



Výskumný ústav pôdoznanectva 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 2004
(3. rok 3. cyklu monitoringu pôd SR)**

Bratislava, december 2004

TITULNÝ LIST

- 1. Koordinačné pracovisko:** Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Bratislava
- 2. Spoluriešiteľské organizácie:** Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky (ÚKSÚP), Bratislava
Lesnícky výskumný ústav (LVÚ), Zvolen
- 3. Koordinátor:** Doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.
- 4. Názov úlohy:** Čiastkový monitorovací systém – Pôda
- 5. Doba riešenia:** I/2004 – XII/2004
- 6. Názov správy:** Monitoring pôd SR
- 7. Druh správy:** priebežná
- 8. Celkové náklady (v tis. Sk):**
- VÚPOP Bratislava**
- | | |
|-------------|-------|
| plán: | 7 000 |
| skutočnosť: | 7 000 |
- ÚKSÚP Bratislava**
- | | |
|-------------|-------|
| plán: | 2 200 |
| skutočnosť: | 2 200 |
- LVÚ Zvolen**
- (financovanie lesných pôd bolo zabezpečované v rámci ČMS-lesy)
- 9. Autorský kolektív:** Doc. Ing. Jozef Kobza, CSc. (VÚPOP)
RNDr. Gabriela Barančíková, CSc. (VÚPOP)
Ing. Emil Fulajtár, CSc. (VÚPOP)
RNDr. Jarmila Makovníková, CSc. (VÚPOP)
Ing. Libuša Matúšková, CSc. (VÚPOP)
Ing. Miroslav Medved', CSc. (VÚPOP)
Ing. Pavel Pavlenda, PhD. (LVÚ)
Ing. Juliana Schlosserová, CSc. (ÚKSÚP)
Ing. Ján Styk, PhD. (VÚPOP)
Ing. Miloš Širáň (VÚPOP)
Ing. Gabriela Tóthová, (ÚKSÚP)
RNDr. Ján Vojtáš, CSc. (VÚPOP)
- 10. Dátum vypracovania správy:** december 2004

Grafická úprava: Ján Styk

Obálka: Boris Pálka

AUTORSKÝ REFERÁT

Priebežná správa ČMS-P zahŕňa dosiahnuté výsledky v roku 2004. V správe je hodnotených ďalších 6 pôdnych skupín základnej siete 3. monitorovacieho cyklu. Jedná sa o nasledovné pôdy:

- kambizeme na vulkanitoch (TTP)
- kambizeme na vulkanitoch (OP)
- kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach (OP)
- kambizeme na karbonátových substrátoch (TTP)
- kambizeme na karbonátových substrátoch (OP)
- rendziny (OP)

Salinizácia a erózia pôd bola hodnotená v samostatnej sieti lokalít. Riešenie vychádza zo schváleného aktualizovaného projektu ČMS-P (2000). Boli použité analytické metódy podľa Závazných metód monitoringu pôd (Fiala a kol., 1999).

Na základe dosiahnutých výsledkov v hodnotených skupinách pôd možno konštatovať, že výraznejší acidifikačný trend bol zistený v skupine kambizemí na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach využívaných ako orné pôdy, ako aj v skupine kambizemí na karbonátových substrátoch pod trvalými trávnyimi porastami. V rámci alkalizácie (slancovania) a slaniskovania (zasoľovania) pôd boli potvrdené výsledky z predchádzajúcich rokov. Na monitorovanom území súčasne prebieha slaniskovanie a slancovanie, pričom slancovanie je výraznejšie a dominantné. Z hľadiska rizikovosti vzniku, rozširovania a rozvoja soľných pôd je takéto riziko najreálnejšie na dolnej časti Žitného ostrova v úseku Zlatná na Ostrove – Komárno. Svedčia o tom najvyššie hodnoty elektrickej vodivosti (EC 197-224 mS.m⁻¹), vysoký obsah sodíka (246-303 mg.l⁻¹), ako aj sodíkový adsorpčný pomer (SAR 8,45-8,69), ktorý indikuje reálne podmienky pre vznik sodného zasolovania, ktoré patrí k najhoršiemu druhu soľných pôd.

V súlade s výsledkami agrochemického skúšania pôd obsah prístupného fosforu je charakterizovaný jeho všeobecným poklesom. Zásobenosť pôd draslíkom je vyššia ako pri fosfore, avšak vyššie čerpanie tejto živiny urýchľuje proces úbytku pôdnych zásob, najmä pri zníženom organickom hnojení v súčasnosti.

Podobne bol zistený mierny pokles organického uhlíka v hodnotených pôdach počas 90-tych rokov. Začiatok nového milénia je charakterizovaný miernym nárastom organického uhlíka, takže môžeme konštatovať, že úroveň pôdnej organickej hmoty (POH) na kambizemiach dosiahla zistený stav na začiatku monitorovacieho obdobia. Uvedená skutočnosť môže súvisieť s dotačnou politikou štátu na zvyšovanie organických látok v pôde prostredníctvom organického hnojenia. Hodnoty zmien celkového dusíka boli počas doterajších monitorovacích cyklov minimálne, ale za desaťročné obdobie je badateľný nepatrný, ale postupný nárast tohto parametra.

V obsahu rizikových prvkov nebol zistený jednoznačný trend zvyšovania alebo poklesu hodnôt, čo znamená, že hodnoty viacerých prvkov v hodnotených pôdach boli napr. v 2. cykle mierne nižšie, v 3. cykle mierne vyššie alebo opačne. Možno teda konštatovať, že namerané hodnoty viacerých rizikových prvkov prirodzene varíujú okolo svojej pôvodne nameranej hodnoty.

Na základe hodnotených výsledkov v rámci fyzikálnej degradácie bolo zistené, že ornice všetkých analyzovaných pôd sú mimo kritického intervalu, podornice orných pôd sú zhutnené. V prípade stredne ťažkých pôd bolo v ornici zistené zlepšenie fyzikálneho stavu oproti druhému odberovému cyklu, naopak v podornici zhoršovanie od prvého po tretí cyklus. V rámci ťažkých pôd bolo pozorované zlepšenie v celom pôdnom profile.

Na vybraných transektoch pre sledovanie erózie pôd bola potvrdená prítomnosť eróžno-akumulačných procesov (pomocou rádioaktívneho izotopu ^{137}Cs), pričom ich intenzita v závislosti od viacerých faktorov je rôzna. Najnižšia hodnota potenciálnej straty pôdy bola zaznamenaná na transekte pri Budči (16,20 t/ha/rok – stredná erózia). Naopak najvyššia hodnota množstva vodnou eróziou pretransportovanej pôdnej hmoty bola dosiahnutá na transekte v Kolíňanoch (132,59 t/ha/rok), čím sa toto územie zaraďuje do kategórie s extrémnou eróziou. Prítomnosť erózných procesov v zaujmových lokalitách potvrdili aj výsledky profilových priebehov sledovaných pôdných parametrov, najmä humusu a prístupného fosforu, ktoré sú relatívne dobré indikátory sledovania vplyvu erózie na pôdu.

V rámci plošného prieskumu kontaminácie poľnohospodárskych pôd (ÚKSUP Bratislava) neboli v roku 2004 zistené žiadne nadlimitné hodnoty rizikových prvkov a organických kontaminantov na sledovaných vybraných poľnohospodárskych honoch.

Monitoring lesných pôd (LVÚ Zvolen) prechádza v súčasnosti v medzinárodnom meradle systémom organizačných zmien (prechod ICP Forest na Forest Focus), pričom sa pripravujú nové manuály ďalšieho zabezpečovania prác. Vzhľadom ku skutočnosti, že ani v roku 2004 neboli pre monitoring lesných pôd pridelené finančné prostriedky, tieto v správe nehodnotíme.

Na základe nami dosiahnutých výsledkov dochádza k viac alebo menej výrazným zmenám sledovaných vlastností pôd, výraznejšie na orných pôdach ako na pôdach pod trvalými trávnyimi porastami. Významnosť indikovaných zmien bude však zrejme výpuklejšia až v budúcnosti pri ďalšej realizácii monitoringu pôd SR.

OBSAH

ÚVOD (J. Kobza)	8
ROZHODUJÚCE TERMÍNY A AKTIVITY VYPLÝVAJÚCE Z RIEŠENIA	
ÚLOHY ČMS-P (J. Kobza)	10
ŠTRUKTÚRA A CIELE MONITORINGU PÔD PRE ROK 2004 (J. Kobza)	10
VECNE PLNENIE A VÝSLEDKY RIEŠENIA (J. Kobza)	11
ČÚ 01: Komplexný monitoring vlastností pôd SR (J. Kobza)	15
ČÚ 02: Vývoj pôd a metódy jeho hodnotenia (J. Kobza, J. Makovníková, M. Medved')	29
ČÚ 03: Acidifikácia a alkalizácia pôd (J. Makovníková, E. Fulajtár, st.)	47
ČÚ 04: Monitoring zaťaženia pôd rizikovými látkami (L. Matúšková, J. Vojtáš)	67
ČÚ 05: Vývoj ekologických funkcií z pohľadu ich zraniteľnosti (J. Makovníková)	87
ČÚ 06: Monitoring kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia humusu (G. Barančíková)	97
ČÚ 07: Monitoring fyzikálnych a hydrofyzikálnych vlastností pôd (M. Širáň)	107
ČÚ 08: Monitoring erózie pôd (J. Styk)	119
SUBSYSTÉM: Plošný prieskum kontaminácie poľnohospodárskych pôd (ÚKSÚP Bratislava)	139
SUBSYSTÉM: Monitoring lesných pôd (LVÚ Zvolen)	
POROVNANIE DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV RIEŠENIA S PLÁNOVANÝMI CIEĽMI A SO SVETOVOU ÚROVŇOU (J. Kobza)	159
REALIZÁCIA VÝSLEDKOV RIEŠENIA (J. Kobza)	159
ODPOČET ČERPANIA FINANČNÝCH PROSTRIEDKOV ZA ROK 2004 (J. Kobza)	160
ROZBOR NÁKLADOV, PRÍNOSOV A EKONOMICKÁ EFEKTÍVNOSŤ RIEŠENIA (J. Kobza)	160
ZÁVER (J. Kobza)	160

ÚVOD

ČMS-Pôda bol aj v roku 2003 koordinovaný Výskumným ústavom pôdoznanectva a ochrany pôdy (VÚPOP) a realizovaný podľa schváleného projektu. Ide o 3. rok tretieho monitorovacieho cyklu. V tomto roku pokračovali analytické práce pôdných vzoriek zo základnej siete (z odberového roku 3. cyklu – 2002). Totiž celá monitorovacia sieť bola rozdelená do 24 základných skupín podľa pôdných typov a subtypov, ako aj kultúr využívania. Alikvótno každý rok sa analyzuje a vyhodnocuje 6 skupín pôd základnej siete.

Každoročne je realizovaná užšia sieť tzv. kľúčových monitorovacích lokalít (odbery, analýzy, vyhodnotenie), pričom v danom roku sa vyhodnocujú len tie kľúčové lokality podľa príslušnosti k vyhodnocovacím pôdam základnej siete. Keďže v tomto roku neprináležali žiadne kľúčové lokality vybraným skupinám pôd, tieto v tejto správe nevyhodnocujeme. Treba však zdôrazniť, že z kľúčových lokalít boli v tomto roku odobrané pôdne vzorky a analyzované. Budú však vyhodnotené v nasledujúcich správach.

Zároveň sú hodnotené údaje z Plošného prieskumu kontaminácie pôd (ÚKSUP Bratislava), ako aj z monitorovania lesných pôd (LVÚ Zvolen), ktorý v súčasnosti prechádza určitými organizačnými zmenami v nadväznosti na transformáciu ICP Forest na Forest Focus. Tento systém nie je samostatne finančne zabezpečený (finančne je zabezpečovaný v rámci ČMS-lesy).

Priebežne sa zdokonaľuje informačný systém monitoringu životného prostredia, a teda aj časti pôda. Tento rok bol významný tvorbou Európskej Direktívy monitoringu pôd, ktorý by mal byť predložený do európskeho parlamentu na schválenie. Bude to významný európsky legislatívny dokument zaväzujúci členské štáty EÚ k výkonu a kompatibilite jednotlivých národných monitorovacích systémov pôdy.

V roku 2004 bola vydaná propagačná listovka-skladačka o najnovších výsledkoch ČMS-Pôda. Súčasne boli aktualizované www stránky VÚPOP a MP SR o výkon monitoringu pôd SR a jeho dôležité informácie.

ROZHODUJÚCE TERMÍNY A AKTIVITY VYPLÝVAJÚCE Z RIEŠENIA ÚLOHY ČMS-PÔDA V ROKU 2004

15.-16.3.2004	- zasadnutie Európskej komisie v Bruseli k vypracovaniu Európskej Direktívy monitoringu pôd
14.-16.4.2004	- zasadnutie vo Viedni k monitoringu pôd Podunajských krajín
20.4.2004	- zasadnutie Európskej komisie v Bruseli k vypracovaniu Európskej Direktívy monitoringu pôd
27.4.2004	- koordinačná porada ČMS-P v Bratislave
19.8.-24.8.2004	- bola vydaná propagačná listovka-skladačka o najnovších výsledkoch monitoringu pôd a prezentovaná na AX v Nitre
25.8.2004	- boli spracované podklady z monitoringu pôd do Správy o stave životného prostredia
14.9.2004	- koordinačná porada spoluriešiteľských pracovísk na LVÚ vo Zvolene

- 20.9.-21.9.2004 - prezentácia výsledkov monitoringu pôd na Českých pedologických dňoch (Roztoky u Křivoklátu)
- 22.9.2004 - Kontrolný deň úlohy „Monitoring pôd SR“ za účasti zástupcu MP SR
- 28.9.2004 - prac. porada k racionalizácii monitoringu životného prostredia na MŽP SR v Bratislave
- 5.10.2004 - boli spracované výsledky formou príspevku pre Enviromagazín (do bloku monitoringu životného prostredia)
- 28.-29.10.2004 - medzinárodné zasadnutie k informačnému systému o životnom prostredí na SAŽP v Banskej Bystrici
- 6.-7.12. 2004 - koordinacna porada k monitoringu životného prostredia pod gesciou MŽPSR

Z ostatných dôležitých aktivít treba spomenúť aktualizáciu www stránky na VÚPOP, MP SR a SAŽP o aktuálne informácie monitoringu pôd.

