



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 2002  
(1. rok 3. cyklu monitoringu pôd SR)**

Bratislava, december 2002

## TITULNÝ LIST

- 1. Koordinačné pracovisko:** Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Bratislava
- 2. Spoluriešiteľské organizácie:** Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky, Bratislava  
Lesnícky výskumný ústav, Zvolen
- 3. Koordinátor:** Ing. Jozef Kobza, CSc.
- 4. Názov úlohy:** Čiastkový monitorovací systém – Pôda
- 5. Doba riešenia:** I/2002 – XII/2002
- 6. Názov správy:** Monitoring pôd SR
- 7. Druh správy:** priebežná
- 8. Celkové náklady (v tis. Sk):** 9317
- VÚPOP Bratislava  
plán: 7000  
skutočnosť: 7117
- ÚKSUP Bratislava  
plán: 2200  
skutočnosť: 2200
- LVÚ Zvolen
- (financovanie lesných pôd bolo zabezpečované v rámci ČMS-lesy)**
- 9. Autorský kolektív:** Ing. Jozef Kobza, CSc. (VÚPOP)  
Ing. Juliana Schlosserová, CSc. (ÚKSUP)  
Ing. Pavel Pavlenda, Ph.D. (LVÚ)
- Spoluautori: RNDr. Gabriela Barančíková, CSc. (VÚPOP)  
Ing. Vlasta Čepková (ÚKSUP)  
Ing. Anna Došeková (VÚPOP)  
Ing. Emil Fulajtár, CSc. (VÚPOP)  
RNDr. Beata Houšková, CSc. (VÚPOP)  
RNDr. Jarmila Makovníková, CSc. (VÚPOP)  
Ing. Libuša Matúšková, CSc. (VÚPOP)  
Ing. Ján Styk, Ph.D. (VÚPOP)  
Ing. Gabriela Tóthová (ÚKSUP)

**10. Dátum vypracovania správy:** december 2002

Grafická úprava: Ján Styk

## AUTORSKÝ REFERÁT

Priebežná správa ČMS-Pôda obsahuje v podstate výkaz prác a časť dosiahnutých výsledkov v roku 2002, pretože tento rok bol prvým rokom 3. monitorovacieho cyklu, kde bolo kľúčovým bodom odobrať pôdne a rastlinné vzorky v celej monitorovacej sieti. Doteraz dosiahnuté výsledky (za 2. monitorovací cyklus) boli vyhodnotené v pripravovanej publikácii za obdobie 1997 – 2001 (2. cyklus), ktorá by mala vyjsť v roku 2003. Preto v tejto priebežnej správe sme sa zamerali na hodnotenie vývojového trendu dôležitých vlastností v sieti kľúčových monitorovacích lokalít, resp. v špeciálnej sieti pozorovacích lokalít (erózia pôdy, alkalizácia a salinizácia pôd)

Riešenie vychádza z 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 možno konštatovať, že najvýraznejšie zmeny sa ukazujú v poklese obsahu prístupných živín – najmä fosforu a draslíka, ako aj v poklese obsahu humusu najmä na orných pôdach. Tiež bol zistený signifikantný trend kompaktie pôd najmä na černozemiach a hnedozemiach. Viac-menej je výrazný aj proces erózie pôd na sledovaných transektoch.

I keď sa zatiaľ jedná o pomerne krátke obdobie sledovania (od r. 1993), význam vývojového trendu našich pôd bude vzrastať (využitie poznatkov v systéme riadenia, orgánoch štátnej správy, ale aj pre informácie širokého okruhu verejnosti o najaktuálnejšom stave a vývoji našich pôd v zmysle Zákona o informáciách).

## 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)	5
VECNE PLNENIE A VÝSLEDKY RIEŠENIA (J. Kobza)	6
ČÚ 01: Komplexný monitoring vlastností pôd SR (J. Kobza)	11
ČÚ 02: Vývoj pôd a metódy jeho hodnotenia (J. Kobza, J. Makovníková)	19
ČÚ 03: Acidifikácia a alkalizácia pôd (J. Makovníková, E. Fulajtár, st.)	31
ČÚ 04: Monitoring zaťaženia pôd rizikovými látkami (L. Matúšková)	47
ČÚ 05: Indikátory zraniteľnosti ekologických funkcií pôdy (J. Makovníková)	63
ČÚ 06: Monitoring kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia humusu (G. Barančíková)	71
ČÚ 07: Monitoring fyzikálnych vlastností pôd a erózie (B. Houšková, J. Styk)	91
SUBSYSTÉM: Plošný prieskum kontaminácie poľnohospodárskych pôd (UKSUP Bratislava)	113
SUBSYSTÉM: Monitoring lesných pôd (LVÚ Zvolen)	127
POROVNANIE DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV RIEŠENIA S PLÁNOVANÝMI CIEĽMI A SO SVETOVOU ÚROVŇOU (J. Kobza)	131
REALIZÁCIA VÝSLEDKOV RIEŠENIA (J. Kobza)	131
ODPOČET ČERPANIA FINANČNÝCH PROSTRIEDKOV ZA ROK 2002 (J. Kobza)	132
ROZBOR NÁKLADOV, PRÍNOSOV A EKONOMICKÁ EFEKTÍVNOSŤ RIEŠENIA (J. Kobza)	133
ZÁVER (J. Kobza)	133



## ÚVOD

ČMS-Pôda bol aj v roku 2002 koordinovaný Výskumným ústavom pôdoznanectva a ochrany pôdy (VÚPOP) a realizovaný podľa schváleného Projektu. Bol to kľúčový rok začiatku 3. monitorovacieho cyklu. V tomto roku došlo k celoplošnému odberu pôdnych a rastlinných vzoriek z celej základnej monitorovacej siete (318 monitorovacích lokalít na poľnohospodárskych pôdach, ale aj pôdach nad hornou hranicou lesa). Súčasne bol vyhodnotený predchádzajúci 2. monitorovací cyklus (1997 – 2001) a vypracovaná publikácia, ktorá je t.č. v tlači.

Vzhľadom k tomu, že v roku 2002 išlo o časovo aj fyzicky náročné práce (odbery a homogenizácia pôdnych a rastlinných vzoriek z celej základnej monitorovacej siete), tohto roku sme sa zamerali v tejto priebežnej správe na vyhodnotenie vývoja jednotlivých vlastností pôd v kľúčových lokalitách, ako aj v sieti špeciálne vybraných lokalít (sledovanie erózie pôd, salinizácia a alkalizácia pôd). Zároveň sú hodnotené údaje z Plošného prieskumu kontaminácie pôd (ÚKSUP Bratislava) ako aj z monitorovania lesných pôd (LVÚ Zvolen).

V tomto roku bol súčasne zdokonaľovaný informačný systém monitoringu životného prostredia, a teda aj pôdy. Bola vytvorená www stránka ([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. Táto stránka sa bude aktualizovať po jednotlivých 5-ročných cykloch. Súčasne budú prezentované každoročné správy monitoringu pôd SR.

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

17.1. 2002 – koordinačná porada ČMS-P (LVÚ Zvolen)

9.4. 2002 – koordinačná porada (VÚPOP Bratislava), zároveň aj koordinačná porada riešiteľských pracovísk (ÚKSUP Bratislava, LVÚ Zvolen)

7.5. 2002 - koordinačná porada (VÚPOP Ban. Bystrica), zabezpečenie terénnych prác v roku 2002

1.7. 2002 – koordinačná porada na SAŽP v B. Bystrici (zdokonaľovanie informačného systému monitoringu životného prostredia)

19.7. 2002 – koordinačná porada na SAŽP v B. Bystrici (zdokonaľovanie IS MŽP)

22.10.2002 – koordinačná porada na MŽP SR v Bratislave (IS MŽP)

## ŠTRUKTÚRA A CIELE MONITORINGU PÔD SR PRE ROK 2002

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 2002**

### **1. Terénne a odberové práce**

- odber pôdných a rastlinných vzoriek v základnej sieti (318 lokalít) v štandardných hĺbkach
- odber pôdných a rastlinných vzoriek v sieti 21 kľúčových lokalít v rámci územia SR
- odber pôdných vzoriek zo 7-mich transektov pre sledovanie erózie pôd
- odber pôdných vzoriek na 8 vybraných monitorovacích lokalitách za účelom sledovania salinizácie a alkalizácie pôd

### **2. Analytické práce**

- analýzy z 2. cyklu základnej siete (z odberov v roku 1997)
- dokončenie analýz z kľúčových lokalít (odber v roku 2001)
- analýzy z kľúčových lokalít (odber v roku 2002)
- analýzy pôdných vzoriek pre sledovanie erózie pôd (špec. sieť)
- analýzy pôdných vzoriek pre sledovanie salinizácie a alkalizácie pôd (špec. sieť)

### **3. Databáza ČMS-Pôda**

- priebežné napĺňanie bázy dát z 2. cyklu monitorovania pôd
- vypracovanie podkladov pre budovaný informačný systém monitoringu životného prostredia a vytvorenie www stránky ČMS-Pôda
- činnosť strediska ČMS-Pôda

## **VECNÉ PLNENIE A VÝSLEDKY RIEŠENIA**

Sledované parametre v oblasti prevádzky ČMS-P v roku 2002 v rámci VÚPOP Bratislava:

- odber pôdných vzoriek na chemický rozbor v základnej sieti: 1059
- odber pôdných vzoriek na fyzikálny rozbor v základnej sieti: 1368

- odber rastlinných vzoriek v základnej sieti: 88
- odber pôdných vzoriek na chem. rozbor v sieti kľúčových lokalít: 105
- odber pôdných vzoriek na fyz. rozbor v sieti kľúčových lokalít: 112
- odber rastlinných vzoriek v sieti kľúčových lokalít: 21
- odber pôdných vzoriek pre sledovanie erózie pôd na chem. rozbor: 126
- odber pôdných vzoriek pre sledovanie erózie pôd na fyz. rozbor: 84
- odber pôdných vzoriek pre sledovanie salinizácie pôd: 32
- odber pôdných vzoriek (indikátory zraniteľnosti): 18
- odber rastlinných vzoriek (indikátory zraniteľnosti): 9

Spolu: Počet pôdných vzoriek na chem. rozbor:	1340
Počet pôdných vzoriek na fyz. rozbor:	1564
Počet rastlinných vzoriek (ťažké kovy):	118

## **Sumarizácia analyzovaných pôdných vzoriek v roku 2002 (VÚPOP Bratislava)**

### **Laboratórium Rožňavská:**

#### **Hygienické analýzy pôdy**

- Rizikové prvky Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn v 2M HNO<sub>3</sub> a As v 2M HCl
- 37 vzoriek . 8 prvkov . 2 paralelné opakovania = **592 analýz**

#### **Fyzikálne analýzy pôdy v počte 1100 analýz**

- Momentálna vlhkosť pôdy objemová
- Momentálna vlhkosť pôdy hmotnostná
- Objemová hmotnosť pôdy
- Merná hmotnosť pôdy
- Celková pórovitosť
- Kapilárna nasiaklivosť
- Maximálna kapilárna kapacita
- Retenčná vodná kapacita
- Maximálna vzdušná kapacita
- Stanovenie V15



- Nekapilárna porovitosť
- Semikapilárna pórovitosť
- Sušina v pôde

### **Zrnitostné zloženie pôd podľa klasifikácie FAO**

40 vzoriek . 2 paralelné opakovania = 80 analýz

- Stanovenie mernej hmotnosti pôdy

40 vzoriek . 2 paralelné opakovania = 80 analýz

- Stanovenie objemovej hmotnosti

40 vzoriek . 2 paralelné opakovania = 80 analýz

- Stanovenie max. kapilárnej vodnej kapacity

40 vzoriek . 2 paralelné stanovenia = 80 analýz

- Stanovenie retenčnej vodnej kapacity

40 vzoriek . 2 paralelné opakovania = 80 analýz

- Výpočet pórovitosti, minimálnej vzdušnej kapacity a bodu zníženej prístupnosti

40 vzoriek . 2 paralelné opakovania = 80 analýz

- Stanovenie sušiny 40 vzoriek = 40 analýz

**SPOLU 1620 analýz**

### **Agrochemické analýzy pôdy**

- Prístupné živiny P podľa Egnera, Schachtschabela, Mehlicha II

35 vzoriek . 3 metódy . 2 paralelné opakovania = 210

- Prístupné živiny K podľa Egnera, Schachtschabela, Mehlicha II

35 vzoriek . 3 metódy . 2 paralelné opakovania = 210

- Stanovenie vodorozpustného fluoru

5 vzoriek . 2 paralelné opakovania = 10

- Stanovenie pH v KCl, CaCl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O

90 vzoriek . 3 metódy . 2 paralelné opakovania = 540

- Hydrolytická kyslosť titračne pôsobením hydrolytickej zásaditej soli – octan sodný

171 vzoriek . 2 paralelné opakovania = 342

- Stanovenie humusu

70 vzoriek . 2 paralelné opakovania = 140

- Stanovenie Ntotálny

151 vzoriek . 2 paralelné opakovania = 302

• Frakcionácia K  
225 vzoriek . 2 paralelné opakovania = 450

• pH v KCl  
40 vzoriek . 2 paralelné opakovania = 80

• Prístupné živiny P, K, Mg, Ca podľa Mehlicha II  
40 vzoriek . 4 prvky . 2 paralelné opakovania = 320

• Stanovenie humusu metódou Ťurina v modifikácii Nikitina  
40 vzoriek . 2 paralelné opakovania = 80

*Rozbor vodného výluhu pôdy:*

• pH, uhličitany, hydrouhličitany, chloridy, sírany, vápnik, horčík, sodík, draslík, odparok, vyžíhaný zvyšok

40 vzoriek . 11 stanovení . 2 paralelky = 880

### **Rozbor nasýteného extraktu pôdnych pást**

• Stanovenie elektrickej vodivosti  
40 vzoriek . 2 paralelné opakovania = 80

• Obsah Na, Ca, Mg  
40 vzoriek . 3 prvky . 2 paralelné opakovania = 240

• Výpočet adsorpčného pomeru Na k Ca + Mg  
40 vzoriek . 3 prvky . 2 paralelné opakovania = 240

**SPOLU 4044 analýz**

### **Analýzy v B. Bystrici za rok 2002:**

#### **Fyzikálne analýzy pôdy v počte 1092 analýz**

- Momentálna vlhkosť pôdy objemová
- Momentálna vlhkosť pôdy hmotnostná
- Objemová hmotnosť pôdy
- Merná hmotnosť pôdy
- Celková pórovitosť
- Kapilárna nasiaklivosť
- Maximálna kapilárna kapacita
- Retenčná vodná kapacita
- Maximálna vzdušná kapacita

- Stanovenie V15
  - Nekapilárna porovitosť
  - Semikapilárna pórovitosť
  - Sušina v pôde
  - Stanovenie sušiny = 84 analýz
  - Stanovenie špecific. hmotnosti = 84 analýz
  - Zrnitostné zloženie pôd = 82 analýz
- SPOLU: 1342 analýz**

### **Agrochemické analýzy pôdy**

- Stanovenie pH/KCl = 132 analýz
  - Stanovenie CO<sub>x</sub> = 132 analýz
  - Stanovenie zrnitosti = 82 analýz
- SPOLU: 346 analýz**

### **Analýzy v Prešove za r. 2002:**

- Izolácia humínových kyselín (HK) = 4
- Stanovenie karboxylovej kyslosti HK = 8
- Stanovenie optických vlastností HK = 8
- Stanovenie labilného uhlíka = 16

### **Retenčné experimenty**

- Stanovenie adsorpčných izoteriem Cd na pôdy = 49
  - Stanovenie adsorpčných izoteriem Cd na HK = 119
  - Stanovenie desorpčných izoteriem Cd na pôdy = 98
  - Stanovenie desorpčných izoteriem Cd na HK = 84
- SPOLU: 386 analýz**

**ČÚ 01**

**KOMPLEXNÝ MONITORING VLASTNOSTÍ PŮD SR**

**Zodpovedný riešiteľ:**      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 v rámci budovania jednotného informačného systému monitoringu životného prostredia pod gesciou Slovenskej agentúry životného prostredia (SAŽP) v Banskej Bystrici a koordináciou MŽP SR. 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 z čiastkových úloh riešených v rámci Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy (VÚPOP) v Bratislave.

### 1. Práce pod koordináciou MŽP SR

V zmysle schválenej Konceptie rezortnej časti štátneho informačného systému MŽPSR a podľa § 15 odst. 1 zákon NR SR č. 261/1995 Z.z. ťažisko prác v tomto roku spočívalo v dobudovaní informačného systému monitoringu životného prostredia pod gesciou SAŽP v Banskej Bystrici. Práce boli pokračovaním z roku 2001 a možno ich zhrnúť do nasledovných bodov:

- aktualizácia kapitol 2.2.2 , 2.3.1 , 2.3.2 a 2.3.3 projektu ISM, ktoré sa dotýkajú identifikácie a aktualizácie monitorovacej siete, ako aj aktualizácie technického, programového a organizačného prostredia ČMS-Pôda
- zostavenie zoznamu platných medzinárodných záväzkov a dohôd za časť Pôda, ktoré sú nevyhnutné pre zabezpečenie kompatibility národného monitorovacieho programu s programom monitoringu v krajinách EÚ
- poskytnutie metainformácií do Katalógu dátových zdrojov (KDZ), ktorý je prístupný na <http://www.iszp.sk>
- aktualizácia základných balíkov informácií za ČMS\_Pôda a perióda ich obnovy, ktoré budú verejne prístupné na stránke ISM
- zabezpečenie zverejnenia ročných správ ČMS-Pôda na vlastnom serveri alebo serveri SAŽP (v 1. fáze bude zverejnené na serveri SAŽP)
- listing prislúchajúcej časti z Katalógu indikátorov ŽP a vytvorenie komparačnej tabuľky medzi meranými veličinami ČMS a doporučenými z Katalógu indikátorov ŽP

Všetky uvedené úlohy boli v roku 2002 zrealizované a v súčasnosti sa finalizujú. Celý, pomerne široký rozsah prác je zahrnutý v Projekte Informačného systému monitoringu životného prostredia (ISM MŽP), ktorý vypracováva a finalizuje SAŽP v Banskej Bystrici. Výsledkom bude aj aktuálna web stránka ČMS-Pôda, spojená s digitálnou prezentáciou súčasného stavu a vývoja pôd (nový pripravovaný výstup v rámci ISM MŽP)

Obr. 1.

## INFORMAČNÝ SYSTÉM MONITORINGU ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

- Monitoring životného prostredia
- Čiastkové monitorovacie systémy
- Cieľ ISM
- Charakteristika ISM
- NEAP - opatrenia pre monitoring ŽP
- Kontakty
- Projekt ISM

Obr. 2.

**Prístupové práva užívateľov k informáciám**

MŽP SR, MP SR Orgány štátnej správy	mezi jednotlivými ČMS	pre verejnosť, školy, univerzity, výskumné ústavy
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>súčasný stav a vývoj pôd SR</b> (vo forme každoročných správ a publikácií na konci každého monitorovacieho cyklu), je tiež možný výber monitorovaných vlastností na základe požiadaviek podľa administratívneho členenia, pôdnych predstaviteľov, kultúry využívania a pod.)</li> <li>2. <b>stav kompatibility monitorovacieho systému s EÚ</b> (príležitostne sa zohľadňuje a overuje návrh Európskej komisie, ktorý je ešte stále tvorený)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b><u>ČMS ovzdušie</u></b></li> <li>2. <b><u>ČMS voda</u></b></li> <li>3. <b><u>ČMS biota</u></b></li> <li>4. <b><u>ČMS lesy</u></b></li> <li>5. <b><u>ČMS geologické faktory</u></b></li> <li>6. <b><u>ČMS odpady</u></b></li> <li>7. <b><u>ČMS cudzorodé látky v potravinách a krmivách</u></b></li> <li>8. <b><u>ČMS meteorológia a klimatológia</u></b></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b><u>kontaminácia pôd</u></b></li> <li>2. <b><u>acidifikácia pôd</u></b></li> <li>3. <b><u>alkalizácia a salinizácia pôd</u></b></li> <li>4. <b><u>obsah prístupných živín (P a K)</u></b></li> <li>5. <b><u>kvantita a kvalita humusu</u></b></li> <li>6. <b><u>kompakcia pôd</u></b></li> <li>7. <b><u>erózia pôd</u></b></li> <li>8.</li> </ol>

Obr. 3.

## Čiastkové monitorovacie systémy

Jednotlivé ČMS sú budované na základe schválených aktualizovaných **projektov**. Úlohou projektov je predovšetkým špecifikovať obsahové zameranie konkrétneho ČMS a určiť základné prístupy a metódy monitorovania. Vypracované projekty riešia systém monitorovania tak, aby sledované **ukazovatele**, systém, metodiky a monitorovacia sieť spĺňali nielen vnútorné legislatívne požiadavky Slovenskej republiky, ale rešpektovali aj medzinárodné záväzky, predovšetkým v súvislosti so snahou Slovenskej republiky zapojiť sa do európskych štruktúr.

**Celoplošný monitorovací systém tvorí 10 čiastkových monitorovacích systémov**

ČMS	garant	stredisko
<a href="#">Ovzdušie</a>	MŽP SR	Slovenský hydrometeorologický ústav Bratislava
<a href="#">Voda</a>	MŽP SR	Slovenský hydrometeorologický ústav Bratislava
<a href="#">Meteorológia a klimatológia</a>	MŽP SR	Slovenský hydrometeorologický ústav Bratislava
<a href="#">Geologické faktory</a>	MŽP SR	Geologická služba SR, Bratislava
<a href="#">Odpady</a>	MŽP SR	Slovenská agentúra životného prostredia Banská Bystrica
<a href="#">Biota</a>	MŽP SR	Slovenská agentúra životného prostredia Banská Bystrica
<a href="#">Pôda</a>	MP SR	Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy Bratislava
<a href="#">Lesy</a>	MP SR	Lesnícky výskumný ústav, Zvolen
<a href="#">Cudzorodé látky</a>	MP SR	Výskumný ústav potravinársky Bratislava
<a href="#">Rádioaktivita</a>	MŽP SR	Slovenský hydrometeorologický ústav Bratislava

Obr. 4.

### Čiastkový monitorovací systém Pôda

- [Všeobecné informácie](#)
- [Cieľ, zámer a charakteristika monitorovacieho systému](#)
- [Monitorovacia sieť](#)
- [Merané veličiny a metódy monitorovania](#)
- [Štruktúra dátovej základne parciálneho informačného systému](#)
- [Prístupové práva užívateľov k informáciám a verejne prístupné informácie](#)
- [Stredisko ČMS Pôda - Kontakt](#)



## **2. Spolupráca so spoluriešiteľskými organizáciami**

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

Rok 2002 bol 2. rokom III. cyklu „Plošného prieskumu kontaminácie poľnohospodárskych pôd“ (PPKP). Dosiiahnuté 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 detailizuje plošný rozsah kontaminácie pôd v okolí zistených bodov znečistenia. Jedná sa o nasledovný okruh prác:

- pokračovať v doterajšej koncepcii prác
- na základe doteraz zistených výsledkov kontaminácie pôd (základná sieť) špecifikovať rozsah a príp. aj hĺbku znečistenia polutantami v najviac znečistených oblastiach SR (zvýšenie rozsahu PPKP o sledovanie miery znečistenia v celom pôdnom profile by si však žiadalo navýšenie finančných prostriedkov na tento subsystém).
- aktualizovať a dobudovať databázu nadlimitných nálezov polutantov
- formou GIS zmapovať znečistené regióny SR po predchádzajúcom zameraní poľnohospodárskych honov (parciel) PPKP

Nedoriešeným zatiaľ zostáva zameranie vyše 15 tis. poľnohospodárskych honov PPKP v rámci kompatibility jednotlivých subsystémov, na čo sa nedarí nájsť potrebné finančné prostriedky ani pracovné kapacity. Je tým totiž limitované spracovanie kompletných údajov v GIS-e.

Vo vzťahu k monitoringu lesných pôd stále prebieha proces zjednocovania viacerých analytických postupov v súlade s existujúcimi ISO normami a legislatívnymi návrhmi krajín EÚ, avšak pri zachovaní špecifickosti lesných pôd a ich monitorovania.

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

Koordinácia a realizácia monitoringu poľnohospodárskych pôd nad hornou hranicou lesa sa v roku 2002 uskutočňovala v 7-mich čiastkových úlohách. Predmetom sledovania boli viaceré odborné okruhy, dotýkajúce sa vývoja pôd, ako napr. acidifikácia, alkalizácia a salinizácia pôd, kontaminácia pôd, vývoj obsahu prístupných živín a mikroelementov, vývoj obsahu a kvality pôdneho humusu, kompakcia a erózia pôd, ako aj určenie indikátorov zraniteľnosti pôd voči vonkajším vplyvom.

V roku 2002 išlo o koordináciu a realizáciu nasledovných prác v rámci VÚPOP Bratislava:

*a., Terénne práce a ich metodické zabezpečenie*

- odber pôdnych a rastlinných vzoriek v celej základnej monitorovacej sieti (poľnohospodárske pôdy a pôdy nad hornou hranicou lesa) – 3. odberový cyklus (318 lokalít)
- odber pôdnych a rastlinných vzoriek v sieti kľúčových monitorovacích lokalít (21)
- odber pôdnych vzoriek v samostatnej sieti lokalít pre sledovanie erózie pôd, alkalizácie a salinizácie pôd

Tieto práce boli časovo a fyzicky náročné, zahrňujú aj homogenizáciu a prípravu odobraných pôdnych a rastlinných vzoriek pre chemické analýzy.

*b., Analytické práce*

V roku 2002 boli zrušené regionálne laboratóriá v Banskej Bystrici a v Prešove. Rozsah všetkých analýz (chemické aj fyzikálne) sa presunul do centrálného akreditovaného laboratória VÚPOP v Bratislave (na Rožňavskej ul.).

Ťažiskom analytických prác v roku 2002 boli jednak dokončovacie analýzy z predchádzajúceho monitorovacieho cyklu (sú zahrnuté v publikácii monitoringu pôd za 2. cyklus) a kľúčové monitorovacie lokality (z odberov v roku 2002).

Pôdne a rastlinné vzorky zo základnej siete (odber v roku 2002) sa v súčasnosti homogenizujú a pripravujú pre analýzy, preto nie sú zahrnuté v tejto správe.

*c., Vyhodnocovacie práce*

Táto priebežná správa je skôr výkazom činností za tento rok. Keďže hlavnou náplňou boli v tomto roku odberové práce 3. cyklu monitorovania pôd a príprava publikácie monitoringu pôd SR za 2. cyklus, v tejto správe sme sa zamerali na vyhodnotenie kľúčových monitorovacích lokalít, odobraných a zanalyzovaných v tomto roku, ako aj v ich doterajšom vývoji.

#### **4. Medzinárodná činnosť**

V roku 2002 bola aktívna aj medzinárodná činnosť. V rámci podunajských krajín za účasti 6 krajín (Slovenska, Česka, Maďarska, Chorvátska, Rakúska a Nemecka) sa konalo v chorvátskom Osijeku v dňoch 23. – 25.4.2002 pracovné stretnutie za účelom koordinácie monitoringu pôd v uvedených krajinách ako predstupové aktivity spojené s prípravou na začlenenie kandidujúcich krajín do spoločenstva EÚ, ale aj prípravy kompatibilnej monitorovacej siete s integrovanou monitorovacou sieťou EÚ.

Súčasne boli prezentované doterajšie výsledky monitoringu pôd na významných medzinárodných fórach, ako napr. na 12. medzinárodnom kongrese k ochrane pôdy (ISCO)

v Pekingu (Čína), ako aj na zasadnutí OECD v tureckom Izmire, kde boli vysoko hodnotené. Dielčie výsledky boli prezentované aj na ďalších medzinárodných podujatiach (české a slovenské pedologické dni a ďalšie).

V roku 2002 bola tiež vydaná Edičným strediskom VÚPOP Bratislava propagačná listovka monitoringu pôd SR s hlavnými doterajšími výsledkami.

**ČÚ 02**

**VÝVOJ PÔD A METÓDY JEHO HODNOTENIA**

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



## ÚVOD

V tejto časti vyhodnocujeme jednak tie vlastnosti pôd, ktoré nie sú náplňou iných čiastkových úloh (problém prístupných živín – fosforu a draslíka), ako aj súvzťažnosť viacerých dôležitých parametrov v ich vývoji na príklade kľúčových monitorovacích lokalít. Kľúčové monitorovacie lokality sú v tomto štádiu monitorovania najvhodnejším objektom pre vyhodnocovanie vývoja sledovaných parametrov na konkrétnych pôdach, pretože majú najväčší počet pozorovaní (od roku 1994 každoročne), pričom základná sieť sa vyhodnocuje len v 5-ročných cykloch a táto bola doteraz zhodnotená v samostatnej publikácii ČMS-P za 2. cyklus monitorovania pôd SR (Kobza a kol., 2002).

## MATERIÁL A METÓDY

Boli použité jednotné analytické postupy pre monitoring pôd SR (Fiala et al., 1999). Vyhodnotený bol vývoj vlastností pôd v povrchovom horizonte kľúčových lokalít (0 – 10 cm) podľa pôvodných metodických postupov (Kobza a kol., 2002). Pri vyhodnotení boli použité základné matematicko-štatistické postupy. Štatistické spracovanie a vyhodnotenie výsledkov bolo uskutočnené v programe STATGRAPHIC 5. 0.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### 1. Vývojový trend obsahu prístupných živín (P a K) na príklade kľúčových lokalít

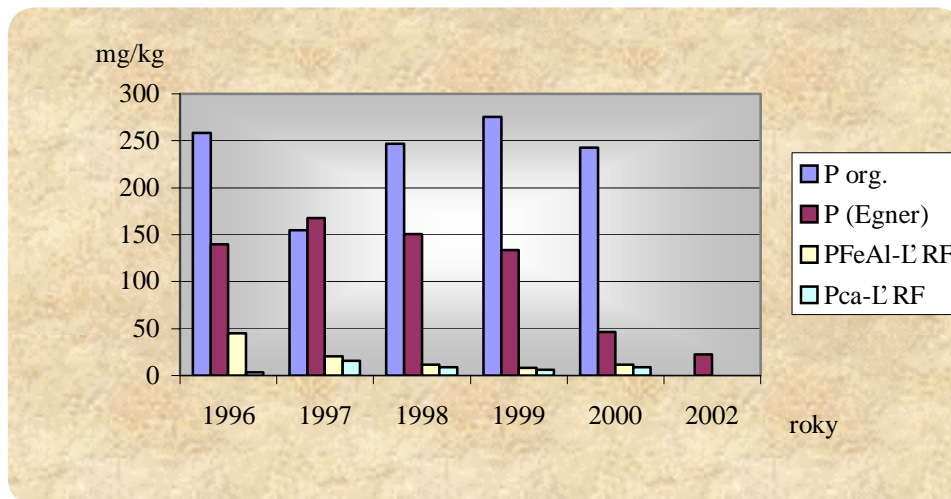
#### 1.1. Fosfor

Fosfor patrí medzi hlavné biogénne prvky, dôležité pre výživu rastlín. Vzhľadom k tomu, že naše pôdy sú všeobecne chudobné na fosfor (veľmi nízke zastúpenie fosforu v substrátoch pôd), jeho stav a vývoj odzrkadľuje predovšetkým úroveň hnojenia fosforečnými hnojivami. Trend vývoja obsahu prístupných živín za doterajšie obdobie realizácie monitoringu bol pomerne detailne popísaný v pripravovanej publikácii ČMS-P za 2. cyklus monitorovania pôd v SR. V tejto časti hodnotíme vývoj prístupného fosforu a jeho foriem na príklade kľúčových monitorovacích lokalít, ktoré reprezentujú naše prevažne produkčné poľnohospodárske pôdy, využívané prevažne ako orné. Jedná sa o černoziem, hnedozem a pseudoglej. Sú tu zastúpené jednak pôdy karbonátové (černoziem modálna karbonátová – Voderady), ako aj pôdy s rezervami karbonátov na spraši (hnedozem modálna – Malanta), ale aj pôdy prirodzene kyslé (pseudoglej modálny – Liesek), čo odráža aj zastúpenie jednotlivých foriem fosforu v konkrétnej pôde. Z rôznych možných foriem pôdnych anorganických fosforečnanov sa uvádzajú v literatúre ako „chemické modely“ hlavne Ca, Al a Fe fosforečnany. Tieto sú obzvlášť dôležité, pretože 40 až 80 % z celkového množstva fosforu prijímajú rastliny práve z anorganických zdrojov (Jambor, 1980). V kyslejších pôdach prevažuje fixácia fosforečnanového iónu na železo a hliník, lebo vtedy dochádza k rozrušeniu štruktúr ílových minerálov, ktoré reagujú za vzniku ťažkorozpustných Al a Fe –fosforečnanov (Mengel, 1965). Rozpustnosť Al a Fe fosforečnanov je najnižšia pri

hodnotách pH 3,0 až 4,0. Avšak ešte aj pri pH 6,5 je značná časť fosforu viazaná na hliník a železo. Nad pH 7,0 sa vytvárajú neprístupné formy typu apatitu (Jambor, 1980).

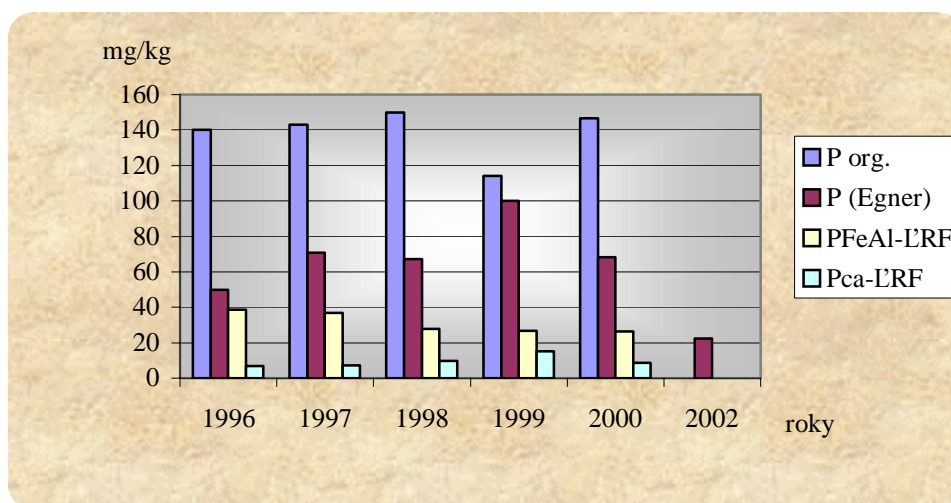
Vývoj jednotlivých foriem fosforu za posledné obdobie na černoze karbonátovej je znázornený na obr. 1.

**Obr. 1.** Vývoj obsahu foriem fosforu (Voderady – ČM<sup>o</sup>)



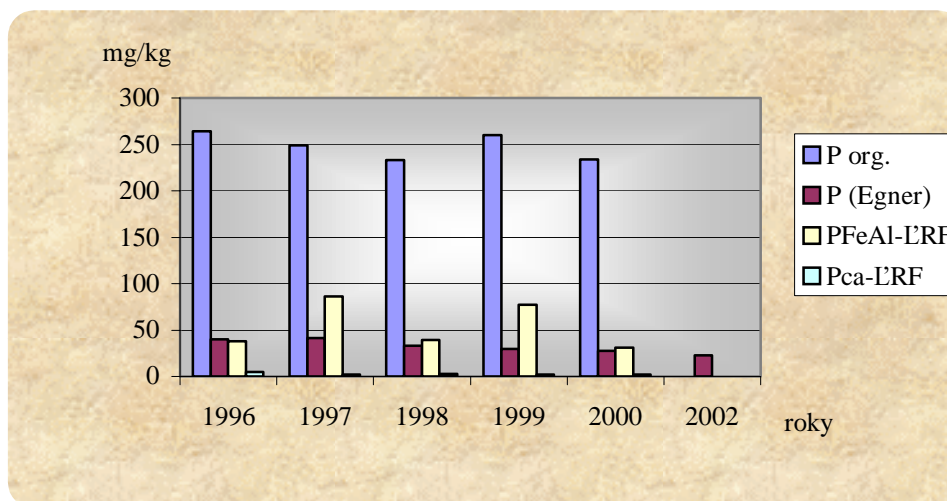
Obsah prístupného fosforu (podľa Egnera) mierne kolíše, je pomerne vyrovnaný, čo je pre tieto pôdy (černoze karbonátové) charakteristické a je zrejme výsledkom intenzívneho hnojenia v minulosti a starej zásoby fosforu v pôde. Jeho obsah však po roku 2000 výrazne klesol, čo môže znamenať vyznievanie doterajšej zásoby fosforu v pôde zníženým, resp. prerušeným fosforečným hnojením a odberom živín rastlinami. Ľahkorozpustná frakcia fosforu viazaná na Fe a Al mierne prevláda nad ľahkorozpustnou frakciou viazanou na Ca, pričom ich trend je len pozvoľne klesajúci. Obsah organického fosforu je v čase mierne variabilný, čo zodpovedá aj celkovému hodnoteniu obsahu organického fosforu v týchto pôdach (Kobza a kol., 2002).

**Obr. 2.** Vývoj obsahu foriem fosforu (Malanta – HM)



Obsah prístupného fosforu (obr. 2) je variabilný, pohybuje sa prevažne v rozpätí dobrej až vysokej zásobenosti. Keďže sa jedná o intenzívne obhospodarovanú pôdu, ktorá sa najmä v minulosti intenzívne hnojila, môže ísť najmä o starú zásobu fosforu v pôde, ale aj súčasného udržiavacieho prihnojovania (variabilita). Podobne ako pri černozemi, mierne prevláda ľahkorozpustná frakcia fosforu viazaná na železo a hliník, táto frakcia má však mierne klesajúci trend na rozdiel od ľahkorozpustnej frakcie fosforu, ktorá je viazaná na vápnik, táto má prevažne mierne stúpajúci trend. Obsah organického fosforu je s výnimkou roku 1999 pomerne vyrovnaný.

**Obr. 3.** Vývoj obsahu foriem fosforu (Liesek – PG)



Obsah prístupného fosforu na lokalite Liesek v pseudogleji modálnom má mierne klesajúcu tendenciu (pokles fosforečného hnojenia) a pohybuje sa priemerne v rozpätí strednej, v súčasnosti malej zásobenosti tejto pôdy fosforom. Keďže sa jedná o pôdu kyslú (hodnoty pH sa pohybujú okolo 5), väčšia časť fosforu je tu viazaná na železo a hliník v porovnaní s černozemami a hnedozemami. Táto ľahkorozpustná frakcia ( $P_{FeAl}$ ) vykazuje určitú variabilitu v čase na rozdiel od ľahkorozpustnej frakcie fosforu viazanej na vápnik, ktorá je v týchto pôdach logicky najnižšia a má pomerne vyrovnaný priebeh. Obsah organického fosforu je mierne variabilný a dosahuje spolu s černozemami najvyšších hodnôt (akumulácia humusu).

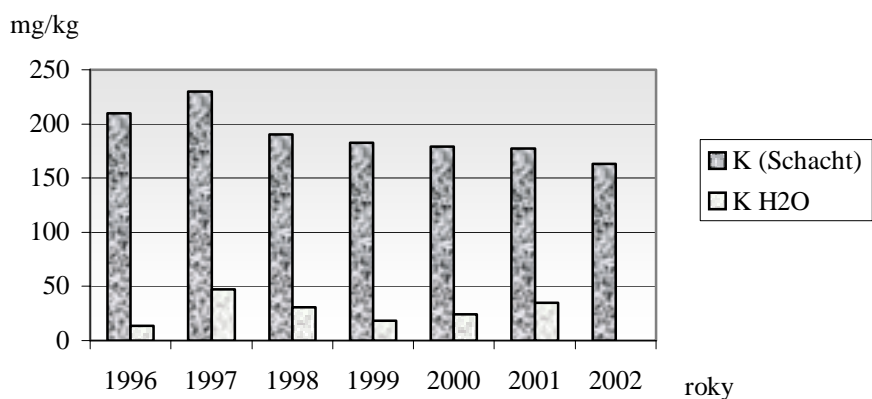
## 1.2. Draslík

Na základe doteraz dosiahnutých výsledkov súčasného obsahu prístupného draslíka v pôdach SR sa tento pohybuje v rozsahu strednej až dobrej zásobenosti (Kobza a kol., 2002). Je to výsledkom nielen doterajšej úrovne hnojenia, ale v porovnaní s fosforom sú jeho prirodzené obsahy v pôdach SR vyššie ako pri fosfore, čo vyplýva z minerálnej zásoby pôd.

V tejto časti je znázornený vývojový trend obsahu prístupného draslíka (podľa Schachtschabela) a vodorozpustnej formy draslíka, ktorá je najpohyblivejšia a najprístupnejšia pre rastliny v hlavných pôdnych typoch SR na príklade kľúčových monitorovacích lokalít (každoročné sledovanie).

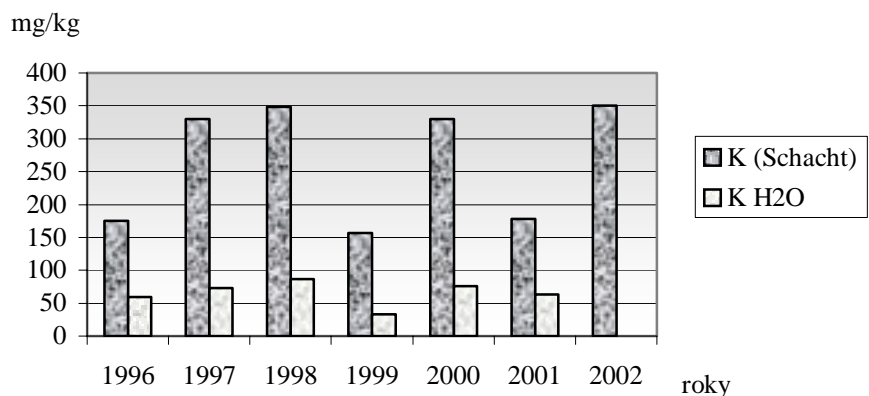


**Obr. 4.** Vývoj obsahu foriem draslíka (Voderady – ČM<sup>c</sup>)



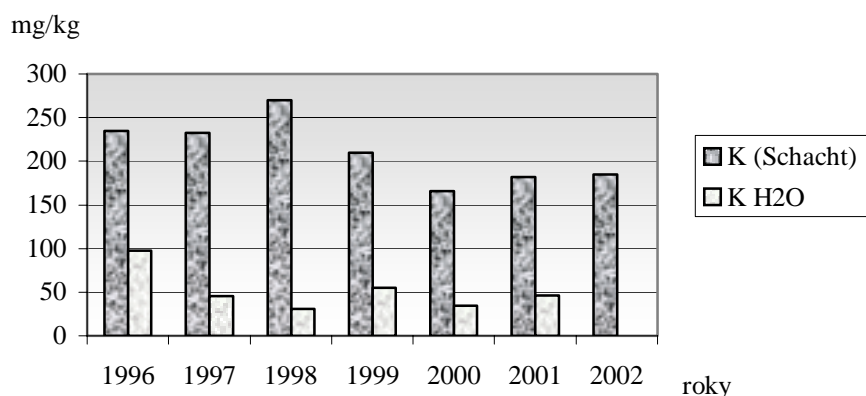
Vývoj obsahu prístupného draslíka v černozemi modálnej karbonátovej (obr. 4) má mierne klesajúcu tendenciu, vodorozpustná forma je viac-menej vyrovnaná. Obsah prístupného draslíka je v celom sledovanom období dobrý.

**Obr. 5.** Vývoj obsahu foriem draslíka (Malanta – HM)



Obsah prístupného draslíka na príklade hnedozeme modálnej (Malanta pri Nitre) je oproti černozemi viac variabilný posudzovaný v časovej postupnosti (obr. 5). Je to zrejme spôsobené nerovnomernou úrovňou draselného hnojenia (hodnoty varujú v oblasti vyšších hodnôt). Obsah prístupného draslíka sa tu pohybuje v rozsahu strednej až vysokej zásobenosti. Obsah vodorozpustnej formy draslíka je celkovo vyšší ako pri černozemi (napokon aj obsah prístupného draslíka v jednotlivých rokoch je vyšší), jej vývojový trend je vyrovnanejší a do určitej miery kopíruje vyšší alebo nižší obsah prístupného draslíka (stanoveného podľa Schachtschabela), výkyvy sú však oveľa nižšie.

**Obr. 6.** Vývoj obsahu foriem draslíka (Liesek – PG)



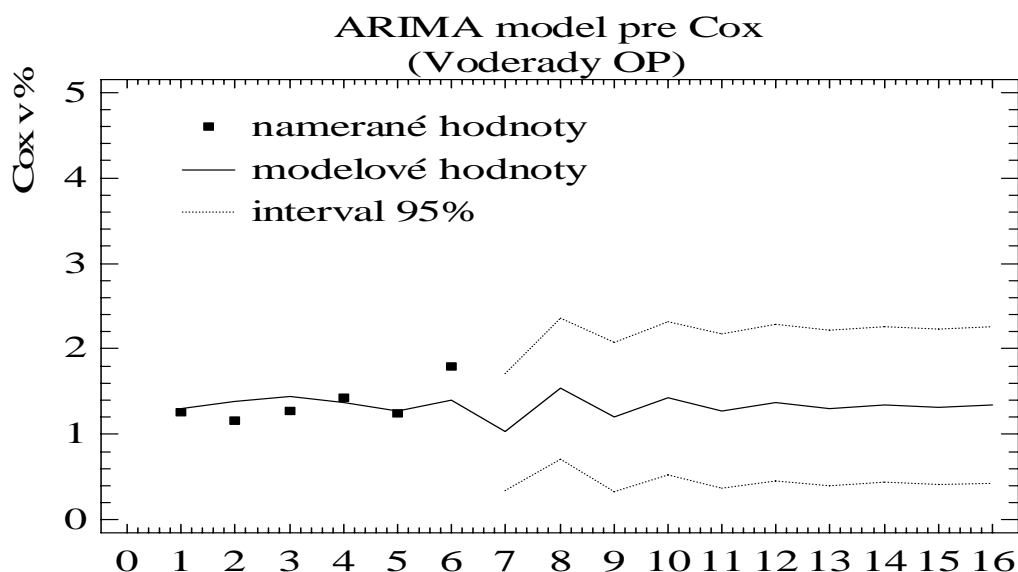
Obsah prístupného draslíka má okrem roku 1998 klesajúci trend (obr. 6). Pohybuje sa v rozpätí strednej až dobrej zásobenosti. Obsah vodorozpustnej formy draslíka je pomerne variabilný a neodráža trend vývoja obsahu prístupného draslíka stanoveného podľa Schachtschabela.

