05	0,07	0,08	0,04	0,05	0,06	4,8	5,9	8,6

**Prehľad nadlimitných parametrov v mg/kg v jednotlivých okresoch v rámci PPKP 2003 - odberový rok 2002**

(od 15. 11. 2002 - 15. 11. 2003)

**Tab. 8**

Agis	Názov okresu	Chróm			Nikel			Meď		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
202	Galanta	-	-	-	11,1	11,1	11,1	-	-	-
206	Skalica	11,1	17,0	22,8	-	-	-	-	-	-
402	Levice	-	-	-	-	-	-	49,0	49,0	49,0
406	Topoľčany	11,9	12,05	12,2	-	-	-	-	-	-

Agis	Názov okresu	Kadmium			Olovo			Ortuť		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
206	Skalica	0,31	0,43	0,55	-	-	-	-	-	-
402	Levice	0,47	0,47	0,47	57,5	57,5	57,5	1,10	1,10	1,10

## **SUBSYSTÉM**

### **MONITORING LESNÝCH PÔD**

**Organizácia:** Lesnícky výskumný ústav, Zvolen

**Zodpovedný riešiteľ:** Ing. Pavel Pavlenda, PhD.



## ODPOČET ČINNOSTÍ ZA MONITORING LESNÝCH PŮD V ROKU 2003

Vzhľadom na ciele monitorovania lesných pôd a predchádzajúce aktivity (predchádzajúce monitorovacie cykly v rokoch 1993 a 1998) boli pôvodne plánované odbery a analýzy vzoriek z trvalých monitorovacích plôch extenzívneho monitoringu (I. úroveň monitoringu) na rok 2003, prípadne na roky 2003 až 2005.

19. pracovné stretnutie programu UN-ECE ICP Forests, konané 24.-28.V. 2003 v Záhrebe, rozhodlo o odložení opakovaných odberov a analýz vzoriek pôd v transeurópskej sieti 16x16 km. Dôvodom odloženia bola skutočnosť, že Európsky parlament zatiaľ neschválil novú Smernicu EÚ zameranú na monitoring lesov a environmentálnych interakcií (Forest Focus), podľa ktorej prieskum pôd by mal byť kofinancovaný zo zdrojov EÚ. Na základe tohto rozhodnutia sa navrhlo aj na národnej úrovni upraviť predpokladaný časový harmonogram monitoringu pôd tak, aby sa v roku 2003 nevykonali odbery vzoriek ani na časti súboru TMP, ale aby sa pred rozhodnutím o odbere vzoriek v rámci monitoringu pôd vykonali práce zabezpečujúce čo najvyššiu kompatibilitu v rámci programu so zohľadnením aktualizovaného manuálu (overenie nových metódik laboratórnych analýz, povinný opis pôdneho profilu podľa FAO 1990, klasifikácia pôd podľa WRB 1998). Definitívne rozhodnutie o termíne opakovania prieskumu pôd sa plánuje prijať po schválení Smernice Forest Focus.

Na základe toho došlo aj k určitej zmene vo finančnom pláne ČMS Lesy (prostriedky plánované na odbery vzoriek z časti TMP sa na základe úpravy zadania použili na posilnenie prieskumu atmosférickej depozície a pôdnych roztokov ako aj na posilnenie medzinárodnej spolupráce, predovšetkým na implementáciu novej smernice).

V roku 2003 sa teda v rámci monitoringu lesných pôd neodobrali nové vzorky, ako sa pôvodne plánovalo, ale sa zabezpečila iba príprava a realizácia prvej etapy ďalšieho monitorovacieho cyklu. V teréne sa zabezpečil podrobný opis pôdneho profilu v sondách (spolu je takto spracovaných 25 TMP) ako podklad pre reklasifikáciu v súlade s aktualizovaným Manuálom ICP Forest (FAO Guidelines for soil description). Súčasne sa tvorila fotodokumentácia pôd na TMP.

Hodnotili sa výsledky analýz Laboratória OLP pre jednotlivé metódy v kruhovom teste, ktorý koncom roka 2002 organizoval FSCC v rámci ICP Forests, na základe správy FSCC za prvú fázu hodnotenia (Mandel's k, Mandel's h – štatistika, medzi- a vnútrolaboratórna variabilita). Pripravovali sa alternatívy zabezpečenia odberov a analýz pôdnych vzoriek v nasledujúcich rokoch pre I. a II. úroveň monitoringu.

Pokračovali odbery a analýzy vzoriek pôdneho roztoku (pomocou platňových lyzimetrov na gravitačnú vodu) na troch plochách intenzívneho monitoringu (II. úroveň monitoringu).

Začali sa overovať metodiky aktualizovaného manuálu – podľa príslušných ISO noriem, vykonali sa analýzy troch lokálnych referenčných materiálov (LRM) pre zabezpečenie hodnotenia správnosti, presnosti a opakovateľnosti výsledkov analýz. Podrobne sa spracovali výsledky za metodiky pre stanovenie pH a vykonala sa časť meraní pre ďalšie stanovenia v súlade s aktualizovaným manuálom.