ŠTRUKTÚRA A CIELE MONITORINGU PÔD PRE ROK 2004

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, taktiež spoluriešiteľských pracovísk ÚKSUP-u v Bratislave a LVÚ vo Zvolene.

CIELE MONITORINGU PÔD PRE ROK 2004

1. Terénne a odberové práce

- odber pôdných a rastlinných vzoriek v sieti 18 kľúčových lokalít v rámci SR (na základe rozhodnutia koordinačnej rady zostávajúce 3 lokality – vysokohorské pôdy (Chopok, Sitno, Donovaly), sa budú odberať v 5-ročných cykloch ako základná sieť, avšak podľa metodiky odberu vzoriek kľúčových lokalít)
- odber pôdných vzoriek zo 4 nových transektov pre sledovanie erózie pôd tak, aby bol dodržaný 5-ročný pozorovací cyklus (jednotlivé transekty sa nebudú odberať každoročne, pretože zmeny sledovaných parametrov boli len minimálne a štatisticky nepreukazné)
- odber pôdných vzoriek na 8 vybraných monitorovacích lokalitách za účelom sledovania salinizácie a alkalizácie pôd
- upresnenie lokalizácie niektorých sond monitorovacej siete a ich popis v zmysle najnovšej klasifikácie pôd (jedná sa o len niektoré sondy, ktoré boli počas posledného monitorovacieho cyklu zastavené, resp. porušené)

2. Analytické práce

- analýzy z 3. cyklu základnej siete (z odberov v roku 2002)
- dokončenie analýz z kľúčových lokalít (z odberov v roku 2003)
- analýzy z kľúčových lokalít (z odberov v roku 2004)
- analýzy pôdných vzoriek pre sledovanie erózie pôd (špec. sieť, z odberov v roku 2004)
- analýzy pôdných vzoriek pre sledovanie salinizácie a alkalizácie pôd (špec. sieť, z odberov v roku 2004)

3. Databáza ČMS-Pôda

- konverzia nového číselníka pôd
- priebežné napĺňanie databázy údajmi z 3. cyklu monitorovania pôd
- postupné dobudovávanie a aktualizácia informačného systému monitoringu životného prostredia, aktualizácia www stránky monitoringu pôd na serveroch VÚPOP, MP SR a SAŽP
- činnosť Strediska ČMS-Pôda a tvorba výstupov pre MP SR, MŽP SR, SAŽP a orgány štátnej správy

4. Hodnotenie dosiahnutých výsledkov a tvorba výstupov

- vypracovanie a vydanie propagačnej listovky-skladačky s najnovšími výsledkami monitoringu pôd SR
- vypracovanie priebežnej správy ČMS-Pôda za rok 2004
- tvorba výstupov hlavne podľa požiadaviek MŽP SR a MP SR

VECNE PLNENIE A VÝSLEDKY RIEŠENIA

Sledované parametre v oblasti prevádzky ČMS-P v roku 2004 v rámci VÚPOP Bratislava:

- | | |
|---|------------|
| - odber pôdnych vzoriek na chem. rozbor v sieti kľúčových lokalít: | 90 vzoriek |
| - odber pôdnych vzoriek na fyz. rozborov v sieti kľúčových lokalít: | 96 vzoriek |
| - odber rastlinných vzoriek v sieti kľúčových lokalít: | 18 vzoriek |
| - odber pôdnych vzoriek na chem. rozbor pre sledovanie erózie pôd: | 60 vzoriek |
| - odber pôdnych vzoriek na zákl. fyz. rozbor pre sledovanie erózie pôd: | 48 vzoriek |
| - odber pôdnych vzoriek pre sledovanie salinizácie pôd: | 32 vzoriek |

Spolu: Počet pôdnych vzoriek na chem. rozbor:	182
Počet pôdnych vzoriek na fyz. rozbor:	144
Počet rastlinných vzoriek (ťažké kovy):	18

Sumarizácia analýz v roku 2004 (VÚPOP Bratislava)

Laboratórium Rožňavská:

pH (KCl) – 191 analýz

pH (H₂O) – 131 analýz

pH (CaCl₂) – 131 analýz

P (Egner) – 357 analýz

K (Sch.) – 357 analýz

Mg (M I) – 21 analýz

P (M II) – 39 analýz

K (M II) – 39 analýz

Mg (M II) – 39 analýz

Cox – 205 analýz

Al (Sok.) – 49 analýz

N_{TOT} – 39 analýz

Hum. látky – 26 analýz

Hum. kyseliny – 26 analýz

T (CEC) – 58 analýz

H – 26 analýz

S – 26 analýz

EC – 11 analýz

hmot. (%) – 198 analýz

objem. (%) – 198 analýz

Pd – 198 analýz

Pc – 198 analýz

KN – 198 analýz

MKK – 198 analýz

RVK – 198 analýz

Pg – 198 analýz

Pn – 198 analýz

Ps – 198 analýz

Spolu: 5895 analýz

Ca (ex) – 69 analýz

Mg (ex) – 80 analýz

K (ex) – 58 analýz

Na (ex) – 69 analýz

Cd (ex) – 11 analýz

Pb (ex) – 11 analýz

Cd (HNO₃) – 154 analýz

Co (HNO₃) – 154 analýz

Cr (HNO₃) – 154 analýz

Cu (HNO₃) – 154 analýz

Ni (HNO₃) – 154 analýz

Pb (HNO₃) – 154 analýz

Zn (HNO₃) – 154 analýz

Hg – 154 analýz

Cd (DTPA) – 19 analýz

Cu (DTPA) – 19 analýz

Fe (DTPA) – 19 analýz

Mn (DTPA) – 19 analýz

Ni (DTPA) – 19 analýz

Pb (DTPA) – 19 analýz

Zn (DTPA) – 19 analýz

CuMZ1 – 33 analýz

ZnMZ1 – 32 analýz

FeMZ1 – 32 analýz

MnMZ1 – 32 analýz

Poznámka: Každá analýza bola vykonaná paralelne, čo celkovo činí – **11 790 analýz**

Analýzy v B. Bystrici za rok 2004:

Fyzikálne analýzy pôdy v počte 832 analýz

• Momentálna vlhkosť pôdy objemová	30 analýz
• Momentálna vlhkosť pôdy hmotnostná	30 analýz
• Objemová hmotnosť pôdy	30 analýz
• Merná hmotnosť pôdy	30 analýz
• Celková pórovitosť	30 analýz
• Kapilárna nasiaklivosť	30 analýz
• Maximálna kapilárna kapacita	30 analýz
• Retenčná vodná kapacita	30 analýz
• Maximálna vzdušná kapacita	30 analýz
• Stanovenie V_{15}	30 analýz
• Nekapilárna pórovitosť	30 analýz
• Semikapilárna pórovitosť	30 analýz
• Sušina v pôde	30 analýz
• Stanovenia sušiny	30 analýz
• Stanovenie špec. hmotnosti	30 analýz
Spolu:	450 analýz

Práce v oblasti databázy ČMS-P v roku 2004

- aktualizácia databázy o lokalizáciu pôdných monitorovacích lokalít
- priebežné napĺňanie databázy nameranými údajmi z 3. cyklu monitorovania pôd
- v zmysle Zákona č. 211/2000, § 33 b, Z.z. o slobodnom prístupe k informáciám boli vybrané a spracované údajové podklady z databázy monitoringu pôd SR do Správy o stave životného prostredia SR za rok 2004 za rezort pôdohospodárstva (bolo poslané v elektronickej forme MP SR 25.8.2004)
- bola aktualizovaná www stránka ČMS-P na serveroch VÚPOP, MP SR a SAŽP

Vyhodnocovacie práce a tvorba výstupov v roku 2004

- bola vydaná propagačná listovka-skladačka z doterajšieho zisteného vývoja pôd Slovenska
- dielčie výstupy boli prezentované na našich i zahraničných odborných a vedeckých podujatiach

- vypracovanie priebežnej správy ČMS-P za rok 2004
- spracovanie podkladov v rámci činnosti Európskej komisie pre výkon európskeho systému monitorovania pôd

ČÚ 01

KOMPLEXNÝ MONITORING VLASTNOSTÍ PŮD SR

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

KOMPLEXNÝ MONITORING VLASTNOSTÍ PŮD SR

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

Okrem našich prác a aktivít treba spomenúť aj práce v rámci EK pri tvorbe európskej siete monitoringu pôd, ako aj aktivity v rámci Podunajských krajín v rámci monitoringu pôd.

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

Po vstupe SR do EÚ vzrastajú požiadavky na aktuálne informácie o životnom prostredí. Zároveň tu vyplývajú pre Slovenskú republiku rozšírené reportingové povinnosti voči Európskej agentúre životného prostredia (European Environment Agency – EEA), ktorá je špecializovanou agentúrou Európskej únie. Čo sa týka systému monitorovania pôd, jeho ďalší trend sa nesie v smere kompatibility národných monitorovacích systémov pôd a ich racionalizácie a efektívnosti. V tomto duchu sa viedli aj koordinačné práce zo strany hlavného koordinátora monitoringu životného prostredia – MŽP SR. Hlavným predmetom ďalšej koncepcie celého monitoringu životného prostredia je jeho racionalizácia. Javí sa teda potreba zosúladenia / zjednotenia charakteristík a znakov jednotlivých ČMS najmä s:

- a. ukazovateľmi GEMS UNEP, TUR, EÚ a OECD
- b. ukazovateľmi, ktorých sledovanie určujú medzinárodné dohovory s environmentálnym zameraním
- c. ukazovateľmi, ktorých sledovanie určujú zákony v systéme environmentálneho práva SR
- d. ukazovateľmi databázy Bazálnych informácií o sídlach Slovenska (BISS)
- e. ukazovateľmi potrebnými pre zabezpečenie komplexného integrovaného manažmentu krajiny

Zjednotenie ukazovateľov, racionalita a potreba sledovania určitých ukazovateľov za účelom relevantných spoločenských požiadaviek, osobitne rozhodovacieho procesu štátnej správy si vyžaduje rozdelenie ukazovateľov do 3 kategórií:

- a. **prioritné**, ktoré je nevyhnutné zabezpečiť v súvislosti so záväzkami SR, s povinnosťami orgánov štátnej správy vyplývajúcimi zo zákonov a nevyhnutnými pre ich rozhodovanie
- b. **využiteľné**, ktoré je vhodné sledovať z hľadiska poznania environmentálnej situácie v SR s osobitným zdôvodnením
- c. **ostatné**, ktorých sledovanie môže byť vhodné a reálne po finančnom zabezpečení kategórie A prípadne kategórie B

Iné ukazovatele treba z jednotlivých ČMS vypustiť, keďže ich zaradenie nezodpovedá spoločenským požiadavkám, resp. môže vytvárať duplicitu.

V súčasnosti prebiehajú na pôde MŽP SR rokovania v rámci zabezpečenia racionálnej úpravy systému environmentálneho monitoringu. Treba však dodať, že pre pôdu bude smerodajná Európska Direktíva monitoringu pôd vypracovaná Európskou komisiou (EK) a schválená európskym parlamentom. O tomto vypracovávanom materiály pojednávame v ďalšej časti.

Na základe požiadavky MP SR boli spracované podklady monitoringu pôd SR pre zelenú správu o stave životného prostredia podľa jednotlivých odborných okruhov: acidifikácia, alkalizácia a salinizácia pôd, kontaminácia pôd, vývoj obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty a prístupných živín, kompakcia pôd, erózia pôd.

Taktiež v súčasnosti prebiehajú práce v spolupráci so Slovenskou agentúrou životného prostredia (SAŽP) v Banskej Bystrici na twinningovom projekte SK 03/IB/EN/01: Institutional and Capacity Building in the Environmental Sector. Slovenská agentúra životného prostredia bola Ministerstvom životného prostredia SR poverená pravidelným odovzďávaním informácií a údajov o životnom prostredí s cieľom splniť reportingové povinnosti podľa požiadaviek European Environment Agency (EEA). Z našej strany sa jedná o možnostiach poskytovania informácií o pôdach Slovenska vrátane výsledkov monitoringu pôd SR.

2. Spolupráca so spoluriešiteľskými organizáciami

Koordinačné aktivity prebiehali aj v roku 2004 v súčinnosti so spoluriešiteľskými organizáciami, ktorými sú Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky (ÚKSUP) v Bratislave za subsystém „Plošný prieskum kontaminácie poľnohospodárskych pôd“ a Lesnícky výskumný ústav vo Zvolene za monitoring lesných pôd.