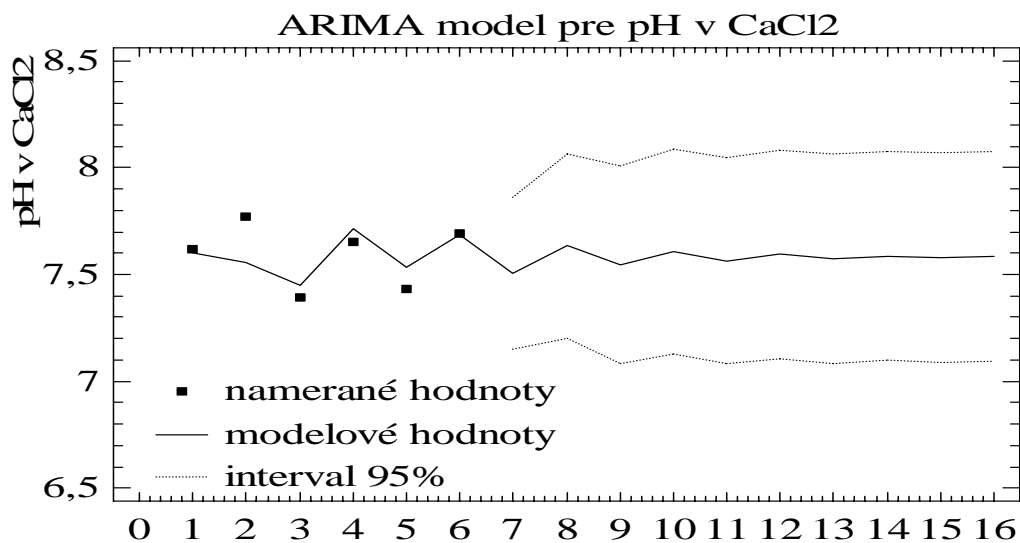
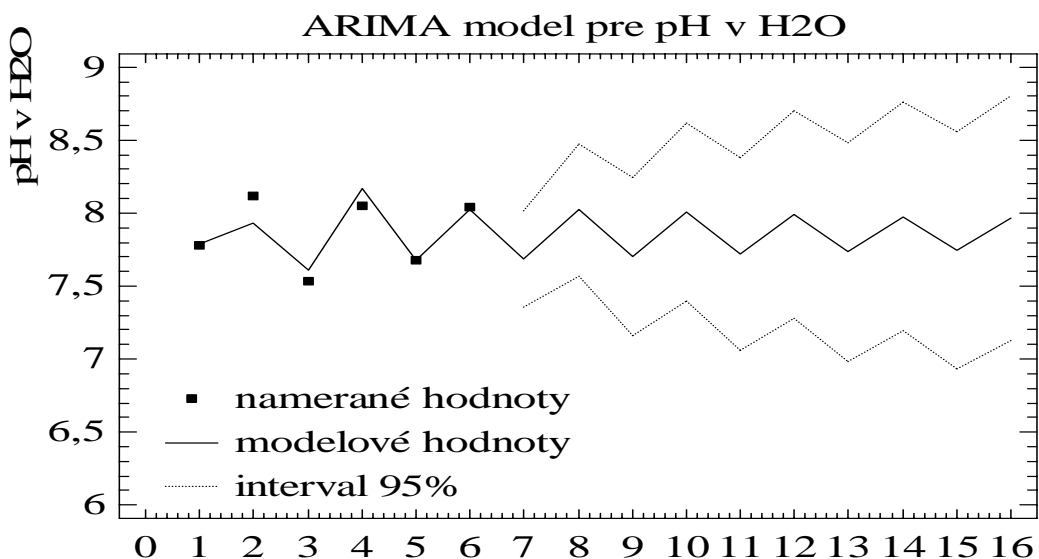
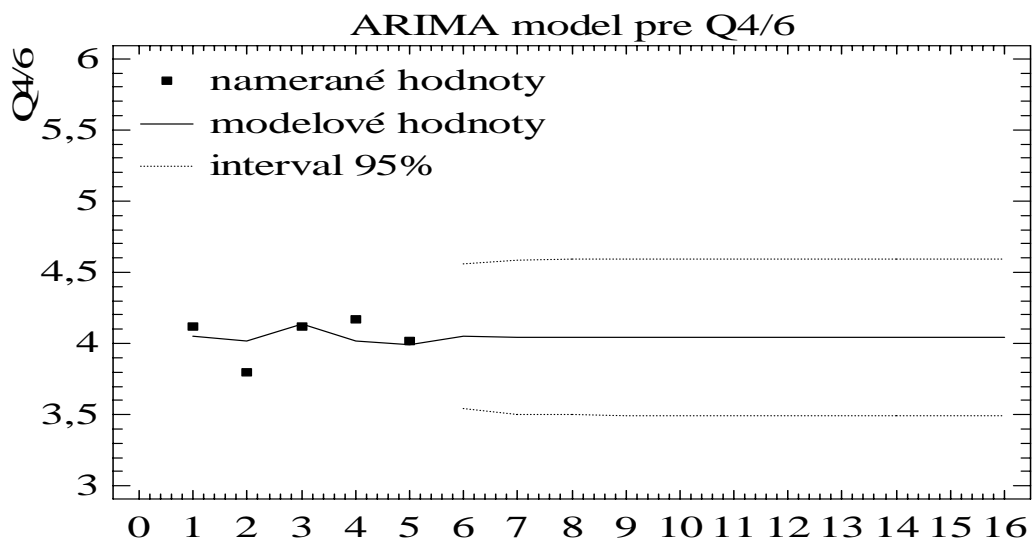
Na základe uvedených trendov obsahu prístupných živín – fosforu a draslíka na príklade kľúčových lokalít a pôdnach typov, ktoré sú využívané prevažne poľnohospodársky (prevažne ako orné pôdy) možno len potvrdiť, čo sme už dokumentovali v celej základnej monitorovacej sieti (Kobza a kol., 2002), že:

- obsah prístupných živín – fosforu a draslíka sa najmä na orných pôdach pohybuje prevažne v oblasti strednej až dobrej zásobenosti
- vývoj obsahu prístupných živín má v poslednom období mierne klesajúcu tendenciu (odraz nižších dávok hnojív)
- mobilné a vodorozpustné formy nie vždy korelujú s obsahmi prístupných živín stanovených podľa klasických metód (Egnera – P a Schachtschabela – K), a preto ich treba zvlášť posudzovať ako z pohľadu výživy rastlín, tak aj z pohľadu ochrany životného prostredia

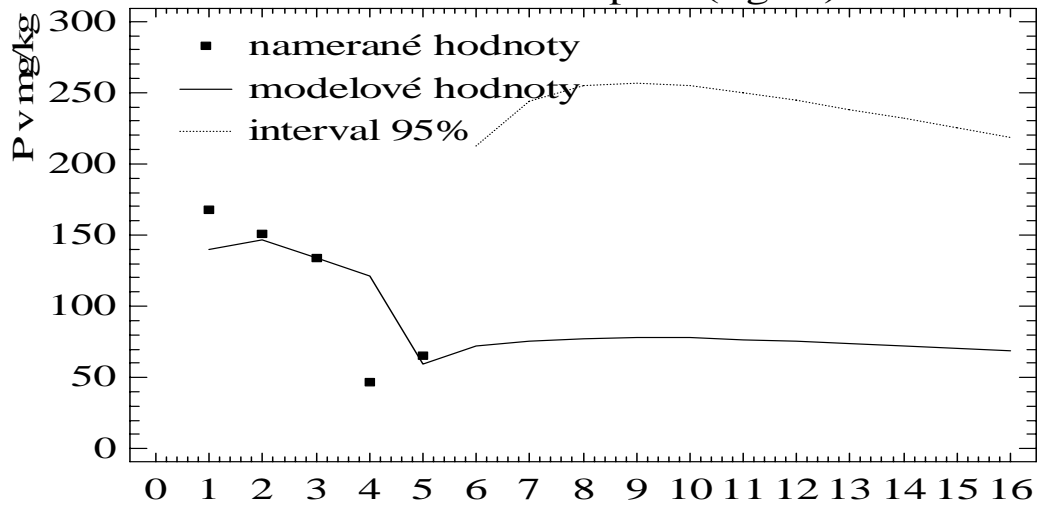
## 2. Vývoj vybraných vlastností pôd na príklade kľúčových monitorovacích lokalít

ARIMA modely vychádzajú z Box-Jenkinsonovej metódy pričom využívajú autoregresný proces ako aj sezónnu zložku modelového procesu pri predikcii sledovaných parametrov v stanovenom časovom období. K vlastnému modelovému odhadu využívajú Marquardtovu nelineárnu metódu. Vývoj sledovaných parametrov na černoze modálnej, var. karbonátovej, na lokalite Voderady využívanéj ako orná pôda, je v prípade obsahu organického uhlíka a kvality organickej hmoty definovanej farebným kvocientom  $Q^{4/6}$  relatívne vyrovnaný. Modelové hodnoty pôdnej reakcie oscilujú okolo pôvodnej hodnoty v intervale stanovenom chybou merania. Modelový vývoj pre obsah prístupného fosforu a draslíka naznačuje mierny pokles hodnôt týchto parametrov v modelovom časovom období. Vývoj pôdnej reakcie na kambize modálnej, var. kyslej, na lokalite Raková využívanéj ako trvalý trávny porast v modelovom časovom období mierne klesá, čo je v súlade s antropogénnou acidifikáciou v lokalizovanej oblasti ako aj s nižšou rezistenciou tohto pôdneho typu voči acidifikácii. Analogickým dôsledkom modelového poklesu pôdnej reakcie je mierny nárast obsahu aktívneho hliníka v sledovanom období.

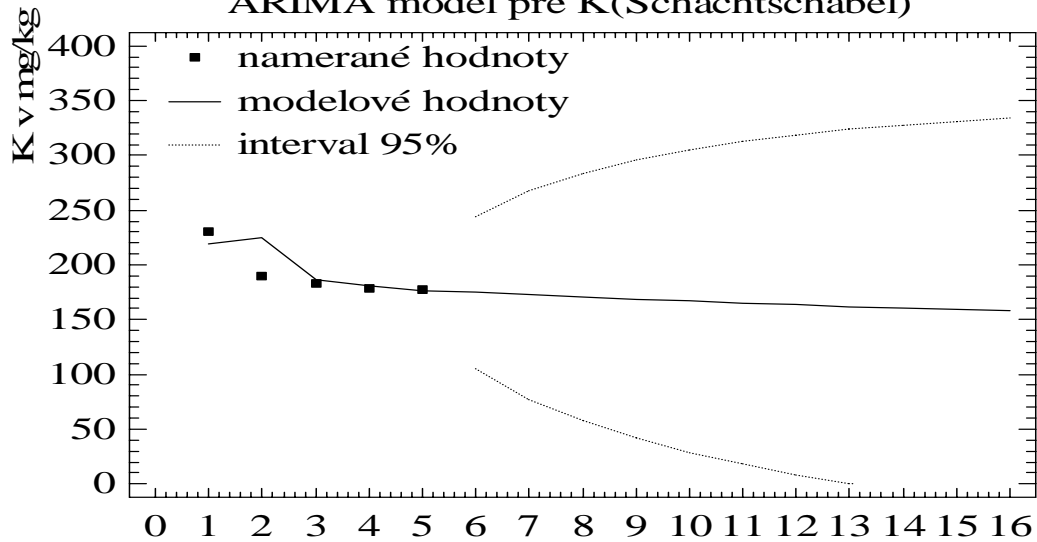




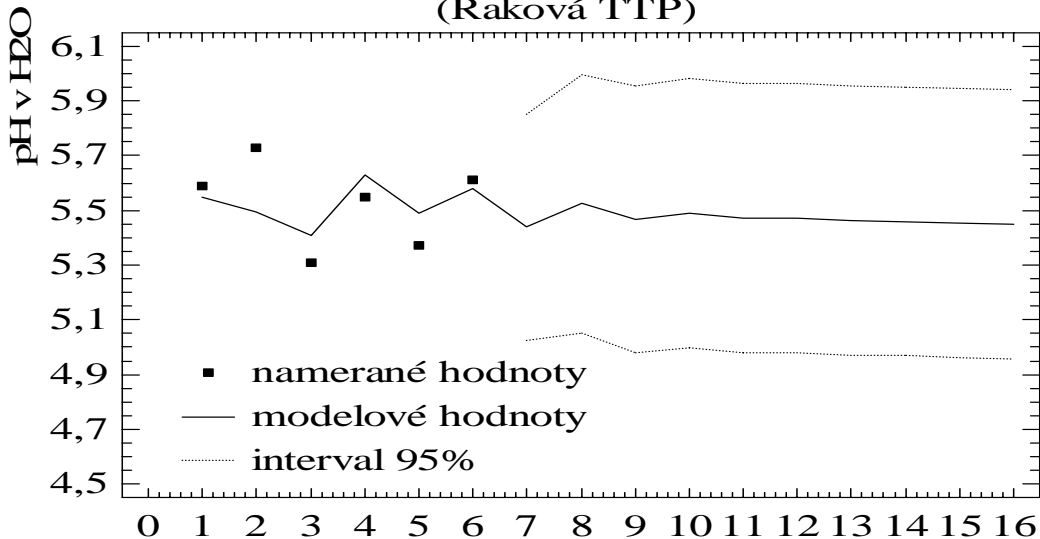
ARIMA model pre P(Egner)

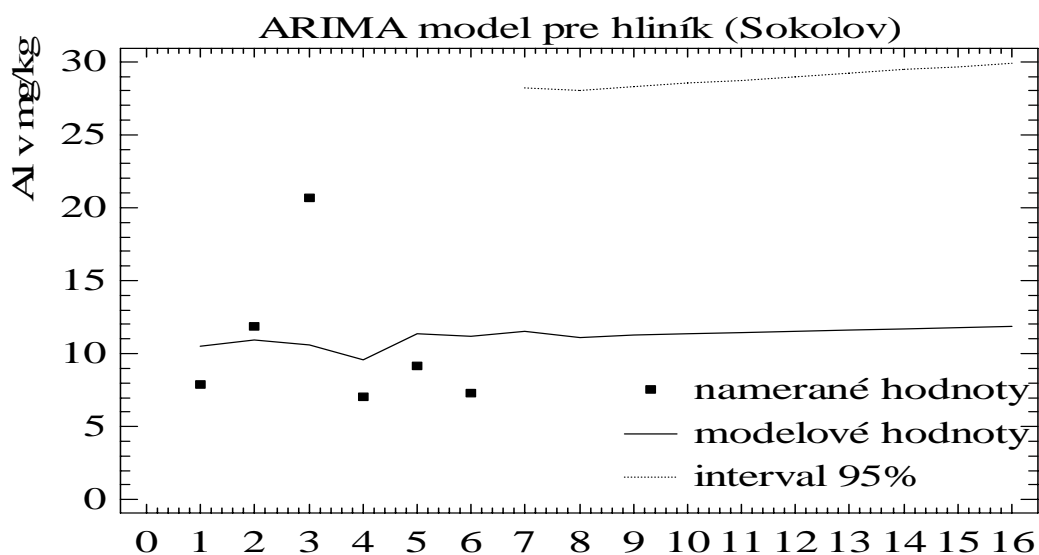
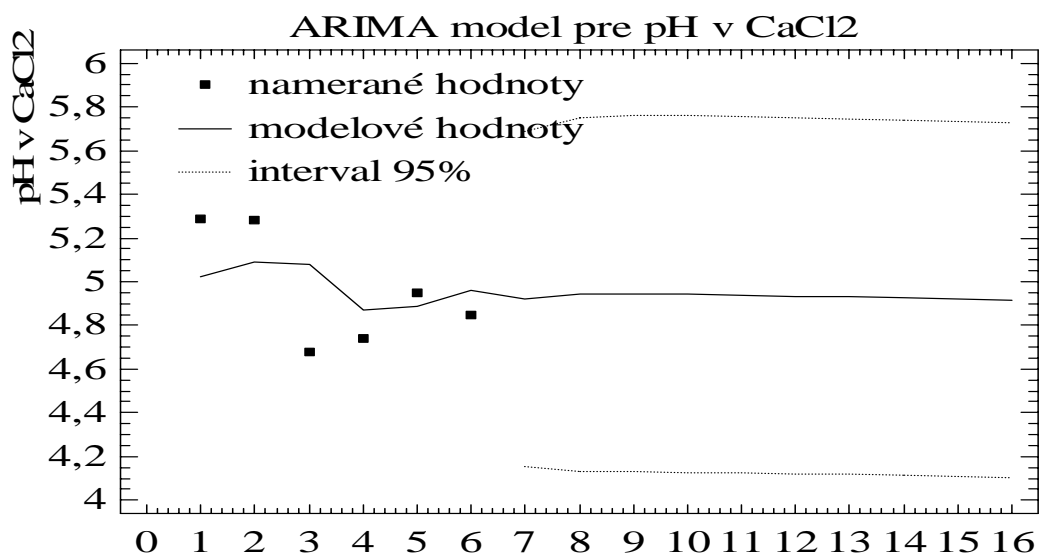


ARIMA model pre K(Schachtschabel)



ARIMA model pre pH v H2O (Raková TTP)





## Použitá literatúra

Fiala, K. a kol. 1999: Závazné metódy rozborov pôd. VÚPOP Bratislava, 142 s. ISBN 80-85361-55-8

Jambor, P., 1980: Pôdna kyslosť, jej úprava a metódy zúrodňovania kyslých pôd. Studij. infor. 2, Praha

Kobza, J. a kol. 2000: Aktualizovaný rámcový projekt ČMS-Pôda. VÚPOP Bratislava, 40s.

Kobza, J. a kol. 2002: Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd. VÚPOP Bratislava, 178 s. publikácia za 2. cyklus (t.č. v tlači)

Mengel, L. 1965: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Jena



**ČÚ 03**

**ACIDIFIKÁCIA A ALKALIZÁCIA PÔD**

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





## A. ACIDIFIKÁCIA PÔD

### Úvod

Prirodzený acidifikačný proces je s nástupom intenzívneho hospodárenia na pôde ako aj s pretrvávajúcou industrializáciou akcelerovaný antropogénnou acidifikačnou záťažou. Schopnosť agroekosystému vyrovnať sa s prirodzenou a antropogénnou acidifikačnou záťažou závisí od kapacity a potenciálu aktívnych pufrujúcich systémov, ktorá sa výrazne líši v rámci jednotlivých pôdnych predstaviteľov a je ovplyvnená množstvom faktorov. Odolnosť rôznych typov pôd voči acidifikácii závisí od kapacity a reakčnej rýchlosti pufrujúcich systémov (Kanianska, 2000). Aj napriek prijímaným opatreniam, acidifikačný stres, naakumulovaný z predchádzajúceho obdobia, pretrváva so všetkými rizikami, spojenými so zakysľovaním, akými sú zmeny na sorpčnom komplexe, vyplavovanie bázických kationov, nárast obsahu kyselých pôsobiacich iónov, výmenného hliníka, mangánu, akumulácia síranových a dusičnanových aniónov, zvýšená mobilita rizikových prvkov spojená s ich následným prienikom do potravného reťazca, čo vyžaduje permanentné monitorovanie pôdnych charakteristík indikujúcich acidifikačné tendencie pôd. Cieľom riešenia tejto čiastkovej úlohy je sledovanie acidifikačných tendencií vyplývajúcich zo zmien hodnôt pôdnej reakcie (aktívnej a výmennej), pôdnej acidity a relatívneho zastúpenia iónov vo vodnom výluhu a 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 pôdnych vzorkách základnej siete ČMS-P odobraných v 1. (rok 1993) a 2. (rok 1997) odberovom cykle z monitorovacích lokalít, 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 aktívna pôdna reakcia, výmenná pôdna reakcia (roztokom neutrálnej soli KCl a CaCl<sub>2</sub>) potenciometricky (Fiala, 1994). Vo vzorkách s hodnotou pH v KCl nižšou ako 6 bol stanovený aktívny Al podľa Sokolova.

V pôdnych vzorkách odobraných v rokoch 1994 - 2001 z kľúčových lokalít reprezentujúcich vybrané skupiny pôd bola stanovená aktívna a výmenná pôdna reakcia, aktívny hliník podľa Sokolova, hydrolytická kyslosť (Sotáková a kol., 1984) a obsah síranových a dusičnanových aniónov vo vodnom výluhu metódou kapilárnej izotachofórey.

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

### Výsledky a diskusia

#### *1. Vyhodnotenie stavu pôdnej reakcie v rámci hlavných pôdnych predstaviteľov SR v roku 1997 v porovnaní s rokom 1993*

Hodnoty pôdnej reakcie (aktívnej aj výmennej) hlavných pôdnych predstaviteľov Slovenska z hľadiska zachovania predpokladov štatistického hodnotenia vyhovovali

podmienkam normality rozdelenia a preto sme pôdnu reakciu charakterizovali popisnou štatistikou normálneho rozdelenia (aritmetický priemer, minimálna a maximálna hodnota) (tab. 1).

Najvyššia priemerná hodnota aktívnej pôdnej reakcii vyjadrená v pH/H<sub>2</sub>O v hĺbke 0 - 0,10 m (7,28) a 0,35-0,45 m (7,63) bola nameraná v skupine černozeí využívaných ako orná pôda, najnižšia priemerná hodnota aktívnej pôdnej reakcii v hĺbke 0 - 0,10 m (5,61) a 0,35-0,45 m (5,95) bola nameraná v skupine kambizeí využívaných ako trvalý trávny porast (TTP). Rozdiely v hodnotách pôdnej reakcie medzi hĺbkou 0- 0,10 m a 0,35-0,45 m sú ovplyvnené chemizmom materskej horniny ako aj spôsobom obrábania. Vplyv intenzívneho skultúrenia sa prejavil vyššími hodnotami pôdnej reakcie orníčného horizontu (hĺbka 0- 0,1m) na orných pôdach oproti pôdam využívaných ako TTP.

**Tab.1.** Popisná štatistika hodnôt pH v rokoch 1993 a 1997

Pôdny predstaviteľ <sup>1</sup>	Hĺbka odberu vzorky <sup>2</sup> / m/	Rok <sup>3</sup>	pH/H <sub>2</sub> O			pH/ KCl		
			Min	Max	X <sup>4</sup>	Min	Max	X <sup>4</sup>
KM - OP	0-0,10	1993	5,55	7,79	6,56	4,11	7,27	5,93
		1997	5,00	7,60	6,42	3,94	7,17	5,75
	0,35-0,45	1993	5,07	7,87	6,45	4,18	7,03	5,58
		1997	5,17	8,00	6,58	4,13	7,23	5,58
KM - TTP	0-0,10	1993	4,13	7,25	5,61	3,51	6,88	4,87
		1997	4,11	7,24	5,56	3,52	6,93	4,83
	0,35-0,45	1993	4,26	8,25	5,95	3,67	7,58	4,91
		1997	4,46	7,57	5,91	3,69	7,08	4,87
FM - OP	0-0,10	1993	4,38	8,04	7,13	3,59	7,59	6,52
		1997	4,56	8,11	6,95	3,67	7,66	6,28
	0,35-0,45	1993	4,73	8,39	7,32	3,78	8,27	6,58
		1997	4,70	8,35	7,18	3,73	7,96	6,47
ČM - OP	0-0,10	1993	5,80	8,00	7,28	4,86	7,45	6,69
		1997	5,38	8,01	7,31	4,52	7,53	6,71
	0,35-0,45	1993	6,35	8,29	7,63	5,17	7,71	6,90
		1997	5,41	8,19	7,69	4,51	7,74	6,93
HM - OP	0-0,10	1993	4,66	8,00	6,71	3,76	7,27	6,05
		1997	4,99	7,98	6,85	3,89	7,28	6,19
	0,35-0,45	1993	4,05	8,09	6,81	3,71	7,44	5,92
		1997	4,52	8,21	6,88	3,36	7,46	5,99
ČA - OP	0-0,10	1993	5,86	8,20	7,29	5,09	7,67	7,22
		1997	5,83	8,50	7,24	5,06	7,59	6,57
	0,35-0,45	1993	4,92	8,59	7,53	4,14	7,82	6,73
		1997	5,45	9,05	7,42	4,25	7,88	7,39
PG - OP	0-0,10	1993	4,48	8,0	6,66	3,88	7,39	6,06
		1997	5,30	7,95	6,70	4,47	7,42	6,05
	0,35-0,45	1993	4,29	7,91	6,09	3,40	7,40	5,16
		1997	4,65	7,91	6,45	3,81	7,21	5,48
PG - TTP	0-0,10	1993	5,18	7,56	6,31	4,25	7,12	5,70
		1997	5,41	7,20	6,24	5,00	6,55	5,69
	0,35-0,45	1993	5,30	7,15	6,35	3,87	6,06	5,23
		1997	5,59	7,32	6,34	4,44	6,49	5,44
RA - OP	0-0,10	1993	6,14	7,80	7,27	5,11	7,25	6,70
		1997	6,28	7,62	7,25	5,37	7,18	6,67
	0,35-0,45	1993	6,37	7,98	7,43	5,21	7,28	6,69
		1997	6,70	7,87	7,49	5,81	7,53	6,86
RA - TTP	0-0,10	1993	6,57	7,49	7,17	5,99	6,96	6,72
		1997	5,96	7,60	7,18	5,20	7,98	6,75
	0,35-0,45	1993	6,57	8,00	7,74	5,99	7,55	7,11
		1997	6,37	8,05	7,54	5,34	7,20	6,86

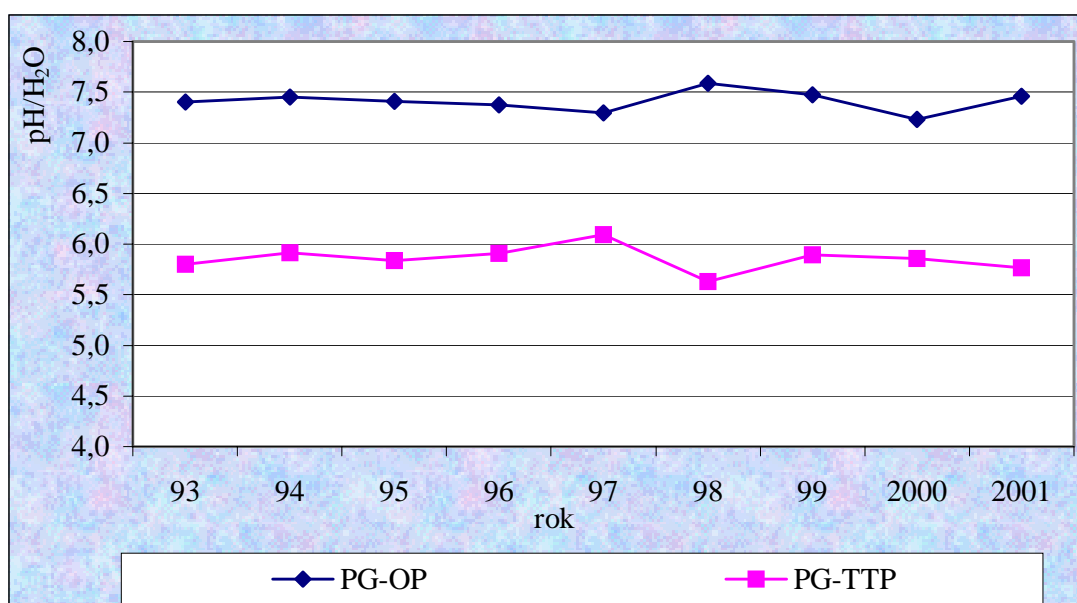
<sup>1</sup>Soil representative <sup>2</sup>Depth of sample uptake <sup>3</sup>Year <sup>4</sup>arithmetic mean

KM - Kambizem nasýtená - Eutric Cambisol, KM - Kambizem kyslá - Dystric Cambisol, FM - Fluvizem - Fluvisol, ČM - Černozem - Chernozem, HM - Hnedozem - Orthic Luvisol, ČA - Čiernica - Phaeozem, PG - Pseudoglej - Planosol, RA - Rendzina - Rendzina, OP - orná pôda - arable land, TTP - trvalý trávny porast - permanent grassland

## 2. Vyhodnotenie vývoja pôdnej reakcie na kľúčových lokalitách

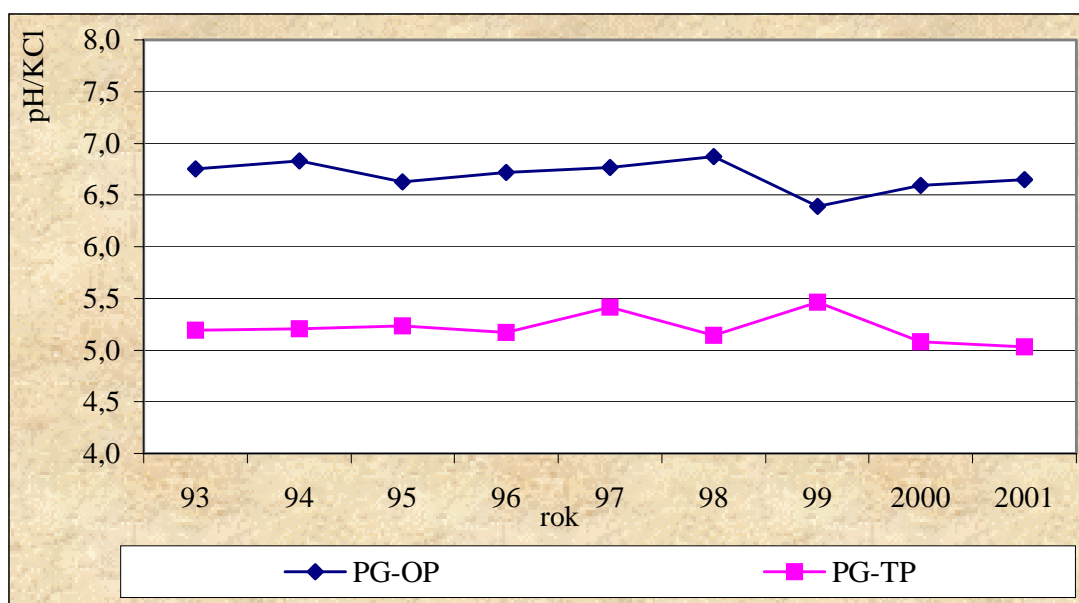
Hoci z tabuľky 1 je zrejmé, že medzi hodnotami pôdnej reakcie v rokoch 1993 a 1997 nie sú v sledovaných skupinách pôd preukazné rozdiely, na kľúčových lokalitách s periodickým, každoročným monitorovaním pôdnej reakcie v rokoch 1994 až 2001 boli zaznamenané určité vývojové trendy. Tendenčné časové zmeny sú podmienené kapacitou a potenciálom pufrujúceho systému sledovaných pôd, zastúpeného pufrujúcim systémom karbonátov, silikátov, výmenných kationov až hliníka.

**Obr. 1a** Vývojové trendy pH v H<sub>2</sub>O na kľúčových lokalitách –Pseudogleje

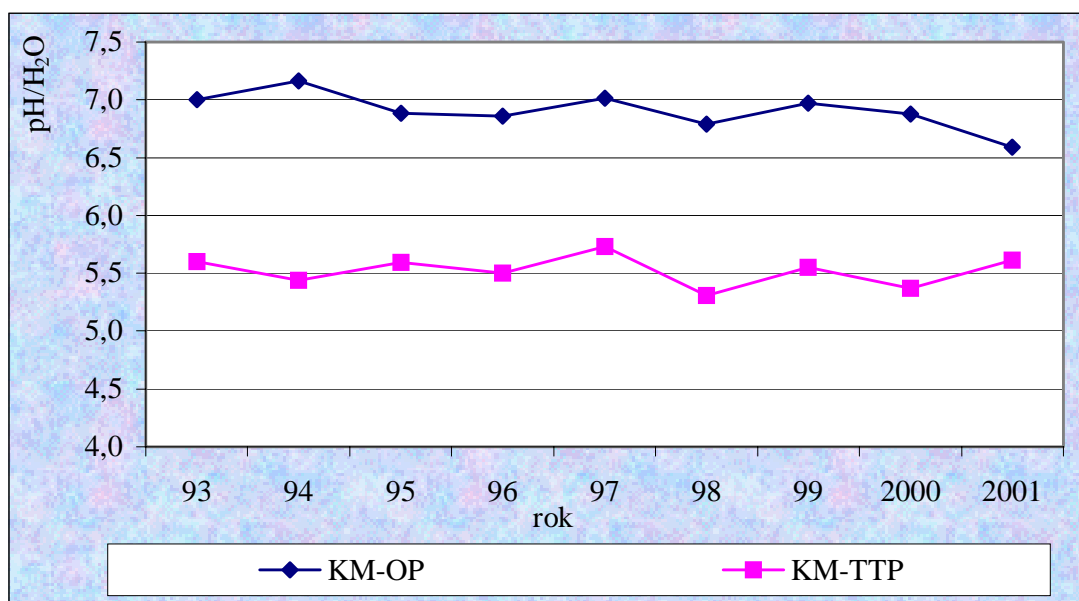


Pseudogleje (obr.1a,b) patria do skupiny stredne rezistentných pôd voči acidifikácii. V prípade pseudogleja využívaného ako orná pôda dominuje pufrujúci systém karbonátov až silikátov, čo sa prejavuje relatívne vyrovnaným priebehom polynomickej krivky hodnôt v prípade aktívnej pôdnej reakcie a veľmi miernym trendom smerom k zakysleniu v prípade výmennej pôdnej reakcie. U pseudogleja využívaného ako trvalý trávny porast dominuje pufrujúci systém silikátov, výmenných kationov až hliníka, čoho dôsledkom je nižšia rezistencia pôdy voči acidifikácii prejavujúca sa trendom k zakysleniu.

**Obr. 1b** Vývojové trendy pH v KCl na kľúčových lokalitách –Pseudogleje

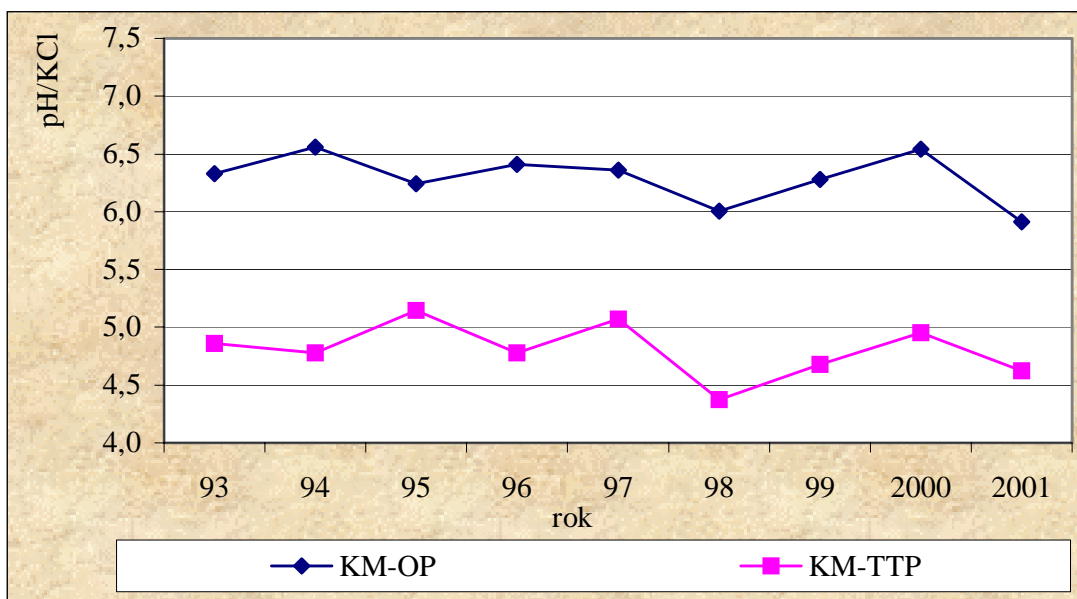


**Obr. 2a** Vývojové trendy pH v H<sub>2</sub>O na kľúčových lokalitách –Kambizeme

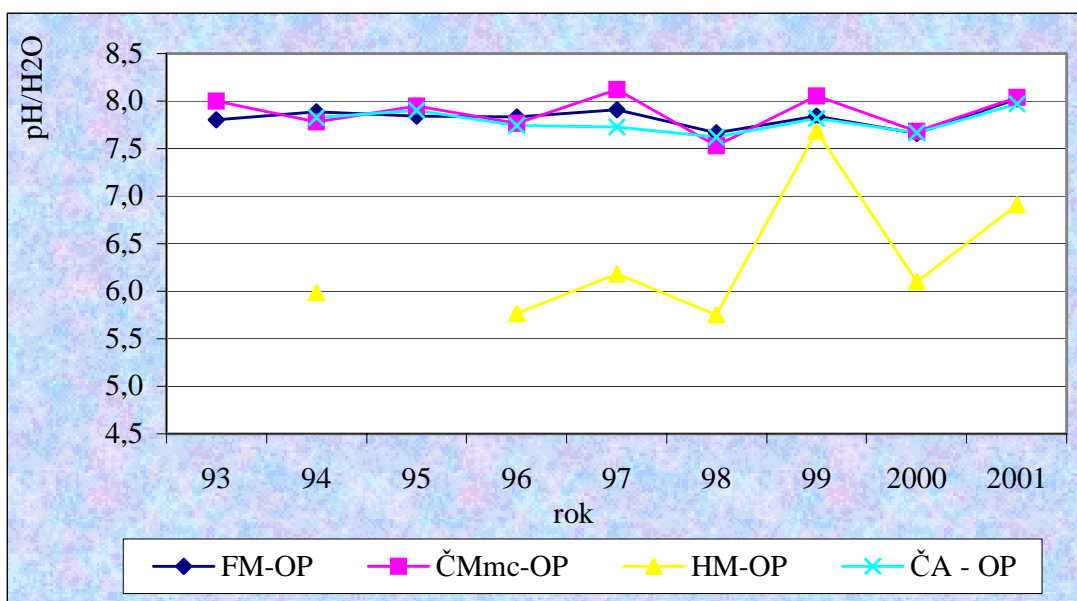


Kambizeme (obr.2a,b) sú vyvinuté na rôznych typoch substrátov, čo primárne determinuje aj ich rôznu náchylnosť k acidifikácii. Kambizem, vyvinutá na flyši s dominantnými pufrujúcimi systémami silikátov až výmenných kationov, využívaná ako orná pôda vykazuje v priebehu sledovaného obdobia trend k zakysleniu. Kambizem, využívaná ako trvalý trávny porast, osciluje s menšími výkyvmi okolo pôvodne stanovenej hodnoty.

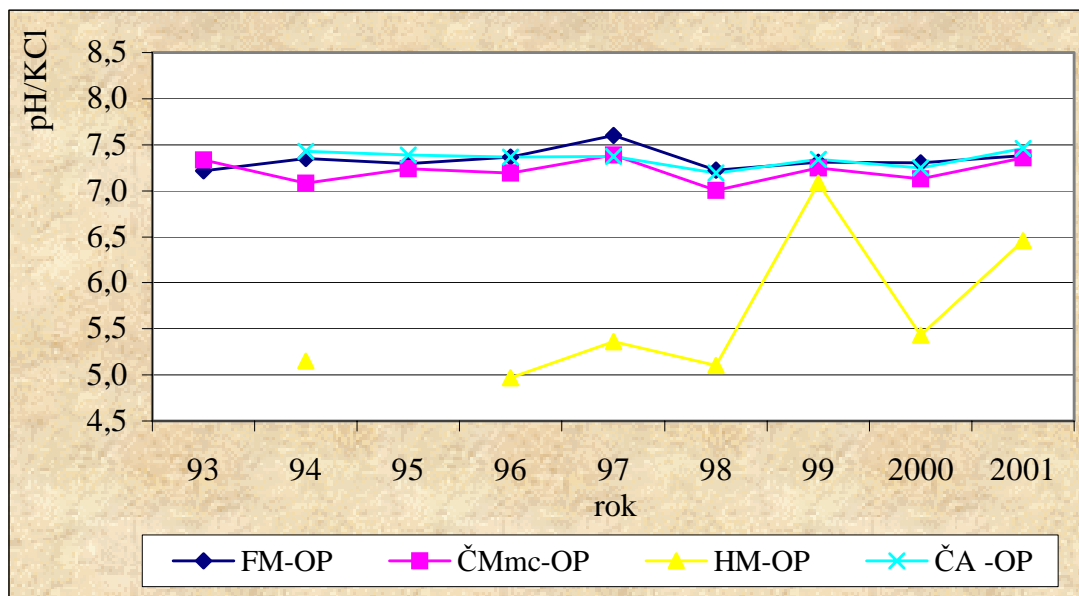
**Obr. 2b** Vývojové trendy pH v KCl na klíčových lokalitách –Kambizeme



**Obr. 3a** Vývojové trendy pH v H<sub>2</sub>O na klíčových lokalitách- Černoze, čiernice, fluvizeme, hnedoze

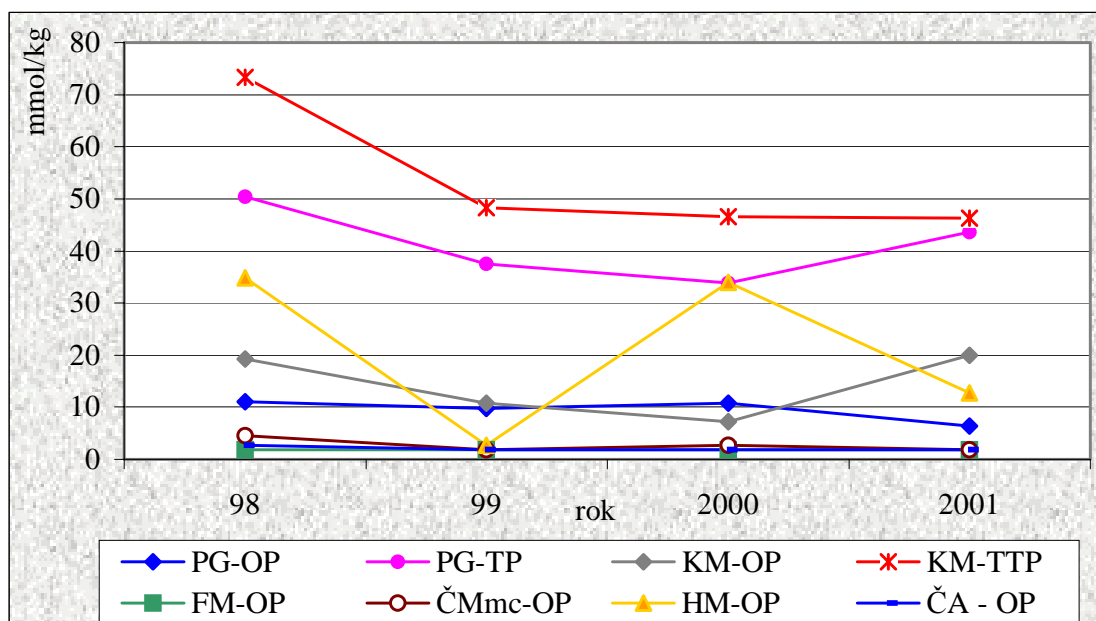


**Obr. 3b** Vývojové trendy pH v KCl na kľúčových lokalitách- Černoze, čiernice, fluvizeme, hnedoze



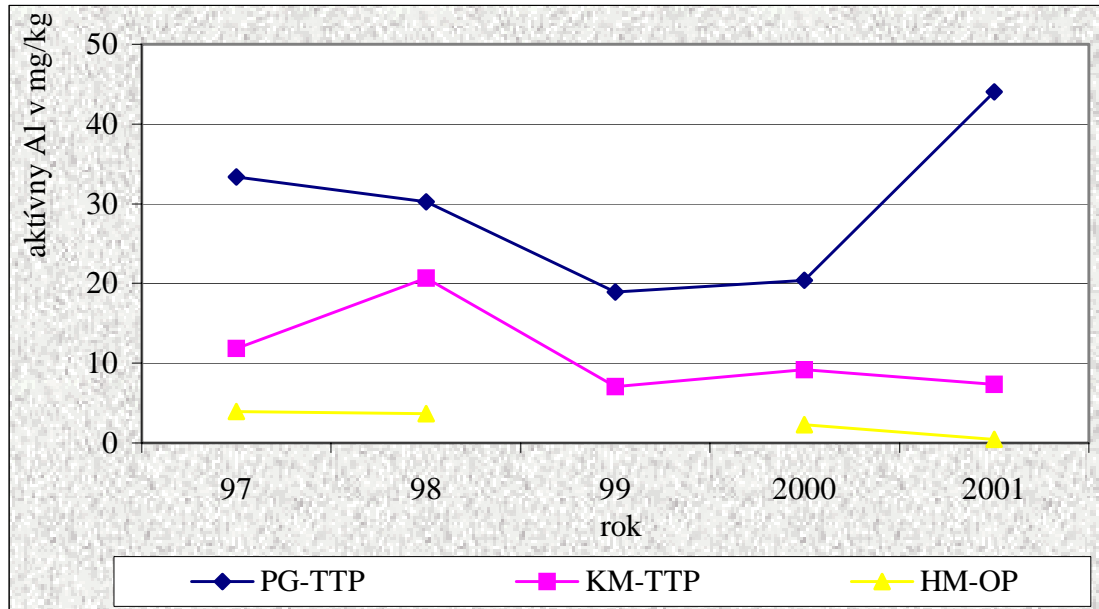
Černoze, čiernice a fluvizeme vyvinuté na karbonátových substrátoch ako aj hnedoze môžeme zaradiť k pôdnym typom rezistentným voči acidifikácii. Pufrujúci systém karbonátov sa prejavuje tmením acidifikačných tendencií, hodnota pôdnej reakcie v priebehu sledovaného obdobia v prípade černoze, čiernice a fluvizeme osciluje v intervale stanovenom chybou merania okolo pôvodnej hodnoty (Obr. 3a,b). Na hnedozemi pozorujeme trend smerom k zvýšeniu pôdnej reakcie ovplyvnený agrotechnickými zásahmi na danej lokalite. S hodnotou aktívnej a výmennej pôdnej reakcie úzko súvisí hodnota hydrolytickej kyslosti (obr. 4), korelačný koeficient hydrolytickej kyslosti v kontexte s hodnotou pH v H<sub>2</sub>O je  $r = -0,83$  a hodnotou pH v KCl  $r = -0,99$ .