Vzhľadom na to, že financovanie monitoringu lesných pôd je zabezpečované iba z ČMS Lesy (1,72 mil. Sk), neboli v roku 2003 vykonané žiadne aktivity nad rámec aktuálnych priorít v rámci daného ČMS.





## **POROVNANIE DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV RIEŠENIA S PLÁNOVANÝMI CIEĽMI A EURÓPSKOU ÚROVŇOU**

Ciele a parametre riešenia boli v roku 2003 splnené. Boli dosiahnuté cenné výsledky zo započatého 3. cyklu monitorovania pôd. Súčasne bola v Edičnom stredisku pri VÚPOP Bratislava vydaná publikácia „Monitoring pôd SR. Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd“, kde boli hodnotené dosiahnuté výsledky za prvé dva monitorovacie cykly. V medzinárodnom meradle sa aktívne podieľame na príprave Európskej Direktívy monitoringu pôd. 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).

### **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
- bola vydaná publikácia ČMS-P za 2. cyklus monitorovania pôd

### **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 vypracovanie Európskej Direktívy monitoringu pôd a 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. 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 2003 (v tis. Sk)**

### **VÚPOP Bratislava**

Plánované náklady za rok 2003: 7000

Skutočné náklady v roku 2003: 7000

### **ÚKSUP Bratislava**

Plánované náklady za rok 2003: 2200

Skutočné náklady v roku 2003: 2200

### **LVÚ Zvolen**

V roku 2003 neboli pre monitoring lesných pôd vyčlenené finančné prostriedky.

## ROZBOR NÁKLADOV, PRÍNOSOV A EKONOMICKÁ EFEKTÍVNOSŤ RIEŠENIA

Vynaložené náklady sú vyčíslené v predchádzajúcej časti. Sú v nej zahrnuté aj zvýšené náklady na prevádzku, chemikálie i cenu práce. Tieto však zodpovedajú rozsahu riešenia a dosiahnutých výsledkov, ale i aktív na tejto úlohe v roku 2003 (terénne, analytické, vyhodnocovacie práce, aktualizácia informačného systému monitoringu pôd, príprava a vydanie publikácie ČMS-P za 2. cyklus monitorovania pôd SR, 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 2003 bol 2. 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 (podzoly, rankre, litozeme, andozeme, regozeme, zasolené pôdy a kultizeme). Pre nízku početnosť niektorých pôd, tieto neboli štatisticky hodnotené, iba boli vyčíslené namerané hodnoty.

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 horských pôdach (bez priameho zásahu človeka) 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 2003 (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 2003.

## ODOVZDÁVACÍ PROTOKOL

**1. Názov úlohy:** Čiastkový monitorovací systém – Pôda

**2. Názov správy:** Monitoring pôd SR

**3. Riešiteľské pracovisko:**

- Výskumný ústav pôdoznectva a ochrany pôdy (VÚPOP), Gagarinova 10, Bratislava
- Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky (ÚKSUP), Matúškova 21, Bratislava
- Lesnícky výskumný ústav (LVÚ), Masarykova 22, Zvolen

**4. Riešiteľský kolektív:**

Doc. Ing. Jozef Kobza, CSc. (VÚPOP) – koordinátor a vedúci riešiteľského kolektívu

RNDr. Gabriela Barančíková, CSc. (VÚPOP)

Ing. Vlasta Čepková (ÚKSUP)

Ing. Emil Fulajtár, CSc. (VÚPOP)

RNDr. Jarmila Makovníková, CSc. (VÚPOP)

Ing. Libuša Matúšková, CSc. (VÚPOP)

Ing. Pavel Pavlenda, Ph.D. (LVÚ)

Ing. Juliana Schlosserová, CSc. (ÚKSUP)

Ing. Ján Styk, Ph.D. (VÚPOP)

Ing. Miloš Širáň (VÚPOP)

Ing. Ján Vojtáš, CSc., (VÚPOP)

**5. Doba riešenia:** I. – XII. 2003

**6. Dátum a uznesenie z oponentského konania:**

*Komisia Vedeckej rady VÚPOP schvaľuje:*

- priebežnú správu ČMS-P za rok 2003
- oponentské posudky
- odovzdávací protokol

*Doporučujeme publikovať podstatnú časť tejto správy.*

- a) Vynaložené finančné prostriedky zodpovedajú plánovaným cieľom úlohy
- b) Dosiahnuté výsledky zodpovedajú plánovaným cieľom úlohy

*Komisia Vedeckej rady VÚPOP ukladá:*

Správu opraviť podľa pripomienok oponentov a diskusie pri oponentskom jednaní.

**7. Rozdeľovník správy:**

VÚPOP Bratislava	4x
MP SR Bratislava	1x
MŽP SR Bratislava	1x
ÚKSUP Bratislava	1x
LVÚ Zvolen	1x
ÚPK Nitra	1x

**Za zhotoviteľa:**

Doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.

**zodpovedný riešiteľ**

Prof. RNDr. Pavol Bielek, DrSc.

**riaditeľ VÚPOP**