Rok 2004 bol 4. rokom III. cyklu „Plošného prieskumu kontaminácie poľnohospodárskych pôd“ (PPKP). Dosiahnuté výsledky sú podobne ako za lesné pôdy uvedené v samostatných častiach tejto správy. Čo sa týka monitoringu lesných pôd, tento je prepojený medzinárodne na ICP Forest, ktorý v súčasnosti prechádza určitými reorganizačnými zmenami na tzv. Forest Focus, pričom by mal byť vydaný nový manuál systém monitoringu lesných pôd. Preto sa zatiaľ nezačalo s ďalším odberovým cyklom, posledný odber vzoriek v základnej sieti lesných pôd bol v roku 1998. Navyše podľa posledných informácií pôdy nie sú súčasťou systému Forest Focus, tento je zameraný na lesné dreviny a ich ochranu (najmä voči požiarom, živelným katastrofám apod.).

Stále problematickým zostáva zameranie v súčasnosti vyše 8 tis. poľnohospodárskych honov PPKP v rámci kompatibility tohoto subsystému s Komplexným monitorovacím

systemom pôd, na čo sa nám nedarí nájsť potrebné finančné prostriedky ani kapacity. Je tým totiž limitované aj spracovanie kompletných údajov v GIS-e.

Proces postupného zosúlad'ovania metodických postupov by sa mal urýchliť po schválení Európskej Direktívy monitoringu pôd európskym parlamentom (ktorý bude záväzným dokumentom pre poľnohospodárske i lesné pôdy) a jej začlenenia do európskej legislatívy, pričom s jej zavedením do praxe sa počíta v časovom horizonte od roku 2005, resp. 2006.

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

Koordinácia a realizácia monitoringu poľnohospodárskych pôd a pôd nad hornou hranicou lesa sa v roku 2004 podobne ako v predchádzajúcom roku uskutočňovala v 8-mich čiastkových úlohách. Predmetom sledovania sú viaceré odborné okruhy, ktoré sú uvedené v tejto správe podľa jednotlivých čiastkových úloh. Tieto odborné okruhy sú v súlade s európskym návrhom, dotýkajú sa určitých hrozieb prevažne jako prejav antropogénnej činnosti v zmenených ekonomických podmienkach (po roku 1990) a ktoré sa dotýkajú jednak aktuálneho stavu našich pôd, jako aj ich posledného, aktuálneho vývoja. Jedná sa o acidifikáciu, alkalizáciu a salinizáciu pôd, kontamináciu pôd, vývoj obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty a prístupných živín, utláčania pôd a vývoj erózie pôd na vybraných transektoch v rámci územia Slovenska. Súčasťou úlohy je aj určenie a vývoj indikátorov zraniteľnosti pôd voči vonkajším vplyvom.

V roku 2004 išlo o koordináciu a realizáciu nasledovných prác v rámci VÚPOP Bratislava:

a) Terénne práce a ich metodické zabezpečenie

V súlade s vypracovaným a schváleným Projektom ČMS-P (2000) boli v roku 2004 uskutočnené nasledovné terénne práce:

- odber pôdnych a rastlinných vzoriek v sieti kľúčových monitorovacích lokalít (18)
- odber pôdnych vzoriek v samostatnej sieti lokalít (8) pre sledovanie alkalizácie a salinizácie pôd
- odber pôdnych vzoriek v samostatnej sieti lokalít (4 transekty) pre sledovanie erózie pôd
- odber pôdnych a rastlinných vzoriek z 10 lokalít pre vývoj indikátorov zraniteľnosti ekologických funkcií pôd

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

b) Analytické práce

Všetky analýzy boli robené v centrálnom laboratóriu Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy v Bratislave, za Plošný prieskum kontaminácie poľnohospodárskych pôd boli analýzy uskutočnené pri ÚKSUP-e v Bratislave, za lesné pôdy pri LVÚ vo Zvolene.

V roku 2004 pokračovali analýzy z 3. odberového cyklu monitorovania pôd v SR. Ako sme už uviedli v predchádzajúcej správe, celá základná sieť bola rozdelená podľa pôdných predstaviteľov ako aj využívania (orné pôdy a trávne porasty) do 24 skupín, pričom na analýzy pripadá každoročne 6 skupín tak, aby do ukončenia 3. monitorovacieho cyklu (do roku 2006) bola zanalyzovaná celá základná sieť. V roku 2004 bolo analyzovaných nasledovných 6 skupín pôd (z odberov základnej siete v roku 2002):

- kambizeme na vulkanitoch (TTP)
- kambizeme na vulkanitoch (OP)
- kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach (OP)
- kambizeme na karbonátových substrátoch (TTP)
- kambizeme na karbonátových substrátoch (OP)
- rendziny (OP)

Súčasne sú analyzované pôdne vzorky z kľúčových monitorovacích lokalít, ktoré boli odobrané v roku 2004. Tieto však nie sú zahrnuté v tejto správe, pretože v súbore hodnotených pôd za rok 2004 sa nenachádza žiadna kľúčová lokalita. Analyzované kľúčové monitorovacie lokality budú hodnotené v ďalších správach. Zároveň boli odobrané pôdne vzorky zo samostatnej siete lokalít pre sledovanie alkalizácie a salinizácie pôd, ako aj pôdne vzorky zo samostatnej siete lokalít pre sledovanie erózie pôd, ktoré boli odobrané taktiež v roku 2004.

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

c) Vyhodnocovacie práce

Predkladaná priebežná správa ČMS-P je v podstate výkazom prác za rok 2004 spojená s hodnotením tých nameraných údajov, ktoré boli predmetom sledovania v tomto roku (6 pôdných skupín základnej siete). V samostatných častiach sú hodnotené výsledky zo samostatnej siete lokalít pre sledovanie alkalizácie, salinizácie a erózie pôd. V roku 2004 bola vydaná informatívna listovka-skladačka o najnovších výsledkoch monitoringu pôd v SR

v slovenskom aj anglickom jazyku. Súčasne boli v priebehu roka vyhodnocované dlhšie výsledky monitorovania pôd SR a publikované jednotlivými riešiteľmi v našich i medzinárodných periodikách, seminároch a konferenciách.

4. Medzinárodná činnosť

V marci a apríli tohto roka sa uskutočnili v Bruseli dve dôležité pracovné stretnutia Európskej komisie pre výkon monitoringu pôd. Jednalo sa o práce pri vypracovaní Európskej Direktívy monitoringu pôd, ktorá je v súčasnosti v tlači. Jedná sa prakticky o prvý európsky dokument, ktorý sa zaoberá výslovne len pôdou. Pre európsky parlament sme formulovali 7 základných bodov ako doporučení pre európsky pôdny monitoring, ktoré by mali byť zakotvené v európskej legislatíve:

- Európska komunita si vyžaduje iniciatívu v monitoringu pôd, pretože túto potrebuje pre stratégiu ochrany pôdy a jej manažmentu v členských štátoch EÚ
- Táto iniciatíva bude zároveň stimulovať tiež stratégiu ochrany pôdy na národnej úrovni
- Európska komisia bude postupne budovať pôdny monitorovací proces na báze už existujúcich monitorovacích systémov
- Pôdny monitorovací proces bude zahŕňať systematické skúšanie pôd, ako aj všetkých tlakov a hrozieb na ňu v priestore a čase
- Prvým krokom bude založenie koordinačnej skupiny, ktorá bude zodpovedná za kvalitu, kontrolu, archiváciu a distribúciu získaných informácií
- Druhý krok bude vyplývať z činnosti tejto koordinačnej skupiny produkovať informácie (správy) pre identifikáciu rizikových oblastí na základe rôznych ohrození pôd a ako podklad pre ciele monitoring týchto oblastí
- Ďalším krokom bude určenie východzieho stavu pre celkové oceňovanie pôd Európy

Požiadavky monitoringu pôd by mali byť zahrnuté v európskej stratégii pôd (Soil Thematic Strategy), ktorej predbežný termín jej zavedenie do praxe by mal byť koniec roka 2005. Pre jej finalizáciu začnú už v decembri 2004 pracovať pracovné tímy v nových komisiách, ktoré rozhodnú o ďalšom postupe.

Na príprave Európskej Direktívy monitoringu pôd sa podieľalo viacero expertných podskupín, ktoré sa zaoberali:

- existujúcim stavom národných monitorovacích systémov pôd
- parametrami a indikátormi, ktoré by mali byť sledované
- problematikou variability pôd
- potrebou harmonizácie prác a aktivít v rámci procesu monitorovania pôd
- problematikou privátneho vlastníctva a možnosti zavedenia a využívania monitoringu pôd i v tejto oblasti

Zvlášť významné boli rokovania v skupine návrhu parametrov a indikátorov, v ktorej som aj ja pracoval.

Boli navrhnuté jednak všeobecné parametre, ktoré budú slúžiť na efektívnu charakteristiku monitorovacích lokalít a tieto budú monitorované priamo, ako aj špecifické parametre, ktoré budú monitorované podľa jednotlivých ohrození (soil threats).

Medzi všeobecné parametre boli zaradené nasledovné parametre:

- popis pôdneho profilu podľa odsúhlaseného medzinárodného systému. Tento bude zahrňovať pomerne široké spektrum pozorovaní, ako napr. štruktúra pôdy, evidencia zhutnenia, stav pôdneho povrchu, hĺbka nepriepustných vrstiev, skeletnosť a pod.
- klasifikácia pôd podľa odsúhlaseného medzinárodného systému, pravdepodobne podľa WRB
- identifikácia pôdneho materského substrátu
- schéma odberu pôdnych vzoriek v dlhodobom vývoji
- charakteristika monitorovacej lokality, ako napr. svahovitosť, spôsob využívania
- je požadovaná dohoda pri hĺbke odberu pôdnych vzoriek (z horizontov, fixných hĺbok alebo kombináciou oboch variantov)
- objemová hmotnosť
- zrnitostné zloženie (piesok, prach, íl)
- pH pôdy
- kationová výmenná kapacita
- vododržná kapacita a vodná retenčná krivka
- hydraulická vodivosť (laterálna a vertikálna)
- hĺbka hladiny podzemnej vody
- mineralógia

Špecifické parametre sú navrhované podľa jednotlivých ohrození pôdy (soil threats):

1. Pôdna organická hmota a biodiverzita

Doporučené parametre pre pôdnu organickú hmotu

- celkový organický uhlík
- celkový (organický) dusík
- pomer C : N

Doporučené parametre pre biodiverzitu

- celkový organický uhlík
- celkový dusík
- objemová hmotnosť

2. Erózia pôdy

Doporučené parametre

- meteorologické údaje, charakteristika lokality
- údaje využitia lokality a hospodárenia na nej
- vegetačný kryt
- stabilita pôdnych agregátov (integračný efekt textúry a organickej hmoty)
- hydraulická vodivosť
- objemová hmotnosť

3. Kontaminácia pôdy

Doporučené parametre pre difúznu kontamináciu pôd

Je daný návrh chemických prvkov a ich extrakcia vo výluhu lúčavky kráľovskej za horúca:

- arzén (As)
- kadmium (Cd)
- chróm (Cr)
- meď (Cu)
- ortuť (Hg)
- nikel (Ni)
- olovo (Pb)
- fosfor (P) a dusík (N): živiny v spojitosti s eutrofizáciou
- zinok (Zn)

Z organických zlúčenín sú navrhované:

- zlúčeniny zo skupiny halogénov (napr. HCH, DDT/DDE)
- polycyklické aromatické uhľovodíky (PAU)
- polychlorované bifenyly (PCB)
- di-benzofurany a di-benzodioxíny (príp. ich kongenéry)

Doporučené parametre pre lokálnu kontamináciu pôd

Tieto môžu zahŕňať aj predchádzajúce parametre, nemôžu byť však špecifikované ako súčasť všeobecnej (národnej) monitorovacej siete, pretože požiadavky kladené na lokálnu kontamináciu pôd závisia od lokálnych okolností a podmienok. Tu sú navrhované nasledovné indikátory:

- a. Progres v manažmente kontaminovanej lokality
- b. Počet kontaminovaných lokalít pri rôznom stupni manažmentu
- c. Špecifické informácie o lokalite
- d. Register kontaminovaných lokalít
- e. Oblasť a povodie – špecifické informácie
- f. Nevyužívané priemyselné zóny
- g. Aplikácia kalov

To si v rámci ďalšieho výskumu vyžaduje:

- identifikáciu a kvantifikáciu zdrojov kontaminácie (geogénnej aj antropogénnej)
- vplyv dlhodobého chovania kontaminantov v pôde
- štúdium kontaminácie v systéme pôda-voda-sediment
- návrh, validácia, optimalizácia a harmonizácia vyčerpávajúcich, spoľahlivých a ekonomicky výhodných metód pre všetky postupné kroky charakterizovania pôdnej kontaminácie (vzorkovania, analýzy, atď.)
- včasné varovné systémy (napr. senzory) pre kontamináciu pôd
- identifikácia socio-ekonomických prostriedkov (financie, výchova, regulácia, administrácia)
- zlepšenie a harmonizácia modelovania transférov kontaminantov v prírodnom prostredí špecificky adresované pre:
 - a/ bioprístupnosť pre človeka
 - b/ bioprístupnosť pre rastliny a pôdne organizmy
 - c/ plynný transfér z pôdy do ovzdušia
 - d/ ekotoxikologicky prahové hodnoty a ich určenie/spoľahlivosť
- zlepšenie metodológie pre oceňovanie rizík (risk assessment) pre:
 - a/ remediačné aktivity na kontaminovanej lokalite
 - b/ možné opätovné využitie odpadových látok do pôdy (popolčky zo spaľovní, zlievarenské piesky a pod.)
 - c/ dopad poľnohospodárskej činnosti na pôdu (použitie kalov, hnojív a pod.)
 - d/ dopad difúznej kontaminácie a eutrofizácie atmosférickymi depozíciami
- vývoj flexibilných, ale harmonizovaných metód pre založenie „tolerovateľnej záťaže“ (tolerable loadings) v pôde
- identifikácia znížených kapacít pôdy a ich konzervácia
- vývoj metód pre porovnanie alternatívnych spôsobov manažmentu

4. Pôdy zastavaných území

Monitoring pôd zastavaných území môže byť realizovaný na základe prijateľného štatistického programu, ktorý je už v rámci členských krajín zabehnutý pomocou EUROSTAT-u. Táto časť monitoringu je však ešte otvorená. Najúspešnejšie priblíženie sa javí na základe diaľkového prieskumu Zeme (DPZ).