**Obr. 4** Vývojové trendy hydrolytickej kyslosti



K mimoriadne nepriaznivým dôsledkom acidifikácie patrí aj zvyšovanie mobility iónov hliníka. Vychádzajúc z parametrov rozpustnosti hliníka bol aktívny hliník stanovený na kľúčových lokalitách s pH v KCl nižšou ako 6,0 (obr.5).

**Obr. 5** Vývojové trendy aktívneho hliníka na vybraných kľúčových lokalitách



Maximálne obsahy aktívneho hliníka boli stanovené na kľúčovej lokalite Chopok (ranker podzolový)  $1059,20 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Zmena pôdnej reakcie o 0,5 jednotiek smerom k zakysleniu (v rokoch 1998 a 1999) spôsobila na tejto lokalite nárast aktívneho hliníka až o  $589 \text{ mg.kg}^{-1}$  v súvislosti s vysokou koreláciou týchto parametrov a vysokým celkovým obsahom hliníka.

## Záver

- najvyššia priemerná hodnota pH/H<sub>2</sub>O v hĺbke 0 - 0,10 m (7,28) a v hĺbke 0,35 - 0,45 m (7,63) bola nameraná v skupine černoziemí, najnižšia priemerná hodnota pH/H<sub>2</sub>O v hĺbke 0 - 0,10 m (5,61) a v hĺbke 0,35 - 0,45 m (5,95) bola nameraná v skupine kambizemí využívaných ako trvalé trávne porasty.
- zmeny pôdnej reakcie v rokoch 1993 a 1997 neboli podľa Wilcoxonovho poradového testu vo väčšine prípadov štatisticky preukazné. Štatistická preukaznosť rozdielu bola potvrdená len v prípade pseudogleja (v hĺbke 0,35-0,45 m) a kambizeme (v hĺbke 0-0,10 m)
- pri obmedzení agrotechnických opatrení zameraných na optimalizáciu hodnôt pôdnej reakcie môžeme v prípade kambizemí a pseudoglejov, využívaných ako orné pôdy, predpokladať pomalý pokles pôdnej reakcie na prirodzene kyslejších substrátoch (vývojové trendy na kľúčových lokalitách)
- vývoj pôd smerom k zakysleniu v prípade pôd s hodnotou pôdnej reakcie v slabo kyslej až kyslej oblasti sa perspektívne môže odraziť v zvýšení prístupnosti hliníka a tým v zhoršení hygienického stavu životného prostredia.



## **Použitá literatúra**

- Fiala, K a kol.: Návrh metodík chemického rozboru pôd pre účely pôdneho monitoringu. Bratislava, 1994, 60s.
- 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, 289-292
- Sotáková, S., Mucha, V., Brabcová, M., Slovák, R.: Rozbory chemických vlastností pôd. Návod na cvičenia z geológie a pôdoznectva, Bratislava, Príroda, 1984, 181 s.

## B. Monitoring vývoja soľných pôd

V rámci monitoringu soľných pôd zaznamenávame a hodnotíme obsah vodorozpustných solí sodíka a jeho iónov, ktoré sa v pôde akumulujú ako dôsledok salinických procesov.

Vznik a vývoj soľných pôd je veľmi pomalý, prechádza vývojom od začiatkových štádií cez stredné stupne až po ich plné rozvinutie. Túto skutočnosť zohľadňuje aj sieť monitorovaných lokalít. Preto zahrňuje pôdy v ktorých obsah solí a výmenného sodíka je na hranici limitných a mierne nadlimitných hodnôt a ich odrazom sú slabo a stredne slanované a slaniskované pôdy ako aj typické slaniská a slance v ktorých obsah solí sodíka a výmenného sodíka je už vysoký. Z celkového počtu osem monitorovaných lokalít (tab. 1) päť je na Podunajskej rovine, kde stabilizovaný až mierne vzostupný trend hladín podzemnej vody a jej mineralizácia vytvárajú reálny predpoklad postupného rozvoja soľných pôd, najmä v prvých vývojových štádiách. Sem patria lokality: Iža, Gabčíkovo, Komárno-Hadovce a Zemné. Lokality s vysokým obsahom solí a sodíka sú na nive dolného toku Hrona v Kameníne a na Východoslovenskej nížine v Malých Raškovciach. Lokalita v katastri obce Žiar nad Hronom slúži na monitorovanie antropogénnej alkalizácie pôd exhalátmi závodu na výrobu hliníka v Žiari nad Hronom.

**Tab. 1.** Zoznam monitorovaných lokalít

Označenie lokality	Miesto	Názov pôdy
400 180	<i>Iža</i> okres Komárno	Čiernica modálna karbonátová v počiatočnom štádiu slanovania
400 176	<i>Gabčíkovo</i> okres Dunajská Streda	Čiernica modálna slabo slanisková
400 177	<i>Zlatná na Ostrove</i> okres Komárno	Čiernica černozečná slabo slanisková, hlboko slanová
400 178	<i>Komárno-Hadovce</i>	Čiernica černozečná slanisková, slabo slanová
400 179	<i>Zemné</i> okres Nové Zámky	Čiernica glejová slabo slanisková, slabo slanová
400 138	<i>Kamenín</i> okres Nové Zámky	Slanec slaniskový
400 229	<i>Malé Raškovce</i> okres Trebišov	Slanec
400 063	<i>Žiar nad Hronom</i>	Slanec - slanisko

Prítomnosť a intenzita salinických procesov sa v uvedených pôdach charakterizuje rozborom vodného výluhu pôdy, rozborom nasýteného extraktu pôdy a rozborom chemického zloženia podzemných vôd.

### Výsledky a ich hodnotenie

Výsledky monitoringu soľných pôd v roku 2002 sú zhrnuté v tab. 2, 3 a 4. Získané výsledky potvrdzujú prítomnosť oboch salinických procesov – slaniskovania (tab. 2) a slanovania (tab. 3) ako aj mineralizáciu podzemných vôd podmieňujúcu vznik a vývoj soľných pôd.

## ***Slaniskovanie***

Na základe údajov tabuľky 2 môžeme konštatovať, že proces slaniskovania prebieha vo všetkých monitorovaných pôdach. Potvrďuje to nadlimitný ( $>0,10\%$ ) obsah sodných solí (odparok). Slabé slaniskovanie s hodnotami odparok  $0,1 - 0,2\%$  solí sme zaznamenali na lokalitách: Iža, Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove a Žiar nad Hronom. Mierne vyššia intenzita slaniskovania, charakterizovaná obsahom solí  $0,2 - 0,3\%$  prebieha na lokalite Komárno-Hadovce. Vysoký stupeň slaniskovania s obsahom solí  $1,1 - 1,7\%$  prebieha na lokalitách Kamenín a Malé Raškovce.

Na piatich lokalitách (Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce, Kamenín a Malé Raškovce) sme zvýšený až vysoký obsah solí zaznamenali v celom pôdnom profile ( $0 - 100\text{ cm}$ ). Na lokalitách Iža a Zemné proces slaniskovania sme zaznamenali prevažne v povrchovej  $0 - 30\text{ cm}$  vrstve a na lokalite Žiar nad Hronom len v podpovrchovej ( $35 - 85$ ) vrstve pôdneho profilu.

Hodnoty elektrickej vodivosti  $E_{ce}$  ani na jednej lokalite nedosiahli nadlimitnú hodnotu nad  $400\text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ , čo znamená, že výraznejšie slaniskovanie v uvedených pôdach neprebíha. Elektrická vodivosť aj keď nie je v priamej závislosti na obsahu solí, namerané hodnoty  $E_{ce}$  (Tab. 3) sú v rozpore s celkovým obsahom solí (tab. 2). V nasledujúcich rokoch sa preto tomuto problému venuje zvýšená pozornosť.

## ***Slancovanie***

Podobne ako slaniskovanie aj slancovanie pôd (tab. 3) sme v roku 2002 zaznamenali vo všetkých monitorovaných pôdach. Tento proces je zreteľne výraznejší. Potvrďujú to hodnoty ESP vyššie ako  $5\%$  a alkalická pôdna reakcia,  $\text{pH } 8,2 - 10,0$  (tab. 2). Slabé slancovanie ESP  $5 - 10\%$  v podpovrchových horizontoch je rozšírené na lokalitách Iža, Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce. Ako vyplýva z údajov ESP tab. 3 táto intenzita procesu je v uvedených pôdach rozšírená v substrátových a v podpovrchových horizontoch. Najhlbšie, v hĺbke cca  $100\text{ cm}$ , je na lokalitách Iža a Gabčíkovo. Vyššie do profilu, až do výšky cca  $40\text{ cm}$  pod povrch, vystupuje na lokalitách Zemné, Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce.

Vysoké hodnoty ESP, charakteristické pre typický slanec, sme opätovne zaznamenali v Malých Raškovciach, kde obsah výmenného sodíka v  $Bn$  horizonte dosahuje  $16 - 34\%$  a v  $A$  horizonte  $5 - 10\%$ . Extrémne vysoké nasýtenie pôdy sodíkom v celom profile (ESP nad  $50$  až  $80\%$ ) sme zaznamenali na lokalitách Kamenín a Žiar nad Hronom, čo svedčí o antropogénnom vplyve.

## ***Chemické zloženie podzemnej vody***

Podzemné vody a v nich rozpustené sodné soli sú hlavným zdrojom soli v pôde (tab. 4). Pôsobia na vznik a vývoj soľných pôd tým, že vzliňaním vynášajú do pôdneho profilu rozpustné soli, ktoré sa tu po spotrebe vody evapotranspiráciou vyzrážajú na povrchu pôdnych agregátov.

**Tab. 2. Rozbor vodného výluhu pôd v roku 2002**

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	8,1	-	0,04	0,69	0,55	3,70	2,06	0,37	0,28	<b>0,12</b>
	Amlcp (S)	15-25	8,2	-	0,04	0,54	0,48	3,24	1,85	0,47	0,12	<b>0,10</b>
	Amlc	30-40	8,2	-	0,04	0,69	0,58	2,87	1,81	0,56	0,04	0,07
	CGo	75-85	8,6	-	0,03	0,51	0,98	1,09	2,08	0,73	0,02	0,05
	Cgon	90-100	8,8	-	0,02	0,57	1,93	1,09	1,94	1,89	0,04	0,05
Zemné 400170	Amlcp (S)	0-10	8,0	-	0,04	3,55	0,93	6,05	1,42	0,65	0,75	<b>0,18</b>
	Amlcp (S)	10-20	8,1	-	0,04	3,05	0,61	4,30	1,03	0,83	0,18	<b>0,11</b>
	A/Cgon	45-55	8,2	-	0,03	1,93	1,61	3,06	0,80	2,07	0,02	0,08
	CGrn	65-75	8,2	-	0,03	1,94	3,44	3,18	0,97	2,75	0,02	0,08
	CGrn	80-90	8,2	-	0,03	3,53	6,05	3,99	1,17	2,89	0,02	<b>0,10</b>
	CGrn	100-110	8,2	-	0,02	3,29	3,68	3,18	0,82	1,67	0,03	0,07
Gabčíkovo 400176	Amlcp (S)	0-10	8,1	-	5,70	1,73	0,60	3,85	1,16	0,21	0,82	<b>0,15</b>
	Amlcp (S)	10-20	8,2	-	4,75	1,01	0,44	3,63	0,98	0,28	0,27	<b>0,12</b>
	Amlc (S)	40-50	8,2	-	5,50	1,60	0,80	3,45	1,14	0,50	0,17	<b>0,10</b>
	A/Cgro (S)	65-75	8,2	-	3,35	1,47	9,93	4,26	2,89	1,09	0,09	<b>0,13</b>
	CGroc(S)n	90-100	8,2	-	2,60	2,88	13,06	4,01	3,32	2,08	0,08	<b>0,15</b>
	CGroc(S)n	100-110	8,1	-	2,55	3,02	16,32	5,07	3,88	2,02	0,10	<b>0,17</b>
Zlatná na Ostrove 400172	Amčcp	0-10	8,2	-	6,25	0,76	0,57	3,18	1,22	0,28	0,55	0,09
	Amčcp	10-20	8,2	-	6,45	1,18	0,60	3,18	1,25	0,37	0,42	<b>0,10</b>
	A/Cgoc(S)n	40-45	8,3	-	6,40	2,38	1,71	3,12	1,45	1,74	0,13	<b>0,10</b>
	Cgoc(S)n	50-65	8,4	-	4,35	4,09	4,83	2,06	2,17	5,10	0,04	<b>0,11</b>
	2CGoc(S)n	100-110	8,4	-	3,50	6,38	12,03	2,56	5,01	7,61	0,03	<b>0,17</b>
Komárno - Hadovce 400178	Amčcp(S)	0-10	8,2	-	6,60	0,81	0,50	2,87	1,20	0,29	0,59	<b>0,10</b>
	Amčcp(S)	10-20	8,2	-	6,05	1,03	0,80	2,99	1,25	0,43	0,52	<b>0,10</b>
	A/CGocSn	40-50	8,1	-	3,75	7,31	28,20	10,54	6,32	3,23	0,23	<b>0,30</b>
	CGrocSn	55-60	8,2	-	3,15	11,73	23,02	7,92	6,99	4,35	0,08	<b>0,27</b>
	CGrocSn	70-80	8,3	-	2,65	10,84	15,76	5,86	5,30	3,65	0,04	<b>0,20</b>
	CGrocSn	100-110	8,3	-	2,80	5,35	7,54	3,12	2,87	2,39	0,04	<b>0,12</b>
Kamenín 400138	AmSn	0-10	8,4	-	0,92	3,26	2,49	0,03	0,30	49,80	5,88	<b>1,46</b>
	AmSn	10-20	8,7	-	0,31	3,95	3,28	0,03	0,26	40,01	3,32	<b>0,68</b>
	AmSn	20-30	9,0	-	0,23	3,51	4,56	0,03	0,22	58,90	4,60	<b>1,34</b>
	AmSn	40-50	9,3	-	0,30	4,34	7,41	0,03	0,24	59,15	4,22	<b>1,16</b>
	Bn	60-70	9,2	-	0,21	2,44	8,74	0,03	0,11	48,71	2,37	<b>0,69</b>
	Bn	80-90	9,7	-	0,14	4,20	4,96	0,09	0,50	34,80	0,65	<b>0,26</b>
	Bn	150-160	8,7	-	0,04	1,23	0,45	0,84	0,83	4,64	0,24	0,06
	Bn	180-200	8,5	-	0,05	1,42	1,10	0,59	0,67	6,21	0,61	0,09
Malé Raškovce 400229	Ae(S)	0-10	7,6	-	0,02	0,45	0,43	1,34	0,71	3,15	0,08	<b>0,82</b>
	A(S)n	20-30	8,2	-	0,03	0,33	0,18	1,68	0,99	1,14	0,07	<b>0,97</b>
	Asn	35-45	8,2	-	0,04	0,42	0,25	0,90	0,84	3,82	0,07	<b>1,15</b>
	BnS	50-60	7,8	-	0,02	0,52	0,61	0,03	0,28	9,57	1,15	<b>1,26</b>
	BnS	70-80	8,6	-	0,07	0,98	1,01	0,03	1,52	13,59	1,02	<b>1,69</b>
	BnS	120-130	8,0	-	0,03	0,51	1,27	0,03	0,47	9,13	1,30	<b>1,32</b>
Žiar nad Hronom 400063	An	0-10	9,3	-	0,53	1,2	4,5	0,03	0,22	84,60	0,98	0,07
	An	10-20	9,1	-	0,52	1,52	4,55	0,07	1,1	93,08	1,41	0,07
	A/Bn	20-30	9,1	-	0,44	0,86	11,13	0,31	2,33	108,3	1,21	0,06
	Bn	35-45	9,9	-	0,55	1,03	17,14	0,07	1,55	104,4	1,28	<b>0,11</b>
	Bn(S)	55-65	10,0	-	0,47	1,21	7,61	0,03	0,22	91,99	2,17	<b>0,12</b>
	Bn(S)	75-85	9,0	-	0,33	1,11	5,98	0,03	0,09	79,16	2,30	<b>0,11</b>

**Tab. 3.** Rozbor nasýteného extraktu pôd v roku 2002

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	49,2	0,12	0,80	1,27	0,12	0,76
	Amlcp (S)	15-25	38,0	0,14	0,66	1,00	0,16	1,11
	Amlc	30-40	36,2	0,19	0,68	0,92	0,21	1,59
	CGo	75-85	26,0	0,31	0,72	0,35	0,42	<b>3,40</b>
	Cgon	90-100	27,8	0,71	0,64	0,27	1,05	<b>6,73</b>
Zemné 400170	Amlcp (S)	0-10	68,4	0,26	0,60	2,04	0,23	1,77
	Amlcp (S)	10-20	47,8	0,31	0,39	1,51	0,72	2,63
	A/Cgon	45-55	36,7	0,70	0,27	1,01	0,86	<b>5,98</b>
	CGrn	65-75	42,7	1,00	0,32	1,06	1,20	<b>7,22</b>
	CGrn	80-90	52,8	1,18	0,47	1,50	1,19	<b>7,19</b>
	CGrn	100-110	43,0	0,70	0,31	1,17	0,81	<b>5,74</b>
Gabčíkovo 400176	Amlcp (S)	0-10	59,5	0,09	0,60	1,66	0,08	0,4
	Amlcp (S)	10-20	45,9	0,12	0,45	1,44	0,12	0,8
	Amlc (S)	40-50	43,4	0,22	0,51	1,27	0,23	1,8
	A/Cgro (S)	65-75	79,8	0,62	1,21	2,08	0,48	3,9
	CGroc(S)n	90-100	96,6	0,99	1,73	2,26	0,71	<b>5,2</b>
	CGroc(S)n	100-110	99,0	1,00	1,77	2,45	0,69	<b>5,2</b>
Zlatná na Ostrove 400172	Amčcp	0-10	37,7	0,10	0,47	1,15	0,12	0,7
	Amčcp	10-20	36,4	0,12	0,45	1,07	0,14	0,9
	A/Cgoc(S)n	40-45	45,2	0,65	0,56	1,15	0,71	<b>5,2</b>
	Cgoc(S)n	50-65	62,0	2,19	0,91	0,80	2,38	<b>9,5</b>
	2CGoc(S)n	100-110	105,9	3,59	2,30	1,17	2,72	<b>9,9</b>
Komárno - Hadovce 400178	Amčcp(S)	0-10	34,3	0,11	0,45	1,03	0,12	0,8
	Amčcp(S)	10-20	37,0	0,16	0,47	1,08	0,18	1,3
	A/CGocSn	40-50	149,2	1,44	2,87	4,86	0,73	<b>5,3</b>
	CGrocSn	55-60	147,0	2,01	3,31	3,74	1,07	<b>6,8</b>
	CGrocSn	70-80	116,7	1,70	2,59	2,43	1,07	<b>6,8</b>
	CGrocSn	100-110	68,1	1,11	1,23	1,32	0,98	<b>6,5</b>
Kamenín 400138	AmSn	0-10	83,7	10,26	0,10	0,00	45,00	<b>52,02</b>
	AmSn	10-20	71,0	8,24	0,07	0,00	44,34	<b>51,60</b>
	AmSn	20-30	92,3	11,07	0,08	0,00	53,52	<b>57,00</b>
	AmSn	40-50	96,6	11,85	0,08	0,00	57,65	<b>59,14</b>
	Bn(S)	60-70	68,5	8,55	0,06	0,00	47,41	<b>53,52</b>
	Bn	80-90	60,0	6,22	0,02	0,00	56,93	<b>58,78</b>
	Bn	150-160	24,9	1,55	0,18	0,20	3,56	<b>10,00</b>
	Bn	180-200	31,3	2,17	0,16	0,16	5,39	<b>12,38</b>
Malé Raškovce 400229	Ae(S)	0-10	26,5	0,13	0,40	0,66	0,18	1,34
	A(S)n	20-30	20,2	0,41	0,30	0,42	0,69	<b>5,15</b>
	Asn	35-45	21,7	1,22	0,22	0,23	2,56	<b>9,70</b>
	BnS	50-60	13,0	1,07	0,03	0,01	8,30	<b>16,40</b>
	BnS	70-80	33,6	3,13	0,07	0,03	14,13	<b>24,77</b>
	BnS	120-130	21,4	1,87	0,01	0,00	23,4	<b>34,75</b>
Žiar nad Hronom 400063	An	0-10	102,7	12,2	0,02	0,00	107,15	<b>75,57</b>
	An	10-20	106,1	13,53	0,04	0,00	92,92	<b>72,12</b>
	A/Bn	20-30	141,2	16,35	0,04	0,00	115,17	<b>77,22</b>
	Bn	35-45	243,5	29,53	0,07	0,00	151,78	<b>82,85</b>
	Bn(S)	55-65	150,3	21,12	0,07	0,00	113,95	<b>76,98</b>
	Bn(S)	75-85	123,0	18,75	0,05	0,00	113,33	<b>76,85</b>

ESP - nasýtenosť pôdy výmenným sodíkom, hodnoty nad 5 % indikujú prítomnosť slancovania pôdy  
 ECe - merná elektrická vodivosť pôdneho extraktu

**Tab. 4.** Chemické vlastnosti podzemných vôd, významné pre vývoj soľných pôd v roku 2002

Lokalita	Dátum merania	pH	EC mS.m <sup>-1</sup>	RL <sub>1</sub>	RL <sub>2</sub>	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>	SAR
				mg/l										
Iža 400180	máj	7,93	143,3	1066	809	-	491,1	105,5	635,0	109	65	126,0	1,7	3,3
	september	8,26	136,8	916	714	-	488,1	94,2	585,0	110	64	120,0	2,0	3,2
Zemné 400179	máj	7,85	135,3	1042	741	-	433,1	224,4	415,1	191	40	38,0	1,0	0,9
	september	8,28	127,2	931	615	-	488,1	227,8	316,2	162	35	49,0	4,3	1,3
Gabčíkovo 400176	máj	8,04	75,1	557	400	-	251,3	59,4	304,9	100	30	8,1	1,7	0,3
	september	8,00	70,8	511	316	-	180,0	76,2	242,6	97	30	8,4	1,9	0,3
Zlatná na Ostrove	máj	8,05	182,2	1263	1034	-	651,5	185,1	711,8	104	48	246,0	2,1	7,1
	september	7,87	183,7	1210	964	-	250,2	171,0	663,7	121	57	250,0	2,4	6,6
Komárno-Hadovce 400178	máj	7,91	203,0	1454	1192	-	782,0	200,7	773,6	124	78	257,0	2,1	6,3
	september	7,73	220,0	1573	1273	-	561,4	221,4	916,0	141	96	250,0	2,5	5,6
Kamenín 400138	máj	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	september	8,57	128,0	842	577	-	-	150,5	198,8	26	56	172,0	12,1	6,6

EC - merná elektrická vodivosť, RL1 - rozpustné látky (soli) stanovené sušením pri 1050 C

RL2 - rozpustné látky stanovené žíhaním (6000 C), SAR - sodíkový adsorpčný pomer

Hlavným kritériom vplyvu podzemnej vody na vývoj soľných pôd sú merná elektrická vodivosť (EC), celková mineralizácia, pomer jednotlivých aniónov a kationov v podzemnej vode a tzv. sodíkový adsorpčný pomer (SAR).

Hlavným ukazovateľom rizikovosti vzniku a vývoja soľných pôd je elektrická vodivosť podzemných vôd (EC). Na monitorovaných lokalitách sme v roku 2002 zaznamenali hodnoty EC v rozpätí 70 – 220 mS.m<sup>-1</sup> (tab. 4). Uvedené rozpätie patrí do kategórie treďne vysokej rizikovosti slaniskovania i slancovania pôd. To sa primerane odzrkadľuje na už hodnotených procesoch slaniskovania a slancovania. Stredná až vysoká celková mineralizácia monitorovaných podzemných vôd (cca 500 – 1500 mg/l) je druhým ukazovateľom zdroja solí v pôdach. Pomerne nízke hodnoty SAR potvrdzujú nízke riziko rozvoja sódového zasolenia.

## Záver

Výsledky monitoringu soľných pôd, získané v roku 2002 (tab. 2 – 4) potvrdzujú, že slaniskovanie a slancovanie pôd prebieha súčasne vo všetkých monitorovaných pôdach. Intenzita slaniskovania je však prevažne v začiatkových štádiách, charakterizovaná obsahom solí 0,1 – 0,2 %. Pokročilejšie štádium prebiehalo len na lokalitách Kamenín a Malé Raškovce.

Proces slancovania sa v roku 2002 prejavil ako zreteľne dominantný. Potvrdzujú to minimálne o kategóriu vyššie hodnoty ESP v porovnaní s hodnotami odparku a ECe. Extrémne vysoké hodnoty ESP (50 – 80 %) na lokalitách Kamenín a Žiar nad Hronom svedčia o antropickom vplyve.

Chemické zloženie podzemných vôd, najmä EC v rozpätí 70 – 220 mS.m<sup>-1</sup> potvrdilo ich stredne vysokú rizikovosť vo vzťahu k rozvoju soľných pôd.



**ČÚ 04**

**MONITORING ZAŤAŽENIA PÔD RIZIKOVÝMI LÁTKAMI**

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

**Spoluriešitelia:** RNDr. J. Vojtáš, CSc.

Ing. M. Medveď, CSc.

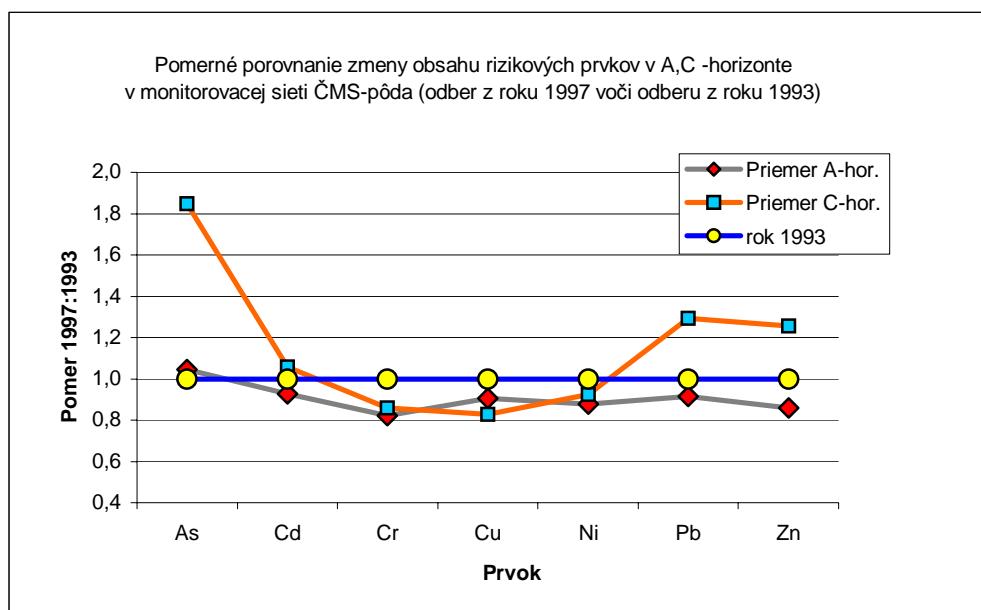




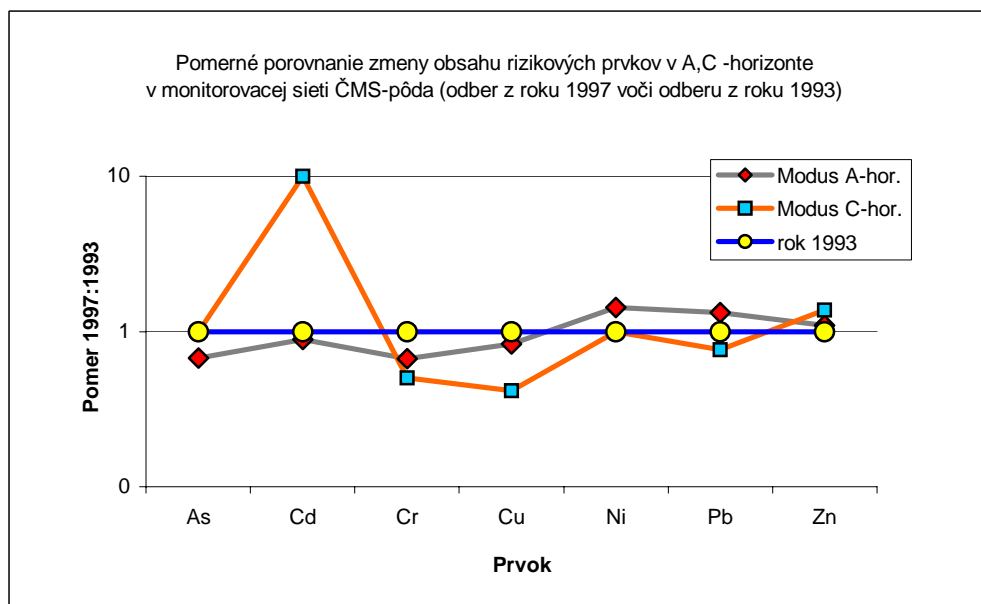
## Úvod

Porovnanie zmeny priemernej hodnoty a modusu za obdobie rokov 1993 až 1997 v A,C- horizonte je znázornené na obrázku 1, 2. Priemerné obsahy v A – horizonte poklesli voči roku 1993 u všetkých sledovaných prvkov s výnimkou As (obr. 1) Naproti tomu stúpili obsahy v C – horizonte pri As, Cd, Pb a Zn, čo naznačuje vertikálnu migráciu v pôdnom profile. Podobný vývoj je zaznamenaný i pri vyhodnotení modusu (obr. 2)

Obr. 1



Obr. 2



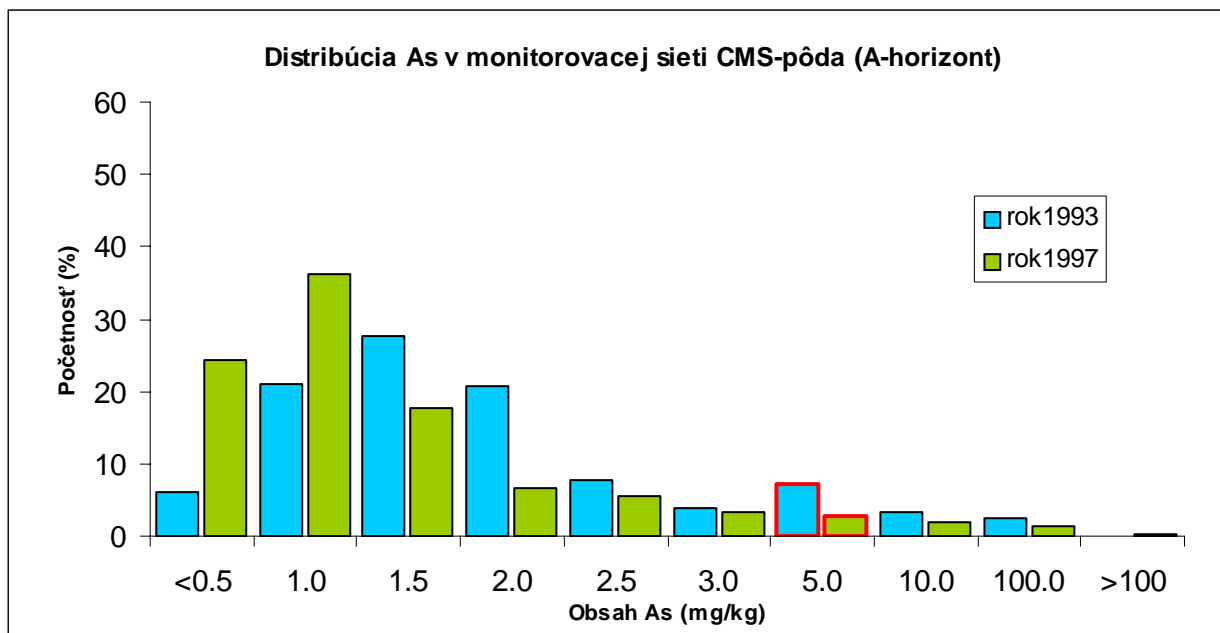
Stav kontaminácie pre monitorované rizikové prvky sme vyhodnotili pomocou distribučných kriviek pre každý odberový cyklus a pre dve hĺbkové úrovne A- horizont (ornica hĺbky odberov 0-10cm a B resp. C- horizont (podornica hĺbky odberov 20-30 cm pod TTP, resp. 30-45 cm na OP).

Porovnanie distribučných kriviek I. a II. odberového cyklu v A,C- horizonte pre monitorované rizikové prvky je na obrázkoch č.9.3 až 9.16.

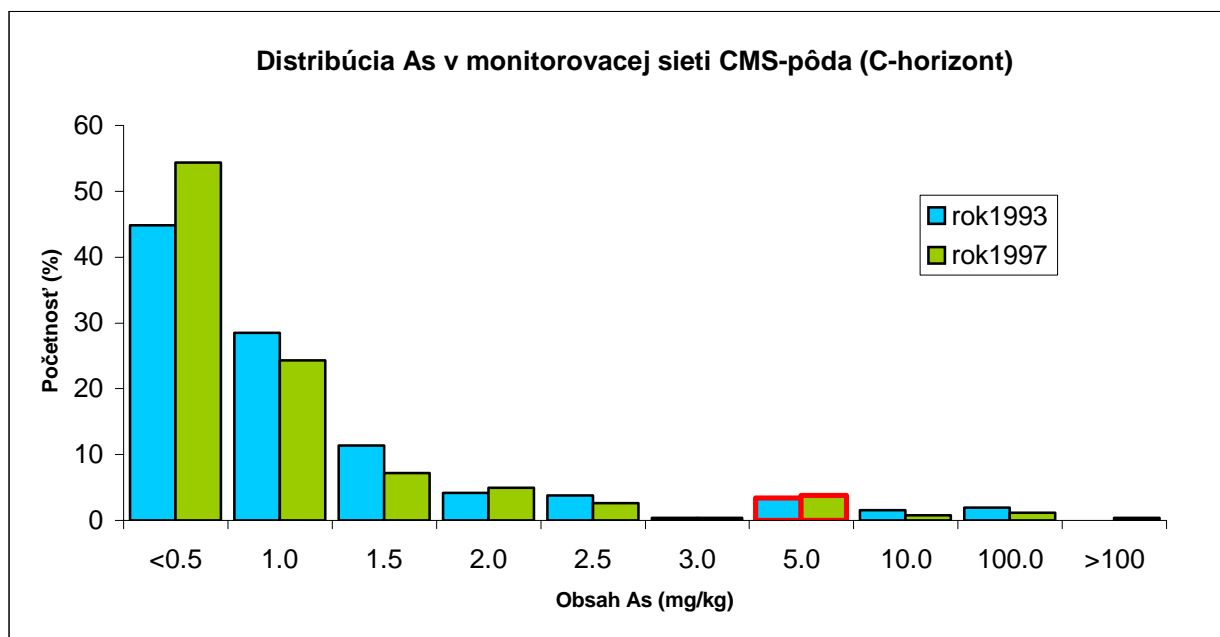
## Arzén

V A- horizonte monitorovaných pôd nastalo výrazne zníženie obsahu As v pôdach s obsahom nad 1,5 mg/kg a zvýšil sa počet pôd s obsahom As pod 1,5 mg/kg. Podobný vývoj je pozorovaný i v C- horizonte. Poklesol počet pôd, ktoré prekračovali A1 referenčný limit pre kontaminované pôdy.

Obr. 3



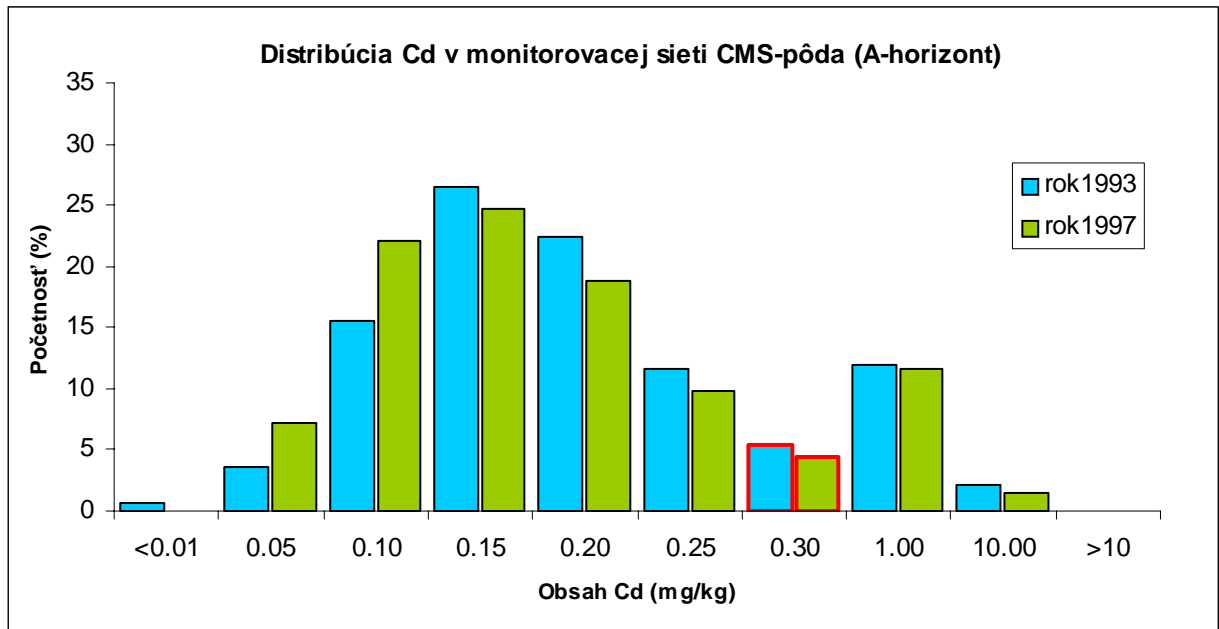
Obr. 4



## Kadmium

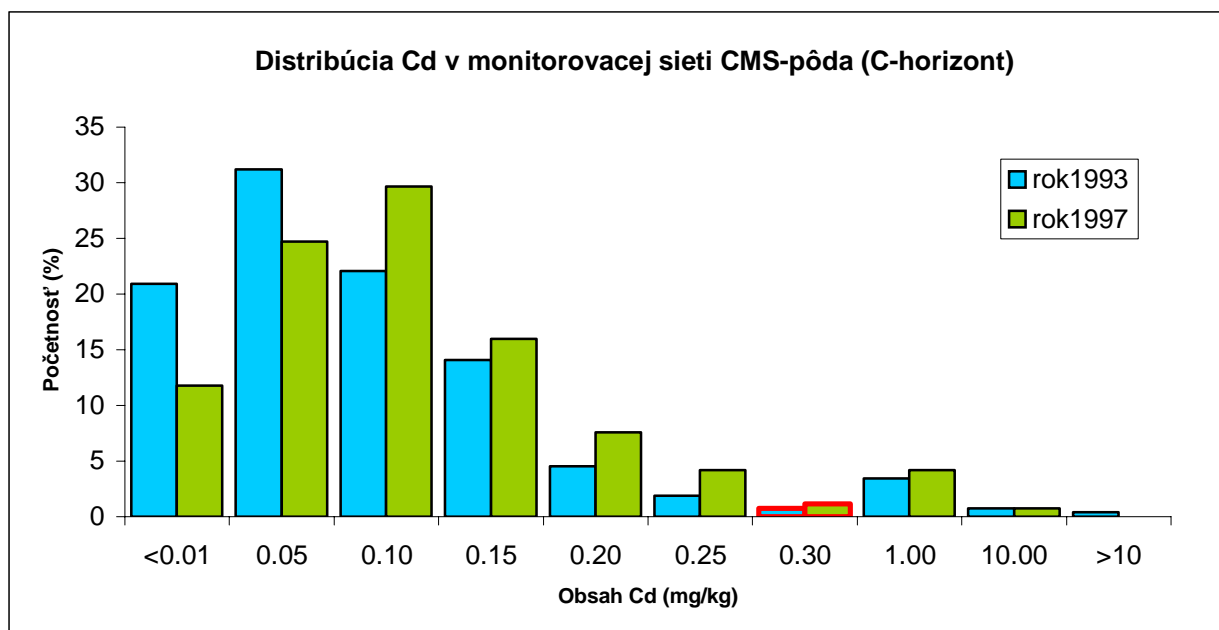
V A- horizonte monitorovaných pôd nastalo zníženie obsahu Cd v pôdach s obsahom nad 0,15 mg/kg a zvýšil sa počet pôd s obsahom Cd pod 0,15 mg/kg. Mierne poklesol počet pôd, ktoré prekročovali A1 referenčný limit pre kontaminované pôdy.

Obr. 5



Vývoj v C- horizonte. má výrazný vzostup obsahu Cd, čo naznačuje vertikálny posun Cd z A- horizontu smerom do C- horizontu

Obr. 6

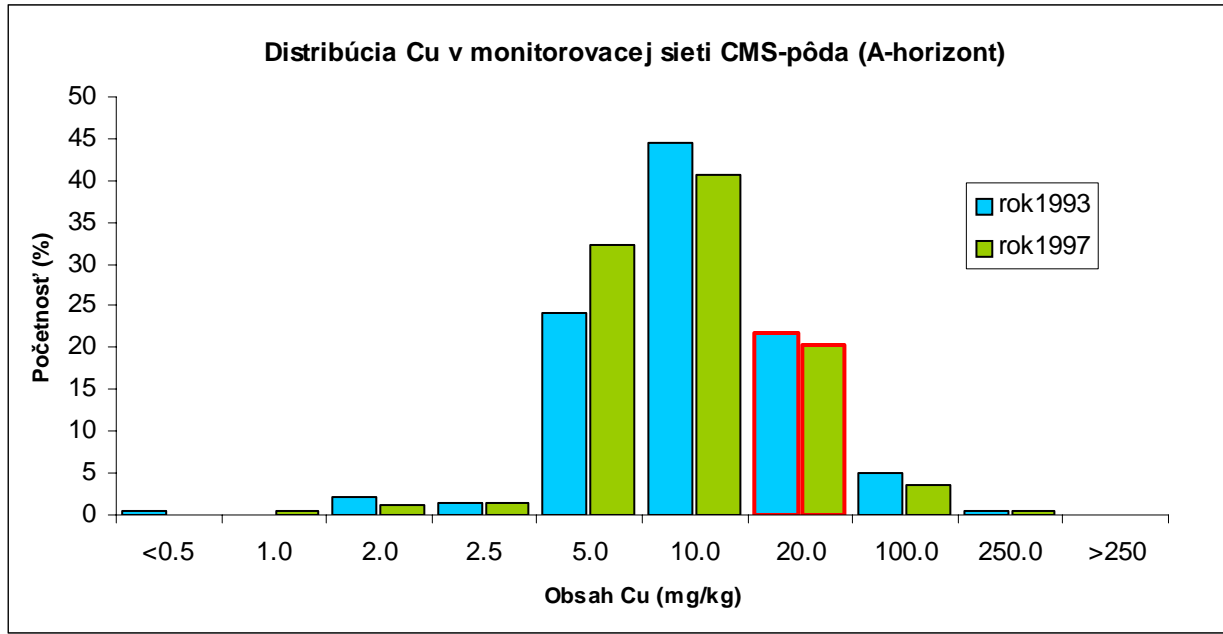


## Med'

V A- horizonte monitorovaných pôd nastalo zníženie obsahu Cu v pôdach s obsahom nad 10 mg/kg a zvýšil sa počet pôd s obsahom Cu pod 10 mg/kg..

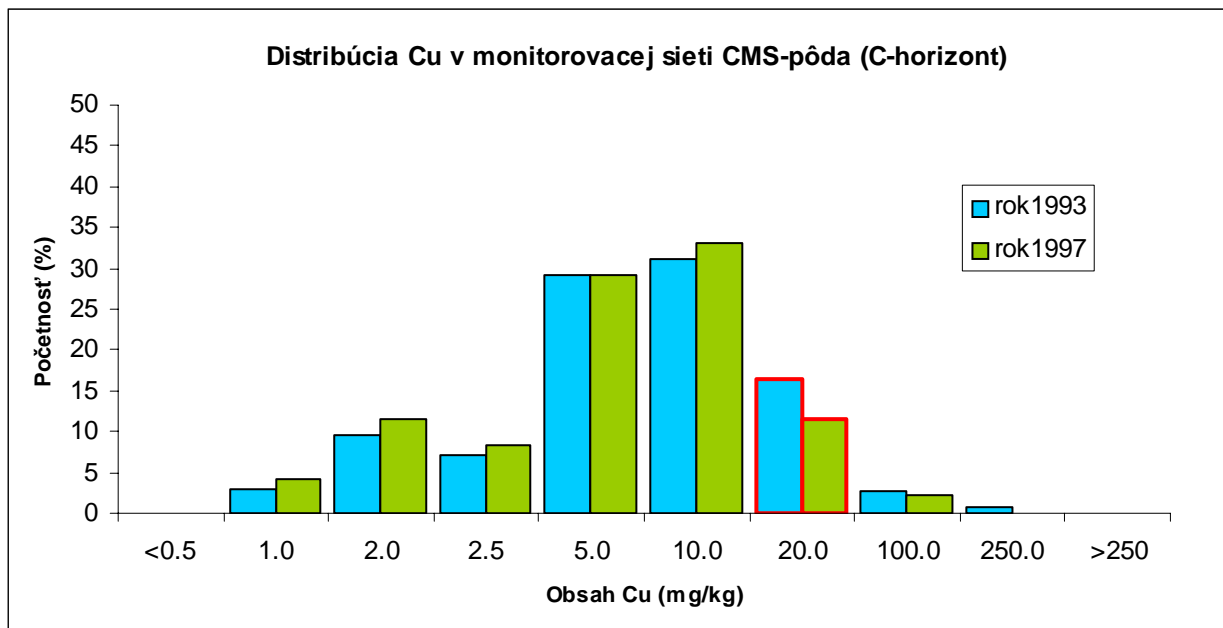
Mierne poklesol počet pôd, ktoré prekračovali A1 referenčný limit pre kontaminované pôdy.

Obr. 7



Vývoj v C- horizonte. zaznamenal vzostup obsahu Cu, čo naznačuje vertikálny posun Cu z A- horizontu smerom do C- horizontu.

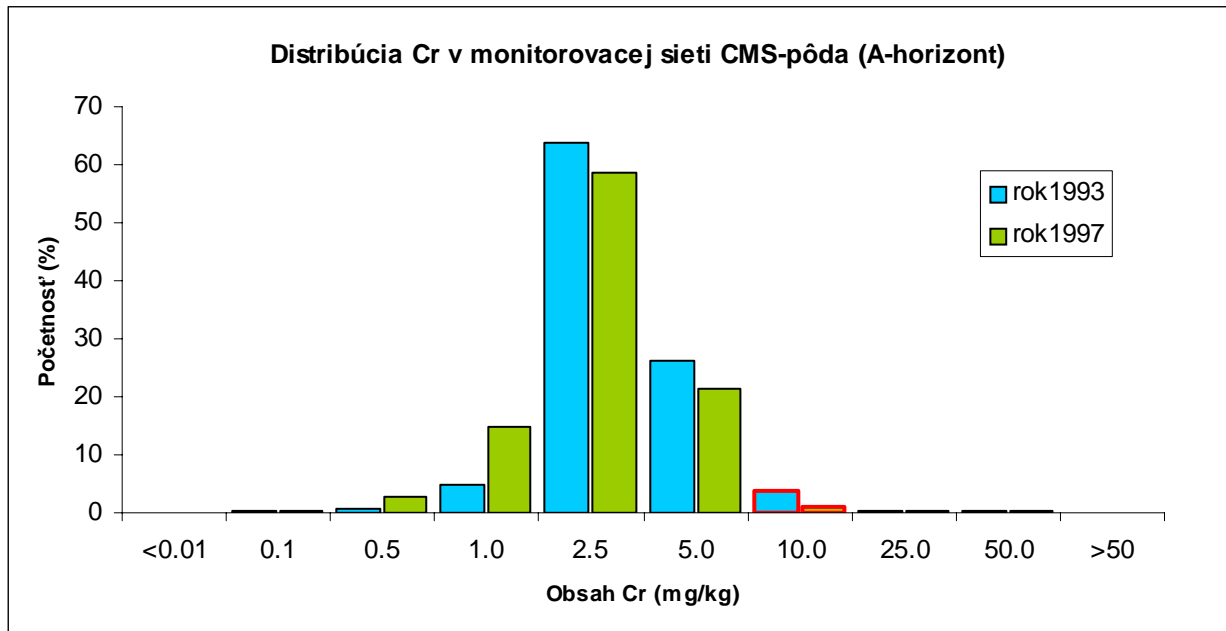
Obr. 8



## Chróm

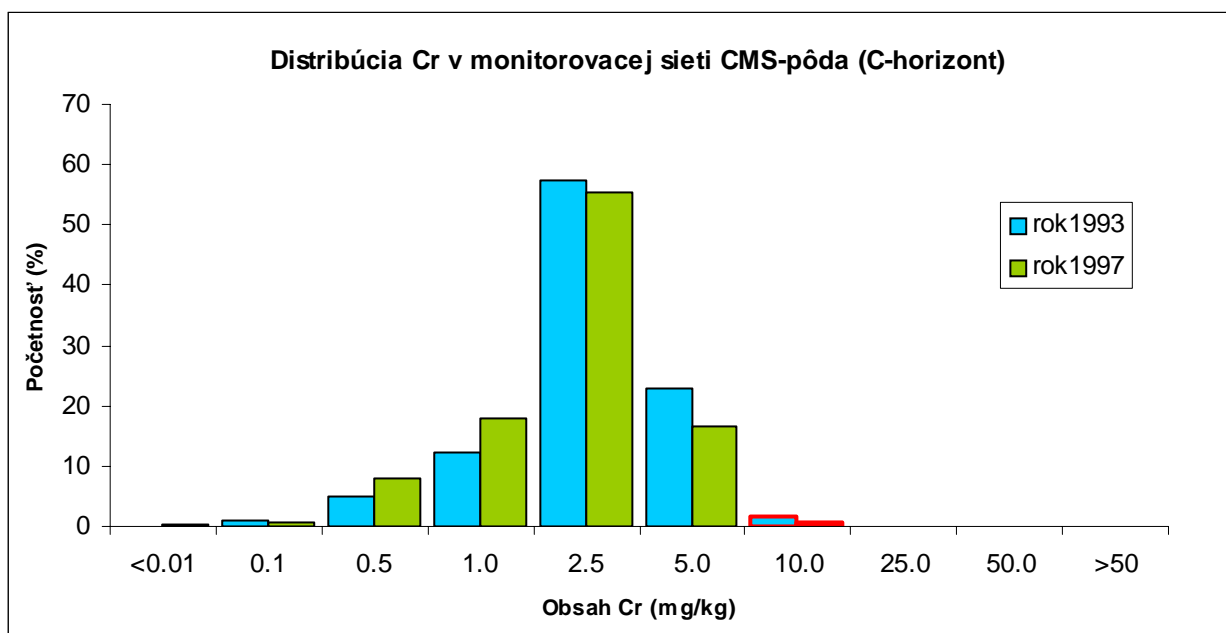
V A- horizonte monitorovaných pôd nastalo zníženie obsahu Cr v pôdach s obsahom nad 2,5 mg/kg a zvýšil sa počet pôd s obsahom Cr pod 2,5 mg/kg..Výrazne poklesol počet pôd, ktoré prekročovali A1 referenčný limit pre kontaminované pôdy.

Obr. 9



Vývoj kontaminácie v C- horizonte. má podobný priebeh ako v A- horizonte.

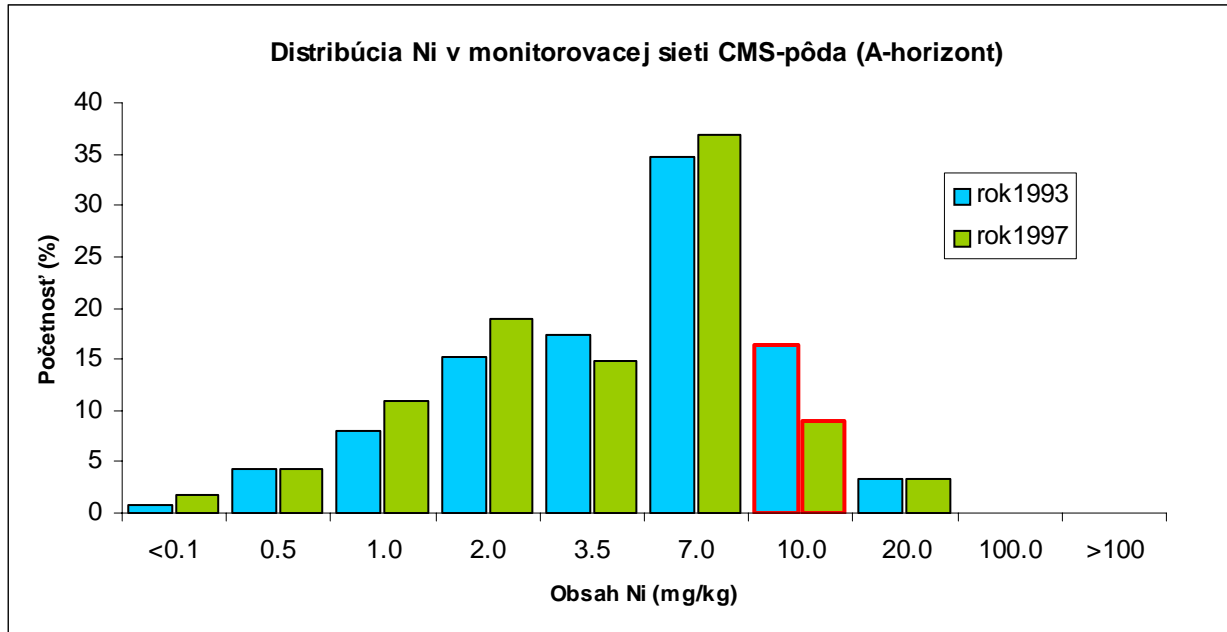
Obr. 10



## Nikel

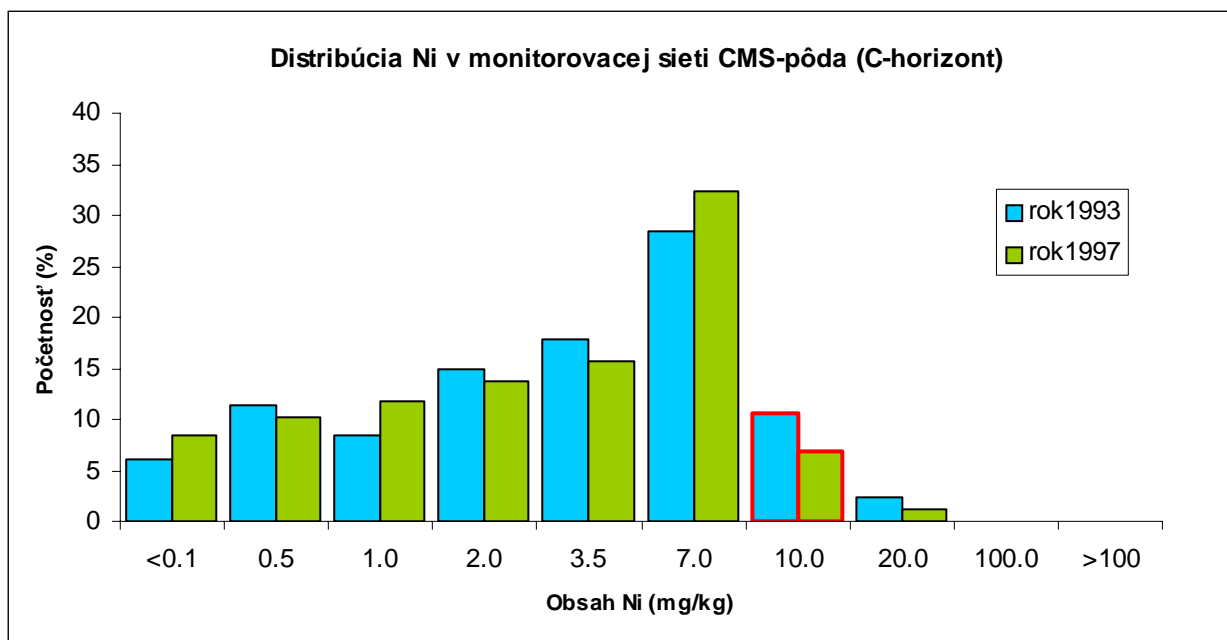
V A- horizonte monitorovaných pôd nastalo zníženie obsahu Ni v pôdach s obsahom nad 10 mg/kg, ale zvýšil sa počet pôd s obsahom Ni pod 10 mg/kg.. Výrazne poklesol počet pôd, ktoré prekročovali A1 referenčný limit pre kontaminované pôdy.

Obr. 11



Vývoj kontaminácie v C- horizonte. zaznamenal pokles obsahu Ni v pôdach pod 7 mg/kg. V pôdach s obsahom nad 7 mg/kg má podobný priebeh ako v A- horizonte.

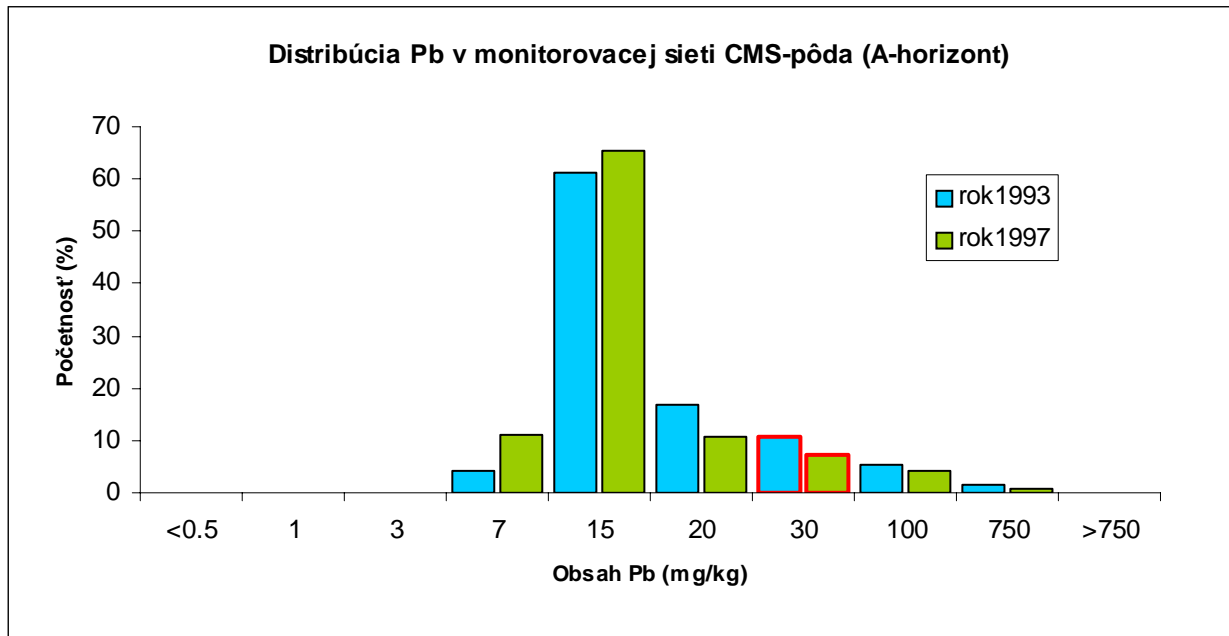
Obr. 12



## Olovo

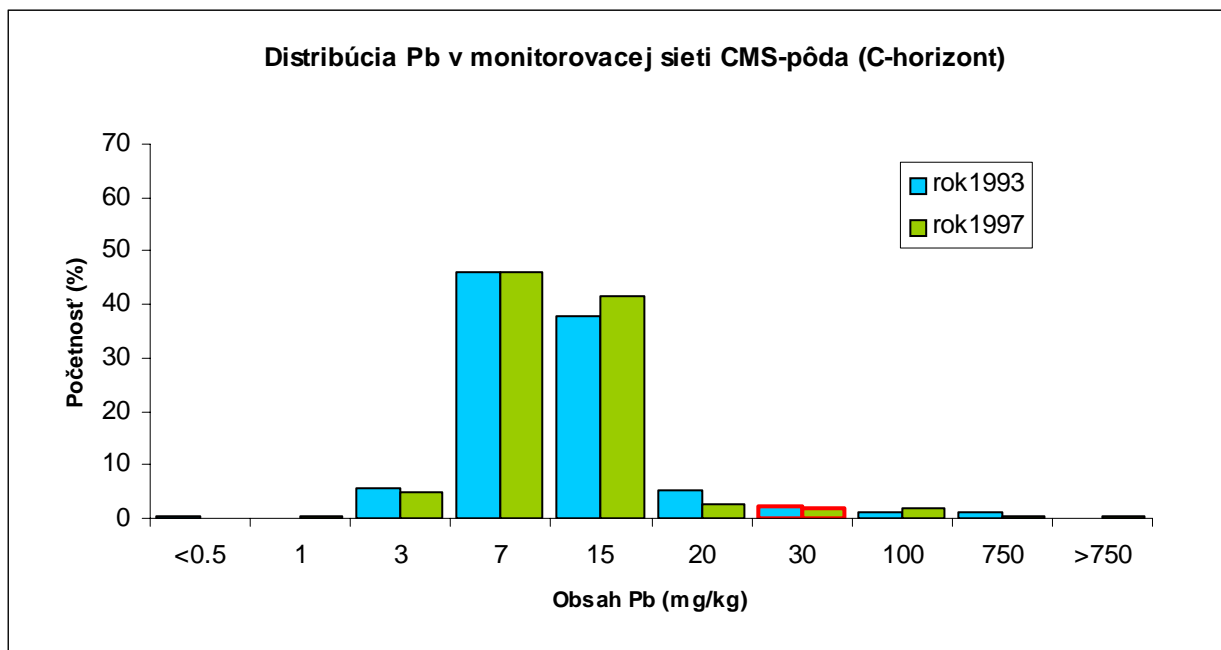
V A- horizonte monitorovaných pôd nastalo zníženie obsahu Pb v pôdach s obsahom nad 20 mg/kg, ale mierne sa zvýšil počet pôd s obsahom Pb pod 20 mg/kg. Poklesol počet pôd, ktoré prekročovali A1 referenčný limit pre kontaminované pôdy.

Obr. 13



Vývoj kontaminácie v C- horizonte. zaznamenal len mierne zmeny obsahu Pb v sledovaných triedach.

Obr. 14

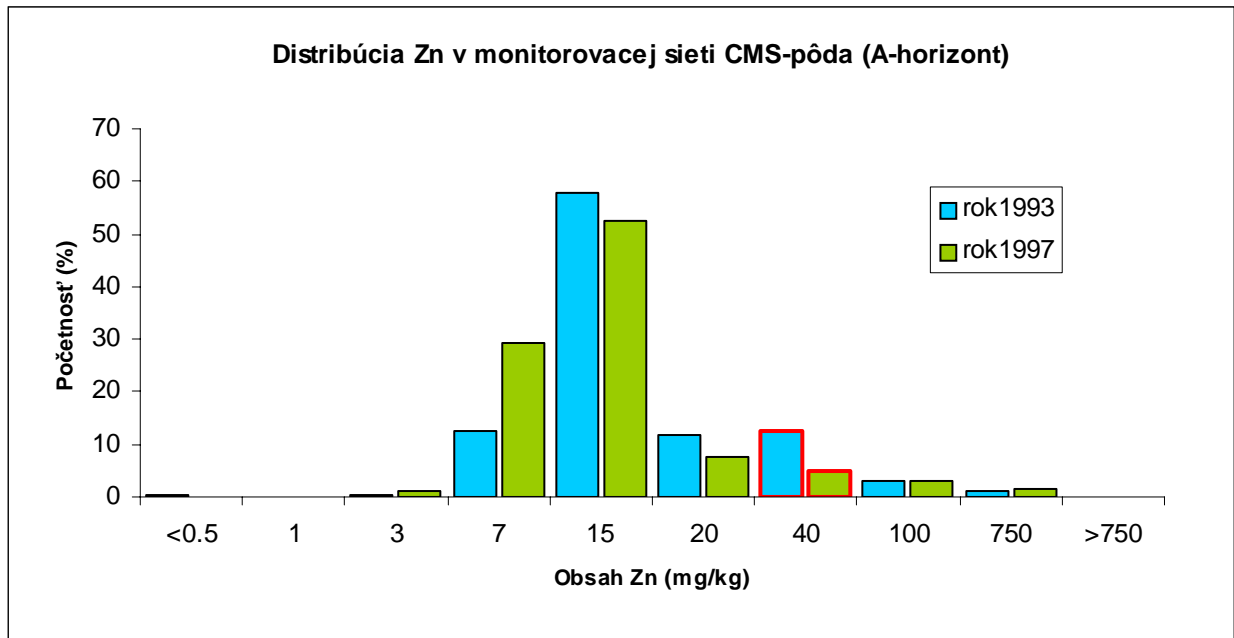




## Zinok

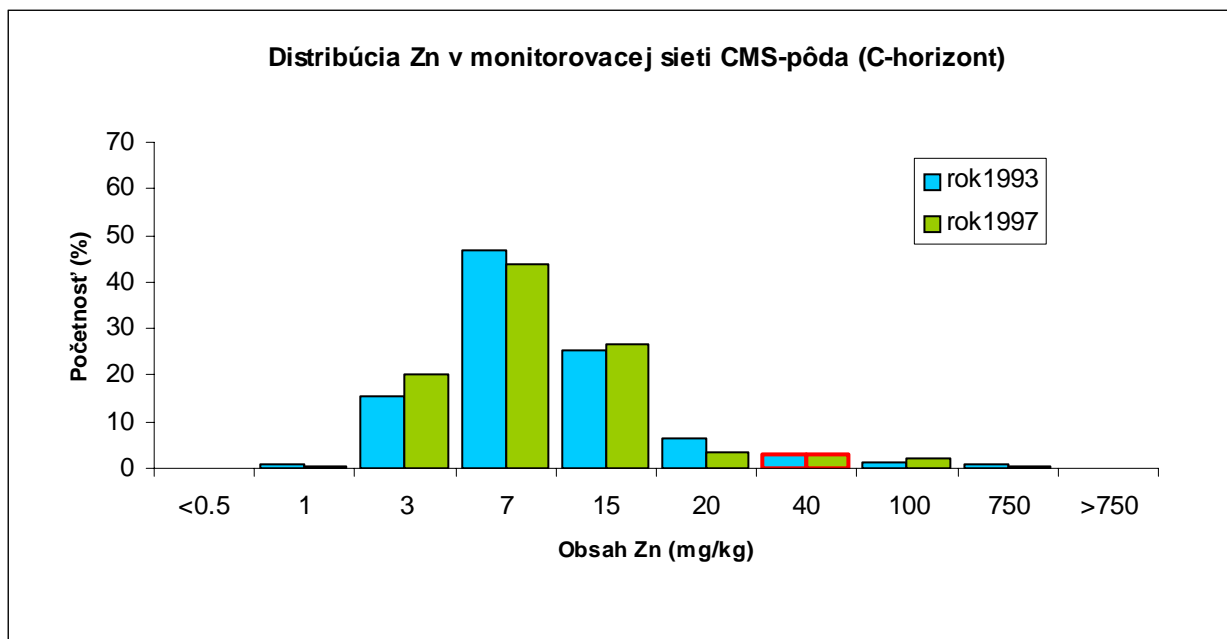
V A- horizonte monitorovaných pôd nastalo zníženie obsahu Zn v pôdach s obsahom nad 15 mg/kg, výrazne sa zvýšil počet pôd s obsahom Zn pod 15 mg/kg. Poklesol počet pôd, ktoré prekročovali A1 referenčný limit pre kontaminované pôdy.

Obr. 15



Zmeny v distribúcií obsahu Zn v C- horizonte. zaznamenali len mierne zmeny v sledovaných triedach.

Obr. 16

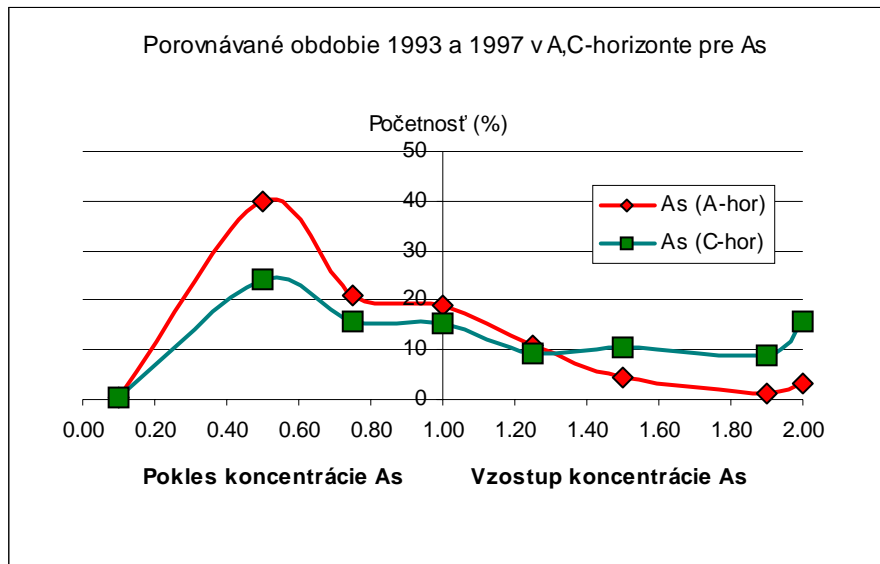


## Modelovanie vývoja kontaminácie za sledované obdobie rokov 1993 a 1997

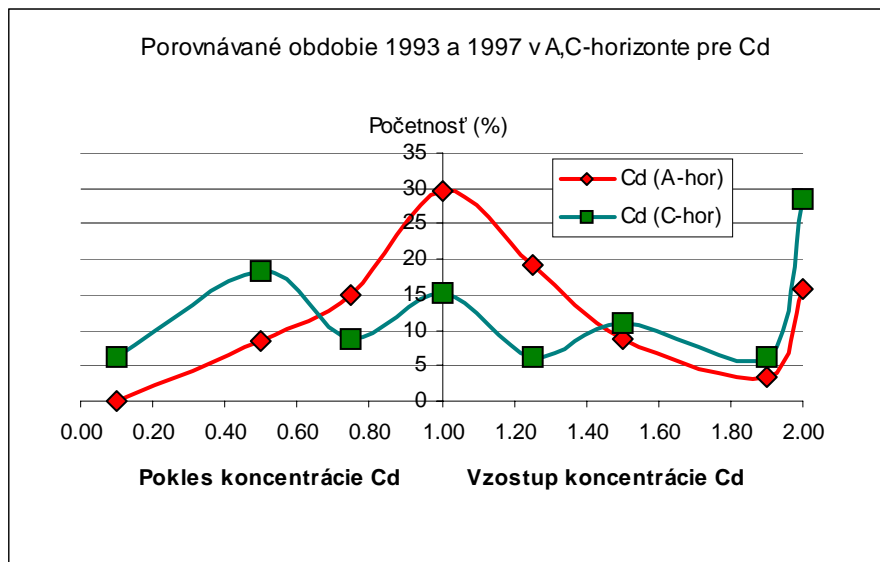
V rámci riešenia ČMS – Pôda sme sa pokúsili modelovať stav vývoja hygienického stavu v monitorovacej sieti. Na obrázkoch 17 až 24 je znázornený vývoj obsahu rizikových prvkov v A,C- horizonte.

V grafe je vyjadrená pomerná zmena a veľkosť zmeny obsahu prvku v A,C- horizonte v monitorovaných pôdach ČMS-pôda.

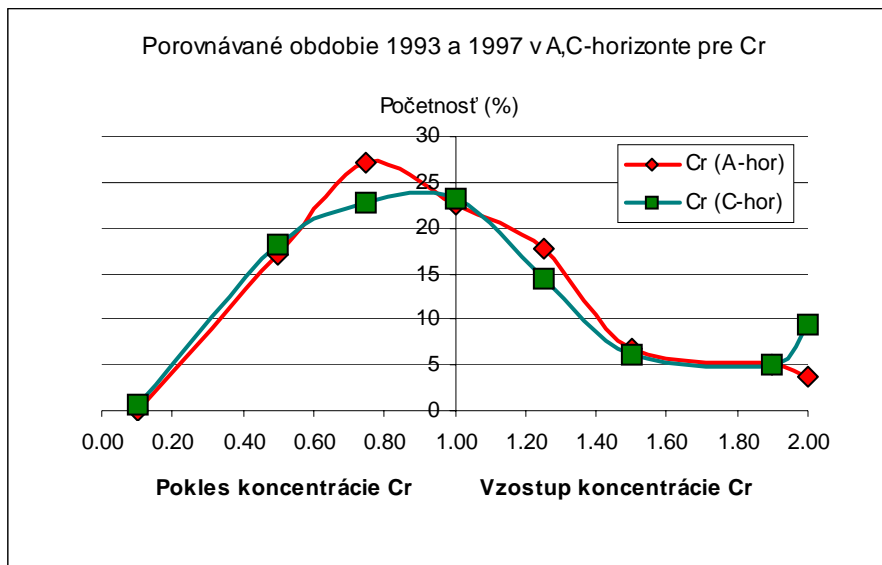
Obr. 17



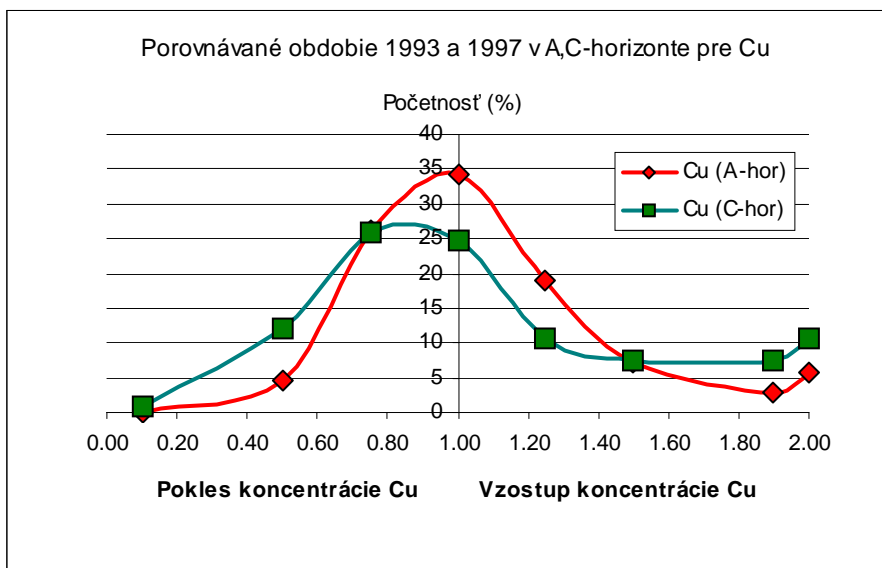
Obr. 18



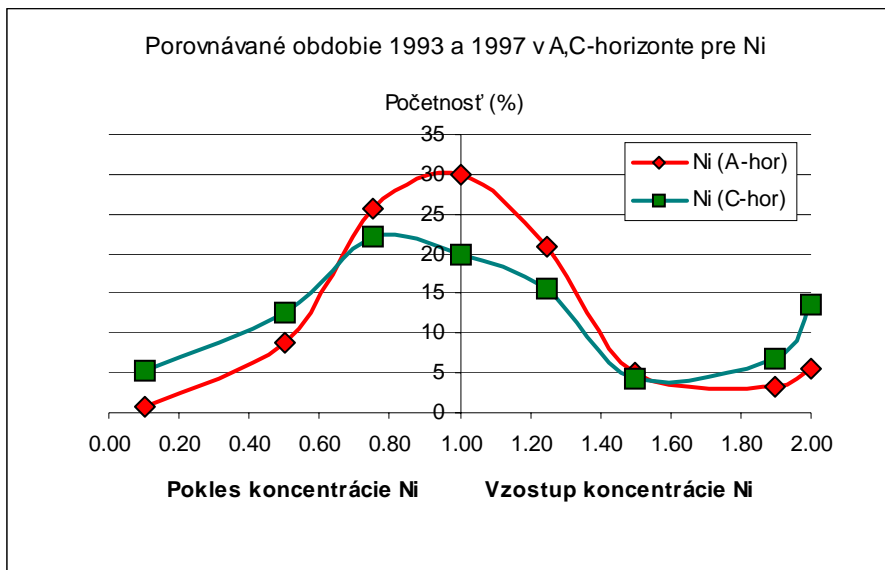
Obr. 19



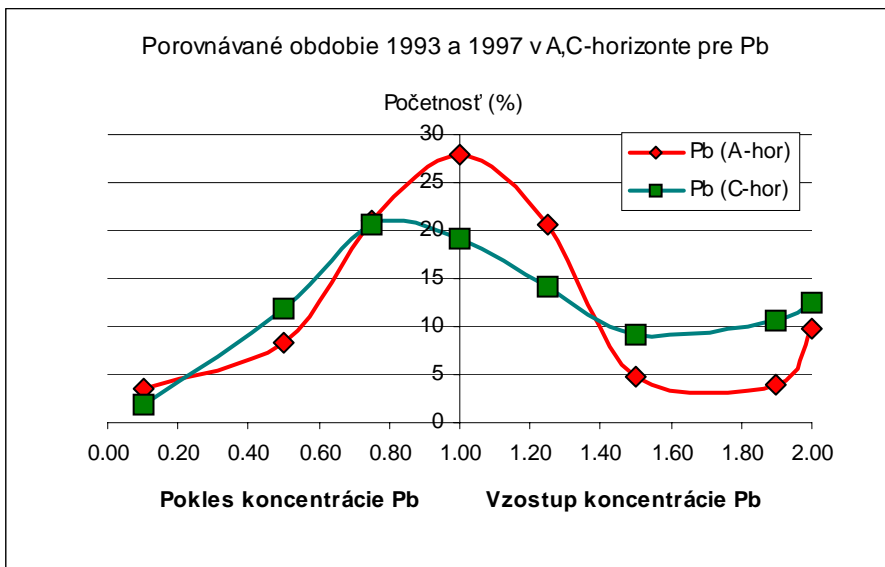
Obr. 20



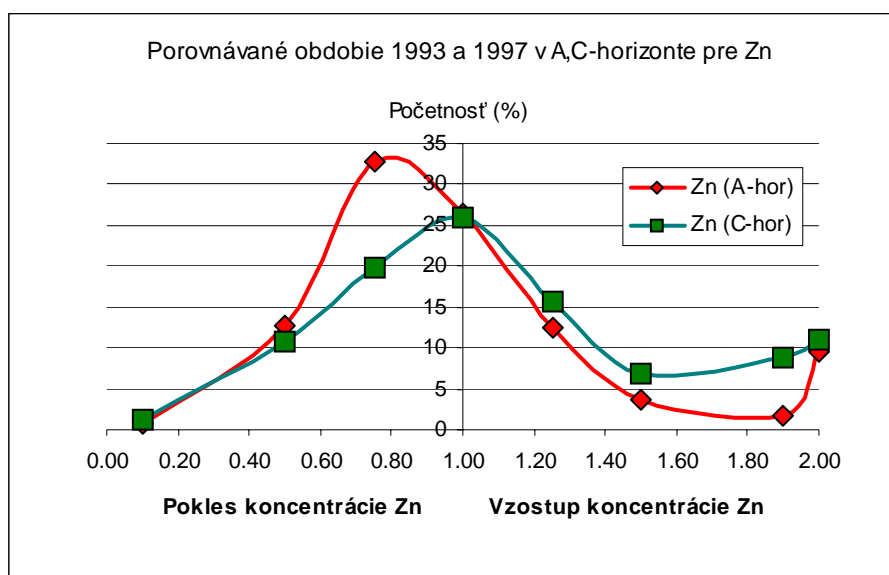
Obr. 21



Obr. 22



Obr. 23



## Diskusia

Za sledované obdobie rok 1993 až 1997 nastalo v A- horizonte monitorovaných pôd zníženie priemerného obsahu Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn a mierne zvýšenie priemerného obsahu arzénu.

Poklesla centrálna hodnota hodnotených súborov rizikových prvkov v A- horizonte, čo znamená, že došlo k poklesu vstupných kontaminujúcich zložiek z ovzdušia, z poľnohospodárskej a priemyselnej výroby.

Naproti tomu došlo k zmene najpočetnejšej triedy v súboroch pri Ni, Pb, Zn v A- horizonte, kde sme zistili zvýšenie ich obsahov čo môže poukazovať na miernu celoplošnú kontamináciu týmito zložkami. Pri As, Cd, Cr a Cu nastalo k zníženiu obsahov týchto prvkov v najpočetnejšej triede., čo naznačuje ich vertikálnu migráciu s celkovým zlepšením emisnej situácie na Slovensku.

Za sledované obdobie nastalo v B/C- horizonte (podornici) monitorovaných pôd zníženie priemerného obsahu Cr, Cu a Ni. Pri prvkoch Pb a Zn nastalo mierne zvýšenie priemerného obsahu. Najväčšie zmeny sme zistili v distribúcií As a Cd, kde došlo k 2- až 3-násobnému zvýšeniu ich priemerného obsahu, čo naznačuje vertikálnu migráciu z A- horizontu do C- horizontu.

Poklesla centrálna hodnota hodnotených súborov rizikových prvkov v B/C- horizonte, čo znamená, že došlo k poklesu vstupných kontaminujúcich zložiek s výnimkou Cd, kde nastalo až 6-násobné zvýšenie jeho obsahu.

Zmeny v distribúcií v najpočetnejšej triede sme zaznamenali pri zinku a kadmii, kde v prípade Cd došlo až k 10-násobnému zvýšeniu jeho obsahu. Pri As a Ni neboli zistené zmeny modusovej hodnoty. Zníženie hodnoty modusu v C- horizonte za sledované obdobie sme zaevidovali pri Cr, Cu a Pb.

## **Záver**

Mierne sa zlepšil hygienický stav poľnohospodárskych pôd. Poklesol počet pôd, ktoré prekračovali A1 referenčný limit pre kontaminované pôdy. Dochádza k vertikálnej migrácii rizikových prvkov v pôdnom profile.

## **Použitá literatúra**

Matúšková, L., Vojtáš, J.: Monitoring zaťaženia pôd rizikovými látkami 2000

Matúšková, L., Vojtáš, J.: Monitoring zaťaženia pôd rizikovými látkami 2001

Matúšková, L., Vojtáš, L., Bielek, P.: Potential mobility of heavy metals in Slovakian soils in Zborník NEWLETTER 3+4/1999; ESSC



**ČÚ 05**

**INDIKÁTORY ZRANITELNOSTI EKOLOGICKÝCH FUNKCIÍ KAMBIZEMÍ**

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





## Úvod

Indikátory zraniteľnosti pôd z pohľadu ich ekologických funkcií vzhľadom na skupinu prvkov, zahrňujú parametre, vzájomné korelácie týchto parametrov, ako aj pomerné vzťahy týchto parametrov, ktoré majú vzťah k distribúcii týchto prvkov v pôde, k ich potenciálnemu prieniku do potravného reťazca a do podzemných vôd. Jednotlivé parametre sa môžu pri hodnotení vzájomne substituovať ako aj kvalitatívne vyjadrovať pomocou matematických vzťahov (Makovníková, Kanianska 2000).

Acidifikácia pôdy, zníženie hodnoty pôdnej reakcie smerom ku slabo kyslej až kyslej oblasti zasahuje všetky pôdne komponenty. Živiny obsiahnuté v pôde, ako aj živiny dodávané do pôdy priemyselnými hnojivami nie sú pri nízkych hodnotách pôdnej reakcie dostatočne fixované a rýchlo sa z pôdy vyplavujú. Bivalentné katióny  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  sú vytláčané zo sorpčného komplexu voľnými katiónmi  $\text{Al}^{3+}$ , zvyšuje sa fixácia fosforu do foriem neprístupných pre rastliny. K mimoriadne nepriaznivým dôsledkom acidifikácie patrí aj zvyšovanie mobility iónov hliníka a mangánu. Rozpustnosť rôznych foriem hliníka je primárne podmienená hodnotami pôdnej reakcie, pričom dominantnou toxickou formou hliníka je aktívny hliník, tj. voľné katióny  $\text{Al}^{3+}$  a hydrolytické ióny hliníka  $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$  (Makovníková, Kanianska, 1996)

Voľné katióny hliníka v pôde patria k významným faktorom obmedzujúcim rast kultúrnych plodín na pôdach so slabo kyslou až kyslou hodnotou pôdnej reakcie. K typickým príznakom hliníkovej toxicity patrí redukcia dĺžky koreňov spojená so znížením absorpcie živín a vody, odumieranie koreňového meristému, redukcia príjmu vápnika a horčíka vplyvom kompetitívnej inhibície, redukcia príjmu dusíka ako aj zníženie metabolizmu železa inhibíciou redukcie trojmocného železa na dvojmocné. Toxicita voľných katiónov hliníka má negatívny vplyv na celkový zdravotný stav rastlín, pričom medzi citlivé plodiny patrí napríklad jačmeň, medzi stredne tolerantné pšenica, zemiaky alebo ovos.

Toxicita  $\text{Mn}^{2+}$  pre rastliny sa prejavuje hlavne v kyslých a vlhkých pôdach, kde prevláda redukcia  $\text{Mn}^{4+}$  na  $\text{Mn}^{2+}$ . Nadmerný prísun mangánu do rastliny spôsobuje vznik chlorózu, nekrózu, narušenie vývoja listov, inhibuje fixáciu dusíka (Vollmannová, 1998). Katióny ťažkých kovov, mangánu a hliníka patria k majoritným fyto toxínom predovšetkým v slabo kyslých a kyslých pôdach.

## Materiál a metóda

Ako materiál sme použili pôdne vzorky kambizemí (vyvinuté na flyšovom substráte) lokalizované v oblastiach s rôznou emisnou záťažou regiónu Kysuce. Namerané depozície síry v regióne Kysuce sa pohybujú v intervale od 1,66 do 1,75 keq/ha/r a depozície dusíka od 0,51 do 0,54 keq/ha/r (Závodský a kol., 1996). Jedná sa o orné pôdy s pestovanou plodinou ovos siaty (*Avena sativa*). Pôdne vzorky boli odobrané v prvej dekáde augusta z hĺbky 0 - 10 cm homogenizované na veľkosť pôdnych agregátov (obr.1) cca 2 cm, pripravené na separáciu povrchu a vnútra pôdnych agregátov podľa Kayzera (Kayzer a kol. 1994). Odobrané rastlinné vzorky boli premyté destilovanou vodou, separované na nadzemnú časť (osobitne slama a zrno) a podzemnú časť a vysušené na vzduchu.

V získaných vzorkách bola stanovená pôdna reakcia, obsah a kvalita humusu, kationová výmenná kapacita (Fiala, 1999), mobilné (1. Frakcia) a ľahko mobilizovateľné

frakcie (2. Frakcia) Al a Mn podľa Zeiena a Brümmera (Zeien a Brümmer, 1989) a to na povrchu ako aj vo vnútri pôdných agregátov.

## Výsledky a diskusia

Pri hodnotení zraniteľnosti pôdy má značný význam poznanie priestorovej heterogenity a to hlavne pri posudzovaní chemickej degradácie pôdy. Povrchové vrstvy agregátov sú v bezprostrednom styku s koreňmi rastlín a s pôdnym roztokom. Metódou separácie povrchu a vnútra pôdných agregátov (Kayzer, 1994) sme získali východiskový súbor parametrov (tab.1).

**Tab. 1** Štatistické charakteristiky parametrov na povrchu a vo vnútri pôdných agregátov

Parameter	Povrch agregátov			Vnútro agregátov		
	Priemer	Minimum	Maximum	Priemer	Minimum	Maximum
pH/CaCl <sub>2</sub>	4,82	3,65	5,94	5,03	4,06	6,16
Cox v %	1,72	0,89	2,49	1,30	1,04	2,34
Q <sub>6</sub> <sup>4</sup>	5,75	4,18	6,77	4,43	3,79	6,03
KVK v mmol/kg	151,12	119,70	212,10	164,70	119,40	209,80
obsah ílovej frakcie v %	35,34	24,36	52,6	33,54	22,63	48,60
obsah mobilného Cd v mg.kg <sup>-1</sup>	0,33	0,081	1,043	0,147	0,029	0,479
obsah mobilného Pb v mg.kg <sup>-1</sup>	0,132	0,012	0,646	0,095	0,007	0,443
obsah mobilného Zn v mg.kg <sup>-1</sup>	9,42	0,825	29,25	6,310	0,625	25,600
obsah mobilného Cu v mg.kg <sup>-1</sup>	0,081	0,032	0,251	0,338	0,119	1,276

Pôdna acidita, antropogénna aj prirodzená, ovplyvňuje chemizmus správania sa mnohých pôdných parametrov medzi nimi ovplyvňuje aj rozpustnosť hliníka a mangánu.

**Tab. 2** Štatistické charakteristiky prístupných foriem Al a Mn na povrchu a vo vnútri pôdných agregátov

Prvok v mg.kg <sup>-1</sup>		Priemer	Minimum	Maximum
mobilný Al	povrch agregátov	126,93	69,75	345,77
	vnútro agregátov	126,10	49,50	206,25
ľahko mobilizovateľný Al	povrch agregátov	228,21	78,75	305,63
	vnútro agregátov	22,02	7,79	54,75
mobilný a ľahko mobilizovateľný Al	povrch agregátov	355,14	193,75	556,15
	vnútro agregátov	134,07	84,44	250,88
mobilný Mn	povrch agregátov	107,96	42,00	266,20
	vnútro agregátov	142,81	16,25	320,25
ľahko mobilizovateľný Mn	povrch agregátov	24,99	8,63	57,38
	vnútro agregátov	31,72	13,88	63,75
mobilný a ľahko mobilizovateľný Mn	povrch agregátov	132,94	53,38	314,50
	vnútro agregátov	174,53	37,75	377,75

Medián obsahu aktívneho hliníka v pôdach SR (stanovený podľa Sokolova) je 6,32 mg.kg<sup>-1</sup>, v skupine kambizemí vyvinutých na flyšových substrátoch je to 20,10 mg.kg<sup>-1</sup>. Obsah aktívneho hliníka stanoveného podľa Sokolova je porovnateľný s obsahom mobilného a ľahko mobilizovateľného hliníka stanoveného podľa Zeiena a Brümmera. V pôdných vzorkách kambizemí lokalizovaných v oblasti Horné Kysuce je priemerná hodnota mobilného

a ľahko mobilizovateľného hliníka na povrchu agregátov 355,14 mg.kg<sup>-1</sup>. Vysoká hodnota bioprístupného hliníka je podmienená materským substrátom, flyšovými ílovitými zvetralinami s kyslým charakterom ako aj nižšou hodnotou pôdnej reakcie spojenou s nižšou kvantitou a kvalitou organickej hmoty. Niektorí autori (Vollmanová, 1998) považujú už za kritickú hodnotu mangánu pre ovos 6,8 mg.kg<sup>-1</sup> (obsah vo výluhu DTPA- CaCl<sub>2</sub>). Podľa Beneša sa stredný obsah mangánu v pôde vo výluhu DTPA pohybuje od 11 do 100 mg.kg<sup>-1</sup>, obsah mangánu nad 100 mg.kg<sup>-1</sup> hodnotí ako vysoký. Priemerné hodnoty mobilného a ľahko mobilizovateľného mangánu na povrchu pôdnych agregátov 132,94 mg/kg ako aj vo vnútri pôdnych agregátov 174,53 mg.kg<sup>-1</sup> sú relatívne vysoké. Kambizeme v oblasti Horné Kysuce patria k pôdam ohrozeným vysokým obsahom bioprístupného hliníka a mangánu (tab.3), čoho dôsledkom sú vysoké obsahy mangánu v koreni, slame a zrne ovsa siateho (Vollmannová uvádza ako kritickú hodnotu mangánu 28 mg.kg<sup>-1</sup> v tkanivách ovsa).

**Tab. 3** Štatistické charakteristiky obsahu Mn v rastline (ovos siaty)

		Priemer	Minimum	Maximum
Obsah Mn v mg.kg <sup>-1</sup>	koreň	399,88	232,95	732,13
	slama	121,65	73,49	234,61
	zrno	47,22	32,99	70,52

Pri stanovení indikátorov zraniteľnosti ekologických funkcií skupiny kambizemí vzhľadom na hliník a mangán sme vychádzali z tabuľky Spearmanových korelačných koeficientov (tab.4A,B).