5. Kompakcia pôd

V tejto časti bol navrhnutý zatiaľ len jeden doporučený parameter, a to objemová hmotnosť.

6. Záplavy a zosuvy

Indikátory:

- Výskyt zosuvov a záplav
- Vplyv zosuvov a záplav
- Manažment hydrogeologických rizík
- Príprava máp hydrogeologických rizík

Táto časť je však stále široko diskutovaná, či ju zaradiť do globálnej monitorovacej siete.

7. Salinizácia a sodifikácia

Navrhované parametre:

- pH
- celkový obsah solí
- elektrická vodivosť pôdy: vodný extrakt
- sodíkový adsorpčný pomer (SAR), výmenné kationy (Na, K, Ca, Mg) v pôde
- percentuálne zastúpenie výmenného sodíka (ESP)

LUCAS ako podporný monitorovací systém

Na Európskej komisii pre európsky monitoring pôd sme často diskutovali o systéme LUCAS a jeho možného začlenenia do integrálneho monitoringu pôd členských štátov EÚ.

LUCAS (Land Use Land Cover Annual Survey) je v podstate pilotný projekt, ktorý v priestorovom ponímaní predstavuje štatistický prieskum pri získavaní harmonizovaných údajov využitia krajiny, pôdneho krytu ako aj dodatočných environmentálnych informácií. Zahŕňa asi 100 000 pozorovacích stanovišť (z toho 20 000 na ornej pôde) v pravidelnej sieti 18 x 18 km.

Kľúčové postavenie LUCAS-u:

- poskytuje harmonizovanú nomenklatúru a metódy sledovania v krajinách EÚ
- identifikuje poľnohospodársky pôdny kryt
- jasné rozlíšenie medzi pôdnym krytom a jeho využívaním
- pravidelná sieť 18 x 18 km
- systematické vzorkovanie
- lokalizácia pozorovacích stanovišť je dokumentovaná pomocou ortofotomáp a georeferenčného systému
- pravidelné pozorovanie v čase (s presnosťou 1 - 2 m)
- harmonizovaná kontrola kvality dát

LUCAS poskytuje taktiež nepriame údaje o pôdnej erózii, pôdnej organickej hmote, zastavaných územiach, možných záplavoch a zosuvoch.

Napriek tomu tento systém v EK pre monitoring pôd nebol doporučený pre monitoring erózie (vhodnejšie by bolo sledovanie erózie viackrát ročne). Navyše základné údaje poskytované od farmárov nie sú vždy presné. Preto využitie LUCAS-u pre európsky monitoring pôd je navrhované skôr ako podporný systém, pretože zabezpečuje pomerne široké spektrum informácií o pôdach a ich využití, pričom tento systém má zatiaľ pravidelné finančné zabezpečenie.

Monitoring pôd v rámci Podunajských krajín

Jedná sa o účasť na zabezpečení úlohy vyplývajúcej z medzinárodných záväzkov a dohôd SR (Arge Donau Länder). Na spoločnom stretnutí zúčastnených krajín, ktoré sa uskutočnilo v dňoch 14. – 16. apríla 2004 vo Viedni bol prezentovaný súčasný stav jednotlivých monitorovacích systémov v týchto krajinách. Bola konštatovaná značná heterogenita v metodických postupoch i v rozsahu sledovaných parametrov. Bolo preto dohodnuté:

- počkať na schválenie finálnej Európskej Direktívy monitoringu pôd
- rozposlať zúčastneným krajinám súbor navrhovaných indikátorov a parametrov podľa EK za účelom zistenia, čo sú schopní urobiť na konkrétnych vybraných monitorovacích lokalitách

- dodržanie navrhovaných metód a harmonizácia činností monitoringu pôd

Ďalšie pracovné stretnutie je plánované v apríli 2005 spojené s prezentáciou výstupov z národných monitorovacích systémov.

ČÚ 02

VÝVOJ PÔD A METÓDY JEHO HODNOTENIA

Zodpovedný riešiteľ: Doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.
RNDr. Jarmila Makovníková, CSc.
Ing. Miroslav Medved', CSc.

Vývoj pôd treba chápať v kontexte s vývojom jednotlivých zložiek životného prostredia. Vychádzajúc z definície pôdy ako prírodného útvaru, ktorá je integrálnou časťou ekosystémov Zeme, možné zmeny, a teda aj určitý vývoj pôd chápeme v interakcii konkrétnych zložiek životného prostredia, hlavne atmosféry, hydrosféry, biosféry a litosféry. Pôda je v podstate určitým spoločným médiom uvedených zložiek životného prostredia, v ktorej sa premietajú vplyvy týchto zložiek, či už hovoríme o globálnej klimatickej zmene, vplyvu kyslých dažďov, desertifikácii, kontaminácii a pod. Konkrétne zložky životného prostredia reagujú odlišne na rôzne záťaže, to znamená, že na jednej strane môže dôjsť k rýchlej zmene sledovaných parametrov, avšak zároveň i k rýchlej náprave, resp. úprave parametrov (napr. pri ovzduší, ale aj vode najmä tečúcej). Naopak u iných zložiek životného prostredia, môže dôjsť podobne k rýchlej zmene sledovaných parametrov, avšak ich náprava, resp. návrat k pôvodným parametrom je len pozvoľné (napr. pôd). Arnold et al (1990) vyznačujú určitú sekvenciu hlavných zložiek životného prostredia na základe ich možnej zmeniteľnosti, resp. reflexie:

atmosféra > hydrosféra > biota > pedosféra > litosféra

Uvedený rad indikuje pomerne nízku reflexiu pri pôdach, ktorá je blízka litosfére, ktorá je prakticky z nášho časového pohľadu prakticky stabilná. To znamená, že vo všeobecnosti, ale aj na základe doterajších sledovaní možno predpokladať najmenej výrazné zmeny v spodnej časti pôdneho profilu v blízkosti pôdotvorného substrátu a naopak najvýraznejšie zmeny možno predpokladať a aj doterajším sledovaním a výskumom boli tieto potvrdené práve vo vrchnej časti pôdneho profilu, najmä v tej časti pôdneho profilu, ktorá sa kultivuje (napr. v ornici), teda na orných pôdach.

Najvýraznejším prejavom antropickej činnosti na zmeny vlastností pôd, čo vyplýva aj z doterajšieho sledovania, je obsah prístupných živín v pôde, najmä fosforu a draslíka, ktoré pomerne dobre odrážajú úroveň hnojenia. V tejto časti hodnotíme aktuálny stav a vývoj tých vlastností pôd, ktoré nie sú predmetom riešenia ostatných čiastkových úloh, a to sú predovšetkým prístupné živiny P, K a Mg. Tiež sme sa pokúsili o vyjadrenie súvťahnosti niektorých dôležitých parametrov v niektorých pôdach Slovenska.

MATERIÁL A METÓDY

Boli použité jednotné analytické postupy pre monitoring pôd SR (Fiala a kol., 1999). Prístupné živiny boli hodnotené v pôdnom profile, pri pôdach pod trvalými trávnyimi porastami (TTP) v hĺbke 0-10 cm, 20-30 cm a 35-45 cm, na orných pôdach len v hĺbke 0-10 cm a 35-45 cm. Boli hodnotené nasledovné pôdy z odberov 3. cyklu monitoringu pôd SR: kambizeme na vulkanitoch (TTP), kambizeme na vulkanitoch (OP), kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach (OP), kambizeme na karbonátových substrátoch (TTP), kambizeme na karbonátových substrátoch (OP), rendziny (OP). V daných skupinách neboli vybrané žiadne kľúčové lokality, a preto ich tohoto roku v rámci uvedených skupín pôd nehodnotíme. Pri vyhodnotení boli použité základné matematicko-štatistické postupy. Štatistické spracovanie a vyhodnotenie výsledkov bolo uskutočnené v programe Statgraphic 5.0.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

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

1.1. Fosfor

Je všeobecne známe, že prirodzená zásoba fosforu je prakticky vo všetkých pôdach malá, jeho prípadnú vyššiu zásobenosť odzrkadľuje predovšetkým určitá úroveň hnojenia. Minerálne zlúčeniny fosforu v pôde majú rozdielnú rozpustnosť, a preto je rozličná aj ich prístupnosť pre rastliny. Na kyslých pôdach sa fosfor nachádza často vo forme fosforečnanov železitých a hlinitých, alebo sa môžu pútať na povrchu hydratovaných oxidov železa a hliníka. Tieto formy fosforu sú vo vode nerozpustné, a preto ich rastliny ťažšie prijímajú. V prípade, že pôda obsahuje väčšie množstvo vápnika, rozpustné fosforečnany môžu prejsť až na apatity. Preto je fosfor v pôde málo pohyblivý.

V tejto časti hodnotíme jednak aktuálny stav prístupného fosforu v hodnotených pôdach v roku 2004, ako aj jeho doterajší vývoj po 3. cyklus monitoringu pôd SR. Najnovšie, aktuálne údaje prístupného fosforu (stanoveného metódou Egnera kvôli porovnaniu s predchádzajúcimi cyklami) v hodnotených pôdach za rok 2004 sú uvedené v nasledovnej tabuľke 1.

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

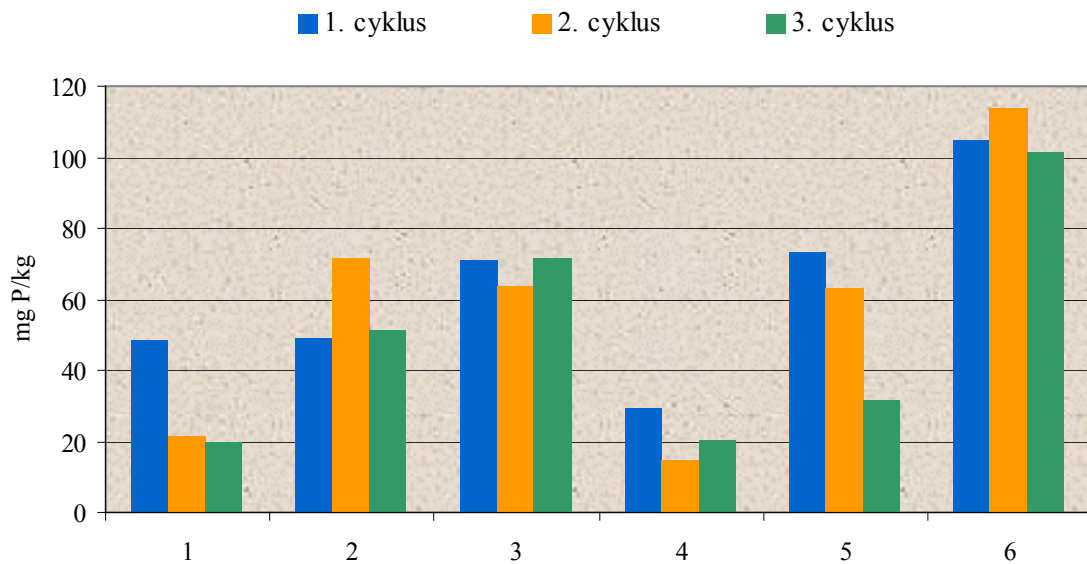
P.č.	Pôdy	Kultúra	Hĺbka v cm	P (mg.kg ⁻¹)		
				X _{min}	X _{max}	X
1	KM na vulkanitoch	TTP	0-10	6,84	37,49	19,74
			20-30	1,24	7,50	3,90
			35-45	0,94	5,44	2,19
2	KM na vulkanitoch	OP	0-10	9,61	100,50	51,28
			35-45	0,45	10,22	3,13
3	KM na kyslých substrátoch	OP	0-10	4,02	294,12	71,81
			35-45	0,53	77,20	27,47
4	KM na karbonátových substrátoch	TTP	0-10	3,38	62,79	21,26
			35-45	0,74	33,73	6,69
5	KM na karbonátových substrátoch	OP	0-10	24,03	40,37	31,34
			35-45	0,45	6,17	4,00
6	RA	OP	0-10	52,59	153,00	101,48
			35-45	1,94	89,15	40,00

Vysvetlivky: KM – kambizeme, RA – rendziny, TTP – trvalé trávne porasty, OP – orná pôda, X_{min.} – minimálna hodnota, X_{max.} – maximálna hodnota, X – aritmetický priemer

Na základe dosiahnutých výsledkov možno konštatovať veľmi nízky až nízky obsah prístupného fosforu na pôdach pod trvalými travnými porastami a jeho stredný až vysoký obsah na orných pôdach. Je to výsledok intenzívnejšieho P-hnojenia na orných pôdach najmä v minulosti, čo je skôr výsledok starej zásoby tohoto prvku v pôdach. Výrazné zníženie tohoto prvku v hlbšej časti pôdneho profilu svedčí o jeho prirodzenom nízkom obsahu v našich pôdach. Tiež je markantná variabilita údajov najmä na orných pôdach, kde variačný koeficient (R) sa pohybuje v rozpätí 20-290 mg P.kg⁻¹, pričom na pôdach pod TTP len v rozpätí 30-60 mg P.kg⁻¹. Je to spôsobené značnou rozdielnosťou P-hnojenia na sledovaných lokalitách najmä orných pôd. Čo sa týka vývoja obsahu prístupného fosforu v hodnotených