**Tab. 4 A** Spearmanove korelačné koeficienty pre hodnoty parametrov na povrchu pôdnych agregátov

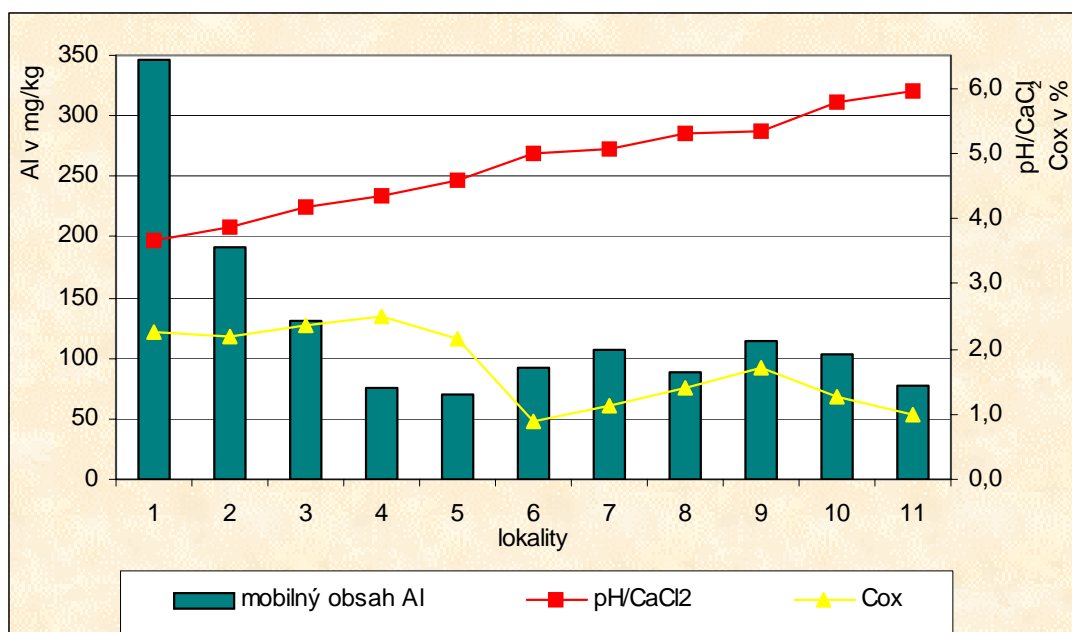
	Alm 1. frakcia	Al 2. frakcia	Mn 1. frakcia	Mn 2. frakcia
pH/CaCl <sub>2</sub>	-0,63	0,37	-0,24	0,40
KVK v mmol.kg <sup>-1</sup>	0,68	-0,55	0,16	-0,30
ílová frakcia v %	0,55	-0,40	0,81	0,63
Cox	0,36	-0,65	-0,05	-0,47
Q <sub>6</sub> <sup>4</sup>	0,33	0,19	0,46	0,45

**Tab. 4 B** Spearmanove korelačné koeficienty pre hodnoty parametrov vo vnútri pôdnych agregátov

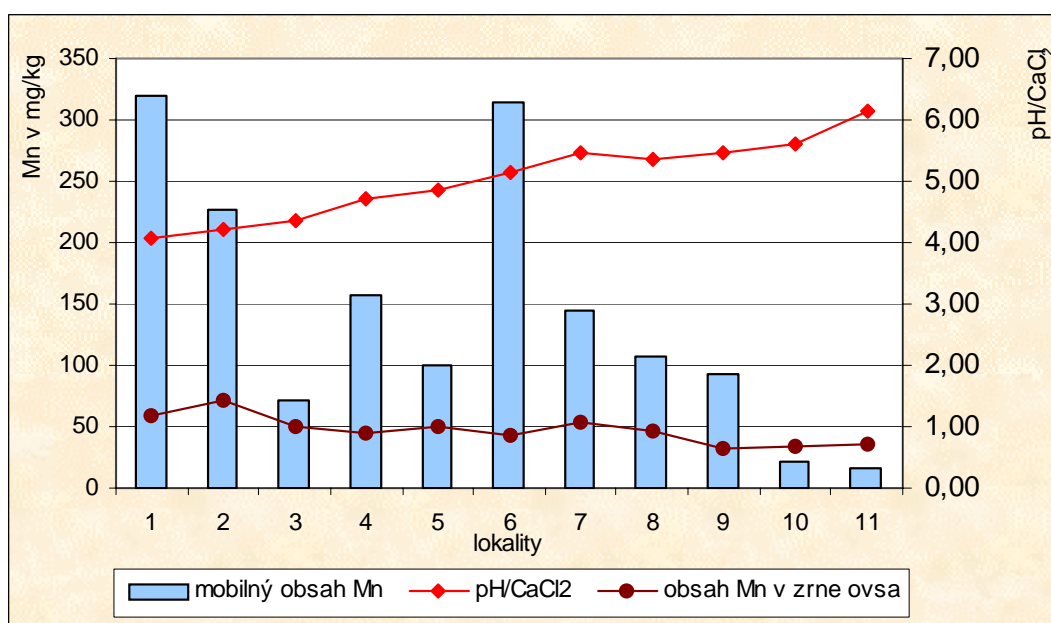
	Al 1. frakcia	Al 2. frakcia	Mn 1. frakcia	Mn 2. frakcia
pH/CaCl <sub>2</sub>	-0,39	-0,89	-0,69	-0,09
KVK v mmol.kg <sup>-1</sup>	0,49	0,68	0,38	0,27
ílová frakcia v %	0,23	0,56	0,59	0,16
Cox	0,13	0,72	0,29	-0,23
Q <sub>6</sub> <sup>4</sup>	-0,12	0,46	0,05	0,58

K indikátorom zraniteľnosti kambizemí vzhľadom na hliník a mangán, ktoré majú vzťah k distribúcii týchto prvkov v pôde ako aj k ich bioprístupnosti, patria pôdna reakcia, obsah ílovej frakcie, kationová výmenná kapacita a v prípade hliníka aj obsah a kvalita organickej hmoty (obr. 1,2). Hliník a mangán patria k geogénnym prvkom, v tejto oblasti nie sú súčasťou antropogénnej depozície, čo sa prejavilo vysoko preukaznými koreláciami medzi obsahom ľahko mobilizovateľného hliníka, hodnotou pôdnej reakcie a obsahom organickej hmoty ako aj medzi obsahom mobilného mangánu a hodnotou pôdnej reakcie práve vo vnútri pôdnych agregátov.

**Ob. 1.** Osah mobilného hliníka na povrchu pôdnych agregátov v kontexte s pôdnou reakciou a obsahom organickej hmoty



**Ob. 2.** Osah mobilného mangánu v zrne ovsia sateho vo vnútri pôdnych agregátov v kontexte s obsahom mobilného mangánu a pôdnou reakciou vo vnútri pôdnych agregátov



**Tab. 5** Multiplikatívne modely pre Al a Mn

Multiplikatívny model	Index determinácie
$Alm = -38,851067 \cdot pH/CaCl_2 + 4,044691 \cdot KVK - 192,527365 \cdot Cox$	0,94
$Mnm = -4,46013 \cdot pH/CaCl_2 + 7,492044 \cdot obsah \text{ ílu} - 0,321581 \cdot KVK - 49,170823 \cdot Cox$	0,81
$Mnr = -0,296192 \cdot pH/CaCl_2 + 0,00644 \cdot Mnm + 0,071717 \cdot KVK + 1,027997 \cdot obsah \text{ ílu}$	0,97

Alm, Mnm - mobilný obsah Al, Mn - I. frakcia SSE podľa Zeiena a Brummera

KVK - kationová výmenná kapacita

Mnr - obsah Mn stanovený v rastline (obsah v zrne)

Možnosti hodnotenia ekologických funkcií pôdy sú podmienené rozsahom a kvalitou limitných hodnôt. Hraničné hodnoty hliníka a mangánu vzhľadom k fytotoxicite a kumulácii v rastlinách nie sú doposiaľ stanovené a preto nie je možné stanoviť exaktné limitné hodnoty indikátorov zraniteľnosti pre tieto prvky. Kambizeme vyvinuté na flyšových ílovitých zvetralinách s kyslým charakterom s nižšou hodnotou pôdnej reakcie spojenou s nižšou kvantitou a kvalitou organickej hmoty predstavujú kritickú agregáciu indikátorov zraniteľnosti vzhľadom na hliník a mangán, stav, v ktorom nie sú schopné plne zabezpečiť svoje ekologické funkcie.

## **Záver**

Kategorizácia poľnohospodársky využívaných pôd na základe stanovenia indikátorov zraniteľnosti umožní pestovateľom čiastočne ovplyvňovať bioprístupnosť ak aj obmedzovať príjem fytotoxických prvkov, ktoré pri malých množstvách pôsobia esenciálne, no po prekročení koncentrácie špecifickej pre prvok a organizmus toxicky. Pri dosiahnutí kritickej agregácie indikátorov zraniteľnosti pôdy, kedy pôda už nie je schopná plniť si svoje environmentálne funkcie a tým nepoškodzovať iné zložky prírodného prostredia je nevyhnutné aplikovať vhodnú kombináciu agrotechnických a melioračných opatrení. Melioračné vápnenie, schopné čiastočne demobilizovať hliník a mangán, je potrebné kombinovať s pestovaním vhodných plodín pre zaťažené územia, menej citlivých k príjmu týchto prvkov.

## **Použitá literatúra**

- Fiala K. a kol.: Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém - Pôda. VÚPOP, Bratislava, 1999, 139 s.
- Kayzer A.T. - Wilcke W. - Kaupenjohan M. - Joslin J.: Small scale heterogeneity of soil chemical properties. Zeitschf. Pflanz. Bod. 157, 1994, s.453-458
- Makovníková, J. – Kanianska, R.: Aktívny hliník a jeho súčasný stav v pôdach SR. Rostlinná výroba, 42/7, 1996, s. 289-292
- Makovníková, J. - Kanianska, R. (2000): Chráňme pôdu, je zraniteľná! Naše pole, 1, s.19
- Vollmannová, A.: Hodnotenia pôdnej hygieny a poľ. Produkcie so zvláštnym zreteľom na obsah mangánu na Strednom Gemeri. Autoreferát, Nitra, 1998, 24s.
- Závodský, D a kol.: Mapping of critical levels/loads for the Slovak republic. Acid Rain research. report 37, 1996, 74 pp
- Ziehen H. - Brummer G.W.. Chemische extraktionen zur Bestimmung von Schwermetallbindungsformen in Boden. Mitteil. DBG, 59, 1989, s.505-510



**ČÚ 06**

**MONITORING KVANTITATÍVNEHO A KVALITATÍVNEHO ZLOŽENIA  
HUMUSU**

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





## Úvod

Jedným zo základných parametrov pôdnej úrodnosti je aj obsah a kvalita pôdnej organickej hmoty (POH), ktorá vo významnej miere ovplyvňuje mnohé fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti pôd a je určujúcim parametrom aj pri environmentálnych funkciách pôdy. Slovenské poľnohospodárstvo prešlo v uplynulom období podstatnými zmenami, ktoré mohli v značnej miere ovplyvniť obsah organického uhlíka v pôde. Monitoring obsahu a kvality POH, ktorý je súčasťou Čiastkového monitorovacieho systému – pôda, umožní zistiť zmeny, ktoré v tomto základnom pôdnom parametre nastali.

V poľnohospodárskych agroekosystémoch kvalita pôdy závisí na množstve, kvalite a dynamike organického uhlíka (Cox). Malé zmeny v celkovom množstve Cox je niekedy ťažké detekovať v dôsledku značnej prirodzenej variability pôdy. Z toho dôvodu sa hľadal citlivejší indikátor, ktorý by monitoroval zmeny v pôdnych zásobách organickej hmoty. V literatúre sa objavuje pojem labilný uhlík, ktorý je citlivejším indikátorom na rôzne zásahy do pôdy ako celkové množstvo organického uhlíka. Nakoľko straty organickej hmoty v pôde sú hlavne dôsledkom oxidačných procesov, mnohí autori za labilný uhlík považujú tú frakciu organickej hmoty, ktorá je oxidovaná miernym oxidačným činidlom, akým je 333 mM roztok  $\text{KMnO}_4$  (Conteh a kol., 1999). Uvedená metóda vychádza z práce Loginowa (Loginow a kol., 1987), a na komplexné hodnotenie rozdielov medzi POH prirodzeného ekosystému a poľnohospodársky využívanej pôdy ju vo svojej práci využil Blair (Blair a kol., 1995). V súčasnom období sa pomerne značne využíva ako citlivý indikátor zmien pôdnej organickej hmoty (Szombathová, 1999, Conteh a kol., 1999, Zaujec, 2001, Shen a kol., 2001).

V predkladanej práci uvádzame hodnotenie zmien v množstve a kvalite POH ako aj detailné zmeny v chemickom zložení humínových kyselín na kľúčových lokalitách v priebehu celého monitorovacieho obdobia. Práca tiež prezentuje zhodnotenie zmien jednotlivých frakcií organického uhlíka medzi intenzívne obrábanou a relatívne nenarušenou pôdou na vybraných pôdnych typoch v prvom monitorovacom cykle.

## Materiál a metódy

Na stanovenie labilného uhlíka oxidáciou  $\text{KMnO}_4$  boli vybrané lokality základnej monitorovacej siete, ktoré reprezentujú charakteristické pôdne typy na území Slovenska. Aby sa mohli komplexne zhodnotiť rozdiely v obsahu a kvalite POH medzi obrábanou a relatívne nenarušenou pôdou, vybrali sa dvojice lokalít rovnakého pôdneho typu, ktoré sú od seba minimálne vzdialené, pričom jedna lokalita predstavuje ornú pôdu (OP) a druhá trvalý trávny porast (TTP).

Hodnotené dvojice pôdnych typov:

Kambizem kyslá-KM<sup>a</sup>

Kambizem karbonátová-KM<sup>c</sup>

Rendzina-RA

Pseudoglej-PG

Hnedozem-HM

Černozem-ČM

## Fluvizem-FM

Celkový obsah organického uhlíka – Cox - bol stanovený podľa Nikitina (Nikitin, 1986). Frakcia labilného uhlíka bola stanovená oxidáciou s 333mM KMnO<sub>4</sub> podľa Loginowa (Loginow a kol., 1987). Frakcia nelabilného uhlíka (C<sub>NL</sub>) predstavuje množstvo uhlíka neoxidovaného 333mM KMnO<sub>4</sub>. Pre komplexné hodnotenie rozdielov v obsahu a kvalite POH medzi obrábanou (OP) a relatívne nenarušenou pôdou (TTP) sa vypočítali indexy doporučené Blairom (Blair a kol., 1995):

Labilita uhlíka  $L = C_L/C_{NL}$

Index lability  $LI = C_L(OP)/C_L(TTP) \times 100$

Index veľkosti zdroja uhlíka  $CPI = Cox(OP)/Cox(TTP)$

Uhlíkový riadiaci index  $CMI = CPI \times LI$

OP-orná pôda

TTP- trvalý trávny porast (referenčná pôda)

Frakcia labilného uhlíka v každej pôdnej vzorke bola stanovená 3 x, relatívna smerodajná odchýlka stanovenia bola do 10 %.

V práci sú hodnotené kľúčové lokality, na ktorých sa okrem Cox, pomeru uhlíka humínových a fulvokyselín Chk/Cfk a optického parametra Q<sub>6</sub><sup>4</sup> hodnotia aj zmeny v chemickom zložení HK na základe týchto parametrov: elementárne stanovenie uhlíka, dusíka, vodíka a kyslíka (CHNO analýza), optický parameter E<sub>6</sub><sup>1%</sup>, karboxylová kyslosť HK a spektrá nukleárnej magnetickej rezonancie <sup>13</sup>C NMR, z ktorých sa vypočítalo percentuálne zastúpenie aromatického (Car) a alifatického (Calif) uhlíka a stupeň aromaticity - α. Izolácia HK ako aj metódy stanovenia všetkých sledovaných parametrov sú uvedené v jednej z našich predchádzajúcich správ (Barančíková, 1999).

## Výsledky a diskusia

### *Hodnotenie POH na vybraných dvojiciach pôdnych typov*

Na porovnanie veľkosti strát Cox na intenzívne obrábaných pôdach doporučuje Blair (Blair a kol., 1995) používať tzv. CPI index (index veľkosti zdroja uhlíka), ktorý udáva pomer Cox na OP v porovnaní s TTP na rovnakom pôdnom type za relatívne rovnakých klimatických podmienok. Čím je hodnota CPI nižšia, tým je degradácia pôdy z hľadiska redukcie POH intenzívnejšia. Pomerne nízke hodnoty CPI boli zistené na kambizemi kyslej, rendzine ale aj černozemi (tab. 1). V priebehu prvého monitorovacieho cyklu sme na všetkých orných pôdach zaznamenali zníženia zásob POH. Na TTP bolo zníženie Cox zaznamenané iba na kambizemi karbonátovej, rendzine a pseudogleji. Na ostatných pôdnych typoch boli zmeny nepatrné (pseudoglej, hnedozem), resp. v priebehu uvedeného časového obdobia došlo k zvýšeniu Cox (tab. 1). Hodnota CPI indexu za sledované obdobie nepatrne vzrástla okrem rendziny, černozeme a fluvizeme (tab. 1), kde bol zaznamenaný pokles týchto hodnôt. Zníženie hodnoty CPI na uvedených pôdnych typoch je spôsobené výrazným znížením Cox na orných pôdach a nárastom Cox na TTP hlavne na černozemi a fluvizemi za sledované obdobie a môže indikovať prehlbujúcu sa degradáciu pôdy vplyvom erózných procesov a kultivácie pôdy (Zaujec, 2001).

Hodnoty labilného uhlíka ( $C_L$ ) sa pohybovali v rozsahu 7 až 30 % z Cox a sú v súlade s literárnymi údajmi (Blair a kol., 1995, Conteh a kol., 1999, Shen a kol., 2001), až na TTP na černoze v r. 1997, ktorej hodnota  $C_L$  bola vyššia (tab. 1). V absolútnom vyjadrení (mg  $C_L$ /g pôdy) boli hodnoty  $C_L$  na TTP oproti orným pôdam vyššie pričom najvyššie hodnoty boli zistené na TTP černoze a kambize kyslej v r. 1997 (tab. 1). Vyššie hodnoty  $C_L$  na relatívne neporušenom pôdnom ekosystéme oproti orným pôdam udávajú aj Blair, Conteh a Szombathová (Blair a kol., 1995, Conteh a kol., 1999, Szombathová, 1999).

V priebehu monitorovacieho obdobia hodnoty  $C_L$  na takmer všetkých sledovaných lokalitách TTP vzrástli, pričom najvyšší nárast bol zaznamenaný na kambize kyslej a černoze (tab. 1). V prípade orných pôd, na niektorých lokalitách bol zaznamenaný nárast, na niektorých pokles labilného uhlíka (tab. 1). Nárast  $C_L$  na orných pôdach môže súvisieť s aplikáciou maštalného hnoja, aplikácia minerálnych hnojív môže mať za následok pokles v hodnotách labilného uhlíka (Shen a kol., 2001).

**Tab. 1.** Frakcie pôdneho organického uhlíka (Cox,  $C_L$ , CNL), jeho labilnosť (L), index labilnosti (LI), index veľkosti zdroja uhlíka (CPI) a uhlíkový riadiaci index (CMI)

pôdny typ využitie	mg/g Cox	mg/g $C_L$	mg/g CNL	% $C_L$ z Cox	CPI	L	LI	CMI
KM/kysla/TTP/93	42,9	2,88	40,02	6,4		0,072		
KM/kysla/OP/93	16,7	1,35	15,35	19,3		0,088		
					0,39		122,2	47,7
KM/kysla/TTP/97	48	14,96	33,04	31,1		0,45		
KM/kysla/OP/97	13,7	4,76	8,94	34,3		0,53		
					0,49		117,8	57,7
KMc/TTP/93	27,8	2,96	24,84	10,6		0,12		
KMc/OP/93	30	3,02	26,98	10,1		0,11		
					1,08		91,7	99
KMc/TTP/97	21,3	6,7	14,6	31,5		0,46		
KMc/OP/97	24,5	7,6	16,9	31		0,45		
					1,15		97,8	112,5
RA/TTP/93	38,6	5,41	33,2	6		0,16		
RA/OP/93	22,9	4,14	18,76	18,1	0,59	0,22		
							137,5	81
RA/TTP/97	25,2	6,41	18,79	25,4		0,34		
RA/OP/97	12,3	3,23	9,07	26,3		0,36		
					0,49		105,9	51,9
PG/TTP/93	14,3	1,58	12,72	11,1		0,12		
PG/OP/93	10,7	0,85	9,85	7,9	0,75	0,09	72,6	54,4
PG/TTP/97	8,7	2,71	5,99	31,2		0,45		
PG/OP/97	10,3	3,36	6,94	32,6		0,48		
					1,18		106,7	125,9
HM/TTP/93	14,3	2,7	11,6	18,9		0,23		
HM/OP/93	12	0,89	11,11	7,4		0,08	34,4	28,9
					0,84			
HM/TTP/97	10,7	2,17	8,53	20,3		0,26		
HM/OP/97	9,4	1,87	7,53	19,9		0,25		
					0,88		96,2	84,6

CM/TTP/93	31,8	5,55	26,25	17,5		0,21		
CM/OP/93	18,8	2,9	15,9	15,4		0,18		
					0,59		86,8	51,2
CM/TTP/97	42,1	19,6	22,5	46,6		0,87		
CM/OP/97	14,2	1,9	12,3	13,4		0,15		
					0,34		17,3	5,86
FM/TTP/93	12	2,62	9,38	21,7		0,28		
FM/OP/93	15,3	2,77	12,53	18,7		0,22		
					1,28		79	100
FM/TTP/97	13,4	2,83	10,57	21,1		0,27		
FM/OP/97	10,2	1,77	8,43	17,4		0,21		
					0,76		77,8	59,1

Pri porovnaní zmien v hodnotách Cox a  $C_L$  je jasne viditeľné, že zmeny frakcie labilného uhlíka boli výraznejšie. Z uvedeného dôvodu by frakcia labilného uhlíka mohla byť považovaná za citlivejší indikátor dynamiky POH ako Cox. Vyššiu citlivosť parametra  $C_L$  uvádza aj Blair (1995). Je však tiež potrebné upozorniť na faktor času pri zvýšení hodnôt  $C_L$ . Nakoľko sa jedná v porovnaní s Cox so značne labilnou frakciou POH, nie je vylúčený priebeh oxidačných procesov aj v uskladnenej pôdnej vzorke. V budúcnosti by bolo vhodné realizovať stanovenia  $C_L$  v rovnakom časovom období po odbere vzorky.

Na väčšine porovnávaných lokalít bola labilita organického (L) uhlíka vyššia na TTP v porovnaní s OP (tab. 1), čo indikuje vyššie množstvo aktívneho uhlíka v labilnej forme na TTP oproti OP (Szombathová, 1999).

Sledované pôdne typy sa značne líšili v hodnotách indexu lability, pričom najvyššie hodnoty LI boli zaznamenané na kambizemi kyslej a rendzine (tab. 1). V priebehu sledovaného obdobia boli najmarkantnejšie zmeny zaznamenané na hnedozemi, kde došlo k nárastu hodnoty LI a na černoze, kde bol zaznamenaný výrazný pokles indexu lability v r. 1997 oproti r. 1993 (tab. 1).

Na komplexné hodnotenie rozdielov v obsahu a kvalite POH medzi obrábanou a relatívne nenarušenou pôdou bol Blairom (Blair, 1995) navrhnutý tzv. uhlíkový riadiaci index (CMI), ktorý sa stanovuje zo zmien v hodnotách celkového (CPI) a labilného (LI) organického uhlíka v orných pôdach oproti referenčnej pôde. Čím je hodnota CMI nižšia, tým viac zásoby organického uhlíka podliehajú zmenám v dôsledku obrábania pôdy (Blair a kol. 1995). Vysoké hodnoty CMI (100 a vyššie) indikujú, že realizované obrábanie pôdy negatívne neovplyvňuje zásoby uhlíka v pôde. V dôsledku pomerne značných rozdielov v hodnotách Cox a  $C_L$  v rámci jedného pôdneho typu v orných pôdach oproti TTP, sú aj hodnoty CMI pomerne rozdielne, a na niektorých pôdnych typoch sa pomerne značne menia (tab. 1). Relatívne stabilné hodnoty CMI v rokoch 1993 a 1997 boli zistené na kambizemiach a regozemi. Vysoké hodnoty CMI na kambizemi karbonátovej indikujú iba nepatrné zmeny zásob org. uhlíka na ornej pôde v porovnaní s TTP, naopak na kambizemi kyslej sa hodnoty CMI pohybujú okolo 50 čo svedčí o značnej redukcii zásob organického uhlíka na ornej pôde kambizeme oproti TTP. Na ostatných pôdnych typoch boli medzi rokmi 1993 a 1997 značné rozdiely v hodnotách CMI. Na pseudogleji a hnedozemi sme zaznamenali zvýšenie hodnôt CMI v roku 1997 oproti roku 1993, na černoze a fluvizemi hodnoty uhlíkového riadiaceho indexu v r. 1997 oproti r. 1993 klesli (tab. 1). Uvedené zmeny v hodnotách CMI by mohli súvisieť s rozdielnym hospodárením na týchto lokalitách orných pôd.

## Zmeny v základných parametroch obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty na kľúčových lokalitách (1994 – 2002)

Kľúčové lokality zohľadňujú hodnotené pôdne typy v rámci základnej monitorovacej siete, pričom štyri z nich (rendzina, ranker, kambizem arenická a andozem) sú na trvalých trávnych porastoch (TTP), ostatné lokality sú situované na orných pôdach (OP).

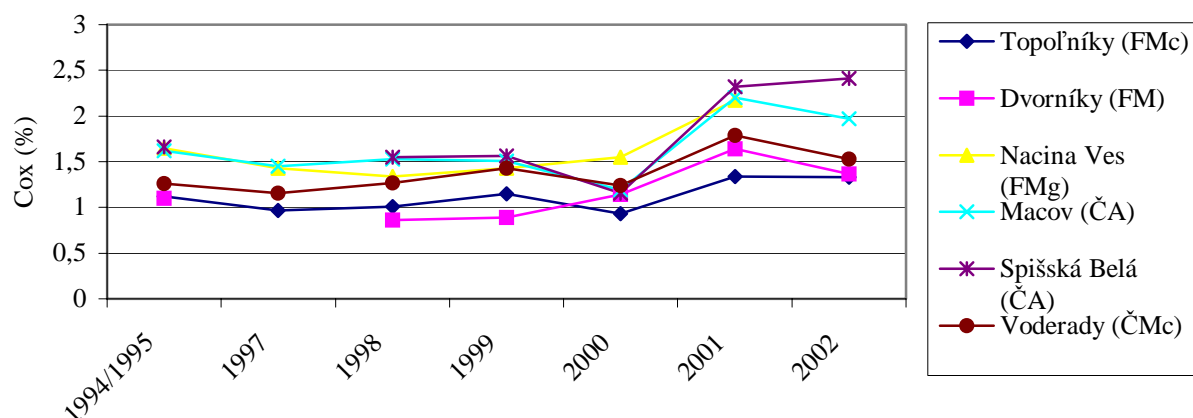
Na kľúčových lokalitách sa obsah a kvalita POH stanovujú od r. 1994, resp. 1995. Prezentované hodnoty v danom roku predstavujú priemernú hodnotu z 5 meraní.

Hodnoty organického uhlíka na orných pôdach kľúčových lokalít sú výrazne nižšie ako v prípade trvalých trávnych porastov (obr. 1a,b,c). Nižšie hodnoty Cox na ornej pôde sú v súlade s literatúrnymi údajmi, nakoľko viacerí autori (Bedrna, 1966, Cambel, Souster, 1982) uvádzajú, že intenzívne obhospodarovanie pôdy vedie k zníženiu množstva organickej hmoty. Pri rozoraní pasienkov dochádza k porušeniu prirodzenej rovnováhy a obsah humusu sa podstatne zníži v dôsledku intenzívnej mineralizácie hlavne v orničnom horizonte (Churkov, 2000).

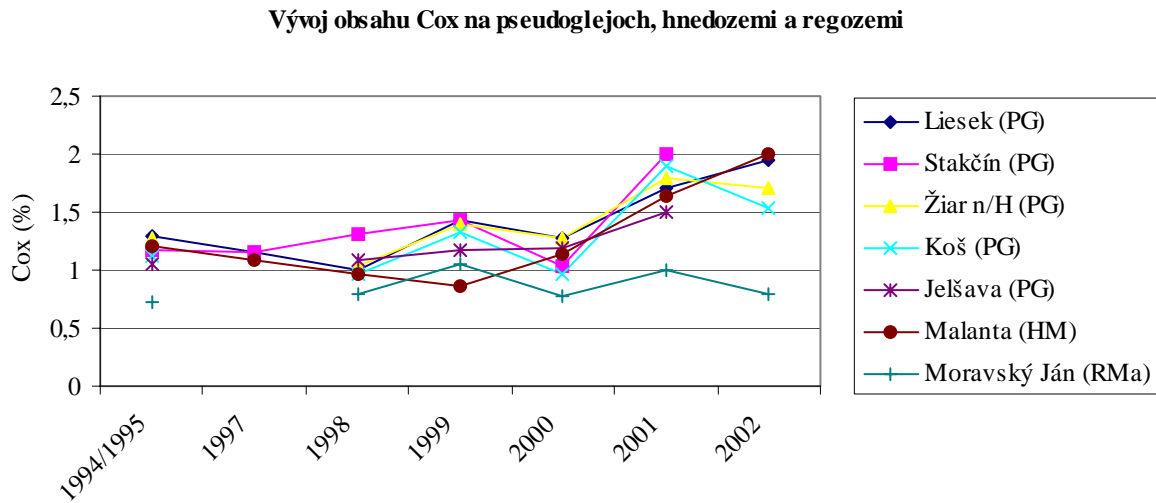
V priebehu sledovaného obdobia do roku 2000 obsah Cox na fluvizemiach, čierniciach a černozei mal pomerne vyrovnaný charakter.

Obr. 1a

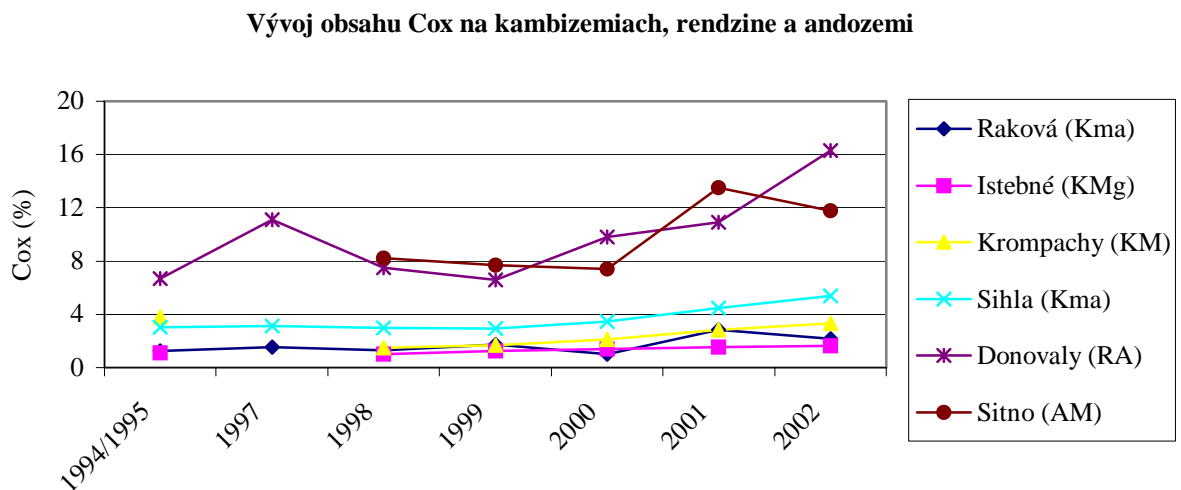
Vývoj obsahu Cox na fluvizemiach, čierniciach a černozei



Obr.1b



Obr.1c

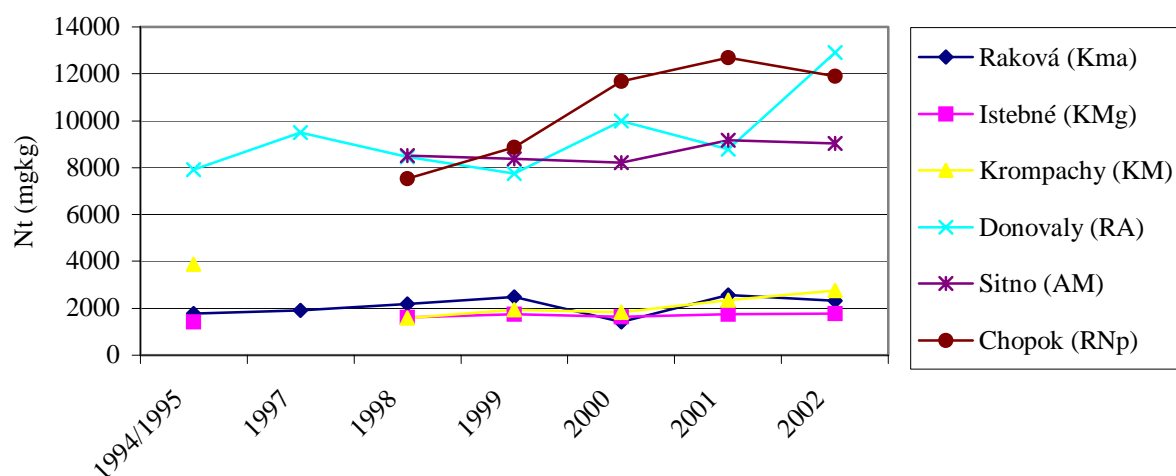


Od r. 2001 pozorujeme nárast Cox hlavne na čierniciach. (obr.1a). Na pseudoglejoch, podobne ako na hnedozemi sa hodnoty Cox v priebehu monitorovacieho obdobia pohybujú medzi 1 – 2 % a majú značne kolísavý charakter. Najnižším množstvom POH medzi kľúčovými lokalitami disponuje regozem. V priebehu celého monitorovacieho obdobia hodnota Cox na regozemi kolíše v rozmedzí 0,7 – 1 % (obr. 1b). Spomedzi kambizemí má najvyšší obsah Cox kambizem arenická na TTP. Kambizem glejová na OP má najnižší obsah Cox. V priebehu monitorovacieho obdobia sa množstvo organickej hmoty na kambizemiach výrazne nemenilo (obr. 1c). Na andozemi a rendzine (TTP), ktoré disponujú najvyššími hodnotami Cox medzi kľúčovými lokalitami, je obsah Cox značne kolísavý, ale v poslednom období má stúpajúcu tendenciu (obr. 1c).

Podobne ako v prípade organickej hmoty, aj obsah celkového dusíka na orných pôdach kľúčových lokalít je omnoho nižší ako na TTP, čo ilustruje obr. 2, na ktorom je uvedený priebeh vývoja Nt na orných pôdach kambizemí a na TTP andozeme, rendziny a rankra.

Obr. 2

## Vývoj obsahu Nt na kambizemiach, rendzine, rankri a andozemi



Vývoj obsahu Nt disponuje rovnakým trendom ako Cox, čo potvrdzujú aj signifikantné lineárne korelácie medzi Cox a Nt v jednotlivých sledovaných rokoch na kľúčových lokalitách (tab. 2)

Tab. 2. Lineárne korelácie R medzi základnými parametrami pôdnej organickej hmoty

	1994/1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002
	n=18	n=10	n=21	n=21	n=21	n=21	n=18
Cox/Nt	0,97**	1**	0,98**	0,99**	1**	0,98**	0,96**
$C_{HK}/C_{FK}/Q_6^4$	-0,59**	-1**	-0,72**	-0,96**	-0,63**		

Hodnoty kvalitatívnych parametrov  $C_{HK}/C_{FK}$  a  $Q_6^4$  na kľúčových lokalitách sú charakteristické pre uvedený pôdny typ a využitie pôdy v tomto prípade, na rozdiel od Cox, nie je dominantné.

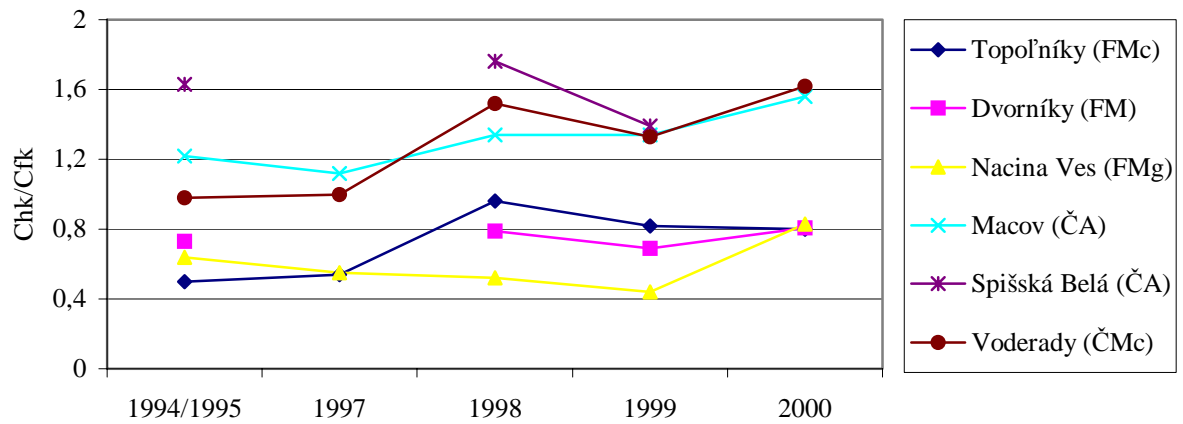
Medzi sledovanými pôdnymi typmi najvyššími hodnotami  $C_{HK}/C_{FK}$ , charakteristickými pre vyzretú a stabilnú organickú hmotu, disponujú černoze a čiernice (obr. 3a-3c). Pomerom  $C_{HK}/C_{FK}$  okolo 1 disponuje aj hnedozem (obr.3b). Hodnoty pomeru humínových a fulvokyselín na ostatných pôdných typoch sú nižšie ako 1, pričom najnižšie hodnoty  $C_{HK}/C_{FK}$  boli zistené na rendzine (obr. 3a-3c). V priebehu monitorovacieho obdobia mali hodnoty  $C_{HK}/C_{FK}$  značne kolísavý charakter ale pri porovnaní prvého a zatiaľ posledného odberu môžeme sledovať postupné zvyšovanie hodnôt tohto parametra, hlavne na černoze a čiernici z lokality Macov (obr 3a).

Nízkymi hodnotami optického parametra  $Q_6^4$ , ktoré sú charakteristické pre vyzretejšiu organickú hmotu, disponujú čiernice, černoze a hnedozem, ale aj pseudoglej na lokalite Jelšava (obr. 4a,b).



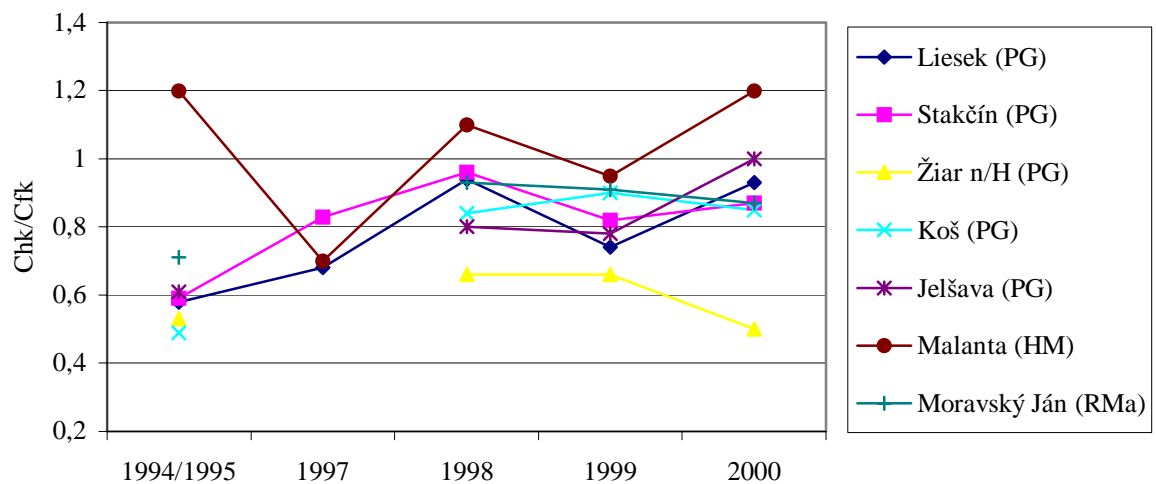
Obr. 3a

Vývoj pomeru Chk/Cfk na fluvizemiach, čierniciach a černoze



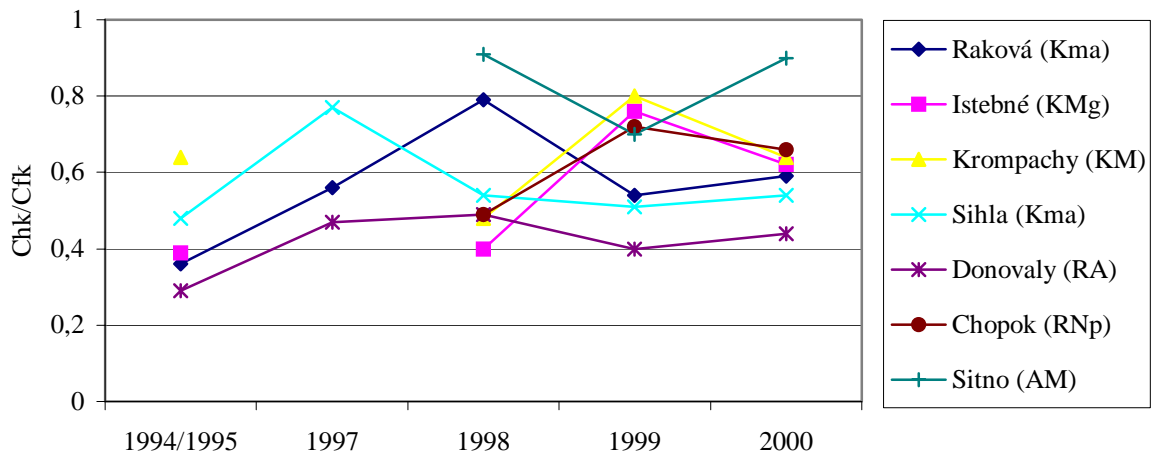
Obr. 3b

Vývoj pomeru Chk/Cfk na pseudoglejoch, hnedozemi a regozemi



Obr.3c

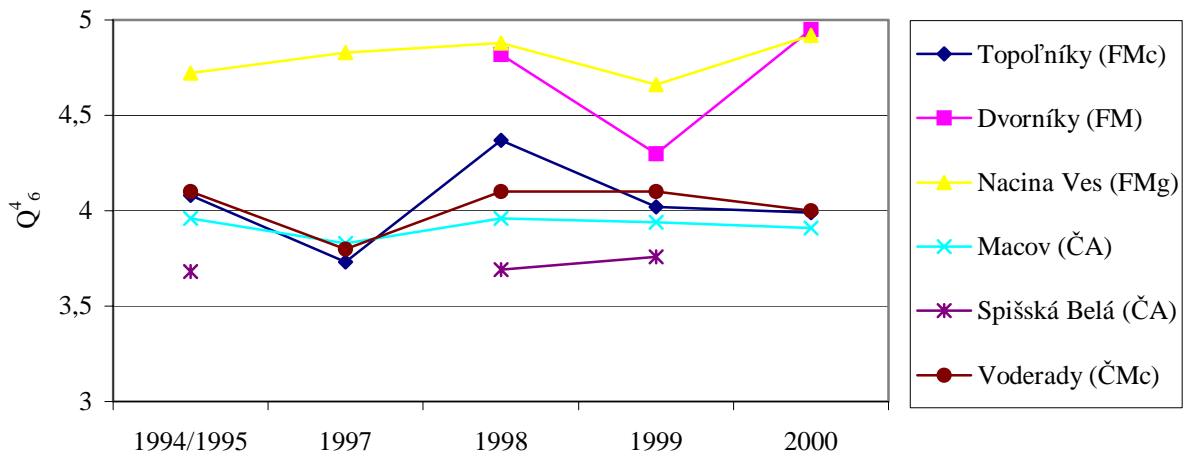
Vývoj pomeru Ch/Cfk na kambizemiach, rankri, rendzine a andozemi.



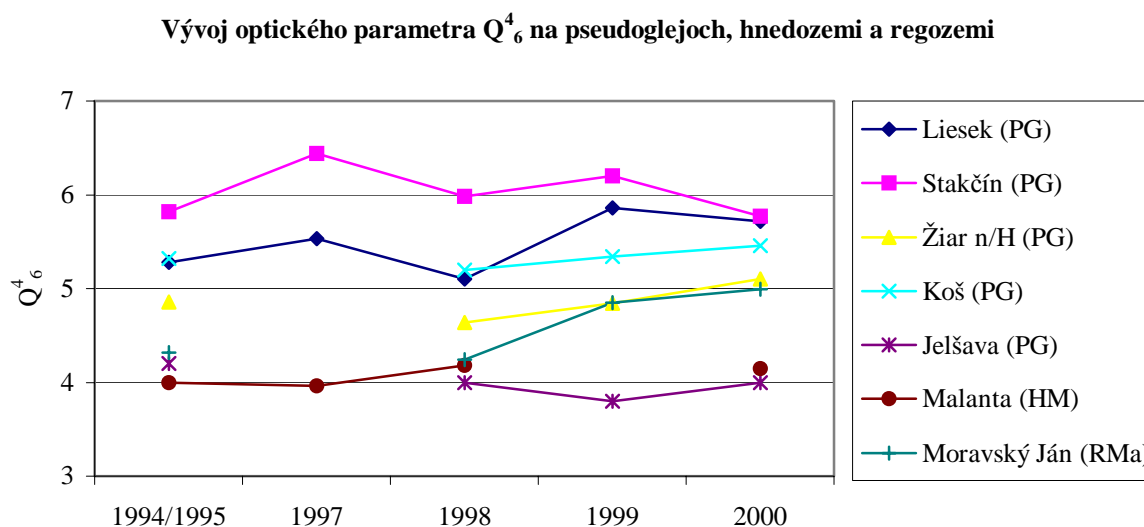
Naopak, pseudogleje, hlavne na lokalite Stakčín a Liesek ako aj kambizeme arenické, ranker a rendzina majú vysoké hodnoty optického parametra, ktoré sú typické pre menej kvalitný humus (obr. 4b,c). Zmeny v optickom parametri na sledovaných lokalitách nie sú veľmi výrazné a stabilitu POH v prípade čiernice a černoze vyjadruje aj minimálna zmena  $Q_6^4$  v priebehu monitorovacieho obdobia (obr. 4a).