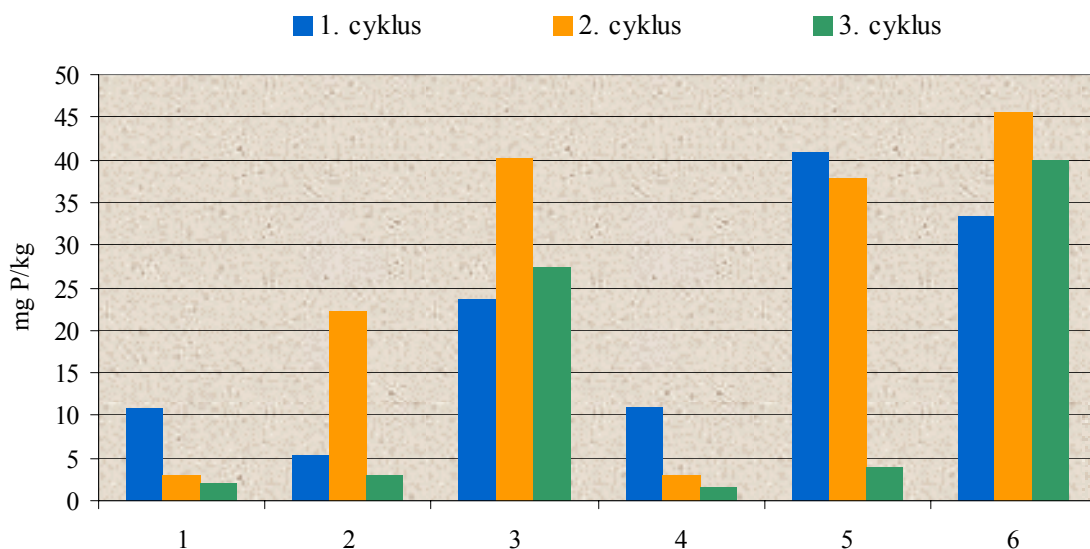
pôdach, možno konštatovať, že v priemere dochádza i naďalej k jeho miernemu poklesu oproti predchádzajúcim cyklom, a to na orných pôdach i pôdach pod trvalými trávnyimi porastami.

Obr. 1 Vývoj obsahu príst. fosforu (Egner) v ornici (0-0,10 m) sledovaných pôd



Podobný vývoj bol zistený aj v podornici, aj keď namerané hodnoty prístupného fosforu sú v jednotlivých cykloch variabilnejšie.

Obr. 2 Vývoj obsahu príst. fosforu (Egner) v podornici (0,35-0,45 m) sledovaných pôd



Najvyššie hodnoty prístupného fosforu spomedzi hodnotených pôd boli namerané v rendzinách. U kambizemí sú hodnoty prístupného fosforu nižšie vo všetkých cykloch, a to i v kambizemiach na karbonátových substrátoch. I v týchto pôdach však v pôdnom profile (najmä v povrchovej časti) je obsah karbonátov nízky až minimálny, čo sa prejavuje i na pôdnej reakcii (pH/KCl priemerne 5,5-5,9), pričom vyššie hodnoty sa nachádzajú na ornej

pôde (možný je tu i vplyv vápnenia najmä v minulosti). Celkovo najnižšie hodnoty prístupného fosforu boli zistené v kambizemiach pod trvalými trávnyimi porastami. I tu je však jeho časový trend klesajúci ako v humusovom horizonte, tak aj v hlbšej časti pôdneho profilu (v hĺbke 35-45 cm).

1.2. Draslík

Draslíkom sú naše pôdy na rozdiel od fosforu oveľa lepšie zásobené. Dokumentujú to aj výsledky 10. cyklu agrochemického skúšania pôd, pričom priemerná hodnota prístupného draslíka (podľa Mehlicha III.) bola zistená na ornej pôde 244,4 mg.kg⁻¹, pod trvalými trávnyimi porastami 178,4 mg.kg⁻¹ a na poľnohospodárskej pôde 236,2 mg.kg⁻¹, čo je už vysoký obsah tohoto prvku v poľnohospodárskych pôdach SR (ÚKSUP, 2000). Je to výsledok intenzívneho K-hnojenia v minulosti, jako aj odraz skutočnosti, že prirodzený obsah draslíka v pôdach je vyšší, pretože už samé horniny, z ktorých pôdy vznikli obsahujú K₂O. Pravda, pôdy neobsahujú toľko draslíka ako horniny, pretože pri rozpade kremičitanov sa časť draslíka vyplavuje a len časť zostane v pôde. Pôdy obsahujú priemerne 0,8-2,6 % K₂O (Ivanič a kol., 1975).

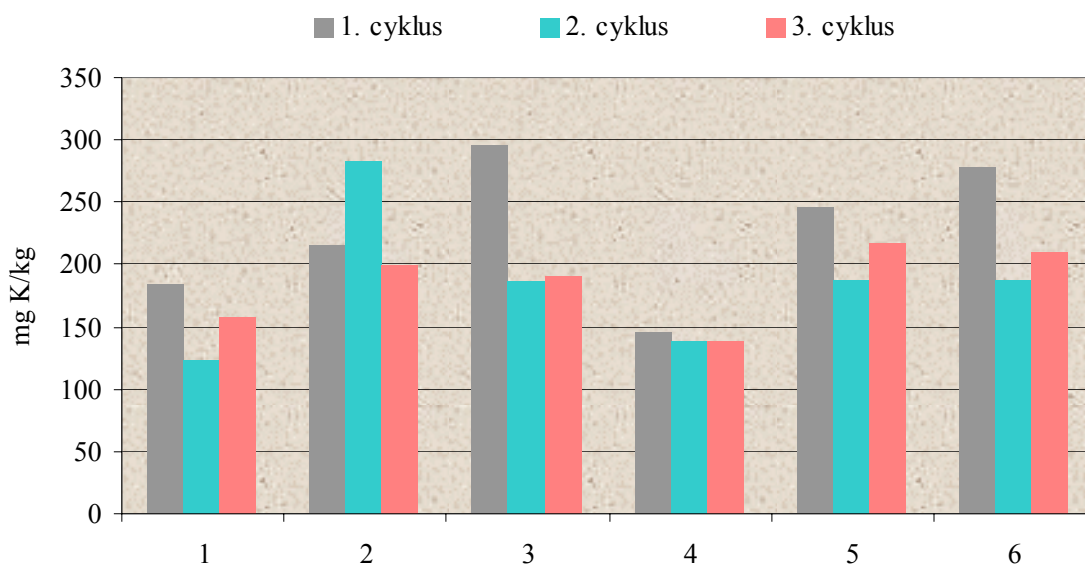
Nami zistené údaje prístupného draslíka (metódou Schachtschabela) sú uvedené v tabuľke 2.

Na základe zistených údajov možno konštatovať, že obsah prístupného draslíka na hodnotených orných pôdach je dobrý, podobne aj na pôdach pod trvalými trávnyimi porastami. Keďže hodnotená bola prevažná časť kambizemí monitorovacej siete SR, ktoré patria k našim najrozšírenejším pôdam, výsledky môžu byť do určitej miery potešujúce, že v priemere na týchto pôdach nemáme deficit tohoto prvku, čo podobne zistil aj ÚKSUP na poľnohospodárskych pôdach, ktorý zistil často až jeho vysoký obsah (ÚKSUP, 2000) a potvrdzuje predchádzajúce konštatovanie o dobrej (i prirodzenej) zásobenosti tohoto prvku v našich pôdach. Dokumentuje to aj jeho obsah v hlbších častiach pôdneho profilu, ktorý sa pohybuje v rozpätí prevažne dobrej zásobenosti tohoto prvku v hodnotených pôdach. Vývojový trend prístupného draslíka počas doterajších 3 cyklov je znázornený na obrázkoch 3 a 4.

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

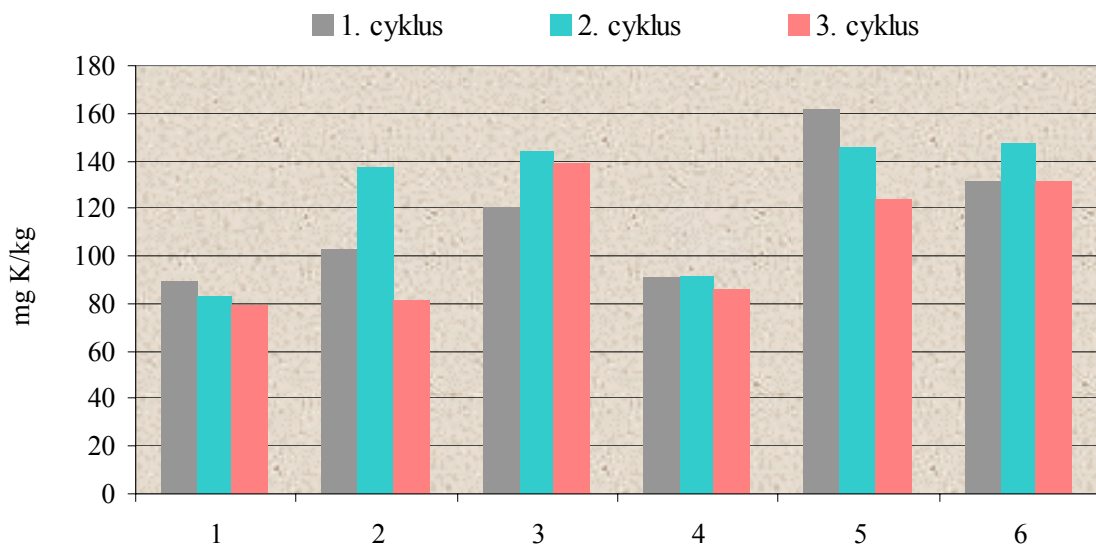
P.č.	Pôdy	Kultúra	Hĺbka v cm	K (mg.kg ⁻¹)		
				X _{min}	X _{max}	X
1	KM na vulkanitoch	TTP	0-10	75,32	260,39	156,61
			20-30	20,11	204,16	93,60
			35-45	12,95	184,73	79,28
2	KM na vulkanitoch	OP	0-10	83,60	333,90	199,60
			35-45	37,27	151,04	81,81
3	KM na kyslých substrátoch	OP	0-10	55,88	505,67	190,76
			35-45	64,37	318,92	138,78
4	KM na karbonátových substrátoch	TTP	0-10	59,60	288,32	132,60
			35-45	48,25	179,51	100,47
5	KM na karbonátových substrátoch	OP	0-10	158,30	253,80	215,96
			20-30	102,43	148,59	123,50
6	RA	OP	0-10	94,20	320,40	209,83
			35-45	62,20	257,41	131,30

Obr. 3 Vývoj obsahu príst. draslíka (Schachtschabel) v ornici (0-0,10 m) sledovaných pôd



I keď vývoj prístupného draslíka je pomerne variabilný, aj tu pozorujeme v priemere pokles jeho obsahu počas doterajšieho sledovania. Jeho obsah je však stále stredný až dobrý.

Obr. 4 Vývoj obsahu príst. draslíka (Schachtschabel) v podornici (0,35-0,45 m) sledovaných pôd



I keď hodnoty obsahu prístupného draslíka sú v podornici nižšie, tieto sú podobne v jednotlivých cykloch variabilné s mierne klesajúcim trendom.

V súlade s výsledkami agrochemického skúšania pôd (ÚKSUP, 2000) obsah prístupného fosforu je charakterizovaný jeho všeobecným poklesom. Zásobenosť draslíkom je vyššia ako fosforom, avšak vyššie čerpanie tejto živiny urýchľuje proces úbytku pôdnych zásob, najmä pri zníženom organickom hnojení.

1.3. Horčík

Horčík sa všeobecne zaraďuje medzi 5. hlavný biogénny prvok. Ako sme už hodnotili v predchádzajúcich správach ČMS-P, naše pôdy sú pomerne dobre zásobené touto živinou. Základné štatistické ukazovatele prístupného horčíka v hodnotených pôdach v roku 2004 je uvedené v tabuľke 3. Prístupný horčík sme sledovali len v ornici hodnotených pôd.

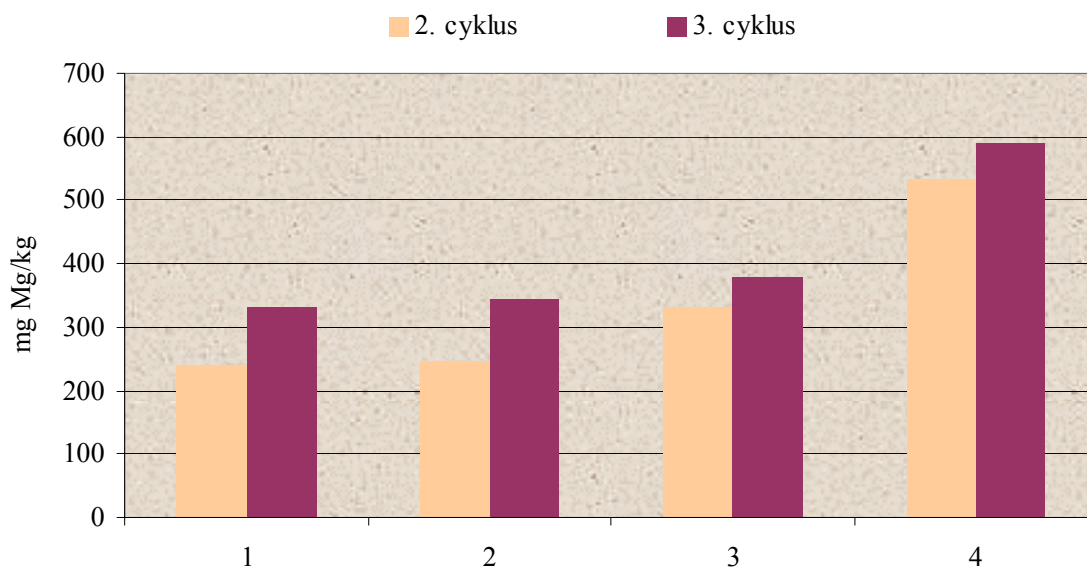
Tab. 3 Zastúpenie prístupného horčíka (Mehlich II.) vo vybraných pôdach (v hĺbke 0-10 cm) v 3. cykle monitorovania pôd SR

P.č.	Pôdy	Kultúra	Mg (mg.kg ⁻¹)		
			X _{min}	X _{max}	X
1	KM na vulkanitoch	TTP	86,62	796,46	385,25
2	KM na vulkanitoch	OP	180,00	284,90	217,67
3	KM na kyslých substrátoch	OP	83,35	592,7	317,37
4	KM na karbonátových substrátoch	TTP	31,50	963,90	383,55
5	KM na karbonátových substrátoch	OP	226,60	731,25	398,82
6	RA	OP	121,40	864,10	555,68

Na základe dosiahnutých údajov možno konštatovať, že obsah prístupného horčíka (podľa Mehlicha II.) podľa kritérií ÚKSUP-u (1993) je v priemere na všetkých hodnotených pôdach vysoký, čo len dokumentuje prirodzene veľmi dobrú zásobu tohto prvku v hodnotených pôdach. Môžeme pripustiť, že určité množstvo horčíka sa mohlo do pôdy potenciálne dostať vápnením najmä dolomitickým vápencom (CaCO₃.MgCO₃), avšak vysoký obsah horčíka bol zistený aj na pôdach pod trvalými trávnyimi porastami, na ktorých sa ani v minulosti prakticky nevápnilo. Najvyšší obsah horčíka bol zistený v rendzinách, najmä na tých, kde sa v podloží nachádzajú dolomitické vápence a dolomity.

Vývoj prístupného horčíka (podľa Mehlicha II.) za posledné obdobie je znázornený na obr. 5.

Obr. 5 Vývoj obsahu príst. horčíka (Mehlich II) v ornici (0-0,10 m) sledovaných pôd



Prístupný horčík je sledovaný len od 2. monitorovacieho cyklu, len v ornici. Jeho obsah v hodnotených porovnateľných pôdach je vysoký a v poslednom hodnotenom cykle sa ešte zvýšil. Všeobecne priaznivý obsah horčíka v poľnohospodárskych pôdach Slovenska uvádza aj ÚKSUP (2000) na základe svojich výsledkov, a to jako na orných pôdach, tak aj na pôdach pod trvalými trávnyimi porastami. Totiž väčšina poľnohospodárskych pôd Slovenska je dostatočne zásobená horčíkom vďaka prirodzeným zásobám tejto živiny v pôdotvorných substrátoch Karpatského oblúka a Podunajskej nížiny.

2. Doterajší vývoj pôd a jeho princípy

Aktuálny stav a vývoj pôd v podmienkach Slovenska sledujeme permanentne od roku 1993, kedy sa začal realizovať prvý odberový cyklus. Je známe, že pôdny kryt je v priestore veľmi zložitý, a preto jeho monitorovací systém môže byť len výrazne zjednodušeným systémom. Navyše je tu celý rad vlastností pôd, ktoré môžu byť relatívne stabilné, dynamické i veľmi dynamické. Zmeny, ktoré vykazujú môžu byť často reverzibilné, ale i ireverzibilné, čo môže vyúsťovať až k degradácii a pretvoreniu pôd. Tieto dynamické systémy sú výsledkom určitého predchádzajúceho vývoja (často dlhodobejšieho) – tzv. genézy pôd. Nachádzajú sa však v stave určitej dynamickej rovnováhy so súčasným stavom pôsobenia aktívnych zložiek ich okolia, ktorými sú: klíma, vegetácia, ľudský činiteľ a jeho vplyvy a na veľkej časti územia aj podzemná voda. Okrem toho sú v rovnováhe aj s pôsobením prevažne pasívnych zložiek, ktorými sú geologicky pôdotvorný substrát a reliéf. Čím je pôda plytšia, čo znamená že geologický substrát sa nachádza bližšie k povrchu pôdy, je táto pôda viac ovplyvňovaná mineralogickým a chemickým zložením tohoto substrátu.

Dynamická rovnováha jednotlivých pôd s ich okolím sa prejavuje zmenami stavov, tj. parametrov vlastností, ktoré v danom časovom okamžiku sú predmetom zisťovania. Tento „časový okamžik“ by mal vyjadrovať stav, kedy sú sledované parametre v tzv. ustálenom stave, tj. kedy pôdy v prevažnej miere nie sú ovplyvnené agrochemickými zásahmi ani hnojením, čo je v našich podmienkach v období máj-jún, kedy sú pôdy pod porastom pestovaných plodín. Je to dôležité najmä pre sledovanie dynamickejších vlastností, ktoré mimo tohoto obdobia môžu vykazovať výrazné amplitúdy, pričom medzi jednotlivými pozorovacími cyklami môže dochádzať k výraznejším rozdielom, čo by však nezodpovedalo skutkovému stavu, pretože tieto vlastnosti sú často reverzibilné, tj. pohybujú sa do určitej miery okolo svojej strednej hodnoty, ktorú vlastne vyjadruje ustálený stav.

Ak sa hranice priestoru optimálnych stavov pôdneho systému v niektorých z parametrov prekročia, dochádza k ich nevratným (ireverzibilným) resp. k dlhodobým nevratným zmenám a k prechodu do iného rovnovážneho stavu, ktorý môže mať niekedy taký výrazný prejav, že hovoríme až o deštrukcii pôvodnej pôdy (napr. pri intenzívnej erózii, alebo pri antropogénnej, či prírodnej devastácii, pri zosunoch apod.). Takéto zmeny sú predmetom monitoringu pôd. Monitoring pôd sleduje už tendenciu k nevratným zmenám vlastností pôd, ale rovnako aj stabilitu parametrov pôdnych vlastností. Dôkazy tendencie týchto zmien, resp. stability, sa v monitoringu pôd realizujú aj so zohľadnením priestorovej heterogenity parametrov pôdnych vlastností (na príklade kľúčových lokalít) tak, aby sa ich rozdiely v priestore nezamieňali za nevratné vývojové zmeny v čase, čím by sa vytvárali neobjektívne informácie o vývoji pôd.

3. Variabilita a vývoj pôdnych parametrov

Monitorovacia lokalita je plocha kruhového tvaru s polomerom 10 m (314 m²), ktorú charakterizuje 5 vzoriek odobraných z náhodných miest. Rozptyl parametra aktívnej pôdnej reakcie na vybraných kľúčových lokalitách uvádza tabuľka 4.

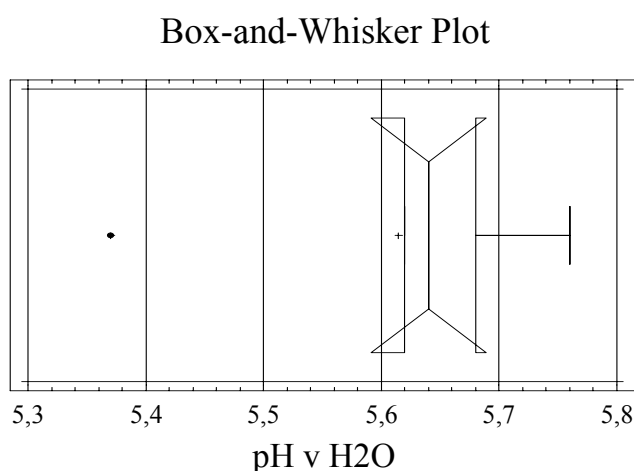
Tab. 4 Hodnoty rozptylu parametra pH v H₂O v rokoch 1995 – 2003 (hĺbka 0-0,10m)

lokalita		Hodnoty rozptylu parametra pH v H ₂ O v rokoch 1995 -2003			
		1995	1997	1999	2001
KM - TTP Raková	priemer	5,95	5,73	5,55	5,61
	min. – max.	5,77-6,00	5,35-5,93	5,29-5,68	5,37-5,68
	rozptyl	0,0219	0,0931	0,0276	0,0172
KM – OP Istebné	priemer	6,88	7,02	6,97	6,59
	min. – max.	6,75-7,05	6,91-7,03	6,75-7,20	6,45-6,75
	rozptyl	0,0151	0,0041	0,0276	0,0096

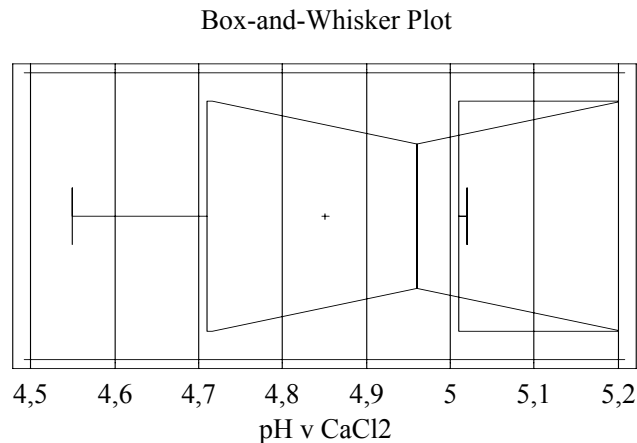
Zo získaných výsledkov na príklade kľúčových lokalít KM môžeme konštatovať, že plošná variabilita sledovaného parametra na monitorovacej ploche je nízka (neprekračuje hodnotu 0,09) a 5 odberov z plochy monitorovacej lokality plne charakterizuje hodnotu pôdnej reakcie na kľúčovej lokalite. Doporučenú plochu do 400 m² ako reprezentatívnu uvádzajú vo svojej práci Barrenstein a Leuchs (1991).

Box-Whisker grafy vizuálne charakterizujú úroveň variability aktívnej a výmennej reakcie na vybranej kľúčovej lokalite (KM – lokalita Raková, využívaná ako trvalý trávny porast, odber v roku 2001), kvartilové a variačné rozpätie ako aj vybočujúce hodnoty. Zvislé strany grafu predstavujú horný a dolný kvadrant. Vyššia variabilita bola stanovená v prípade aktívnej pôdnej reakcie, jedna hodnota sa nachádza mimo 95 % intervalu, ale nie je vzdialená viac ako 1,5 násobok rozdielu horného a dolného kvartilu. V prípade testovania výmennej pôdnej reakcie sú všetky merané hodnoty v 95 % intervale spoľahlivosti.

Obr. 6a Kambizem: Box-Whisker graf pre pH v H₂O

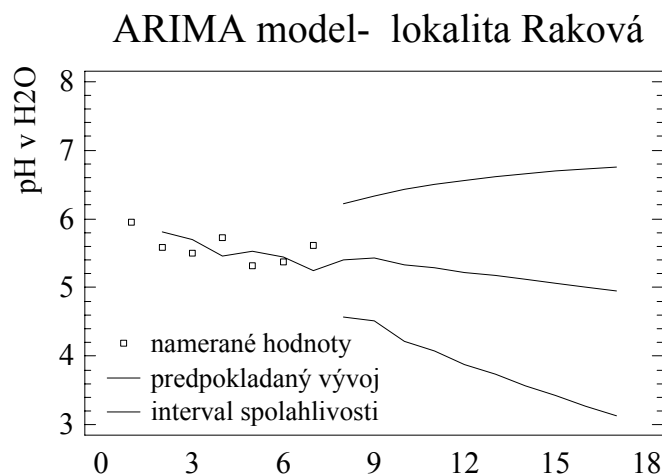


Obr. 6b Kambizem: Box-Whisker graf pre pH v CaCl₂

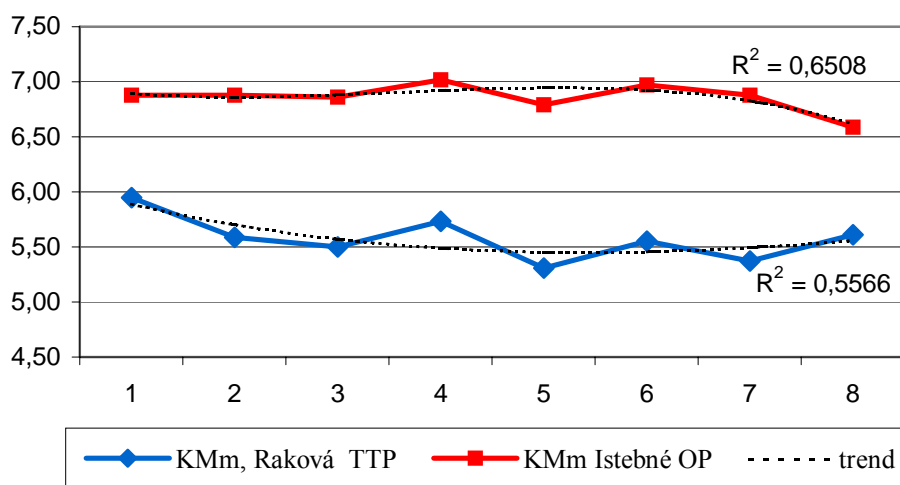


Monitorovací systém, ako model originálu – pôdneho krytu, je realizovaný účelovo zjednodušenou množinou pôdnych profilov v nepravidelnej (poľnohospodárske pôdy a pôdy nad hornou hranicou lesa) a v pravidelnej sieti (lesné pôdy) na celom území Slovenska so zaznamenávaním a vyhodnocovaním zmien stavov vlastností v týchto profiloch v pravidelných 5-ročných intervaloch. Záznamy o zistených parametroch pôdnych vlastností sú uložené v časových radoch v bázе dát informačného systému monitoringu pôd Slovenska. Monitorovací systém však nezaznamenáva zmeny stavov pôdnych vlastností s časovými intervalmi periodicky kratšími ako 1 rok, pretože ako sme to už uviedli vyššie, nie je to ani jeho cieľom. Navyše pri súčasnej úrovni finančného zabezpečenia by to ani nebolo možné realizovať. Vyhodnotením časových radov pôdnych vlastností v rámci základnej siete použitím matematicko-štatistických metód pre párované hodnoty sa zisťuje preukaznosť sledovaných zmien alebo stabilita pôdnych vlastností. Pri hodnotení viacročných meraní realizovaných na kľúčových lokalitách sa využíva jednoduché dynamické kvantitatívne modelovanie, v ktorom premenné definujúce daný systém sú funkcie času a výsledkom je trend vývoja číselných hodnôt danej premennej. Validácia modelov prebieha sledovaním skutočného vývoja daného parametra v ďalšom časovom období.