Obr. 4a

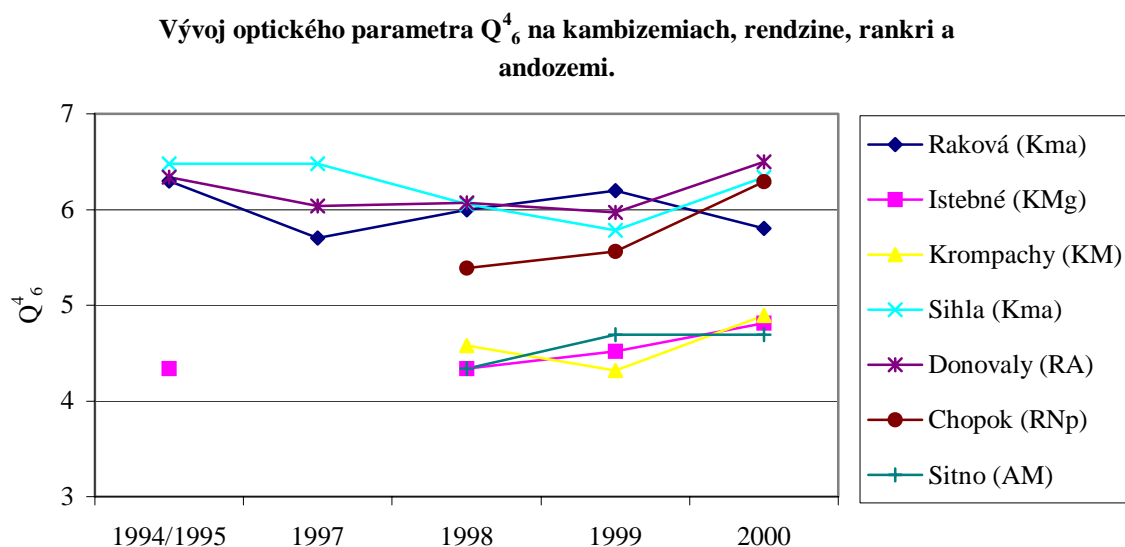
Vývoj optického parametra  $Q_6^4$  na fluvizemiach, čierniciach a černoze



Obr. 4b



Obr. 4c



Priebeh oboch sledovaných kvalitatívnych parametrov pôdnej organickej hmoty odráža rovnaké trendy minimálnych zmien v kvalite POH podporený aj významnými lineárnymi koreláciami medzi priemernými hodnotami  $C_{HK}/C_{FK}$  a  $Q_6^4$  na hodnotených kľúčových lokalitách (tab. 2).

### **Zmeny v chemickom zložení humínových kyselín na kľúčových lokalitách (1994-2001)**

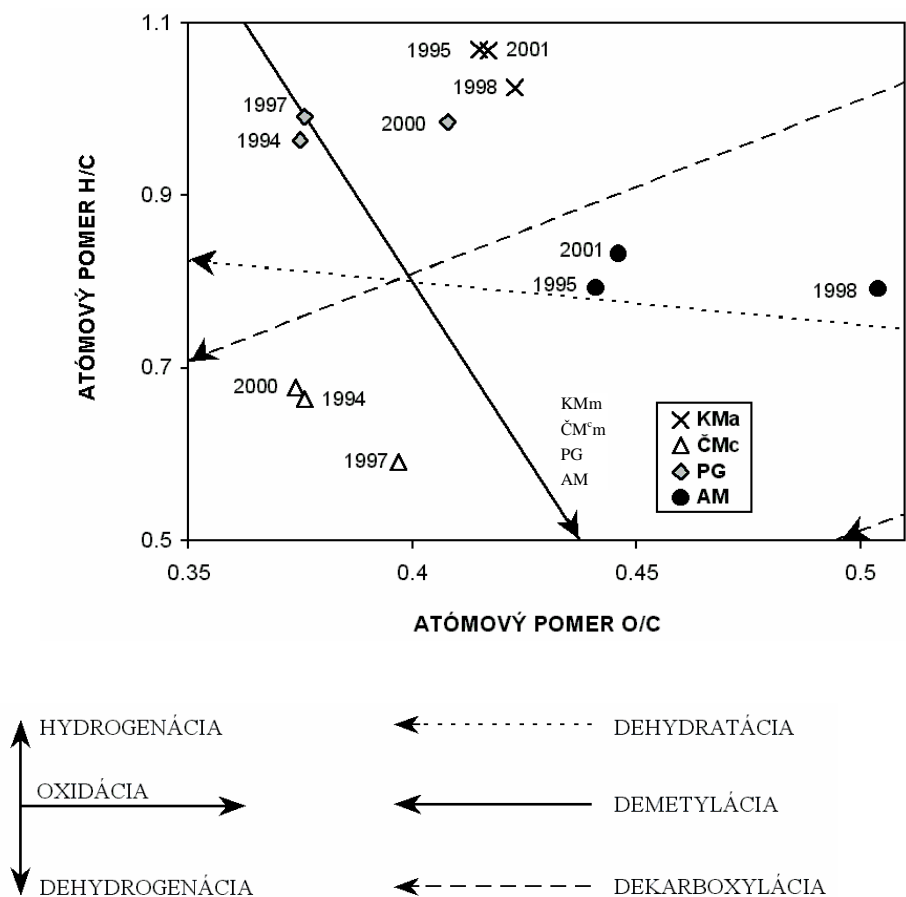
V modernom pôdoznanectve sa čoraz častejšie využívajú detailnejšie metódy pri sledovaní zmien v kvalite pôdnej organickej hmoty. Pri porovnaní rozdielov medzi pôdnymi typmi, ale tiež pri porovnaní zmien pri rozdielnom hospodárení na pôde, je vhodné využiť izoláciu humínových kyselín, ktoré predstavujú základnú frakciu pôdnej organickej hmoty

a študovať zmeny v ich chemickej štruktúre. Chemická štruktúra a zloženie týchto supramolekulárnych zhľukov relatívne malých molekúl (Piccolo, 2001) závisí na pôdnom type a niektoré jej parametre môžu byť veľmi užitočné pri klasifikácii pôd do špecifických taxonomických jednotiek (Wegner a kol., 1999).

Z uvedeného dôvodu sa na vybraných kľúčových lokalitách v trojročných monitorovacích cykloch izolujú HK a zmeny ich chemickej štruktúry sa sledujú stanovením vybraných chemických a fyzikálno-chemických parametrov.

Základným chemickým parametrom pri sledovaní štruktúry HK je elementárna C, H, N, O analýza, ktorá odráža charakteristiky pôdnej humifikácie. Vyššie zastúpenie uhlíka a nižšie zastúpenie vodíka je charakteristické pre HK s vyšším humifikačným stupňom. Zo sledovaných HK najvyššia hodnota uhlíka a najnižšia hodnota vodíka bola zaznamenaná na černozemi, na kambizemiach boli stanovené najnižšie hodnoty C a najvyššie hodnoty H (tab. 3), čo indikuje relatívne vysokú humifikáciu POH na černozemi a málo vyzretý humus na kambizemiach zrnitostne ľahších.

**Obr. 5.** Van Krevelenov diagram humínových kyselín



**Tab. 3.** Hodnoty elemnárneho zloženia (atómové percentá) a vybrané parametre <sup>13</sup>C NMR spektier (%) humínových kyselín

Pôdny typ/rok	C	H	N	O	O/H	Car	Calif
RA/1995	39,4	40,34	3,7	16,55	0,41	27,08	53,59
RA/1998	39,3	40,3	3,12	17,3	0,43	29,9	45,12
RA/2001	41,59	36,47	3,6	18,33	0,5	31,6	43,1
RM <sup>a</sup> /1995	42,6	37,25	3,43	16,69	0,45	38,6	41,77
RM <sup>a</sup> /1998	41,7	38,3	3,23	16,8	0,44	39	37,15
RM <sup>a</sup> /2001	42,14	36,96	3,41	17,49	0,47	34,9	46,4
AM/1995	43,4	34,4	3,1	19,12	0,56	41,25	34,54
AM/1998	42,3	33,5	2,9	21,3	0,64	33,62	40,78
AM/2001	42,46	35,38	3,24	18,93	0,54	35,2	41,2
RN <sub>p</sub> /1995	38,7	42,56	2,95	15,76	0,37	26,8	50,98
RN <sub>p</sub> /1998	36,92	43,75	3,42	15,91	0,36	24,57	51,34
RN <sub>p</sub> /2001	39,79	40,36	2,9	16,94	0,42	30,7	44,1
ČM <sup>c</sup> /1994	47,60	31,63	2,85	17,92	0,567	41,75	30,04
ČM <sup>c</sup> /1997	48,55	28,67	3,52	19,26	0,672	50,81	33,89
ČM <sup>c</sup> /2000	47,22	31,96	3,19	17,64	0,552	46,55	33,89
HM/1994	43,41	36,16	3,25	17,18	0,475	33,28	41,09
HM/1997	40,55	39,31	3,11	17,03	0,433	41,24	41,09
HM/2000	41,31	38,80	3,26	16,64	0,429	33,95	44,87
FM <sup>c</sup> /1994	41,82	37,93	3,74	16,51	0,435	34,1	46,52
FM <sup>c</sup> /1997	43,04	36,42	3,70	16,85	0,463	34,98	43,85
FM <sup>c</sup> /2000	42,18	36,35	3,59	17,88	0,492	35,92	41,37
FMg/1994	39,11	41,19	2,93	16,77	0,407	33,09	49,08
FMg/1997	40,07	40,97	3,23	15,72	0,384	36,35	48,53
FMg/2000	39,62	40,91	3,24	16,24	0,397	33,17	45,55
PG1/1994	41,58	40,09	2,74	15,59	0,389	34,05	50,5
PG1/1997	40,98	40,61	3,00	15,40	0,38	34,35	44,68
PG1/2000	40,44	39,82	3,26	16,48	0,414	33,02	45,37
PG2/1994	39,67	42,3	2,79	15,24	0,36	33,48	50,68
PG2/1997	39,83	41,33	3,13	15,71	0,38	35,39	48,17
PG2/200	38,43	41,03	3,14	17,4	0,324	33,05	45,55
KM <sup>a</sup> 1/1995	38,8	41,49	3,64	16,1	0,39	30,7	53,83
KM <sup>a</sup> 1/1998	39,4	40,37	3,6	16,65	0,41	29,97	47,3
KM <sup>a</sup> 1/2001	38,62	41,26	4,01	16,11	0,39	27,6	50,5
KM <sup>a</sup> 2/1995	39,70	41,01	3,34	15,99	0,39	29,98	52,54
KM <sup>a</sup> 2/1998	38,50	43,10	3,01	15,50	0,36	28,99	48,57
KM <sup>a</sup> 2/2001	39,92	39,51	3,28	17,29	0,44	31,3	45,5

PG (1) – Liesek, PG (2) – Stakčín, KM<sup>a</sup> (1) – Raková, KM<sup>a</sup> (2) - Sihla

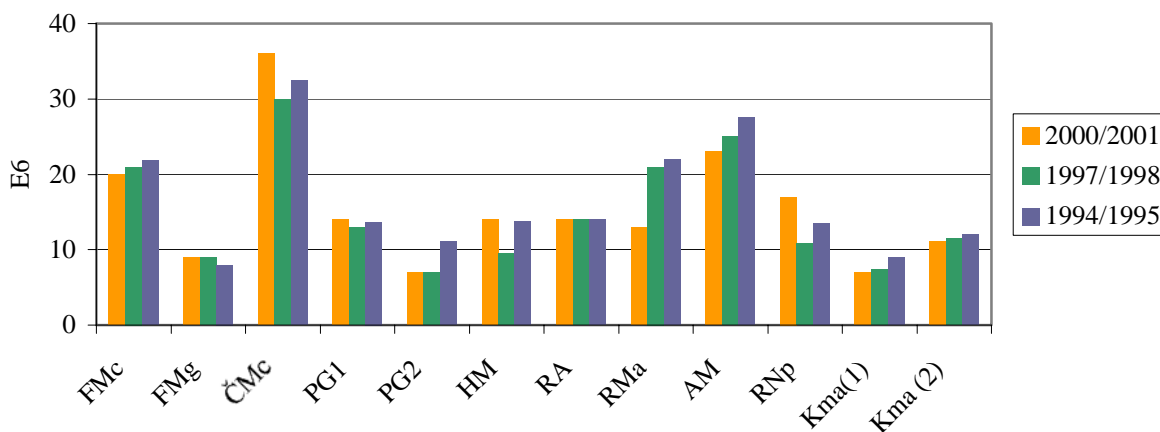
Na základe výsledkov elementárnej analýzy sa vyzretosťou pôdnej organickej hmoty k černozemi blíži andozem, naopak pre ranker a pseudogleje je charakteristická POH s nízkym humifikačným stupňom. Uvedená skutočnosť je evidentná aj z Van Krevelenovho diagramu, kde HK černozeme sa nachádzajú v spodnej časti, HK andozeme v strednej časti a HK pseudogleja a kambizeme v hornej časti diagramu (obr.5).

V priebehu monitorovacieho obdobia boli zaznamenané iba minimálne zmeny v hodnotách C a H. Intenzívnejšie zmeny boli na viacerých lokalitách zaregistrované náraste hodnôt kyslíka, čo sa odrazilo aj na vyšších hodnotách pomeru O/H (tabuľka 3), indikujúceho oxidačné trendy hlavne na rendzine, rankri, regozemi, fluvizemi karbonátovej, kambizemi modálnej na lokalite Sihla a pseudogleji na lokalite Liesek, čo v prípade pseudogleja je evidentné aj na Van Krevelenovom diagrame. Oxidačné trendy môžu byť spôsobené tvorbou mladých humínových kyselín, nakoľko v tomto období sa na viacerých lokalitách zvýšila hodnota  $C_{HK}/C_{FK}$  (obr.3a-c). V prípade orných pôd čiastočná oxidácia POH je charakteristická pre intenzívne obrábané pôdy s konvenčným hospodárením (Rosell a kol., 1989). Podobné oxidačné trendy boli pozorované aj počas monitoringu HK na Podunajskej nížine (Barančíková, 1997).

Hodnoty optického parametra  $E^{1\%}_6$ , ktorým Kumada charakterizuje stupeň humifikácie HK (Kumada, 1987), sú v súlade s elementárnym zložením HK. Najnižšie hodnoty optického parametra boli zistené na kambizemi modálnej a fluvizemi glejovej a najvyššie na černozemi (obr. 6). Zmeny v optickom parametri v priebehu monitorovacieho obdobia boli minimálne a na viacerých lokalitách mali kolísavý charakter. Postupný pokles hodnôt  $E^{1\%}_6$  v priebehu sledovaného obdobia je evidentný na kambizemiach, andozemi a regozemi. (obr. 6)

Obr. 6

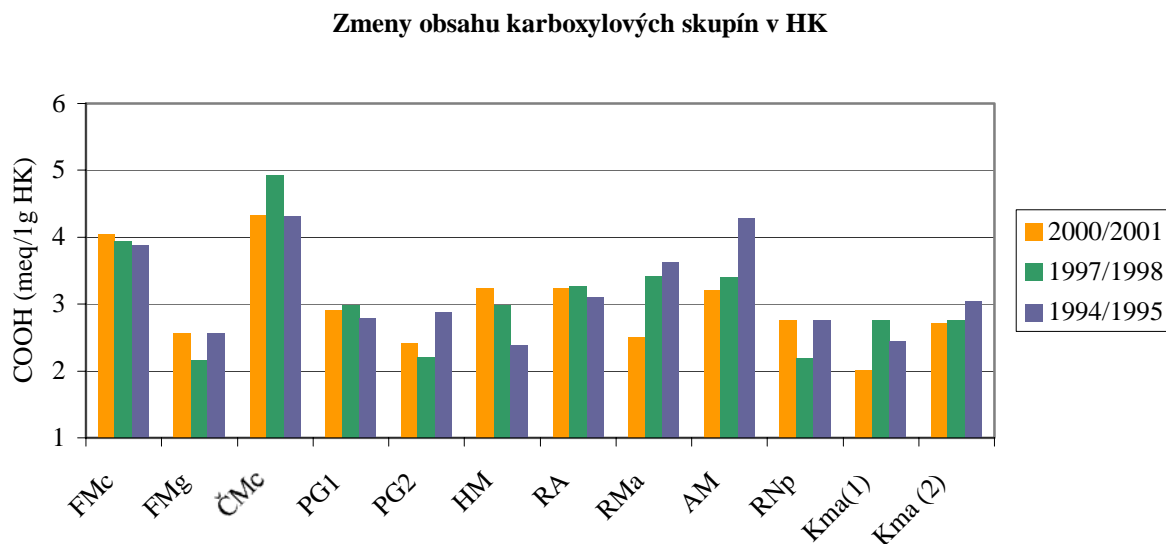
Zmeny optického parametra HK



Ďalším dôležitým parametrom pri posudzovaní kvality HK je obsah karboxylových funkčných skupín, nakoľko proces humifikácie je charakterizovaný karboxyláciou alifatických reťazcov HK (Ševcova a Sidorina, 1988). Vyššie hodnoty COOH charakterizujú vyzretejšiu POH s vyšším stupňom humifikácie (Rosell a kol., 1989). V súlade s hodnotami elementárneho zloženia a optickým parametrom najvyššie hodnoty COOH boli zaznamenané na černozemi a pomerne vysokým obsahom COOH disponuje aj fluvizem karbonátová. Najnižší obsah karboxylových skupín bol zistený na kambizemiach a fluvizemi glejovej (obr. 7).

V priebehu monitorovacieho obdobia boli zmeny v obsahu karboxylových skupín minimálne. Na andozemi regozemi a kambizemiach bolo podobne ako v prípade E<sup>1%</sup><sub>6</sub> zistené postupné znižovanie COOH skupín (obr. 7).

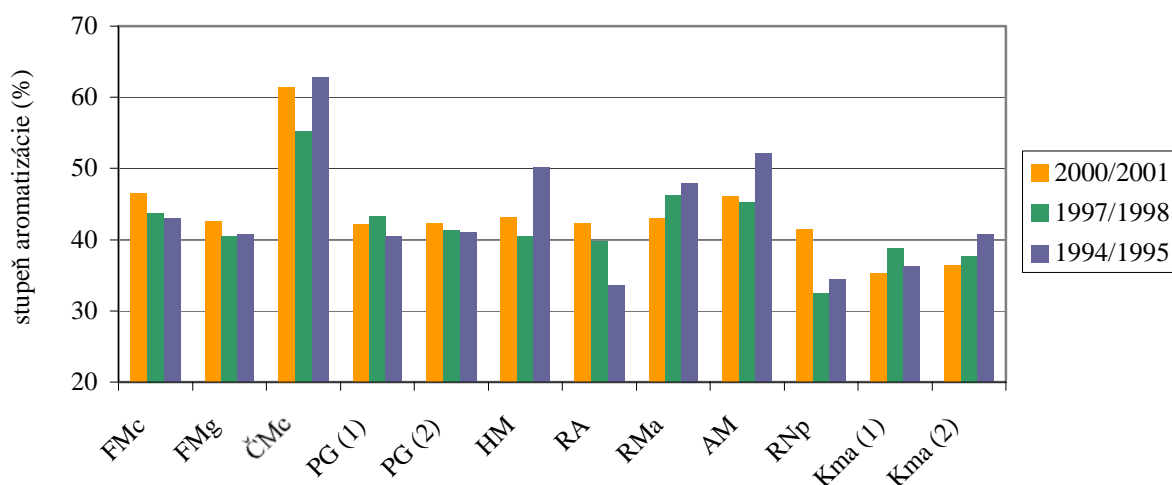
Obr. 7



Pri štúdiu štruktúry HK je v súčasnosti jednou z najpoužívanejších spektrálnych techník nukleárna magnetická rezonancia uhlíka <sup>13</sup>C, ktorá umožňuje kvantitatívne stanovenie jednotlivých typov uhlíka v štruktúre pôdnej organickej hmoty (Mathers a kol., 2000). Z parametrov <sup>13</sup>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 púť živín (Beyer a kol., 1993), ale aj sorpciu organických polutantov (Spiteller, Haider, 1997, Barančíková, Petrová, 1994, Barančíková, Szaboová, 1999). V súlade s hodnotami elementárneho zloženia, optického parametra a počtom COOH skupín, najvyšším zastúpením aromatických a najnižším počtom alifatických štruktúr a tým aj najvyšším stupňom aromaticity disponuje černozem. Naopak na kambizemiach dominujú alifatické štruktúry nad aromatickými a to sa odráža aj v nízkom stupni aromaticity týchto HK (tab. 3, obr. 8).

Obr. 8

## Zmeny v stupni aromatizácie HK



V priebehu monitorovacieho obdobia na viacerých pôdnych typoch (regozem, andozem, kambizem) bol zaznamenaný pokles aromatického a nárast alifatického uhlíka. V prípade fluvizemí a černozeme bol zaregistrovaný opačný trend a zníženie Calif bolo zistené aj na pseudoglejoch a rankri (tab. 3). Zníženie Calif ako dôsledok nedostatočného vstupu organickej hmoty a intenzívnej kultivácie uvádza Rosell (Rosell a kol., 1995). Zmeny v Calif a Car sa odrazili aj v zmenách stupňa aromatizácie HK. Na rankri, rendzine a fluvizemiach došlo k zvýšeniu, naopak na andozemi a hnedozemi k zníženiu  $\alpha$  (obr. 8). Uvedené zmeny v parametroch  $^{13}\text{C}$  NMR spektier sú v súlade so zmenami v elementárnom zložení, karboxylových skupín i optického parametra.

## Záver

Pri komplexnom hodnotení zmien v jednotlivých frakciách organického uhlíka medzi intenzívne obrábanou (OP) a relatívne nenarušenou pôdou (TTP) môžeme konštatovať, že v priebehu monitorovacieho obdobia na všetkých sledovaných lokalitách orných pôd bol zaznamenaný pokles celkového organického uhlíka. Zmeny v hodnotách labilného uhlíka a hodnotách CMI boli rozdielne, čo by mohlo súvisieť s vyššou citlivosťou na možné rozdiely v hospodárení na jednotlivých lokalitách orných pôd a uvedené parametre by mohli byť účinné pri monitorovaní rýchlosti zmien v zásobách pôdnej organickej hmoty.

Na kľúčových lokalitách bol obsah Cox na orných pôdach podstatne nižší ako na trvalých trávnych porastoch a v priebehu monitorovacieho obdobia zmeny v obsahu Cox boli minimálne. Na kľúčových lokalitách TTP, hlavne v poslednom sledovanom období bol zaznamenaný nárast organickej hmoty.

Hodnoty kvalitatívnych parametrov  $C_{\text{HK}}/C_{\text{FK}}$ ,  $Q^4_6$  na jednotlivých kľúčových lokalitách sú charakteristické pre uvedený pôdny typ a v priebehu sledovaného obdobia bol na viacerých lokalitách zaznamenaný mierny nárast pomeru  $C_{\text{HK}}/C_{\text{FK}}$ .

Detailná charakteristika štruktúry humínových kyselín potvrdzuje fakt, že chemické zloženie HK je závislé na pôdnom type a určité pomerne jednoducho získané parametre



(E<sup>16</sup>) môžu byť využité pri kvalitatívnej charakteristike pôdnej organickej hmoty. Údaje získané z elementárnej analýzy, stanovenia karboxylových skupín, optického parametra a tiež vybraných parametrov <sup>13</sup>C NMR spektier HK, naznačujú nepatrné oxidačné trendy, hlavne na rendzine, rankri a fluvizemiach, spojené so znížením alifatického uhlíka v štruktúre HK.

## Použitá literatúra

- Barančíková, G.: Influences of Changes in Groundwater levels on the Composition of Humic Acids in a Danube Lowland. In: J.Drozd, Gonet,S., Senesi, N., Weber, J.: The role of Humic Substances in the Ecosystems and in Environmental Protection. Wroclaw, 1997, str. 283-288.
- 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(3. rok 2. cyklu monitoringu pôd SR). Bratislava, 1999, str. 67-84.
- 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.
- Bedrna, Z.: Obsah humusu v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. Poľnohospodárstvo, vol. 12, 1966, č.10, str. 763-769.
- 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., vol. 25, 1993, str. 587-596.
- Blair, G.J., Lefroy, R.D.B., Lisle.L. Soil carbon fractions, based on their degree of oxidation, and the development of a Carbon management Index for agricultural systems. Austr. J. Agric. Res., 1995, vol. 46, str. 1459-1466
- Conteh, A., Blair, G.J., Lefroy, R., Whitbread, A. Labile organic carbon determined by permanganate oxidation and its relationships to other measurements of soil organic carbon. Humic Subst. Environ.,1999, vol. 1, č.1, str. 3-15
- Cambell, C.A., Souster, W.: Loss of organic matter and potentially mineralizable nitrogen from Saskatchewan soils due to cropping. Can. J. Soil Sci., 1982, vol. 62, str. 651-656.
- Chukov, S. N.: Study by <sup>13</sup>C – NMR spectroscopy of humus acids molecular parameters in anthropogenically disturbed soils. In: Proceedings of 10th International Meeting of the IHSS, Toulouse, 2000, str. 81-84.
- Kumada, K.: Chemistry of soil organic matter. Tokyo, Elsevier, 1987, str. 17-30.
- Loginow, W., Wisniewski, W., Gonet, S., Ciescinska, B. Fractionation of organic carbon based on susceptibility to oxidation. Pol. J. Soil Sci., 1987, vol. XX/1, str. 47-52.
- Mathers, N.J., Mao, X.A., Xu, Z.H., Saffigna, P.G., Berners-Price, S.J., Perera, M.C.S.: Recent advances in the application of <sup>13</sup>C and <sup>15</sup>N NMR spectroscopy to soil organic matter studies. Aust. J. Soil Res., 2000, vol. 38, str. 769-787.

- Nikitin, B.A.: Metody opredelenija soderžanija gumusa v počve. *Agrochimija*, 1972, č.3, str. 123-125.
- Piccolo, A.: The supramolecular structure of humic substanes. *Soil Sci.*, vol. 166, 2001, str. 810-832.
- Rosell, R.A., Andriulo, A.E., Schnitzer, M., Crespo, M.B., Miglierina, A.M.: Humic acids properties of an Argiudoll soil under two tillage systems. *Sci. Tot. Envir. Vol. 81/82*, 1989, str. 391-400.
- Rosell, R.A., Zech, W., Haumaier, L., Miglierina, A.M.: Physicochemical properties of humus of a semiarid pampaeen soil under two crop rotations. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 1995, č. 9, str. 379-387.
- Shen, H., Xu, Z.H., Yan, X.L. Effect of fertilization on oxidizable carbon, microbial biomass carbon, and mineralizable carbon under different agroecosystems. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 2001, vol. 32, str. 1575-1588.
- 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.
- Szombathova, N. Comparison of soil carbon susceptibility to oxidation by  $\text{KmnO}_4$  in different farming systems in Slovakia. *Humic. Subst. Environ.*, 1999, vol. 1, str. 35-39.
- Ševcova, L.K., Sidorina, S.J.: Vlijanije dlitel'novo promenenija udobrenij na termografičeskije charakteristiky 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.
- Zaujec, A.: Soil organic matter as indicator of soil quality and human influences on agroecosystem and natural forest ecosystem. *Ekologia*, 2001, vol. 20, str. 133-139



**ČÚ 07**

**MONITORING FYZIKÁLNÝCH VLASTNOSTÍ PŮD A ERÓZIE**

**Zodpovedný riešiteľ:** A – RNDr. Beata Houšková, CSc.  
B – Ing. Ján Styk, PhD.



## A. HODNOTENIE FYZIKÁLNYCH VLASTNOSTÍ POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD SLOVENSKA

### Úvod

Fyzikálne vlastnosti pôdy sú priamym odrazom momentálneho stavu pôdy, prípadne trendu vývoja jej vlastností, čo môže závisieť od prírodných ako aj ľudských faktorov. Prírodné faktory určujú z hľadiska úrodnosti pôdy tzv. pôdy s primárne vhodnými, alebo nevhodnými vlastnosťami. Prítomnosť takých horizontov ako sú molický smoniový horizont, luvický, slancový, mramorovaný a glejový horizont poukazujú na pôdy s primárne nevyhovujúcimi fyzikálnymi vlastnosťami z hľadiska pôdnej úrodnosti. Je to jednak kvôli extrémnemu zrnitostnému zloženiu, vysokému obsahu ílových častíc, nízkej vodostálosti pôdnych agregátov podmienenej chemickým zložením, ako aj kvôli nepriaznivému vodno-vzdušnému režimu. Pôdy, ktoré uvedené horizonty vo svojom profile neobsahujú, za normálnych okolností by mali mať vyhovujúce fyzikálne vlastnosti, pokiaľ nemajú extrémne zrnitostné zloženie. Ak tieto vlastnosti nemajú, jedná sa o nepriaznivý vplyv ľudského faktora. Nepriaznivé fyzikálne vlastnosti majú predovšetkým orné pôdy, potom vinohrady a najodolnejšie voči narušeniu optimálnych fyzikálnych vlastností sú pasienky.

### Materiál a metódy

Za účelom monitoringu fyzikálnych vlastností pôd Slovenska v jednoročnom intervale boli vybrané tzv. kľúčové lokality. Z hľadiska pôdnej fyziky sledované pôdy delíme do nasledujúcich druhových a typových kategórií:

- piesočnaté pôdy: regozem modálna, RMm, lokalita: Moravský Ján
- piesočnato-hlinité pôdy: fluvizem modálna, FMm, lokalita: Dvorníky
- hlinité pôdy: černozem modálna, ČMm, lokalita: Voderady  
hnedozem modálna, HMm, lokalita: Malanta  
čiernica modálna, ČAm, lokalita: Spišská Belá  
čiernica černozečná, ČAb, lokalita: Macov  
kambizem modálna, KMm, lokalita: Raková  
kambizem pseudoglejová, KMg, lokalita: Istebné  
pseudoglej modálny, PGm, lokalita: Liesek  
pseudoglej modálny, PGm -1, 1.lokalita: Žiar nad Hronom  
pseudoglej luvizemný, PGI -2, 2.lokalita: Jelšava  
ranker modálny, RNm, lokalita: Krompachy  
fluvizem modálna, FMm, lokalita: Topoľníky
- ílovito-hlinité pôdy: pseudoglej modálny, PGm, lokalita: Koš  
pseudoglej luvizemný, PGI, lokalita: Stakčín  
fluvizem glejová, FM<sub>G</sub>, lokalita: Nacina Ves.

Pri hodnotení sledovaných pôd sa použili nasledujúce kritériá: objemová hmotnosť, celková pórovitosť, maximálna kapilárna kapacita, retenčná vodná kapacita a minimálna prevzdušnosť. Limitné hodnoty týchto vlastností sú určené podľa práce Lhotského (1984).

Pri hodnotení ľahkých pôd platia nasledujúce limitné hodnoty sledovaných vlastností:

#### **piesočnaté pôdy**

objemová hmotnosť  $\rho_d$  ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) - > **1,70**

celková pórovitosť PO (% obj.) - < **38**

maximálna kapilárna kapacita MKK (% obj.) - **35**

retenčná vodná kapacita RVK (% obj.) - **35**

minimálna prevzdušnosť (% obj.) - **10**

#### **piesočnato-hlinité pôdy**

objemová hmotnosť  $\rho_d$  ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) - > **1,55**

celková pórovitosť PO (% obj.) - < **42**

maximálna kapilárna kapacita MKK (% obj.) - **35**

retenčná vodná kapacita RVK (% obj.) - **35**

minimálna prevzdušnosť (% obj.) - **10**

#### **hlinité pôdy**

objemová hmotnosť  $\rho_d$  ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) - > **1,45**

celková pórovitosť PO (% obj.) - < **45**

maximálna kapilárna kapacita MKK (% obj.) - **35**

retenčná vodná kapacita RVK (% obj.) - **35**

minimálna prevzdušnosť (% obj.) - **10**

#### **ílovito-hlinité pôdy**

objemová hmotnosť  $\rho_d$  ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) - > **1,40**

celková pórovitosť PO (% obj.) - < **47**

maximálna kapilárna kapacita MKK (% obj.) - **35**

retenčná vodná kapacita RVK (% obj.) - **35**

minimálna prevzdušnosť (% obj.) - **10**

Vyhodnocované výsledky sú za roky 1992, 96, 97, 98, 99, 2000, 2001, 2002. Pri popise pôdnych typov bola použitá morfogenetická klasifikácia. Vyhodnocované sú podornice záujmových pôd.

## **Vyhodnotenie výsledkov**

### ***Piesočné pôdy***

Sú zastúpené regozemou modálnou, lokalita Moravský Ján. Vyhodnocovanie fyzikálnych vlastností pôdy je za roky 1992, 1996 až 2002. Pôda za celé sledované obdobie nedosiahla objemovú hmotnosť nad kritickou hranicou  $1,70 \text{ g.cm}^{-3}$ . Celková pórovitosť pôdy má kolísavé výsledky od uspokojivých (42,4% objemu) až po kritické (37,6 % objemu). Retenčná vodná kapacita pôdy je dlhodobo nízka, čo vyplýva z jej zrnitostného zloženia. Prevzdušnenosť pôdy je za sledované obdobie nedostatočná a dosahuje hodnoty okolo 5 % objemu. Výnimku tvorí len rok 2001, kedy bola pôda dostatočne prevzdušnená (14,9 % objemu). Celková tendencia vývoja pôdnych vlastností smeruje k zhoršovaniu fyzikálnych vlastností pôdy ako sú celková pórovitosť a prevzdušnenosť pôdy. Táto tendencia sa nepotvrdila v prípade objemovej hmotnosti pôdy.

### ***Piesočnato-hlinité pôdy***

Sú zastúpené fluvizemou modálnou, lokalita Dvorníky. V časovom slede 92, 97 až 2002 bolo zistené zhoršenie fyzikálnych vlastností podľa hodnôt MKK. Uvedená hydrofyzikálna vlastnosť pôdy sa za sledované obdobie zvýšila z hraničnej hodnoty 35,4 % objemu až na 42,4 v roku 2001. Výsledky z roku 2002 potvrdili uvedený trend. Pôda je však dlhodobo dostatočne až dobre prevzdušnená. Minimálna vzdušná kapacita (VzK) v podornici dosahuje hodnoty 10 až 18,6% objemu.

### ***Hlinité pôdy***

Zastúpené sú pôdami s vysokým prirodzeným produkčným potenciálom ako černoziem, hnedozem a čiernica, ako aj pôdami s prirodzene nižším produkčným potenciálom. Ich predstaviteľmi sú kambizeme, presudogleje a ranker. Prechodným pôdnym typom z hľadiska prirodzeného produkčného potenciálu je fluvizem. Stredne ťažké pôdy, vzhľadom na to, že patria k pôdam najvhodnejším pre väčšinu poľnohospodársky pestovaných rastlín sú intenzívne využívané, čo často krát vedie k zhoršovaniu ich fyzikálnych vlastností v zvýšenom rozsahu.

### ***Pôdy s prirodzene vysokým produkčným potenciálom***

Černoziem modálna sa nachádza v lokalite Voderady. Podľa hodnôt objemovej hmotnosti nebola zhutnená len v roku 1992 kedy dosiahla hodnotu  $1,43 \text{ g.cm}^{-3}$ . Kritická



hranica pre stredne ťažké hlinité pôdy je  $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$ . Za roky 96 až 2002 jej hodnota kolísala v rozmedzí  $1,48$  až  $1,51 \text{ g.cm}^{-3}$ . Podľa hodnôt celkovej pórovitosti pôda bola zhutnená len v roku 1997. Maximálna kapilárna kapacita pôdy nedosahuje kritickú hranicu 35 % objemu za celé sledované obdobie. Pôda je striedavo nedostatočne až dostatočne prevzdušená.

Hnedozem modálna v Malante je výrazne zhutnená za celé sledované obdobie podľa hodnôt objemovej hmotnosti ( $1,52$  až  $1,59 \text{ g.cm}^{-3}$ ) a celkovej pórovitosti (43, až 40,4 % objemu). Maximálna a retenčná vodná kapacita nedosahujú kritickú hranicu, čo svedčí o tom, že pôda je zhutnená sekundárne a nie primárne, čiže zhutnenie nevyplýva z jej prirodzených vlastností. Pôda je nedostatočne prevzdušená za celé sledované obdobie.

Čiernica modálna v Spišskej Belej je podľa hodnôt objemovej hmotnosti striedavo zhutnená ( $1,26$  až  $1,47 \text{ g.cm}^{-3}$ ). Pôda má vyhovujúcu celkovú pórovitosť (45,6 až 51,9 % objemu), aj keď za roky 2001 a 2002 pôda mala zníženú pórovitosť (44 % objemu) a zvýšenú maximálnu kapilárnu kapacitu (35,9 % objemu).

Čiernica černoziemná v Macove má vyhovujúcu objemovú hmotnosť pôdy za celé sledované obdobie ( $1,39$  až  $1,28 \text{ g.cm}^{-3}$ ). Pôda má prevažne vyhovujúcu celkovú pórovitosť a zvýšenú maximálnu kapilárnu kapacitu (38,8 % objemu). Za celé sledované obdobie je prevzdušená dostatočne.

Celkove možno konštatovať, že uvedené pôdy majú striedavo nevyhovujúce fyzikálne vlastnosti, čo súvisí so spôsobom obrábania pôdy. Hnedozem modálna v Malante má trvalo nevyhovujúce fyzikálne vlastnosti.

#### *Pôdy s prirodzene nižším produkčným potenciálom*

Kambizeme sú zastúpené kambizemou modálnou, lokalita Raková a kambizemou pseudoglejovou, lokalita Istebné. Za sledované obdobie kambizem pseudoglejová vykazuje jednoznačne nestabilnejšie fyzikálne vlastnosti ako kambizem modálna. Objemová hmotnosť kolíše v rozmedzí  $1,64$  až  $1,34 \text{ g.cm}^{-3}$ . U kambizeme modálnej sa pohybuje v rozmedzí  $1,43$  až  $1,46 \text{ g.cm}^{-3}$ . Kým hodnota  $1,64 \text{ g.cm}^{-3}$  predstavuje silné zhutnenie pôdy, hodnota  $1,46 \text{ g.cm}^{-3}$  je mierne nad kritickou hranicou. Celková pórovitosť KMg je tak isto nevyrovnannejšia (38,9 až 49,4 % objemu) ako u KMm (44,4 až 45,6 % objemu). Pôdy majú zvýšenú maximálnu kapilárnu kapacitu. U KMm je to nevýrazné zvýšenie (36,7 % objemu) u KMg je zvýšenie výrazné (38,8 % objemu). Pôdy majú zvýšenú retenčnú kapacitu. Za celé sledované obdobie sú nedostatočne prevzdušené. U týchto pôd sa ukazuje, že nestabilnejším subtypom z hľadiska fyzikálneho stavu pôdy je subtyp pseudoglejový oproti subtypu modálnemu.

Pseudoglej modálny je z lokality Liesek a Žiar nad Hronom, luvizemný je z Jelšavy. Pseudoglej modálny zo Žiaru nad Hronom má trvalo vyhovujúce fyzikálne vlastnosti vo všetkých sledovaných ukazovateľoch. Pôda je trvalo zatravnená. Pseudoglej modálny v Liesku má znaky dlhodobého zhutnenia podľa objemovej hmotnosti ( $1,46 \text{ g.cm}^{-3}$ ), celkovej pórovitosti, ktorá nedosahuje kritickú hranicu 45 % objemu a maximálnej kapilárnej kapacity, ktorá je dlhodobo zvýšená na 38,8 % objemu. Pseudoglej luvizemný v Jelšave nemá také výrazné znaky zhutnenia. Je pozorovať tendenciu k zlepšovaniu sledovaných parametrov. Objemová hmotnosť sa znížila z  $1,51$  na  $1,35$  až po  $1,40 \text{ g.cm}^{-3}$ , teda pod kritickú hranicu. Celková pórovitosť je dlhodobo vyhovujúca. Pôda prešla zo stavu zhutnenia do stavu vyhovujúcich fyzikálnych vlastností podľa objemovej hmotnosti, celkovej pórovitosti a maximálnej kapilárnej kapacity. Celkove majú pseudogleje najnevyrovnannejšie hodnoty minimálnej prevzdušnenosti od veľmi nízkej (4,1 až po vyhovujúcu 13,4 % objemu).

Ranker modálny je z lokality Krompachy. Pôda je zhutnená podľa hodnôt objemovej hmotnosti (1,48 až 1,51 g.cm<sup>-3</sup>), celkovej pórovitosti (42,5 % objemu) a maximálnej kapilárnej kapacity (37,6 % objemu). Je u nej pozorovaná tendencia zhoršovania fyzikálnych vlastností. Pôda je trvalo nedostatočne prevzdušnená. Využíva sa ako pasienok, čo spôsobuje jej zhutňovanie.

Fluvizem modálna z lokality Topoľníky patrí k pôdam prechodným medzi pôdami s vysokým a nižším produkčným potenciálom. Zaznamenal sa u nej posun k zlepšovaniu fyzikálnych vlastností, ktorý sa prejavil v poklese objemovej hmotnosti (z 1,52 na 1,29 g.cm<sup>-3</sup>), náraste celkovej pórovitosti (z 44,4 na 52,8 % objemu) a zvýšení prevzdušnenosti (z 7,8 na 15,9 % objemu).

### ***Ílovito-hlinité pôdy***

Tento pôdny druh je zastúpený pseudoglejom modálnym, lokalita Koš, pseudoglejom luvizemným, lokalita Stakčín a fluvizemou pseudoglejovou, lokalita Nacina Ves. Všetky uvedené pôdne subtypy sú trvalo zhutnené. Ich objemové hmotnosti trvale prekračujú kritickú hodnotu 1,4 g.cm<sup>-3</sup>. Najnevyhovujúcejšiu objemovú hmotnosť podornice má pseudoglej luvizemný (1,48 až 1,53 g.cm<sup>-3</sup>). Pôdy majú trvalo nízku celkovú pórovitosť a minimálnu prevzdušnenosť, ktorá za sledované obdobie nikdy nedosiahla hodnotu 10 % objemu. Relatívne najvyhovujúcejšie fyzikálne vlastnosti má fluvizem pseudoglejová. Tieto vlastnosti však nie sú stabilné a každým rokom sa menia. Objemová hmotnosť kolíše od takmer vyhovujúcej (1,41 g.cm<sup>-3</sup>) až po nevyhovujúcu (1,46 g.cm<sup>-3</sup>). Celková pórovitosť sa pohybuje okolo limitnej hranice (46,6 % objemu) na rozdiel od ostatných dvoch pôdnych typov (45 až 41,1 % objemu).

Ťažké, ílovito hlinité pôdy zastúpené pseudoglejmi majú trvalo nevyhovujúce fyzikálne vlastnosti. Fluvizem pseudoglejová má vyhovujúcejšie vlastnosti a blíži sa k limitným hodnotám. Možno tu pozorovať mierny trend zlepšovania fyzikálnych vlastností.

### **Záver**

Celkove možno konštatovať, že pôdy s prirodzene nižším produkčným potenciálom majú podobné fyzikálne vlastnosti ako pôdy s prirodzene vyšším produkčným potenciálom. Intenzívnym spôsobom obrábania sa u prirodzene produkčnejších pôd znižujú rozdiely vo fyzikálnych vlastnostiach v porovnaní s menej produkčnými pôdami, čo môže mať negatívny vplyv na udržanie výšky produkčného potenciálu prirodzene úrodnejších pôd.

U ťažkých pôdnych druhov sa potvrdil vplyv primárneho zhutnenia na fyzikálne vlastnosti. Výnimku predstavuje fluvizem pseudoglejová, u ktorej z pôdneho typu vyplýva nevyrovnanosť zrnitostného zloženia, čo spôsobuje aj nevyrovnanosť fyzikálnych vlastností.

### **Použitá literatúra**

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



## **B. MONITORING VODNEJ ERÓZIE A JEJ VPLYV NA ZMENY SLEDOVANÝCH PÔDNYCH VLASTNOSTÍ**

### **Úvod**

Degradácia pôdy procesmi vodnej erózie sa v súčasnej dobe zaraďuje k vážnym problémom poľnohospodárstva, pretože aj keď má pôda pomerne veľkú schopnosť odolávať nepriaznivým vplyvom vonkajšieho prostredia, často práve vplyvom erózie môže dôjsť až k zníženiu jej prirodzenej úrodnosti (k negatívnym zmenám úrodnotvorných vlastností). Monitorovanie vplyvu procesov vodnej erózie na pôdu je od roku 1993 (boli založené prvé tri erózne transekty) súčasťou Čiastkového monitorovacieho systému – Pôda. Od roku 2000 sa sledujú a následne vyhodnocujú kvantitatívne zmeny sledovaných pôdnych vlastností v priestore (*priestorová, profilová diferenciácia*) a v čase (*časová dynamika*) na 8 erózných transektoch v rámci poľnohospodárskych pôd Slovenska (Plavé Vozokany, Voderady, Rišňovce, Zacharovce, Bartošovce, Kečovo, Ulič, Smolinské).

### **Cieľ**

Dlhodobým cieľom úlohy je sledovanie kvantitatívnych zmien pôdnych parametrov ako výsledok vplyvu prebiehajúcich eróznno-akumulačných procesov. Monitorovanie sa uskutočňuje na 8 vybraných erózných transektoch, kde (na základe výsledkov aktivity rádioaktívneho izotopu  $^{137}\text{Cs}$ ) v minulosti, ale aj v súčasnej dobe prebiehajú procesy vodnej erózie (majú výrazný vplyv na zmeny pôdnych vlastností). Sledovanie zmien vybraných pôdnych parametrov slúži na upresnenie získaných výsledkov aktivity izotopu  $^{137}\text{Cs}$ .