Obr. 7 Arima model vývoja hodnôt pôdnej reakcie



Obr. 8 Vývoj hodnôt pôdnej reakcie na kľúčových lokalitách -kambizeme



Modelovanie trendov pomocou matematických vzťahov v rámci základnej siete je v súčasnosti ešte dosť obmedzené pre zatiaľ veľmi nízky počet pozorovaní (v súčasnosti prebieha len 3. cyklus). Reprezentatívnosť a objektivita monitorovacej siete je zo štatistického hľadiska podmienená jej hustotou a usporiadaním v priestore. Z toho hľadiska sa jedná o štatistický výber obmedzený určenými finančnými nákladmi, aj organizačnými možnosťami monitoringu. Približne rovnomerne hustá sieť monitorovacích lokalít na poľnohospodárskych i lesných pôdach sú však dostatočné preto, aby boli splnené všetky ciele monitoringu pôd podľa aktualizovaného projektu ČMS-P (2000).

Tento systém však samozrejme nemôže zaznamenávať lokálne – maloplošné zmeny v pôdnom kryte Slovenska (lokálne havárie, deštrukcie pôd eróziou alebo zosuvmi apod.). K zaznamenávaniu podobných zmien slúžia iné čiastkové monitorovacie systémy monitoringu životného prostredia a činnosť orgánov štátnej správy s ich informačným systémom podľa príslušnej legislatívy ochrany pôd a životného prostredia.

Začiatok a priebeh realizácie spadá do obdobia zmenených spoločensko-ekonomických podmienok po roku 1990. Toto obdobie je charakteristické výrazným obmedzením vstupov do pôdy, čiastočným zlepšením emisnej situácie, ale aj pomerne značnou rôznorodosťou aktivít na pôde. Preto výsledky a doterajšie zistenia aktuálneho stavu a vývoja pôd sú zvlášť dôležité nielen v našich podmienkach, ale aj celoeurópskom kontexte. V súlade s návrhom Európskej komisie a vypracovanou Európskou Direktívou monitoringu pôd je sledovaný vývoj dôležitých parametrov pôdy, ktoré súvisia s acidifikáciou, alkalizáciou, kontamináciou pôd, vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho obsahu humusu, obsahu prístupných živín P, K, Mg, kompakciou a eróziou pôd. V nasledovnej tabuľke uvádzame prehľad doterajšieho vývoja uvedených ohrození pôdy s tendenciou ich zmien v ornici a podornici.

I napriek doterajšiemu pomerne krátkodobému sledovaniu, boli zistené najvýraznejšie zmeny v zníženom obsahu pôdnej organickej hmoty prakticky na všetkých orných pôdach. Podobne výraznejší pohyb nastal tiež v obsahu prístupných živín (najmä v obsahu fosforu a draslíka) v smere jeho zníženia.

Tab. 5 Doterajší vývoj poľnohospodárskych pôd a indicie ich zmien

Pôdy	Kultúra	Acidifikácia	Alkalizácia a salinizácia	Desertifikácia	Kontaminácia	POH		Obsah príst. živín (P,K,Mg)	Kompakcia	Erózia
						Obsah	Kvalita			
ornica	OP	1	1	1	1	2	1	2	1	2
	TTP	1	1	1	1	1	1	1	-	1
podornica	OP	1	2	1	1	1	-	1	2	2
	TTP	1	2	1	1	1	-	1	-	1

Vysvetlivky: POH – pôdna organická hmota, 1 – málo výrazné až nevýrazné zmeny, 2 – výrazné zmeny, OP – orná pôda, TTP – trvalé trávne porasty, - nehodnotené,

Výrazný je aj vplyv erózie, tento však závisí od viacerých dôležitých faktorov (svahovitosť, plodina, agrotechnika a ďalšie). Tiež aktuálny je problém utlačania (kompakcie) pôd najmä v podornici našich najúrodnejších pôd (černozeme, hnedozeme). Efekt utlačania v ornici je narušovaný agrotechnikou a spôsobom obrábania pôdy. Markantný je aj efekt salinizácie a alkalizácie (najmä primárnej), ktorý sa výraznejšie prejavuje v hlbších častiach pôdneho profilu najmä v oblasti vplyvu silne mineralizovanej podzemnej vody v suchších a teplejších oblastiach Slovenska. Intenzita salinizácie v povrchových častiach pôdneho profilu v takýchto lokalitách a oblastiach závisí od rýchlosti a výšky vzĺnania podzemnej vody systémom kapilár, preto tento efekt je tu menej výrazný. Pri ostatných parametroch a záťažach boli zmeny zatiaľ prakticky málo výrazné až nevýrazné, takže je vôbec diskutabilné v niektorých prípadoch o zmenách hovoriť, i keď určité indicie tu existujú. Tak je to napríklad aj pri hodnotení kontaminácie, kde zistené rozdiely medzi jednotlivými monitorovacími cyklami sú prevažne štatisticky nepreukazné, i keď možno pozorovať skôr určitý posun k miernemu zlepšeniu hygienického stavu pôd. Je to spôsobené jednak redukciami priemyselnej výroby, na druhej strane modernizáciou technológie výroby, konštrukciou účinnejších filtrov apod.. Napokon aj vplyv balastných látok z priemyselných hnojív je nižší, pretože sa výrazne za posledných 15 rokov znížili ich dávky. Podobne je to aj s procesom acidifikácie, pri ktorom parametre sledovania sú medzi jednotlivými monitorovacími cyklami podobne štatisticky prevažne nepreukazné, i keď určité indicie v smere acidifikačného procesu existujú najmä na kyslých pôdach a substrátoch.

Všeobecne výraznejšie zmeny boli zistené v ornici poľnohospodárskych pôd, ktoré sú bezprostredne ovplyvňované kultivačnou činnosťou. Od spôsobu kultivácie závisia aj určité zmeny v podornici, najmä v súvislosti s utláčaním pôd. V hlbšej časti sú možné zmeny sledovaných parametrov pozvoľnejšie a sú viac ovplyvňované dominantným vplyvom charakteru geologického podložia.

Charakter využívania poľnohospodárskych pôd (orná pôda, trvalé trávne porasty) má tiež výrazný vplyv na možné zmeny sledovaných parametrov pôd. Predovšetkým rozdielny vplyv kultivácie, pričom na pôdach pod trvalými trávnyimi porastami je nižší ako na orných pôdach, čo sa prejavuje aj rozdielnymi výsledkami na týchto pôdach, ktorých rozdiely medzi jednotlivými cyklami sú prevažne štatisticky nepreukazné, a teda predpokladané zmeny zatiaľ málo výrazné až nevýrazné. Opačná situácia však nastáva pri rozoraní trávnych porastov, kde dochádza k výraznej skokovitej zmene niektorých sledovaných parametrov (napr. zníženie obsahu pôdnej organickej hmoty až o polovicu).

Najmä pri zatiaľ málo výrazných zmenách nie je jednoduché zohľadňovať vplyv ďalších faktorov na tieto tzv. zmeny. O niečo lepšie je to pri výraznejších zmenách pôdnych vlastností i faktorov, ktoré môžu na tieto zmeny pôsobiť (obsah pôdnej organickej hmoty, obsah prístupných živín, erózia pôd), a ktoré sú zvlášť hodnotené v časti erózia pôd. Navyše je tu zatiaľ malý časový rad (prebieha len 3. cyklus), čo najmä pri možnom modelovaní súčasného vývoja pôd, vypočítané korelácie by sa mohli vyznačovať značnou nepresnosťou.

4. Vývoj metód a zabezpečenie kvality analytických výsledkov

Analytická chémia vo všeobecnosti disponuje s veľkým, neustále sa aktualizujúcim súborom metód a laboratórnych techník. Pretransformovať tieto informácie so zameraním na analýzy pôd predpokladá intenzívnu prácu na vývoji metód a techník, ktoré výrazne zvýšia kvalitu výsledkov stanovení, a tým aj kvalitu hodnotenia vývoja pôdnych vlastností vo všetkých súvislostiach. Mojm cieľom, ako spoluriešiteľa ČU O2, je prispieť v čo najväčšej miere k zvýšeniu kvality chemicko-analytických stanovení.

Zhodnotenie analytických metód stanovenia sorpčných vlastností pôd, výber, modifikácie a zavedenie metódy

Bolo prehodnotené stanovenie potenciálnej kationovej výmennej kapacity a výmenných katiónov. Metóda stanovenia podľa Mehlicha, ktorá bola veľmi prácna, bola citlivo nahradená modifikáciou podľa Bascomba. Táto náhrada (perkolácia pôdy je nahradená viacnásobnou extrakciou) je bez negatívneho zásahu a navyiac je používaná aj v ostatných krajinách EÚ. V súčasnosti je evidovaná ako STN ISO 13536. Pri zavádzaní tejto metódy bolo vypracované a zavedené aj alternatívne riešenie stanovenia CEC_{pot} (hodnota „T“) odmernou analýzou (komplexometricky). Ukázalo sa, že táto alternatívna metóda stanovenia Mg^{2+} nielen vyhovuje, ale aj to, že je v prípade stanovenia CEC_{pot} jej použitie výhodnejšie vo viacerých smeroch, ako stanovenie Mg^{2+} metódou FAAS. Pre lepšiu predstavu uvádzam výpočet pre CEC_{pot} pri stanovení alternatívnou metódou :

$$CEC_{pot} [\text{cmol}(+)/\text{kg}] = \frac{23,972 (K - B_2)}{n}$$

kde

K- spotreba 0,02M chelatónu 3 na titráciu 5 ml 0,02M roztoku $MgSO_4$

B_2 - spotreba 0,02M chelatónu 3 na titráciu 5 ml pôdneho výluhu v ml, skorigovaná na objem kvapaliny zadržanej odstredovanou pôdou

$$B_2 = \frac{B_1(30 + m_2 - m_1)}{30}$$

B_1 - spotreba 0,02M chelatónu 3 na titráciu 5 ml pôdneho výluhu B v ml

m_1 – hmotnosť PEOS s pôdou vysušenou na vzduchu

m_2 – hmotnosť PEOS s vlhkou pôdou po premytí vodou

PEOS – polyetylénová odstredivková skúmavka s uzáverom

Praktické využitie hodnôt kationovej výmennej kapacity pre potreby hnojenia draslíkom, vápnikom a horčíkom (vývoj metódy)

Vzťahy medzi okamžitým množstvom kationov K^+ , Mg^{2+} a Ca^{2+} v pôdnom roztoku a pevnou zložkou pôdy sú predovšetkým vzťahy iónových výmen. Ide teda predovšetkým o rovnováhu medzi pôdnym roztokom a výmenne viazanými kationmi v sorpčnom pôdnom komplexe. Našou snahou by preto malo byť udržiavať vhodné množstvo a pomer jednotlivých kationov v pôde, aby mohla byť dobre zaistená vyvážená výživa rastlín a nemohlo prísť k negatívnemu pôsobeniu na rastliny, pôdu a životné prostredie. Inými slovami, ak poznáme hodnotu kationovej výmennej kapacity pôdy, zastúpenie jednotlivých kationov a máme predstavu o vhodnom percentuálnom zastúpení kationov v sorpčnom komplexe, tak potom je možné vypočítať potrebné dávky živín a hnojív pre vápnik, horčík a draslík, vrátane dávok na optimálne dosýtenie. K riešeniu budú použité výsledky ČMS-Pôda a výsledkom riešenia bude metodika pre praktické využitie hodnôt kationovej výmennej kapacity pre hodnotenie obsahu živín v pôde a hnojenie. Metodika bude predložená v roku 2005.