### **Materiál a metódy**

Na sledovanie intenzity vplyvu vodnej erózie na pôdu za definované časové obdobie (30-35 rokov) sme v minulosti použili metódu stanovenia rádioaktívneho izotopu  $^{137}\text{Cs}$  v pôdnom profile. Na základe tejto analýzy sa potvrdil vplyv vodnej erózie na pôdu vo všetkých monitorovaných transektoch. Spomínaná metóda je založená na distribúcii  $^{137}\text{Cs}$  v pôdnom profile, kde je pomerne homogénne zastúpený na orných pôdach v ornici, a na TTP do hĺbky 5-10 cm. So zvyšujúcou hĺbkou jeho koncentrácia výrazne klesá. Samozrejme táto schéma platí pre pôdy, ktoré nie sú intenzívne ovplyvňované procesmi vodnej erózie. V pôde je  $^{137}\text{Cs}$  pomerne stabilný, pretože sa pevne viaže na koloidné zložky pôdy (nevyplavuje sa) a jeho polčas rozpadu je približne 30 rokov. Jeho výraznejší úbytok resp. nárast je teda spôsobený len v prípade erózneho odnosu pôdnej hmoty a jej následnej akumulácii (Linkeš, Lehotský, Stankoviansky, 1992, Fulajtár, Janský, 2001). Analýzy na  $^{137}\text{Cs}$  boli urobené vo Výskumnom ústave jadrovej energie v Trnave.

V tomto roku sme sledovali kvantitatívne zmeny týchto parametrov: zrnitosť zloženie, fyzikálne vlastnosti, pH/KCl a obsah humusu). Analýzy sledovaných pôdnych 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).

Vplyv eróznno-akumulačných procesov na pôdu sme v tomto roku monitorovali na erózných transektoch vo Voderadoch, Smolinskom, Plavých Vozokanoch a Zacharovciach. Na každom z nich sú umiestnené tri pedologické sondy, ktoré boli lokalizované na vrchole svahu (sonda predstavuje vrcholovo eluviálnu časť - neerodované alebo mierne erodované pôdy), na svahu v eróznej časti transektu (erodované pôdy) a v spodnej (akumulačnej) časti transektu (akumulované pôdy). Odbery pôdných vzoriek sa uskutočňujú v hĺbkových intervaloch po 5 cm až do hĺbky 45 cm. Z ornice, ktorá je orbou pravidelne premiešaná, odoberáme pôdnu vzorku iba z hĺbky 0-10 cm.

## Dosiahnuté výsledky

Na základe výsledkov analýz aktivity izotopu  $^{137}\text{Cs}$  môžeme konštatovať, že vodná erózia prebiehala a v súčasnej dobe prebieha na všetkých sledovaných erózných transektoch avšak jej intenzita je rôzna (v závislosti od reliéfu, pestovanej plodiny, intenzity zrážok, spôsobu obhospodarovania atď.).

### Voderady

Mierne členitý reliéf tejto časti pahorkatiny Podunajskej nížiny je charakteristický výskytom stredne ťažkých pôd vyvinutých väčšinou na spraši. Transekt bol vybraný na ornej pôde so svahovitosťou 6-12°. Jeho vrcholová a erózna časť je charakteristická černozemou modálnou kultizemnou. V akumuláčnej časti sa nachádza černozem čiernicová kultizemná.

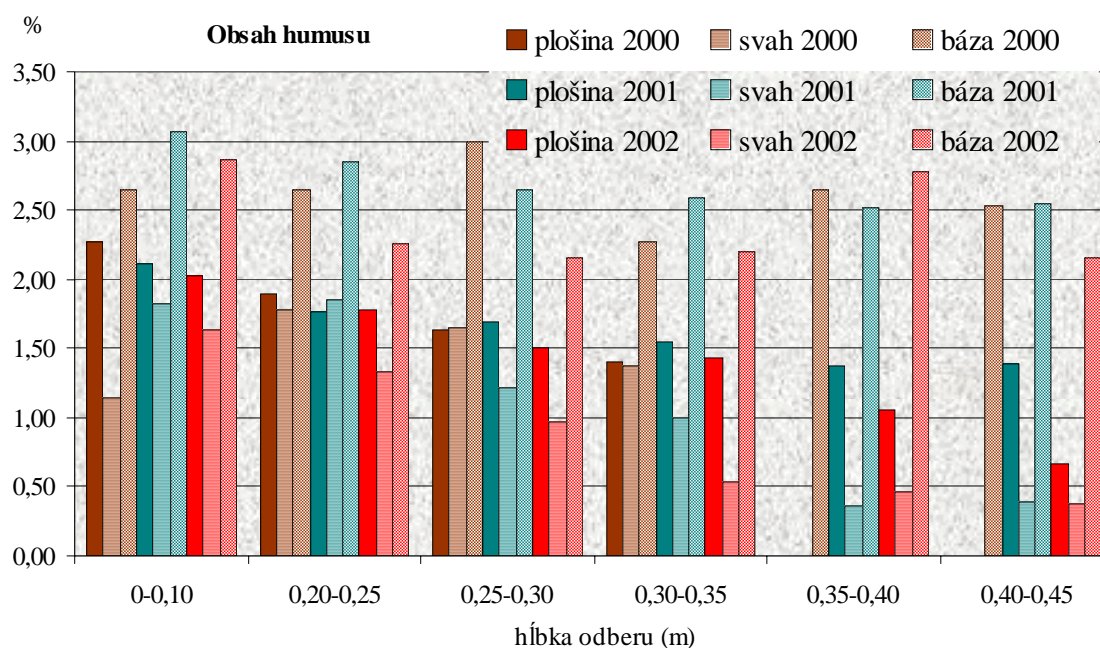
Rádioaktívny izotop  $^{137}\text{Cs}$  bol v minulosti identifikovaný vo všetkých častiach transektu do hĺbky 35 cm, avšak v eróznej časti boli jeho namerané hodnoty evidentne nižšie. V akumuláčnom úseku (báza) sa v hĺbke 35 cm nachádzajú niekoľkonásobne vyššie koncentrácie cézia čo svedčí o akumulácii pôdnej hmoty pretransportovanej vplyvom prebiehajúcich erózných procesov (tab. 1).

**Tab. 1** Namerané koncentrácie  $^{137}\text{Cs}$  v jednotlivých častiach transektu

Transekt	$^{137}\text{Cs}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> )				
	0-20 cm	20-25 cm	25-30 cm	30-35 cm	35-40 cm
Voderady - plošina	9,0	7,5	5,1	2,7	0,6
Voderady - svah	6,6	6,0	2,5	1,4	0,6
Voderady - báza	8,5	10,5	8,9	6,9	6,4

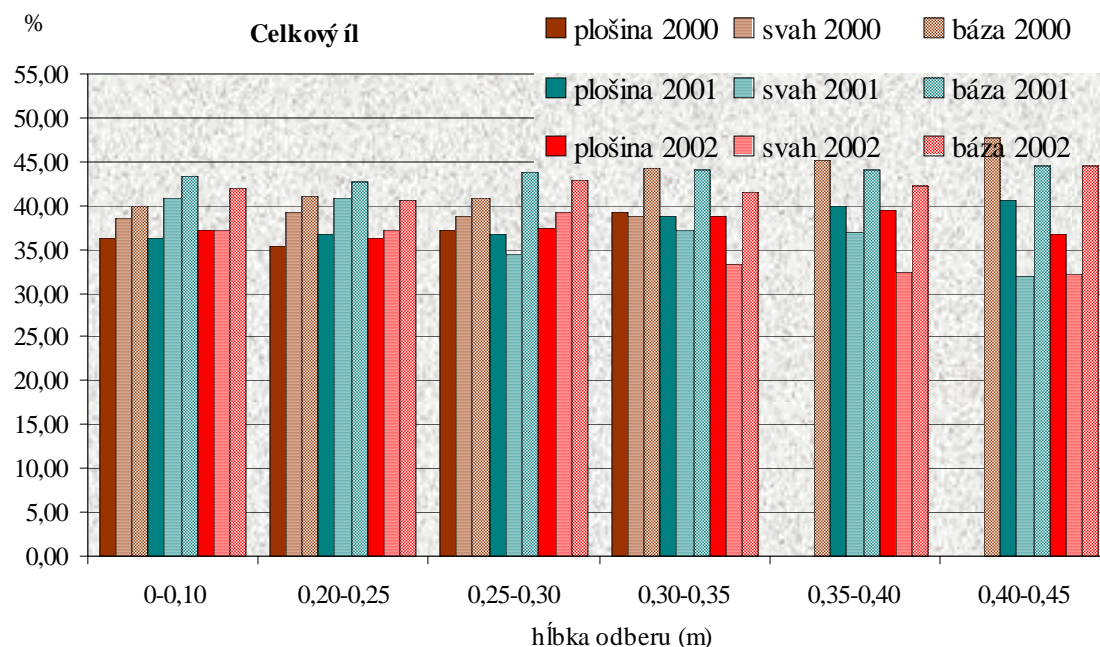
Vplyv procesov vodnej erózie na pôdu sa prejavuje predovšetkým pri priestorovej diferenciácii humusu (v rámci transektu) ako aj v rámci pôdneho profilu (obr. 1). Najvyššie obsahy humusu sme namerali v spodnej časti svahu (báza), kde ešte aj v hĺbke 45 cm prekračujú hodnotu 2%. Naopak na svahu (erózna časť) sú hodnoty najnižšie a s rastúcou hĺbkou výrazne klesajú (v hĺbke 35 cm sú sotva merateľné). Prejavuje sa tu značný vplyv vodnej erózie na odnos humusových látok z tejto časti svahu a ich následnú akumuláciu v spodnej (akumulačnej) časti transektu. Časová dynamika (zmeny obsahu humusu v jednotlivých častiach transektu za určité časové obdobie) obsahu humusu za obdobie 2000 - 2002 sa výrazne neprejavila (krátky časový úsek) a zmeny sú len nepatrné.

Obr. 1



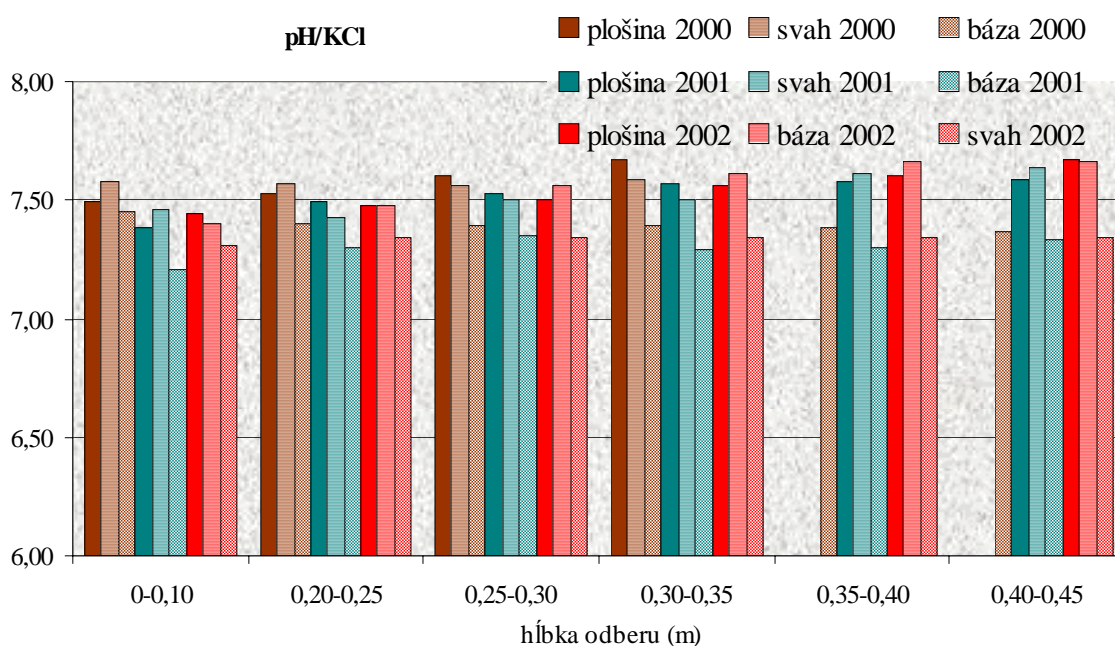
Percentuálne zastúpenie ílových častíc (obr. 2) sa postupne zvyšuje smerom od vrcholovej časti transektu k jeho akumuláčnej časti. V podornici (od hĺbky 30 cm) dochádza k poklesu obsahu celkového ílu v eróznej časti transektu pričom sa tu zvyšuje zastúpenie prachových a pieskových častíc, naopak v báze svahu sa obsah celkového ílu zvyšuje.

Obr. 2



Hodnoty pôdnej reakcie sa vo všetkých bodoch skúmaného územia pohybujú nad pH sedem pričom zmeny sú od vrcholu k spodnej časti svahu nepatrné (obr. 3) nakoľko pôda vznikla na karbonátovej spraši a aj pri odnose pôdnej hmoty v eróznej časti transektu sa na povrch dostáva karbonátové podložie.

Obr. 3



Fyzikálne vlastnosti (objemová hmotnosť, pórovitosť) ornice pôdy nachádzajúcej sa na transekte vytvárajú pre väčšinu poľnohospodárskych plodín optimálne podmienky vodného, vzdušného a teplotného režimu. Sú podobné na celom sledovanom úseku, mierne zvýšená objemová hmotnosť bola nameraná v podornici akumuláčnej časti transektu (báza) čo môže byť spôsobené zvýšeným podielom ílových častíc v tejto časti (tab. 2).

Tab. 2 Zmeny základných fyzikálnych vlastností v jednotlivých častiach transektu

	Hĺbka cm	Objemová hmotnosť g.cm <sup>-3</sup>			PO obj. %		
		2000	2001	2002	2000	2001	2002
Voderady (plošina)	0-10	1,26	1,33	1,40	52,73	49,80	47,16
	30-35	1,30	1,38	1,28	53,71	49,95	52,01
Voderady (svah)	0-10	1,17	1,22	1,24	57,32	54,30	54,07
	30-35	1,33	1,28	1,23	49,09	53,77	54,60
Voderady (báza)	0-10	1,35	1,30	1,30	48,57	49,17	52,40
	30-35	1,48	1,45	1,48	44,62	44,72	45,01

PO - celková pórovitosť

### Zacharovce

Transekt je situovaný na svahu so sklonom 8-14° v mierne členitom reliéfe Rimavskosobotskej pahorkatiny. Vo vybranej lokalite sa vyskytujú prevažne ťažké (ílovito-hlinité pôdy). Na transekte sa nachádza hnedozem kultizemná pseudoglejová.

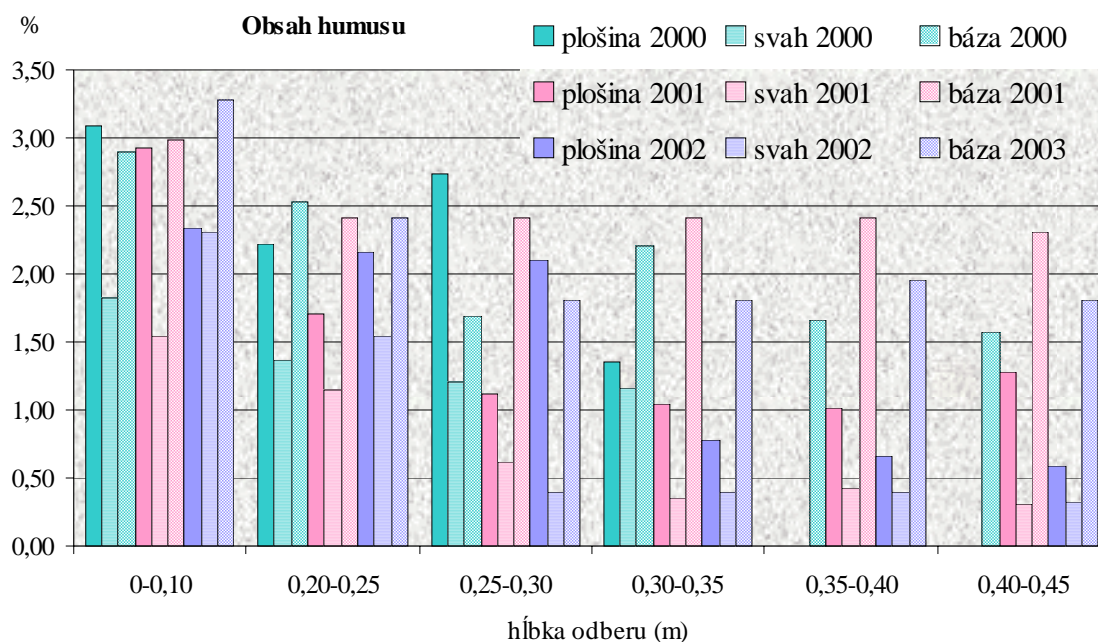
Najvyššie koncentrácie rádioaktívneho izotopu <sup>137</sup>Cs boli namerané v akumuláčnej časti svahu v hĺbke 30 cm čo môže byť spôsobené prítomnosťou eróznno-akumulačných procesov (tab. 3).

**Tab. 3** Namerané koncentrácie  $^{137}\text{Cs}$  v jednotlivých častiach transektu

Transekt	$^{137}\text{Cs}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> )				
	0-20 cm	20-25 cm	25-30 cm	30-35 cm	35-40 cm
Zacharovce - plošina		11,4	7,1	3,1	
Zacharovce - svah		15,8	14,7	0,9	0,3
Zacharovce - báza		15,9	16,7	1,7	0,2

Vplyv eróznno-akumulačných procesov na pôdu potvrdzuje aj výrazná priestorová diferenciácia obsahov humusu v jednotlivých častiach transektu. V eróznej časti sledovaného úseku (najintenzívnejší vplyv vodnej erózie) sú obsahy humusu skutočne najnižšie v celej hĺbke sledovaného profilu (obr. 4). V spodnej časti svahu (báza) sa prejavuje akumulčný vplyv vodnej erózie nakoľko obsahy humusu sú tu v jednotlivých hĺbkach sledovaného profilu najvyššie (v hĺbke 40 cm je obsah humusu takmer 2%). Časová dynamika zmien (roky 2000 – 2002) sa prejavila len vo vrcholovej časti svahu kde obsahy humusu vo vrstve 0 – 10 cm poklesli takmer o jedno percento. Keďže vrcholová časť nie je pod výrazným eróznym vplyvom, je to pravdepodobne spôsobené nedostatočným prísunom kvalitnej organickej hmoty do pôdy.

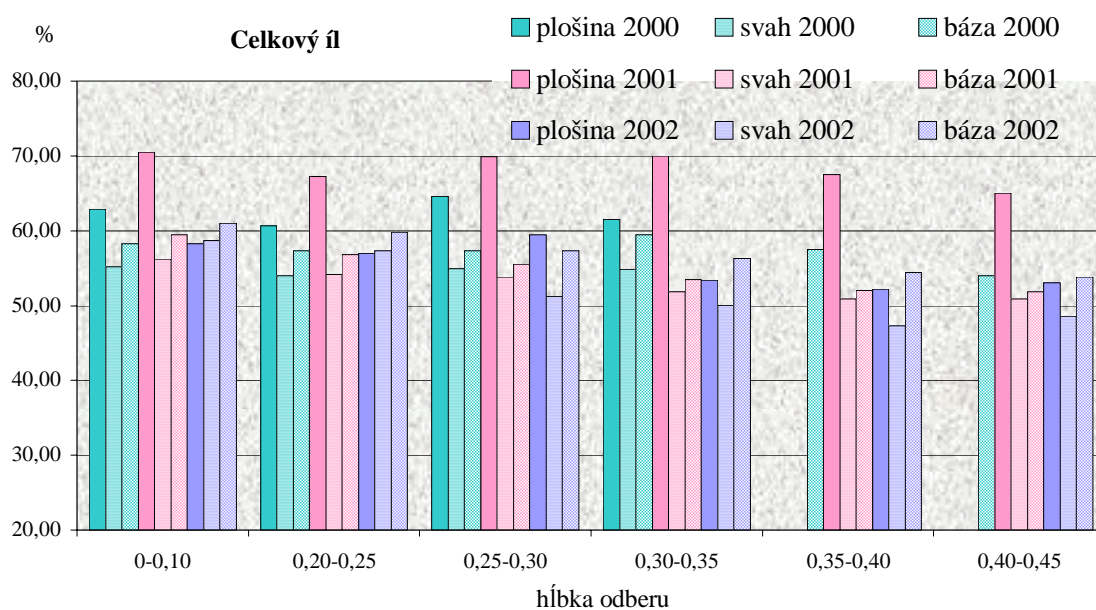
**Obr. 4**



Obsahom celkového ílu v pôdnom profile sa pôdy transektu zaraďujú do skupiny ťažkých pôd. Vodná erózia veľmi ovplyvňuje jeho priestorovú diferenciáciu, pretože obsahy ílu sú približne na rovnakej úrovni vo všetkých bodoch transektu (obr. 5).

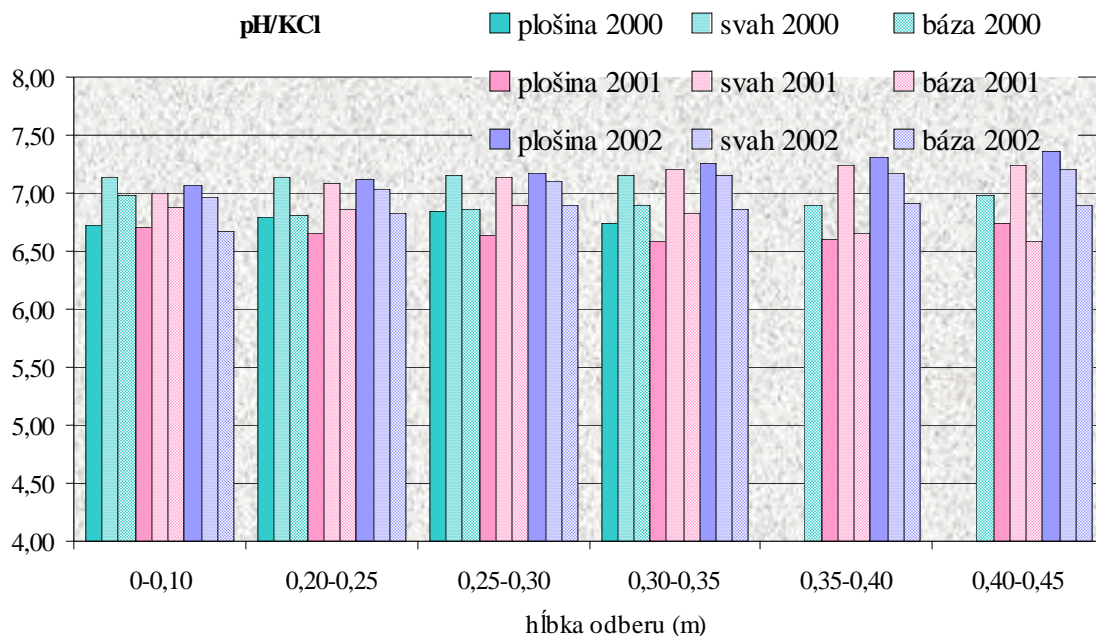


Obr. 5



Hodnoty pôdnej reakcie sa na celom sledovanom úseku pohybujú okolo pH 7, k výraznejším zmenám nedochádza ani v rámci pôdneho profilu. Časovú dynamiku zmien hodnôt pôdnej reakcie sme v rámci transektu nepozorovali.

Obr. 6



Na základe nameraných hodnôt celkovej pórovitosti môžeme ornici označiť za kypnú a podornicu za mierne utlačenú na celom sledovanom úseku. Objemová hmotnosť ornice je nižšia ako v podornici (tab. 4). Vplyv vodnej erózie na zmeny základných fyzikálnych vlastností v priestore a čase je na sledovanom úseku nevýrazný.

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

	Hĺbka cm	Objemová hmotnosť g.cm <sup>-3</sup>			PO obj. %		
		2000	2001	2002	2000	2001	2002
Zacharovce (plošina)	0-10	1,08	1,10	1,31	59,91	59,70	51,70
	30-35	1,50	1,45	1,38	45,40	46,70	49,10
Zacharovce (svah)	0-10	1,08	1,12	1,19	60,25	59,30	56,75
	30-35	1,31	1,35	1,36	52,50	51,30	50,40
Zacharovce (báza)	0-10	1,09	1,10	1,15	59,50	60,44	56,90
	30-35	1,46	1,45	1,45	45,96	46,15	46,40

PO - celková pórovitosť

### Plavé Vozokany

Lokalita s eróznym transektom sa nachádza v členitom reliéfe charakteristickom pre Podunajskú pahorkatinu. V sledovanej oblasti sa vyskytujú stredne ťažké pôdy predovšetkým hnedozemného typu. Transekt je umiestnený na ornej pôde so svahovitosťou 8-14°. Vo vrcholovej a svahovej časti transektu sa nachádza hnedozem modálna kultizemná. Spodná (akumulačná) časť transektu je charakteristická výskytom hnedozeme pseudoglejovej kultizemnej.

Prítomnosť izotopu <sup>137</sup>Cs v pôde spodnej časti svahu bola identifikovaná až do hĺbky 35 cm pričom jeho najvyššia koncentrácia je do hĺbky 20 cm. V eróznej časti svahu sú jeho koncentrácie od hĺbky 25 cm prakticky na hranici merateľnosti. Je to spôsobené tým, že v spomínanej časti svahu dochádza k odnosu pôdnej hmoty a jej následnej akumulácii v spodnej časti transektu.

**Tab. 5** Namerané koncentrácie <sup>137</sup>Cs v jednotlivých častiach transektu

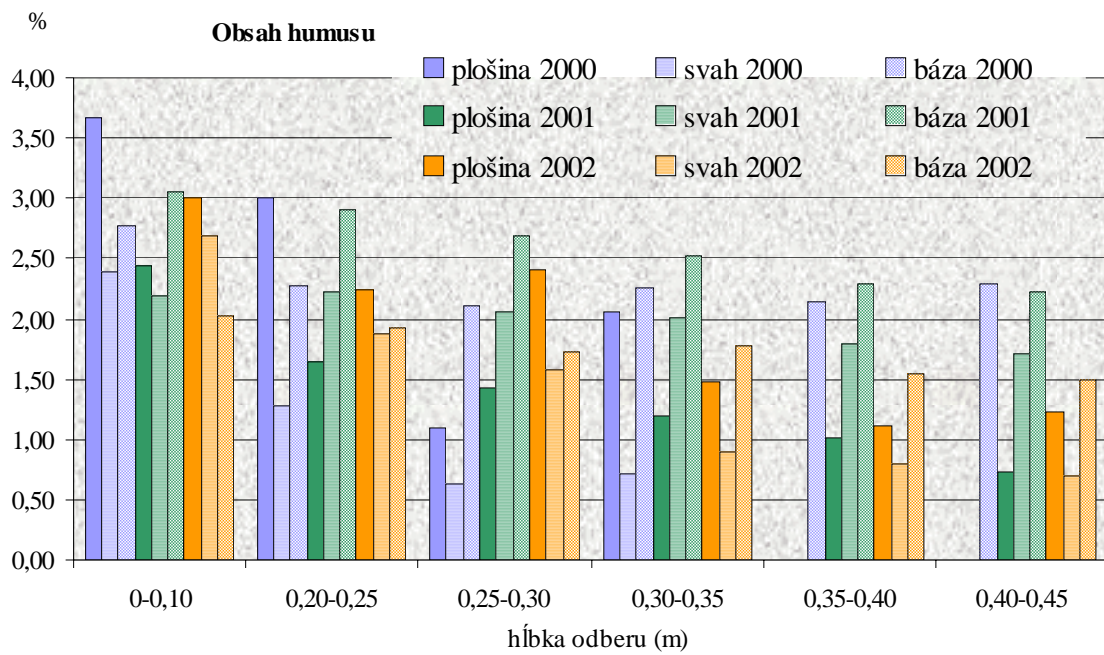
Transekt	<sup>137</sup> Cs (Bq.kg <sup>-1</sup> )				
	0-20 cm	20-25 cm	25-30 cm	30-35 cm	35-40 cm
Plavé Vozokany - plošina	10,4	8,1	5,1	0,7	0,3
Plavé Vozokany - svah	6,5	0,7	0,4	0,4	0,4
Plavé Vozokany - báza	7,8	8,5	5,6	6,8	0,5

V roku 2002 sme najvyšší obsah humusu v hĺbke do 10 cm namerali vo vrcholovej časti svahu a smerom k spodnej časti transektu jeho obsah klesal (obr. 7). Trochu iný priebeh má obsah humus v podornici, kde v akumulačnej časti svahu sú jeho hodnoty vyššie ako v eróznej a vrcholovej časti transektu, čo môže byť spôsobené akumuláciou pôdnej hmoty v tomto mieste. Oproti roku 2000 dochádza k miernemu úbytku humusu v orničnom horizonte vrcholovej a spodnej časti svahu. Je to pravdepodobne výsledok intenzívneho obrábania pôdy bez dostatočného prísunu kvalitnej organickej hmoty výsledkom čoho je mineralizácia humusových látok (Kubát et al., 1999).

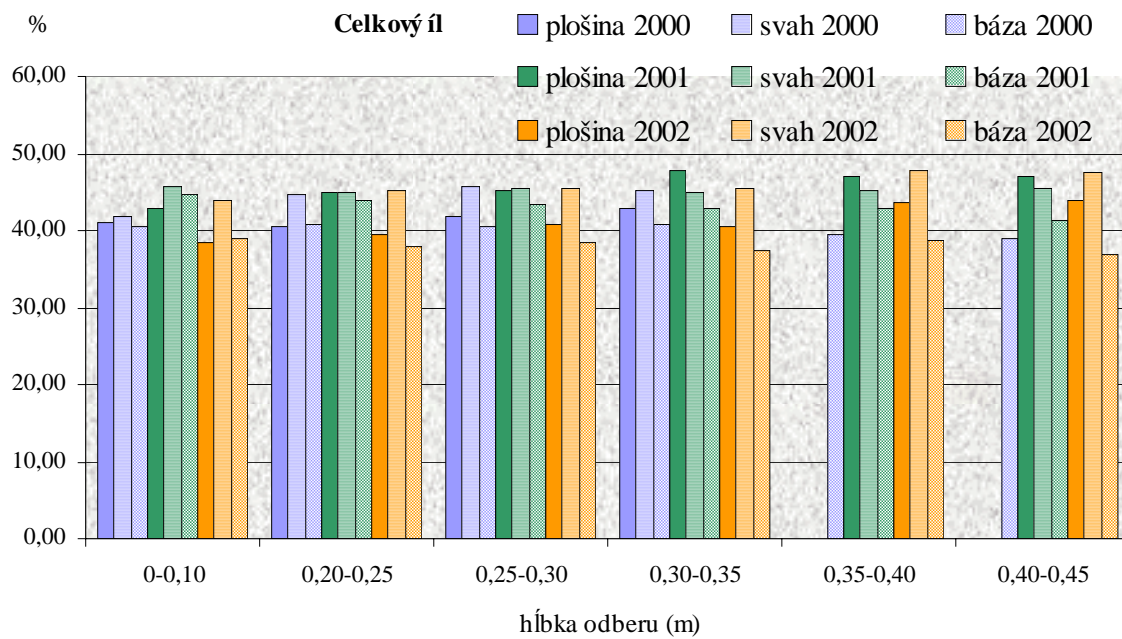
Z obrázku 8 vidíme, že percentuálne zastúpenie frakcie celkového ílu sa výrazne nemení v rámci celého transektu, ale ani v rámci jednotlivých profilov. Vplyv času (roky 2000 – 2002) je tu tak isto zanedbateľný.

Zmeny hodnôt pôdnej reakcie v rámci celého transektu (vo vrcholovej a eróznej časti svahu sú pomerne nízke, v spodnej časti sú hodnoty pH okolo 7) sú pravdepodobne zapríčinené veľkými vzdialenosťami medzi jednotlivými odberovými miestami a tým aj značnou heterogenitou pôdotvorných substrátov (obr. 9). Časová dynamika zmien pH vzhľadom na krátky časový úsek je nevýrazná.

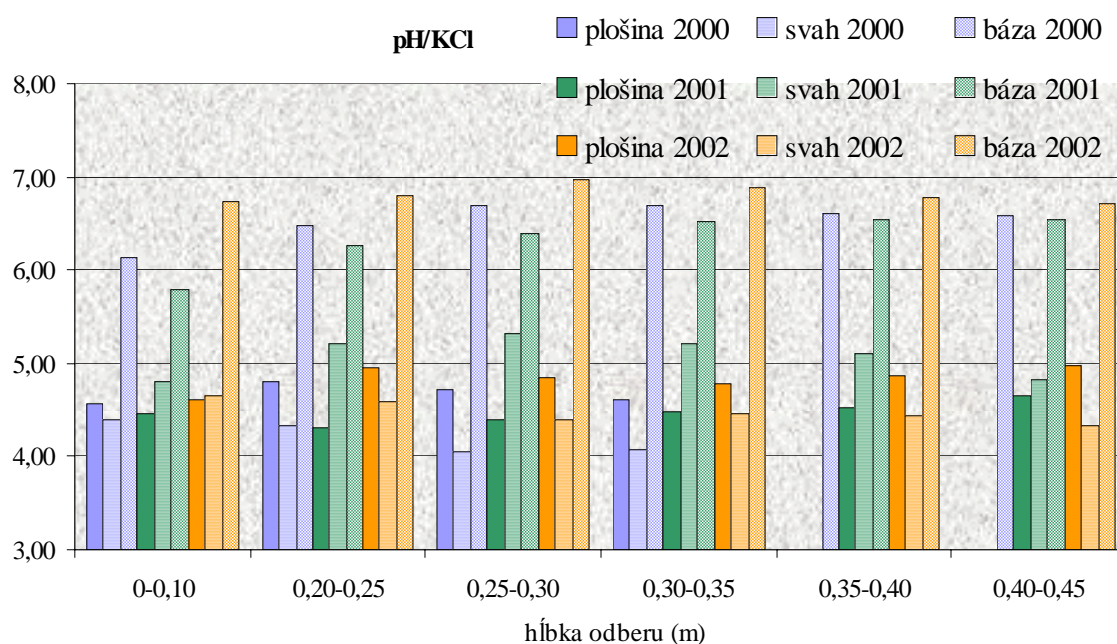
**Obr. 7**



**Obr. 8**



Obr. 9



Objemová hmotnosť ornice sa pohybuje okolo hodnoty  $1,30 \text{ g.cm}^{-3}$  čo vytvára pre väčšinu poľnohospodárskych plodín optimálne podmienky vodného, vzdušného a teplotného režimu. Fyzikálne vlastnosti (objemová hmotnosť a pórovitosť) sa v jednotlivých bodoch transektu výrazne nemenia v priestore ani v čase (tab. 6).

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

	Hĺbka cm	Objemová hmotnosť $\text{g.cm}^{-3}$			PO obj. %		
		2000	2001	2002	2000	2001	2002
Plavé Vozokany (plošina)	0-10	1,34	1,30	1,32	54,74	52,90	52,50
	30-35	1,47	1,45	1,50	50,57	47,80	45,00
Plavé Vozokany (svah)	0-10	1,50	1,45	1,30	46,25	48,60	50,40
	30-35	1,47	1,50	1,49	48,32	46,75	45,20
Plavé Vozokany (báza)	0-10	1,38	1,37	1,33	53,10	50,52	52,90
	30-35	1,46	1,43	1,50	50,23	48,53	43,80

PO - celková pórovitosť

### Smolinské

Chvojnická pahorkatina (proluviálno-eolická nížinná pahorkatina), je charakteristická výskytom typických viatych pieskov na ktorých vznikali pôdy hnedozemného a regozemného typu. Transekt sa nachádza v jej východnej časti. Na celom sledovanom úseku sa nachádza stredne ťažká (hlinitá) hnedozem modálna kultizemná.

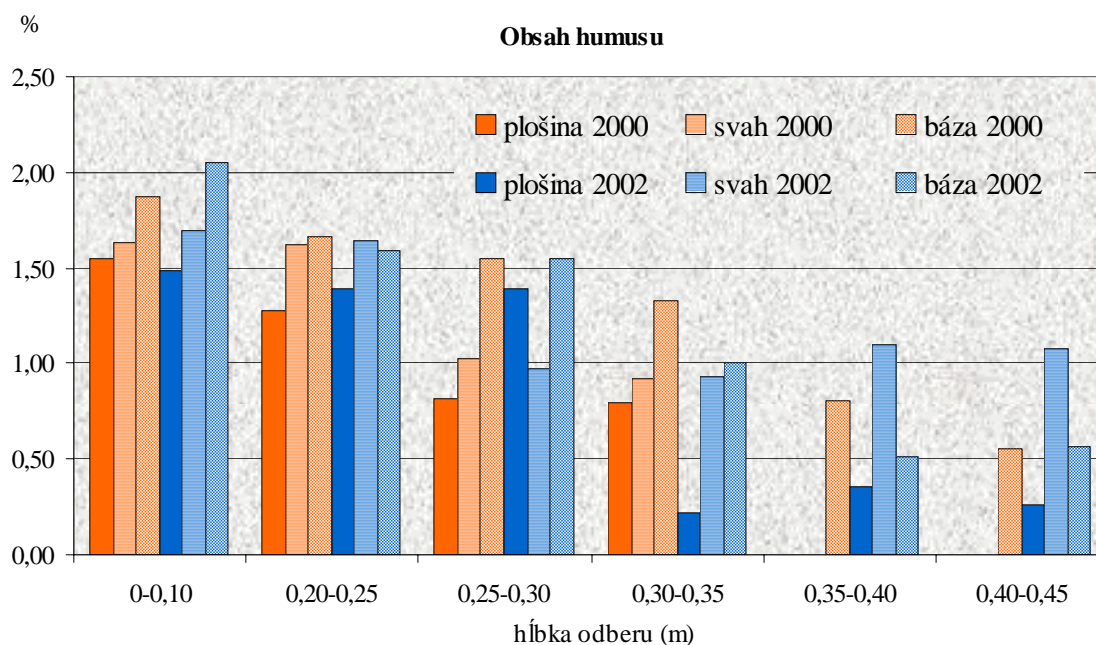
Na základe vyhodnotenia výsledkov analýz rádioaktívneho izotopu  $^{137}\text{Cs}$  v pôde transektu môžeme konštatovať, že vplyvu erózne – akumulčných procesov je vystavená už aj vrcholová časť transektu, kde jeho hodnoty v podornici sú prakticky na hranici merateľnosti, pokiaľ v eróznej a akumuláčnej časti sa pohybujú okolo hodnoty  $7 \text{ Bq.kg}^{-1}$  (tab. 7). Časť transektu nachádzajúca sa na svahu by sa mala nazývať akumuláčno-erózna, lebo tu prevládajú akumulčné procesy nad procesmi eróznymi.

**Tab. 7** Namerané koncentrácie  $^{137}\text{Cs}$  v jednotlivých častiach transektu

Transekt	$^{137}\text{Cs}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> )				
	0-20 cm	20-25 cm	25-30 cm	30-35 cm	35-40 cm
Smolinské - plošina		4,8		0,2	
Smolinské - svah		7,3		7,5	
Smolinské - báza		7,1	6,8	7,0	

Uvedenú skutočnosť potvrdzujú aj výsledky analýz obsahu humusu v pôde transektu. Najnižší obsah v hĺbke 0 – 10 cm bol nameraný vo vrcholovej časti a smerom k báze svahu jeho percentuálne zastúpenie v pôde rastie. V podornici (30 – 35 cm) strednej a spodnej časti svahu je jeho obsah (vzhľadom k pôdnemu typu) pomerne vysoký, naopak v hornej časti je prakticky nemerateľný. Časová dynamika zmien obsahu humusu za obdobie 2000, 2002 sa v pôde na transekte v Smolinskom neprejavila.

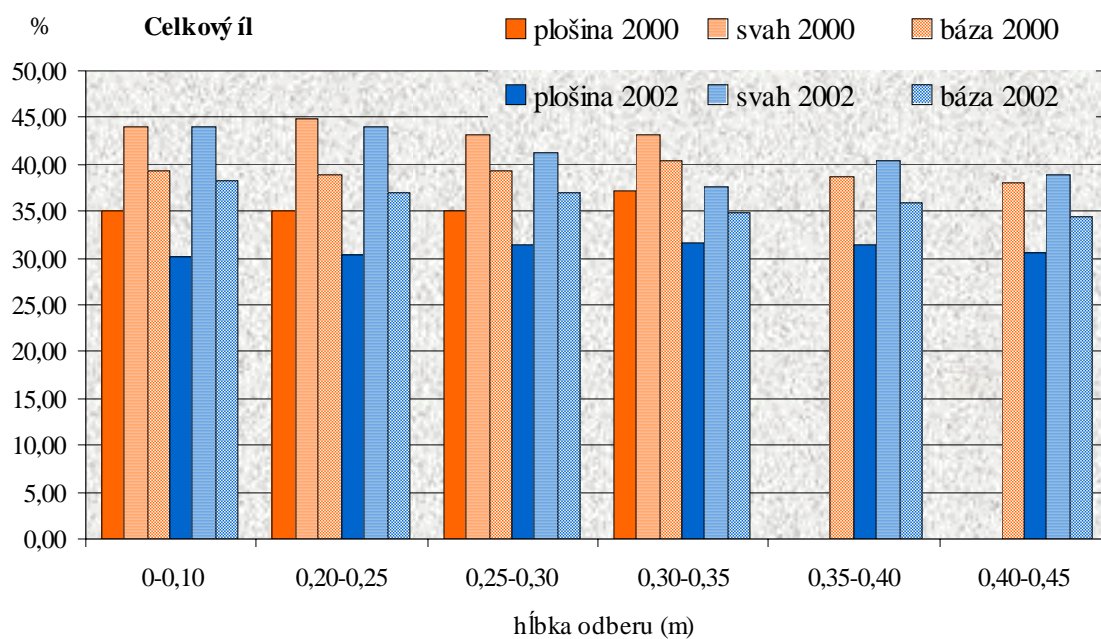
**Obr. 10**



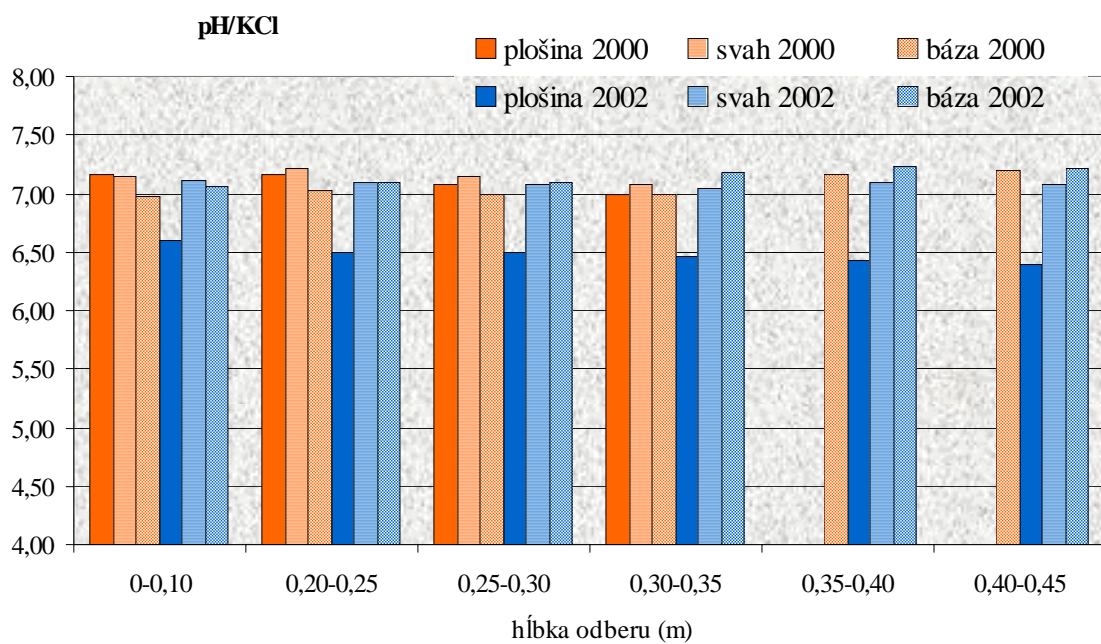
Vyšší obsah celkového ílu bol zaznamenaný v strednej a akumuláčnej časti transektu (obr. 11). Neboli pozorované výrazné zmeny v rámci jednotlivých pôdnych profilov, teda profilová diferenciácia je minimálna. Vplyv časového faktora na priestorovú diferenciáciu ílových častíc je nevýznamný. Pôdna reakcia sa na transekte prakticky nemení (obr. 12) a k zmenám nedochádza ani v rámci jednotlivých pôdnych profilov (pH pôdy sa väčšinou pohybuje okolo hodnoty 7).

Podobne ako v ostatných sledovaných transektoch ani tu sa výrazne neprejavil vplyv erózo-akumulačných procesov na zmeny základných fyzikálnych vlastností. Vo všetkých častiach transektu má ornica podobnú objemovú hmotnosť aj celkovú pórovitosť (tab. 8).

Obr. 11



Obr. 12



Tab. 8 Zmeny základných fyzikálnych vlastností v jednotlivých častiach transektu

	Hĺbka cm	Objemová hmotnosť g.cm <sup>-3</sup>		PO obj. %	
		2000	2001	2000	2001
Smolinské (plošina)	0-10	1,27	1,39	52,72	45,40
	30-35	1,48	1,55	45,13	42,10
Smolinské (svah)	0-10	1,26	1,35	53,83	50,24
	30-35	1,55	1,50	42,93	45,20
Smolinské (báza)	0-10	1,30	1,36	51,55	50,11
	30-35	1,61	1,52	40,30	44,02

PO - celková pórovitosť

## Záver

Vplyv eróznno-akumulačných procesov vodnej erózie na zmeny vybraných pôdnych parametrov (obsah humusu, zrnitostné zloženie, pH/KCl, fyzikálne vlastnosti) sme v odberovom roku 2002 sledovali na štyroch erózných transektoch (Voderady, Zacharovce, Plavé Vozokany, Smolinské). Snažili sme sa zaznamenať ich zmeny v priestore (priestorová, profilová diferenciácia), ako aj v čase (časová dynamika za obdobie rokov 2000-2002). Monitorovanie sledovaných pôdnych vlastností slúži na upresnenie výsledkov analýz rádioaktívneho izotopu  $^{137}\text{Cs}$  (analýzou  $^{137}\text{Cs}$  sa dá určiť intenzita priebehu vodnej erózie za obdobie 30 – 35 rokov). Výsledky na cézium potvrdili prítomnosť vodnej erózie na všetkých sledovaných lokalitách avšak jej intenzita je rôzna (v závislosti od reliéfu, intenzity zrážok, spôsobu obhospodarovania, pestovanej plodiny atď.).

Dobrym indikátorom vplyvu procesov vodnej erózie na pôdu sa ukazuje obsah humusu, nakoľko humus je v pôde pomerne stály faktor. Výrazné kvantitatívne zmeny humusu v priestore (priestorová a profilová diferenciácia) boli pozorované na transektoch vo Voderadoch a Zacharovciach. Jeho najnižšie koncentrácie sme namerali v eróznej časti svahov, pokým v spodnej (akumulačnej) časti boli najvyššie. V tejto časti sme zaznamenali pomerne vysoké hodnoty humusu aj v podornici. Prejavuje sa tu evidentný vplyv eróznno – akumulačných procesov vodnej erózie. Na transekte v Plavých Vozokanoch vplyv vodnej erózie nie je až taký viditeľný, ale vyššie obsahy humusu v podornici akumulačnej časti svahu (báza) ako v eróznej a vrcholovej časti predsa len potvrdzujú prítomnosť erózných procesov. Zaujímavý je transekt v Smolinskom kde na základe analýz  $^{137}\text{Cs}$  vidíme, že eróziou je ovplyvnená už aj vrcholová časť svahu (najnižšie koncentrácie cézia v ornici aj v podornici). Potvrdili nám to aj obsahy humusu, ktoré sú na plošine nižšie ako v strednej a spodnej časti svahu, a s hĺbkou pôdy výrazne klesajú (v podornici sú sotva merateľné). Mierne zníženie obsahu humusu v ornici za obdobie 2000-2002 (časová dynamika) bolo pozorované vo vrcholových častiach transektov v Zacharovciach a Plavých Vozokanoch. Viac ako vodnou eróziou je to pravdepodobne ovplyvnené nedostatočným prísunom organickej hmoty do pôdy, kedy na intenzívne obhospodarovovaných pôdach dochádza k zníženiu obsahu humusu dôsledkom mineralizácie organickej hmoty.

Pôdna reakcia sa menila len v rámci transektu vo Voderadoch, kde v akumulačnej časti sú jej hodnoty vyššie ako v eróznej a vrcholovej. Transekt je charakteristický značnou heterogenitou pôdotvorných substrátov a vplyvom erózných procesov sa môže v týchto častiach dostávať na povrch kyslejšie podložie.

Možný vplyv vodnej erózie na zmeny obsahov celkového ílu v priestore sme pozorovali na transekte vo Voderadoch kde zastúpenie ílových častíc v ornici a podornici sa zvyšuje smerom k akumulačnej časti svahu. V eróznej časti transektu sú obsahy ílu nižšie a z hĺbkou pôdy klesajú (profilová diferenciácia). Na transekte v Smolinskom sme zistili najnižšie zastúpenie ílových častíc vo vrcholovej časti a smerom nadol ich obsah stúpa. Znovu sa nám potvrdilo, že vodnou eróziou je ovplyvnená už aj vrcholová časť tohto transektu. Zmeny obsahov celkového ílu v Zacharovciach a Plavých Vozokanoch v jednotlivých bodoch transektov nie sú významné.

Zmeny objemovej hmotnosti pôdy možným vplyvom erózných procesov boli viditeľné len na transekte vo Voderadoch kde v spodnej (akumulačnej) sú jej hodnoty vyššie ako v ostatných častiach transektu. Je to spôsobené akumuláciou ílových častíc v báze svahu. V ostatných sledovaných transektoch boli zmeny objemovej hmotnosti nevýrazné.

## Použitá literatúra

- Fulajtár, E., Janský, L.: Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana, VÚPOP, Bratislava, 2001, 310 s.
- Kubát, J., Nováková, J., Mikanová O., Apfelthaler, R.: Organic carbon cycle, incidence of mikroorganisms and respiration activity in long-term field experiment. Rostl.Výr., vol. 45, 1999, č.9, str. 389-395.
- Linkeš, V.,Lehotský, M., Stankoviánsky, M: Príspevok k poznaniu vývoja vodnej erózie pôd na pahorkatinách Podunajskej nížiny s využitím <sup>137</sup>Cs. Vedecké práce VÚPU. Bratislava: VÚPOP, 1992, č. 17





## **SUBSYSTÉM**

### **PLOŠNÝ PRIESKUM KONTAMINÁCIE POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD**

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

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



## PLOŠNÝ PRIESKUM KONTAMINÁCIE PÔD ROK 2002 (stav k 15. 11. 2002)

Rok 2002 je druhým rokom III. Cyklu „Plošného prieskumu kontaminácie pôd“ podsystem ČMS-pôda. Tak ako v I. a II. cykle je prepojený so systémom ASP a to tým, že využíva jeho organizovaný odber pôdnych vzoriek. Predmetom plnenia úlohy je naďalej sledovanie obsahu kontaminujúcich látok v pôdach vo vybraných katastrálnych územiach. Výbery budú uskutočňované pre roky 2001 – 2005 na základe doteraz zistených zvýšených obsahov kontaminujúcich látok, ktoré boli preukázané analýzami v rámci I. a II. cyklu PPKP, kde aspoň jeden zo sledovaných parametrov prekročoval limitnú hodnotu. 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 doplnujúce parametre podľa požiadaviek koordinačného centra.

Predkladaná ročná správa a výsledky reprezentujú stav vykonaných prác k 15. 11. 2002. Celkovo sa za obdobie od 15. 11. 2001 do 15. 11. 2002 analyzovalo **1930 pôdnych vzoriek** v rámci PPKP r. 2001 a r. 2002 s **počtom analýz 25412**. Doplnili sa počty analýz na organické parametre k počtu vzoriek uvedených v správe v r. 2001 v rámci PPKP 2001.

Analyzovali sa ešte pôdne vzorky na obsahy PCB a chlórovaných uhl'ovodíkov. Celkovo sa analyzovalo **260 vzoriek na PCB**, čím sa vykonalo 2080 analýz pri sledovaní 8 parametrov a **40 vzoriek na chlórované uhl'ovodíky**, čím sa vykonalo 480 analýz pri stanovení 12 parametrov. **Obsahy všetkých vzoriek sú pod limitom detekcie.**

V nasledujúcej tabuľke 1 sú uvedené okresy, v ktorých sa sledovalo zaťaženie pôd na uvedené kontaminanty:

**Tab. 1.** Rozsah a parametrizácia zaťaženia pôd

Agis	Názov okresu	Počet analyzov. vzoriek	Stanovovaný parameter
<b>PPKP 1999</b>			
610	Veľký Krtíš	62	PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180, Σ PCB DDE, Σ DDT, Σ DDD, α-HCH, β-HCH, γ-HCH, HCB, Heptachlór, Endrín, Dieldrín, Endosulfan, Σ CLRH
702	Humenné	37	PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180, Σ PCB
303	Myjava	23	DDE, Σ DDT, Σ DDD, α-HCH, β-HCH, γ-HCH, HCB, Heptachlór, Endrín, Dieldrín, Endosulfan, Σ CLRH
704	Levoča	8	DDE, Σ DDT, Σ DDD, α-HCH, β-HCH, γ-HCH, HCB, Heptachlór, Endrín, Dieldrín, Endosulfan, Σ CLRH
801	Gelnica	9	DDE, Σ DDT, Σ DDD, α-HCH, β-HCH, γ-HCH, HCB, Heptachlór, Endrín, Dieldrín, Endosulfan, Σ CLRH
810	Spišská Nová Ves	16	DDE, Σ DDT, Σ DDD, α-HCH, β-HCH, γ-HCH, HCB, Heptachlór, Endrín, Dieldrín, Endosulfan, Σ CLRH
811	Trebišov	7	DDE, Σ DDT, Σ DDD, α-HCH, β-HCH, γ-HCH, HCB, Heptachlór, Endrín, Dieldrín, Endosulfan, Σ CLRH

**PPKP 2000**

304	Nové Mesto nad Váhom	17	PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180, Σ PCB
508	Ružomberok	15	PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180, Σ PCB
510	Tvrdošín	14	PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180, Σ PCB
610	Veľký Krtíš	49	PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180, Σ PCB
703	Kežmarok	19	PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180, Σ PCB
807	Michalovce	47	PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180, Σ PCB

Analyzované pôdne vzorky reprezentujú plochu **59138 ha** o počte **1538 honov**. Z uvedenej kontrolovanej rozlohy bolo **nadlimitných 1774 ha**, čo predstavuje **88 honov**.

V tab. 2 je uvedený sumárny prehľad kontrolovanej rozlohy, počtu honov a sledovaných parametrov. V tab. 3 sú uvedené základné štatistické charakteristiky sledovaných parametrov (sumarizácia).

V rámci PPKP 2001 sa dokončujú ešte analýzy pôdných vzoriek na vybrané organické parametre. Pokračujú taktiež ešte analýzy pôdných vzoriek v rámci PPKP 2002 na obsahy organických a anorganických kontaminantov a budú spracované do konca roka a v priebehu nasledujúceho roka.

**Tab. 2** Prehľad kontrolovanej rozlohy, počtu honov, parametrov v rámci PPKP 2001 – odberový rok 2000 (od 15. 11. 2000 – 15.11. 2002)

Agis	Názov okresu	Kontrolované hony		Sledované parametre	Nadlimitné hony		Nadlimitné parametre
		ha	počty		ha	počty	
104	Bratislava IV	679,0	13	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
106	Malacky	840,0	21	Cr,	-	-	-
108	Senec	1312,0	18	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
201	Dunajská Streda	4717,4	72	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
205	Senica	375,0	10	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
206	Skalica	587,0	14	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	75,0	2	Ni,
207	Trnava	427,0	7	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
303	Myjava	1715,0	49	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb, chlór. uhl.,	123,0	2	Pb,
307	Prievidza	1344,0	63	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb, PCB,	119,0	4	As,
308	Púchov	743,0	23	Cd,	-	-	-
402	Levice	6793,0	114	Cr,Ni,As,Zn,Cd,Hg, Pb,	376,0	6	As,Cd,Hg,Pb,
403	Nitra	2749,0	27	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
405	Šaľa	1896,0	25	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
406	Topoľčany	2602,0	34	Cr,	186,0	2	Cr,
502	Čadca	165,0	6	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	-	-	-

				PAU, PCB,			
503	Dolný Kubín	345,0	28	Cd,	4,0	1	Cd,
505	Liptovský Mikuláš	3505,0	114	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	73,0	3	Cr,Cd,
506	Martin	2372,0	111	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb, PAU, PCB	374,0	17	Ni,Cd,
507	Námestovo	430,0	26	Cr,	-	-	-
510	Tvrdošín	843,0	19	Cr,Cd,	-	-	-
511	Žilina	819,0	58	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb, PCB,	79,0	8	Cd,Pb,
601	Banská Bystrica	450,0	47	Cd,Pb,	255,0	24	Cd,Pb,
607	Poltár	1800,0	46	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	43,0	2	As,Cd,
610	Veľký Krtíš	3238,0	95	PCB,chlór.uhl. ,	-	-	-
611	Zvolen	1896,0	70	chlór.uhl. ,	-	-	-
613	Žiar nad Hronom	931,0	29	Cr,Ni,As,Zn,Cd,Hg, Pb,PAU,	68,0	2	As,Zn,Cd,Hg, Pb,
701	Bardejov	711,0	19	Cd,	-	-	-
703	Kežmarok	1107,0	21	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb, PAU,PCB,	-	-	-
704	Levoča	513,0	13	Cr,Ni,As,Cu,Cd, Hg,Pb,	180,0	3	Hg,
706	Poprad	551,0	20	Cd,	139,0	6	Cd,
707	Prešov	666,0	12	Cd,	-	-	-
708	Sabinov	2077,0	58	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb,	-	-	-
709	Snina	841,0	25	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb, PCB,	-	-	-
710	Stará Ľubovňa	1085,0	27	Cd,chlór.uhl. ,	-	-	-
713	Vranov nad Topľou	1710,0	34	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb, chlór.uhl. ,	-	-	-
806	Košice - okolie	4578,0	63	Cr,Ni,As,Cu,Zn,Cd, Hg,Pb,PAU,	119,0	3	Cd,
807	Michalovce	1805,0	32	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb, PAU,PCB,	-	-	-
808	Rožňava	1177,0	49	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb, PAU,	270,0	12	Cd,Hg,Pb,
810	Spišská Nová Ves	481,0	20	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb, PAU,	481,0	20	Hg,
811	Trebišov	892,0	21	As,	-	-	-
<b>Spolu</b>		<b>61767,4</b>	<b>1553</b>		<b>2964,0</b>	<b>117</b>	

**Tab. 3** Hodnoty sledovaných parametrov v mg/kg v pôde v rámci PPKP 2001 – odberový rok 2000 (od 15. 11. 2000 – 15.11. 2002)

Agis	Názov okresu	pH			Chróm			Nikel		
		min	max	priem	min	max	priem	min	max	priem
104	Bratislava IV	5,6	7,3	6,6	0,5	1,6	1,1	0,7	4,8	2,6
106	Malacky	4,9	7,7	6,6	<0,5	2,3	1,2	-	-	-
108	Senec	5,2	7,5	6,9	0,7	4,9	2,4	1,4	7,5	3,7
201	Dunajská Streda	7,0	8,0	7,4	2,9	6,0	4,8	2,9	7,0	4,7
205	Senica	6,5	7,4	7,1	0,9	2,6	1,6	2,5	6,6	4,4
206	Skalica	5,5	7,4	7,0	0,7	2,4	1,5	2,9	10,7	5,4
207	Trnava	5,5	7,2	6,4	0,8	2,5	1,4	3,8	5,7	4,6
303	Myjava	4,3	7,3	6,2	0,9	2,6	1,5	1,2	6,6	2,5
307	Prievidza	5,1	7,3	6,5	0,8	1,6	1,2	0,6	3,0	1,6
308	Púchov	6,4	7,4	7,0	-	-	-	-	-	-
401	Komárno	7,1	7,5	7,3	-	-	-	-	-	-
402	Levice	4,8	7,4	6,1	0,9	2,8	1,4	1,3	4,1	1,9
403	Nitra	5,7	7,4	6,8	1,0	2,6	1,6	3,3	8,9	5,2
404	Nové Zámky	4,2	7,6	7,0	-	-	-	-	-	-
405	Šaľa	6,7	7,4	7,2	1,0	3,3	2,4	4,4	8,8	6,1
406	Topoľčany	5,0	7,2	6,3	0,6	35,0	3,0	-	-	-
502	Čadca	4,0	7,4	5,1	0,8	1,2	1,0	1,1	3,1	2,0
503	Dolný Kubín	3,9	7,3	6,1	-	-	-	-	-	-
505	Liptovský Mikuláš	4,2	7,4	6,2	0,9	18,8	2,1	0,5	7,4	2,6
506	Martin	4,5	7,4	6,7	0,6	5,2	2,3	0,5	12,2	3,7
507	Námestovo	3,9	7,2	5,5	0,8	4,8	2,1	-	-	-
510	Tvrdošín	4,6	7,0	5,8	1,0	5,4	3,1	-	-	-
511	Žilina	4,8	7,4	6,7	0,5	9,2	1,6	0,5	8,4	2,4
601	Banská Bystrica	5,5	7,5	7,0	-	-	-	-	-	-
607	Poltár	3,8	7,5	5,4	<0,5	4,0	1,2	0,5	1,9	1,0
610	Veľký Krtíš	4,2	7,4	6,1	-	-	-	-	-	-
611	Zvolen	4,5	7,5	5,9	-	-	-	-	-	-
613	Žiar nad Hronom	5,2	6,7	6,2	0,6	6,2	1,5	0,5	3,0	1,5
701	Bardejov	5,3	7,5	6,8	-	-	-	-	-	-
703	Kežmarok	5,1	7,0	5,9	0,9	4,0	1,7	1,5	6,8	4,0
704	Levoča	4,4	7,3	6,2	0,8	2,4	1,4	2,5	7,3	4,8
706	Poprad	5,4	7,5	6,9	-	-	-	-	-	-
707	Prešov	5,6	7,6	6,5	-	-	-	-	-	-
708	Sabinov	4,2	7,4	6,2	1,0	5,5	2,2	2,5	7,8	4,4
709	Snina	4,3	6,9	5,7	0,9	2,2	1,5	0,6	7,6	2,6
710	Stará Ľubovňa	4,8	7,2	6,1	-	-	-	-	-	-
713	Vranov nad Topľou	4,5	7,6	6,4	0,5	1,8	1,2	1,9	6,6	2,2
806	Košice - okolie	4,8	7,6	6,6	<0,5	1,7	0,9	0,9	3,8	3,4
807	Michalovce	4,7	7,3	6,5	1,3	2,5	1,7	1,5	4,7	2,4

808	Rožňava	4,9	7,5	6,5	0,5	2,9	1,2	0,6	4,9	2,8
810	Spišská Nová Ves	5,7	7,4	6,5	0,6	1,5	0,9	1,3	4,5	4,2
811	Trebišov	5,2	7,0	6,1	-	-	-	-	-	-

**Tab. 3 - pokračovanie**

Agis	Názov okresu	Meď			Zinok			Arzén		
		min	max	priem	min	max	priem	min	max	priem
104	Bratislava IV	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
106	Malacky	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108	Senec	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
201	Dunajská Streda	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
205	Senica	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
206	Skalica	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
207	Trnava	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
303	Myjava	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
307	Prievidza	-	-	-	-	-	-	<2,0	118,0	6,2
308	Púchov	-	-	-	-	-	-	-	-	-
401	Komárno	-	-	-	-	-	-	-	-	-
402	Levice	-	-	-	2,1	37,2	7,3	<2,0	10,7	2,2
403	Nitra	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
404	Nové Zámky	-	-	-	-	-	-	-	-	-
405	Šaľa	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
406	Topoľčany	-	-	-	-	-	-	-	-	-
502	Čadca	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
503	Dolný Kubín	-	-	-	-	-	-	-	-	-
505	Liptovský Mikuláš	-	-	-	-	-	-	<2,0	2,1	2,0
506	Martin	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
507	Námestovo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
510	Tvrdošín	-	-	-	-	-	-	-	-	-
511	Žilina	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
601	Banská Bystrica	-	-	-	-	-	-	-	-	-
607	Poltár	-	-	-	-	-	-	<2,0	6,0	2,1
610	Veľký Krtíš	-	-	-	-	-	-	-	-	-
611	Zvolen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
613	Žiar nad Hronom	-	-	-	2,6	72,0	7,9	<2,0	7,8	2,3
701	Bardejov	-	-	-	-	-	-	-	-	-
703	Kežmarok	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
704	Levoča	3,8	9,1	6,1	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
706	Poprad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
707	Prešov	-	-	-	-	-	-	-	-	-
708	Sabinov	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
709	Snina	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
710	Stará Ľubovňa	-	-	-	-	-	-	-	-	-



713	Vranov nad Topľou	-	-	-	-	-	-	<2.0	<2.0	<2.0
806	Košice - okolie	1,8	6,9	3,7	1,7	33,2	7,5	<2.0	<2.0	<2.0
807	Michalovce	-	-	-	-	-	-	<2.0	<2.0	<2.0
808	Rožňava	-	-	-	-	-	-	<2.0	<2.0	<2.0
810	Spišská Nová Ves	-	-	-	-	-	-	<2.0	<2.0	<2.0
811	Trebišov	-	-	-	-	-	-	<2.0	<2.0	<2.0

**Tab. 3 - pokračovanie**

Agis	Názov okresu	Kadmium			Ortuť			Olovo		
		min	max	priem	min	max	priem	min	max	priem
104	Bratislava IV	0,05	0,14	0,098	0,010	0,069	0,0374	3,6	13,2	6,98
106	Malacky	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108	Senec	<0.05	0,25	0,129	0,030	0,085	0,0471	5,0	16,0	8,80
201	Dunajská Streda	0,12	0,25	0,162	0,019	0,073	0,0368	6,4	15,1	9,53
205	Senica	0,05	0,16	0,091	0,024	0,074	0,0404	4,3	9,8	6,54
206	Skalica	0,06	0,16	0,107	0,028	0,099	0,0572	4,7	14,9	9,08
207	Trnava	0,07	0,14	0,103	0,049	0,074	0,0591	5,3	8,1	7,00
303	Myjava	<0.05	0,24	0,110	0,046	0,085	0,0610	5,8	51,6	12,27
307	Prievidza	<0.05	0,09	0,059	0,050	0,188	0,0952	4,5	18,2	6,88
308	Púchov	0,06	0,18	0,113	-	-	-	-	-	-
401	Komárno	-	-	-	-	-	-	-	-	-
402	Levice	<0.05	0,43	0,089	0,029	0,923	0,0857	3,5	48,9	8,44
403	Nitra	0,07	0,17	0,114	0,032	0,100	0,0456	5,8	10,6	7,93
404	Nové Zámky	-	-	-	-	-	-	-	-	-
405	Šaľa	0,02	0,23	0,182	0,034	0,099	0,0566	6,3	14,5	10,65
406	Topoľčany	-	-	-	-	-	-	-	-	-
502	Čadca	0,09	0,19	0,135	0,057	0,088	0,0710	5,9	10,8	7,68
503	Dolný Kubín	0,11	0,33	0,215	-	-	-	-	-	-
505	Liptovský Mikuláš	<0.05	0,39	0,109	0,037	0,110	0,0615	4,2	19,2	7,34
506	Martin	<0.05	0,75	0,179	0,027	0,090	0,0536	4,7	24,2	10,58
507	Námestovo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
510	Tvrdošín	0,09	0,23	0,142	-	-	-	-	-	-
511	Žilina	0,05	0,43	0,166	0,039	0,127	0,0690	4,8	45,6	12,11
601	Banská Bystrica	<0.05	0,54	0,283	-	-	-	5,4	87,0	26,09
607	Poltár	<0.05	0,72	0,076	0,031	0,148	0,0929	3,5	15,0	7,86
610	Veľký Krtíš	-	-	-	-	-	-	-	-	-
611	Zvolen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
613	Žiar nad Hronom	0,05	0,73	0,107	0,043	0,400	0,0729	5,3	62,5	12,74
701	Bardejov	<0.05	0,17	0,110	-	-	-	-	-	-
703	Kežmarok	0,05	0,12	0,084	0,062	0,131	0,0889	3,1	10,4	7,11
704	Levoča	0,05	0,15	0,090	0,141	0,514	0,2860	5,2	16,2	8,78
706	Poprad	0,10	0,47	0,248	-	-	-	-	-	-

707	Prešov	0,05	0,17	0,087	-	-	-	-	-	-
708	Sabinov	0,08	0,21	0,146	0,064	0,204	0,1061	5,2	11,4	7,48
709	Snina	0,07	0,17	0,112	0,039	0,098	0,0546	6,9	10,6	8,02
710	Stará Ľubovňa	0,09	0,28	0,156	-	-	-	-	-	-
713	Vranov nad Topľou	<0,05	0,19	0,092	0,034	0,079	0,0549	4,9	9,7	6,64
806	Košice - okolie	<0,05	0,49	0,115	0,040	0,107	0,0611	4,0	8,5	6,18
807	Michalovce	0,05	0,14	0,084	0,043	0,068	0,0534	6,3	8,7	7,54
808	Rožňava	<0,05	0,38	0,116	0,088	1,013	0,2639	5,3	54,0	13,83
810	Spišská Nová Ves	0,05	0,14	0,083	0,373	1,252	0,7419	4,8	10,0	6,85
811	Trebišov	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tab. 3 - pokračovanie**

Agis	Názov okresu	DDT			DDE		
		min	max	priem	min	max	priem
303	Myjava	-	-	-	0,00001	0,00001	0,00001
610	Veľký Krtíš	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	0,00003	0,00001
611	Zvolen	0,00002	0,00005	0,00002	-	-	-
710	Stará Ľubovňa	0,00002	0,00002	0,00002	-	-	-
713	Vranov nad Topľou	-	-	-	0,00001	0,00001	0,00001

Agis	Názov okresu	Suma DDT			Suma DDD		
		min	max	priem	min	max	priem
303	Myjava	0,00004	0,00009	0,00005	0,00004	0,00010	0,00005
610	Veľký Krtíš	0,00004	0,00010	0,00005	0,00001	0,00009	0,00003
611	Zvolen	0,00005	0,00010	0,00005	0,00002	0,00005	0,00002
710	Stará Ľubovňa	0,00005	0,00005	0,00005	0,00002	0,00002	0,00002
713	Vranov nad Topľou	0,00004	0,00009	0,00005	0,00004	0,00010	0,00006

Agis	Názov okresu	Alfa HCH			Beta HCH		
		min	max	priem	min	max	priem
303	Myjava	0,00001	0,00003	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
610	Veľký Krtíš	0,00001	0,00003	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
611	Zvolen	-	-	-	-	-	-
710	Stará Ľubovňa	-	-	-	-	-	-
713	Vranov nad Topľou	0,00001	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001

Agis	Názov okresu	Gama HCH			Suma HCH		
		min	max	priem	min	max	priem
303	Myjava	0,00001	0,00003	0,00001	-	-	-
610	Veľký Krtíš	0,00001	0,00005	0,00001	0,00003	0,00014	0,00005
611	Zvolen	0,00001	0,00005	0,00001	0,00003	0,00011	0,00004
710	Stará Ľubovňa	0,00001	0,00001	0,00001	0,00003	0,00003	0,00003
713	Vranov nad Topľou	0,00001	0,00003	0,00001	-	-	-

Agis	Názov okresu	HCB			Heptachlór		
		min	max	priem	min	max	priem
303	Myjava	0,00001	0,00003	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
610	Veľký Krtíš	0,00001	0,00004	0,00001	0,00001	0,00002	0,00001
611	Zvolen	0,00001	0,00004	0,00001	0,00002	0,00002	0,00002
710	Stará Ľubovňa	0,00001	0,00001	0,00001	0,00002	0,00002	0,00002
713	Vranov nad Topľou	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001

Agis	Názov okresu	Endrín			Dieldrín		
		min	max	priem	min	max	priem
303	Myjava	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
610	Veľký Krtíš	0,00001	0,00002	0,00001	0,00001	0,00003	0,00002
611	Zvolen	0,00002	0,00002	0,00002	0,00003	0,00005	0,00003
710	Stará Ľubovňa	0,00002	0,00002	0,00002	0,00003	0,00003	0,00003
713	Vranov nad Topľou	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001

Agis	Názov okresu	Endosulfan			Suma CLRH		
		min	max	priem	min	max	priem
303	Myjava	0,00001	0,00001	0,00001	0,00017	0,00031	0,00019
610	Veľký Krtíš	0,00001	0,00002	0,00001	0,00017	0,00050	0,00022
611	Zvolen	0,00001	0,00001	0,00001	0,00025	0,00049	0,00027
710	Stará Ľubovňa	0,00001	0,00001	0,00001	0,00025	0,00025	0,00025
713	Vranov nad Topľou	0,00001	0,00002	0,00001	0,00017	0,00030	0,00020

Agis	Názov okresu	Suma DDE+DDT		
		min	max	priem
303	Myjava	-	-	-
610	Veľký Krtíš	0,00003	0,00009	0,00004
611	Zvolen	0,00003	0,00009	0,00003
710	Stará Ľubovňa	0,00003	0,00003	0,00003
713	Vranov nad Topľou	-	-	-

**Tab. 3 - pokračovanie**

Agis	Názov okresu	Suma PAU			Fluorantén		
		min	max	priem	min	max	priem
502	Čadca	0,00056	0,00072	0,00061	0,00002	0,00002	0,00002
506	Martin	0,00056	0,00080	0,00059	0,00002	0,00002	0,00002
613	Žiar nad Hronom	0,00056	0,00085	0,00060	0,00002	0,00002	0,00002
703	Kežmarok	0,00056	0,00066	0,00058	0,00002	0,00002	0,00002
806	Košice - okolie	0,00056	0,00076	0,00059	0,00002	0,00002	0,00002
807	Michalovce	0,00056	0,00070	0,00060	0,00002	0,00002	0,00002
808	Rožňava	0,00056	0,00072	0,00058	0,00002	0,00002	0,00002
810	Spišská Nová Ves	0,00056	0,00091	0,00062	0,00002	0,00002	0,00002

Agis	Názov okresu	Benzo(a)pyrén			Naftalén		
		min	max	priem	min	max	priem
502	Čadca	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
506	Martin	0,00002	0,00006	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
613	Žiar nad Hronom	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
703	Kežmarok	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
806	Košice - okolie	0,00002	0,00005	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
807	Michalovce	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
808	Rožňava	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
810	Spišská Nová Ves	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002

Agis	Názov okresu	Acenaftylén			Acenaftén		
		min	max	priem	min	max	priem
502	Čadca	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
506	Martin	0,00002	0,00006	0,00002	0,00002	0,00006	0,00002
613	Žiar nad Hronom	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00005	0,00002
703	Kežmarok	0,00002	0,00005	0,00002	0,00002	0,00005	0,00002
806	Košice - okolie	0,00002	0,00005	0,00002	0,00002	0,00005	0,00002
807	Michalovce	0,00002	0,00005	0,00003	0,00002	0,00002	0,00002
808	Rožňava	0,00002	0,00005	0,00002	0,00002	0,00006	0,00002
810	Spišská Nová Ves	0,00002	0,00006	0,00003	0,00002	0,00006	0,00003

Agis	Názov okresu	Fluorén			Fenantrén		
		min	max	priem	min	max	priem
502	Čadca	0,00002	0,00002	0,00002	0,00004	0,00009	0,00006
506	Martin	0,00002	0,00006	0,00002	0,00004	0,00009	0,00004
613	Žiar nad Hronom	0,00002	0,00006	0,00002	0,00004	0,00009	0,00005
703	Kežmarok	0,00002	0,00002	0,00002	0,00004	0,00004	0,00004
806	Košice - okolie	0,00002	0,00005	0,00002	0,00004	0,00004	0,00004
807	Michalovce	0,00002	0,00002	0,00002	0,00004	0,00004	0,00004
808	Rožňava	0,00002	0,00002	0,00002	0,00004	0,00004	0,00004
810	Spišská Nová Ves	0,00002	0,00002	0,00002	0,00004	0,00004	0,00004

Agis	Názov okresu	Antracén			Pyrén		
		min	max	priem	min	max	priem
502	Čadca	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00009	0,00005
506	Martin	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00010	0,00005
613	Žiar nad Hronom	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00009	0,00005
703	Kežmarok	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00009	0,00005
806	Košice - okolie	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00010	0,00005
807	Michalovce	0,00004	0,00004	0,00004	0,00002	0,00004	0,00004
808	Rožňava	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00005	0,00004
810	Spišská Nová Ves	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00010	0,00006

Agis	Názov okresu	Benzo(a)antracén			Chrysén		
		min	max	priem	min	max	priem
502	Čadca	0,00005	0,00005	0,00005	0,00004	0,00004	0,00004
506	Martin	0,00005	0,00011	0,00005	0,00004	0,00004	0,00004
613	Žiar nad Hronom	0,00005	0,00005	0,00005	0,00004	0,00004	0,00004
703	Kežmarok	0,00005	0,00005	0,00005	0,00004	0,00004	0,00004
806	Košice - okolie	0,00005	0,00005	0,00005	0,00004	0,00004	0,00004
807	Michalovce	0,00005	0,00005	0,00005	0,00004	0,00004	0,00004
810	Spišská Nová Ves	0,00005	0,00011	0,00006	0,00004	0,00004	0,00004

Agis	Názov okresu	Benzo(b)fluorantén			Benzo(k)fluorantén		
		min	max	priem	min	max	priem
502	Čadca	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00009	0,00006
506	Martin	0,00004	0,00009	0,00004	0,00004	0,00010	0,00005
613	Žiar nad Hronom	0,00004	0,00009	0,00004	0,00004	0,00009	0,00005
703	Kežmarok	0,00004	0,00009	0,00005	0,00004	0,00004	0,00004
806	Košice - okolie	0,00004	0,00009	0,00004	0,00002	0,00009	0,00004
807	Michalovce	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00009	0,00006
808	Rožňava	0,00004	0,00010	0,00004	0,00004	0,00010	0,00004
810	Spišská Nová Ves	0,00004	0,00010	0,00005	0,00004	0,00010	0,00005

Agis	Názov okresu	Dibenzo(a,h)antracén			Benzo(ghi)perylén		
		min	max	priem	min	max	priem
502	Čadca	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
506	Martin	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00005
613	Žiar nad Hronom	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00005
703	Kežmarok	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
806	Košice - okolie	0,00005	0,00011	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
807	Michalovce	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00006
808	Rožňava	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00005
810	Spišská Nová Ves	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00006

Agis	Názov okresu	Indenol(1,2,3-cd)pyrén		
		min	max	priem
502	Čadca	0,00005	0,00011	0,00006
506	Martin	0,00005	0,00011	0,00005
613	Žiar nad Hronom	0,00005	0,00017	0,00006
703	Kežmarok	0,00005	0,00005	0,00005
806	Košice - okolie	0,00005	0,00011	0,00005
807	Michalovce	0,00005	0,00005	0,00005
808	Rožňava	0,00005	0,00005	0,00005
810	Spišská Nová Ves	0,00005	0,00005	0,00005

Agis	Názov okresu	Suma PCB			PCB 28		
		min	max	priem	min	max	priem
307	Prievidza	0,00015	0,00020	0,00015	0,00004	0,00004	0,00004
502	Čadca	0,00015	0,00020	0,00017	0,00004	0,00004	0,00004
506	Martin	0,00015	0,00030	0,00016	0,00002	0,00009	0,00004
511	Žilina	0,00015	0,00020	0,00016	0,00004	0,00004	0,00004
610	Veľký Krtíš	0,00015	0,00023	0,00016	0,00004	0,00009	0,00004
703	Kežmarok	0,00015	0,00019	0,00016	0,00004	0,00004	0,00004
709	Snina	0,00015	0,00023	0,00017	0,00004	0,00004	0,00004
807	Michalovce	0,00015	0,00020	0,00017	0,00004	0,00004	0,00004

Agis	Názov okresu	PCB 52			PCB 101		
		min	max	priem	min	max	priem
307	Prievidza	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
502	Čadca	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
506	Martin	0,00002	0,00006	0,00002	0,00002	0,00006	0,00002
511	Žilina	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
610	Veľký Krtíš	0,00002	0,00005	0,00002	0,00002	0,00005	0,00002
703	Kežmarok	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
709	Snina	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00005	0,00002
807	Michalovce	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002

Agis	Názov okresu	PCB 118			PCB 138		
		min	max	priem	min	max	priem
307	Prievidza	0,00001	0,00003	0,00001	0,00001	0,00004	0,00001
502	Čadca	0,00001	0,00003	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
506	Martin	0,00001	0,00006	0,00001	0,00001	0,00005	0,00001
511	Žilina	0,00001	0,00004	0,00001	0,00001	0,00004	0,00002
610	Veľký Krtíš	0,00001	0,00004	0,00001	0,00001	0,00003	0,00001
703	Kežmarok	0,00001	0,00004	0,00001	0,00001	0,00005	0,00001
709	Snina	0,00001	0,00004	0,00001	0,00001	0,00004	0,00001
807	Michalovce	0,00001	0,00004	0,00002	0,00001	0,00004	0,00002

Agis	Názov okresu	PCB 153			PCB 180		
		min	max	priem	min	max	priem
307	Prievidza	0,00002	0,00002	0,00002	0,00003	0,00003	0,00003
502	Čadca	0,00002	0,00005	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003
506	Martin	0,00001	0,00002	0,00002	0,00003	0,00003	0,00003
511	Žilina	0,00002	0,00002	0,00002	0,00003	0,00003	0,00003
610	Veľký Krtíš	0,00002	0,00005	0,00002	0,00003	0,00003	0,00003
703	Kežmarok	0,00002	0,00002	0,00002	0,00003	0,00003	0,00003
709	Snina	0,00002	0,00006	0,00002	0,00003	0,00003	0,00003
807	Michalovce	0,00002	0,00002	0,00002	0,00003	0,00003	0,00003

**SUBSYSTÉM**

**MONITORING LESNÝCH PÔD**

**Organizácia: Lesnícky výskumný ústav, Zvolen**

**Zodpovedný riešiteľ:**      Ing. Pavel Pavlenda, Ph.D.





## **Informácia o monitorovaní lesných pôd v rámci ČMS Lesy za rok 2002**

V roku 2002 sa pre monitoring lesných pôd vykonali nasledovné práce:

- odbery a doplnkové analýzy vzoriek pôd na TMP č. 206 (Turová) ako na novej ploche intenzívneho monitoringu lesných ekosystémov (II. úrovne monitoringu) v rozsahu podľa Manuálu ČMS Lesy (BUCHA a kol. 1998),
- vyhodnotenie koncentrácií ťažkých kovov stanovených v 0,05M EDTA vo výberovom súbore TMP extenzívneho monitoringu lesných ekosystémov (I. úrovne monitoringu),
- analýzy troch vzoriek v troch opakovaniach pre kruhový test, ktorý organizoval FSCC (Forest Soil Coordinating Centre), University of Gent pre program ICP Forests (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests - ICP Forests),
- vypracovanie kapitoly do súhrnnej publikácie za monitoring pôd.

Všetky tieto práce boli vykonané a financované v rámci ČMS Lesy, resp. v rámci obsahovo súvisiaceho vedecko-technického projektu (č. 2729).

## **Návrh na rok 2003**

Vhľadom na 5- ročný navrhovaný interval opakovaných odberov vzoriek a ich analýz bol podľa pôvodného zámeru plánovaný odber pôdnych vzoriek zo siete extenzívneho monitoringu lesných ekosystémov na rok 2003. Tieto odbery boli plánované v rámci ČMS Lesy, a to podľa metód ICP Forests, resp. ČMS Lesy. V roku 2002 bola prerokovaná a prijatá aktualizovaná (rozšírená) verzia submanuálu pre pôdy v rámci ICP Forests. Po vyhodnotení kruhového testu (analýzy realizované v druhom polroku 2002, vyhodnotenie predpokladané na konci roka 2002 až začiatkom roka 2003) sa upresnia detaily v záujme harmonizácie postupov pre monitoring lesných pôd v Európe. FSCC (Forest Soil Coordinating Centre) navrhuje realizáciu odberov v rokoch 2004 až 2005 (2006).

Z týchto dôvodov predpokladáme odbery a analýzy vzoriek lesných pôd v základnej sieti (I. úroveň, extenzívny monitoring) v rokoch 2003 až 2005 a odbery vzoriek lesných pôd v II. úrovne monitoringu (intenzívny monitoring) v roku 2006. V roku 2003 sa teda odoberú vzorky z cca 25 % plôch pre chemické analýzy a doplnia sa chýbajúce údaje o ich fyzikálnych vlastnostiach podľa aktualizovaného manuálu ICP Forests.

Skutočný rozsah realizácie odberov a laboratórnych analýz závisí na financovaní ČMS Lesy.

Práce nad rámec ČMS Lesy, vecne a metodicky koordinované s ČMS Pôda (ktoré sme navrhli už na rok 2002), bude možné uskutočniť iba v prípade zmien vo finančnom zabezpečení cez ČMS Pôda, t.j. v prípade zabezpečenia financovania prostredníctvom koordinačného pracoviska ČMS Pôda, t.j. VÚPOP Bratislava.

## **Použitá literatúra**

Bucha, T., Bajtík, J., Pavlenda, P., Maňková, B., Miňďáš, J.: Manuál metód a kritérií pre harmonizáciu odberov, hodnotenia a analýz vplyvu znečisteného ovzdušia na lesy, ČMS Lesy, LVÚ, 1998, 122 s.

## **POROVNANIE DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV RIEŠENIA S PLÁNOVANÝMI CIEĽMI A SO SVETOVOU ÚROVŇOU**

Ciele a parametre riešenia boli v roku 2002 splnené. V priebehu riešenia boli dosiahnuté a publikované (publikácia ČMS-P za 2. monitorovací cyklus) cenné výsledky a informácie o najaktuálnejšom stave a vývoji pôdneho krytu SR. Bola taktiež konfrontovaná naša štruktúra monitoringu pôd SR s návrhom Európskej komisie v rámci spolupráce podunajských krajín (Donauländer), pričom možno konštatovať, že už v súčasnosti náš systém je do značnej miery kompatibilný s navrhovaným európskym monitorovacím systémom pôd. Nami dosiahnuté doterajšie výsledky boli ocenené aj na medzinárodnej úrovni (ISCO kongres v Pekingu – Čína, na zasadnutí OECD v Izmiri - Turecko a ďalších medzinárodných podujatí svetového významu).

### **BOLI SPLNENÉ NASLEDOVNÉ PARAMETRE RIEŠENIA**

- bol vykonaný odber pôdných a rastlinných vzoriek v celej monitorovacej sieti SR
- bol vykonaný odber pôdných a rastlinných vzoriek v sieti kľúčových monitorovacích lokalít
- bol vykonaný odber a analýzy pôdných vzoriek pre vyhodnocovanie salinizácie a alkalizácie pôd vo vybraných monitorovacích lokalitách
- bol vykonaný odber a analýzy pôdných vzoriek pre vyhodnocovanie erózie pôd vo vybraných transektoch SR
- boli vykonané analýzy v sieti kľúčových lokalít
- boli vykonané analýzy na základný fyzikálny rozbor v celej monitorovacej sieti
- bola priebežne napĺňaná databáza ČMS-P (základná sieť a kľúčové lokality)
- v rámci dobudovania informačného systému ŽP bola v spolupráci so SAŽP v Ban. Bystrici vytvorená www stránka ČMS-Pôda ([www.sazp.sk](http://www.sazp.sk))
- tvorba nových výstupov a vypracovanie publikácie ČMS-Pôda za 2. cyklus monitorovania pôd (1997 – 2001)

Zatiaľ pretrvávajúcim nedostatkom sú zatiaľ neukončené analýzy zo základnej siete predchádzajúcich odberov pre sorpčný komplex a výmenné katióny.

### **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.

Značný význam majú dosiahnuté výsledky i pre praktické využitie, najmä pri príprave mapových výstupov (kontaminácia pôd, uľahnutosť pôd a pod.). 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 2002 (v tis. Sk)**

### **VÚPOP Bratislava**

z toho:

Vecné náklady: 624

z toho:

materiálové: 33

cestovné: 98

ostatné: 493

Osobné náklady: 3575

z toho:

mzdy: 2629

odvody: 946

Réžia 2918

### **ÚKSUP Bratislava (za PPKP)**

Plánované náklady na rok 2002: 2200

Skutočné náklady v roku 2002: 2200

### **LVÚ Zvolen**

Monitoring lesných pôd bol financovaný v rámci ČMS-lesy.

## ROZBOR NÁKLADOV, PRÍNOSOV A EKONOMICKÁ EFEKTÍVNOSŤ RIEŠENIA

Vynaložené náklady zodpovedajú rozsahu riešenia a dosiahnutých výsledkov v roku 2002 (terénne, analytické, vyhodnocovacie, tvorba informačného systému a publikácia za 2. cyklus). 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 2002 bol 1. rokom 3. cyklu monitorovania, kde bol hlavný dôraz kladený na celoplošný odber pôdných a rastlinných vzoriek a vyhodnotenie doterajších výsledkov za 2. cyklus, ktorý je rozpracovaný v publikácii ČMS-P za rok 2002 (Kobza a kol., 2002). V tejto priebežnej správe sme sa preto zamerali na hodnotenie vývoja vlastností pôd v kľúčových lokalitách (kvantitatívne aj kvalitatívne parametre). Zároveň sú tu obsiahnuté dodatočné hodnotenia (najmä kvalitatívne parametre humusu), ktoré sa z časových dôvodov nedostali do vopred pripravenej publikácie ČMS-P za 2. cyklus monitorovania pôd SR.

Na základe dosiahnutých výsledkov možno konštatovať, že najvýraznejšie zmeny sa ukazujú v poklese obsahu prístupných živín – najmä fosforu a draslíka (vplyv výrazného zníženia dávok hnojív), ako aj pokles obsahu humusu najmä na orných pôdach. Tiež je významný proces kompakcie na týchto pôdach – najmä na černozemiach, hnedozemiach, ale aj luvizemiach a pseudoglejoch (prejazd ťažkých mechanizmov). Tiež viac, alebo menej je výrazný aj proces erózie. Pomerne nepreukazné zmeny sú zatiaľ v obsahu rizikových prvkov, a to ako v nezaťažených, tak aj v zaťažených regiónoch a pôdach. Je to však dôležité zistenie, pretože pôdy ak už boli v minulosti kontaminované, si tento nepriaznivý stav dlhodobo udržiavajú.

Významnosť indikovaných zmien bude zrejme vypuklejšia až v budúcnosti, preto bude potrebné i naďalej permanentne sledovať ďalší vývoj našich pôd (poľnohospodárskych aj lesných).

Koordinátor a riešiteľský kolektív ďakujú touto cestou rezortom pôdohospodárstva a životného prostredia SR za vytvorenie podmienok pre riešenie úlohy v roku 2002.

## ODOVZDÁVACÍ PROTOKOL

1. Názov úlohy: Čiastkový monitorovací systém – Pôda
2. Názov správy: Monitoring pôd SR
3. Riešiteľské pracovisko:
  - Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy (VÚPOP), Gagarinova 10, Bratislava
  - Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky (ÚKSUP), Matúšková 21, Bratislava
  - Lesnícky výskumný ústav (LVÚ), Masarykova 22, Zvolen
4. Riešiteľský kolektív: Ing. Jozef Kobza, CSc. a kol. (VÚPOP)  
Ing. Juliana Schlosserová, CSc. (ÚKSUP)  
Ing. Pavol Pavlenda, Ph.D. (LVÚ)

5. Doba riešenia: I. – XII. 2002

6. Dátum a uznesenie z oponentského konania:

Komisia Vedeckej rady VÚPOP schvaľuje:

- priebežnú správu ČMS-P za rok 2002-12-03
- 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

Bratislava, 13.12.2002

Za zhotoviteľa:

Ing. Jozef Kobza, CSc.  
zodpovedný riešiteľ

Prof. RNDr. Pavol Bielek, DrSc.  
riaditeľ VÚPOP