Používanie štandardizovaných analytických metód

Začlenenie nášho ČSM-Pôda do Európskeho monitorovacieho programu bude vyžadovať radikálnu aktualizáciu našich metód rozborovania pôd, ktoré musia plne harmonizovať so skúšobnými metódami používanými v EÚ. Ako príklad uvádzam stanovenie pH, ktoré patrí k základným požiadavkám pre zistenie kvality pôdy, nakoľko hodnota pH má vplyv na väčšinu chemických a biologických procesov v pôde. Vo všeobecnosti určitým problémom sa javí to, že aby riešitelia ČSM-Pôda mohli vyhodnocovať výsledky analýz za rovnakých podmienok stanovenia aké boli dodržiavané v minulosti, nemôžeme radikálne zaviesť napr. stanovenie pH-H₂O, pH-KCl resp. pH-CaCl₂ podľa ISO 10390, ale musíme postupovať ústretovo a používať takú metódu stanovenia hodnotiaceho ukazovateľa, akú si žiada riešiteľ. Takto pokračovať v budúcnosti nebude asi možné, a preto musíme všetci spoločne nájsť cestu, ako dosiahnuť súlad medzi zachovaním kontinuity hodnotenia výsledkov a správnosti ich stanovenia, pretože monitorovanie zmien kvality obhospodarovateľných pôd si vyžaduje citlivé využívanie metód, ktoré poskytnú presné a správne informácie. Informačná hodnota nesprávne stanoveného pôdneho ukazovateľa nemá náležité výpovednú hodnotu, a tak sa môže stať, že napriek správnej interpretácii, avšak nesprávne získaných výsledkov môže prísť pri hodnotení vývoja a vlastností pôd k omylu. Nepostrádateľnou súčasťou aktualizácie resp. harmonizácie metód musí byť aj aktualizácia kontroly kvality analytických výsledkov.

Návrh na aktualizáciu zabezpečenia kvality analytických výsledkov pre ČSM-Pôda

Výsledky skúšok laboratória slúžia ako podklady pre monitorovanie zmien kvality pôd. Preto cieľom laboratória je produkovať správne a presné výsledky. K splneniu tohto cieľa musí byť v laboratóriu zavedený taký systém kvality, ktorý bude garantovať, že laboratórium je schopné produkovať správne a presné výsledky. Základnou podmienkou k zabezpečeniu kvality výsledkov analýz je zavedenie postupov riadenia kontroly systému kvality monitorovaním platnosti vykonaných analýz. Toto operatívne riadenie kvality, ktoré zabezpečuje kvalitu výsledkov, môže byť vnútorné, ale aj externé.

Vnútorne riadenie kvality je súhrn činností, ktoré musí laboratórny personál vykonať pre kontrolu jednotlivých operácií a výsledkov merania za účelom potvrdenia, že výsledky skúšok sú dostatočne spoľahlivé. V laboratóriu, ktoré vykonáva analýzy pre ČSM-Pôda by vnútorne riadenie kvality malo zahŕňať:

- kontrolu presnosti dvoch paralelných stanovení
- kontrolu analýzou certifikovaných referenčných materiálov
- kontrolu analýzou interných kontrolných vzoriek

Pri kontrole presnosti dvoch paralelných stanovení sa presnosť určuje pomocou dovolenej diferencie paralelných stanovení. Každá skúška sa vykonáva v dvoch paralelných stanoveniach. Rozdiel výsledkov sa porovná s dovolenou diferenciou opakovateľnosti. Pokiaľ rozdiel paralelných stanovení je menší, najvyšší rovný dovolenej diferencii opakovateľnosti, tak sa vypočíta priemer oboch paralelných stanovení a uvedie sa ako výsledok analýzy. Ak je rozdiel paralelných stanovení väčší, tak sa vykonajú ďalšie dve opakované stanovenia a rovnakým spôsobom sa zistí, či výsledky vyhovujú podmienkam opakovateľnosti.

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

Pri kontrole analýzou interných kontrolných vzoriek je možné kontrolovať len presnosť metódy. Ako kontrolnú vnútornú vzorku (VKV) možno použiť ľubovoľnú pôdu, ktorá však musí byť dostatočne homogénna a stabilná a svojím zložením a fyzikálnymi vlastnosťami sa musí čo najviac zhodovať so stanovovanými skúšobnými vzorkami. Materiál je vhodné dávkovite zabaliť a uskladniť tak, aby bolo možné po dlhší čas z neho odoberať jednotlivé dávky reprezentujúce vnútornú kontrolnú vzorku. Vnútorne kontrolné vzorky sa zaradujú medzi skúšobné vzorky v pravidelných intervaloch v závislosti od počtu frekvencie vykonávaných analýz a následne zaznamenávajú do regulačných diagramov, kde parametre regulačného diagramu sú stanovené na základe štatistického spracovania dát z minimálne 10 násobného stanovenia analytu vo vnútornej kontrolnej vzorke. Regulačné diagramy sú vyhodnocované podľa pravidiel uvedených v STN ISO 8257. V prípade, že niektorý výsledok analýzy VKV alebo CRM prekročí regulačné medze, musíme považovať výsledky analýz získané v období medzi ich analýzou a najbližšie vyhovujúcou analýzou VKV alebo CRM za nespoľahlivé a prislúchajúce vzorky sa musia znovu analyzovať. Zaradovanie VKV do série analytických stanovení musí predstavovať minimálne 5 % zo všetkých analyzovaných vzoriek.

Hlavným nástrojom externej kontroly kvality činnosti laboratória sú medzilaboratórne porovnávacie skúšky (MPS). Svojimi výsledkami v MPS si laboratórium potvrdzuje účinnosť vlastného systému zabezpečenia a interného riadenia kvality a svoju spôsobilosť v oblasti, v ktorej pôsobí. Táto externá kontrola kvality umožňuje nielen identifikáciu systematických chýb, ale i zistenie negatívnych dlhodobých trendov, ktoré potom možno operatívne

preventívnymi opatreniami včas eliminovať. V prípade identifikácie systematických chýb nasleduje analýza ich vzniku a laboratórium prijme nápravné opatrenia k ich odstráneniu. Laboratórium by malo každoročne aspoň raz demonštrovať svoje kompetencie účasťou na MPS.

ZÁVER

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

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

POUŽITÁ LITERATÚRA

BARRENSTEIN, A., LEUCHS, W: Strategien und Techniken zur Gewinnung von Feststoffen. LWA-Materialien 1/91, Probennahme bei Altlasten, Dusseldorf, 1991

IVANIČ, J. akol. 1975: Výživa a hnojenie plodín. Vyd. Príroda, Bratislava 1975, 359s.

KOLEKTÍV: Aktualizovaný rámcový projekt ČMS-P VÚPOP Bratislava, 2000, 27 s. + prílohy

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

ÚKSUP: Výsledky ASP na Slovensku v rokoch 1995-1999

ČÚ 03

ACIDIFIKÁCIA A ALKALIZÁCIA PÔD

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

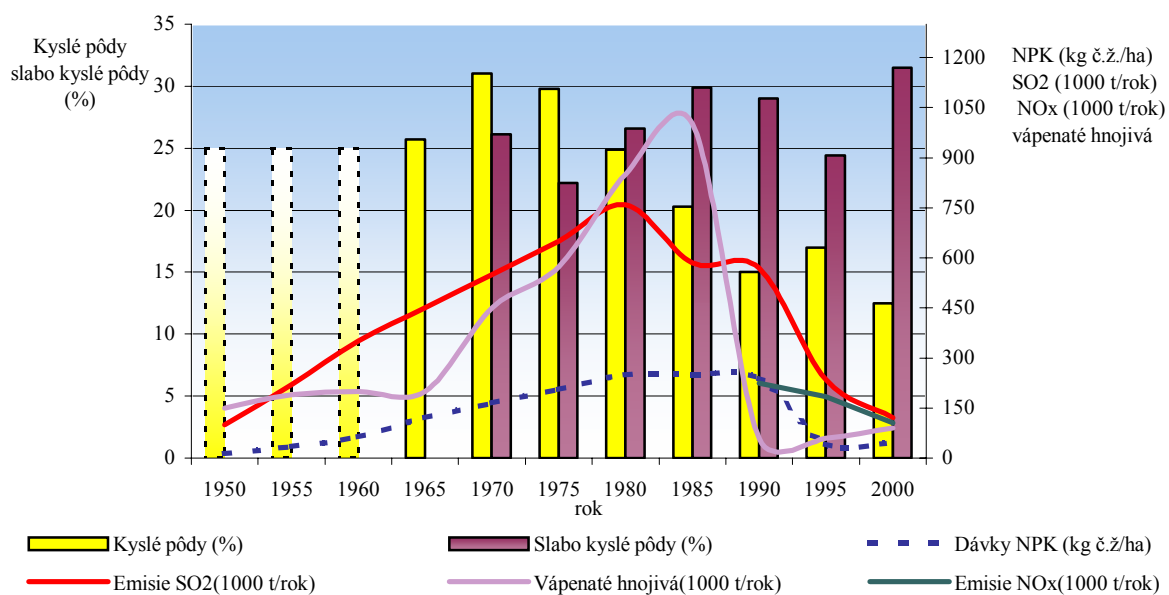
A. ACIDIFIKÁCIA PÔD

Úvod

Acidifikácia, proces okyslenia pôdy, predstavuje jeden zo závažných procesov chemickej degradácie. Prírodný acidifikačný proces je intenzívnym hospodárením a pretrvávajúcou industrializáciou akcelerovaný antropogénnou acidifikačnou záťažou. Schopnosť agroekosystému vyrovnať sa s prírodnou i antropogénnou acidifikáciou je daná kapacitou a potenciálom pufrácej funkcie pôdy. Práve pufráčna funkcia pôdy odráža stupeň rezistencie pôdy voči acidifikácii. V pôdach Slovenska sú dominantné tri pufrujúce systémy, systém karbonátov, pufrujúci systém silikátov až výmenných kationov a pufrujúci systém hliníka (Kanianska, 2000). V rámci týchto systémov pôsobí pôdna organická hmota ako samostatný pufrujúci agens, pričom jej pufráčne vlastnosti sú determinované predovšetkým kvalitou humusotvorného materiálu.

Acidifikačné trendy pôd Slovenska v závislosti od antropogénnej acidifikačnej záťaže sú na obr.1 (na základe údajov SAŽP, VÚPOP) (Makovníková, 2004).

Obr. 1 Acidifikačné trendy pôd Slovenska v závislosti od antropogénnej acidifikačnej záťaže



Ako vidíme, výmera kyslých pôd klesá od roku 1975 súčasne s poklesom hlavných kyslých atmosférických polutantov SO₂ a NO_x. V tomto období dochádza aj k zníženiu spotreby priemyselných hnojív NPK ale aj k zníženiu spotreby vápenatých hnojív, aplikovaných pri úprave pôdnej reakcie, ktorá v roku 1990 klesá na veľmi nízku úroveň. Znepokojivý je hlavne trend vo vývoji slabo kyslých pôd, ktorý má od roku 1995 stúpajúcu tendenciu a v roku 2000 dosiahol 31,5 %, čo je najvyššia hodnota od roku 1970. Je to predovšetkým dôsledok zníženia aplikácie agrotechnických opatrení zameraných na úpravu pôdnej reakcie kyslých a slabo kyslých pôd.

Degradačný proces acidifikácie pôd je determinovaný priamymi a nepriamymi indikátormi. Priamym indikátorom stavu acidifikácie pôdy je hodnota pôdnej reakcie - faktor intenzity (analytické stanovenie pôdnej reakcie priamo indikuje stav a vývoj procesu

acidifikácie) ako aj pomer ekvivalentných množstiev výmenných katiónov Al^{3+}/Ca^{2+} (Grišina, Baranova, 1990) v sorpčnom komplexe pôdy. Pomer Al^{3+}/Ca^{2+} indikuje stupeň degradácie pôdy.

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

Materiál a metóda

V pôdnych vzorkách odobraných v 1. (rok 1993), 2. (rok 1997) a 3. (rok 2002) odberovom cykle z monitorovacích lokalít vybraných skupín pôd (1 – kambizeme na vulkanitoch -OP, 2 - kambizeme na vulkanitoch - TTP, 3 – kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach - OP, 4 – kambizeme na karbonátových substrátoch - TTP, 5 - kambizeme na karbonátových substrátoch - OP, 6 – rendziny - OP) v prípade orných pôd (OP) z hĺbok 0 - 10 cm a 35 - 45 cm, v prípade trvalých trávnych porastov (TTP) z hĺbok 0 - 10 cm, 20 - 30 cm a 35 - 45 cm bola stanovená aktívna pôdna reakcia (ktorá je daná vzájomným pomerom aktivít hydroxóniových a hydroxidových iónov v pôdnom roztoku) ako aj výmenná pôdna reakcia (roztokom neutrálnej soli KCl a $CaCl_2$) potenciometricky a obsah jednotlivých výmenných bázičných katiónov (Fiala, 1994). Vo vzorkách s hodnotou pH v KCl nižšou ako 6 bol stanovený aktívny Al podľa Sokolova.

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

Výsledky a diskusia

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

Hodnoty pôdnych parametrov vo vybraných skupinách pôd (1, 2, 3, 4, 6) z hľadiska zachovania predpokladov štatistického hodnotenia vyhovovali podmienkam normality rozdelenia v jednotlivých skupinách, sledované parametre sme charakterizovali popisnou štatistikou normálneho rozdelenia (aritmetický priemer, minimálna a maximálna hodnota), skupinu 5 sme vzhľadom na nízku početnosť súboru hodnotili minimálnou a maximálnou hodnotou (tab. 1).

Kambizeme predstavujú pomerne rôznorodú skupinu pôd, v ktorej sa hodnoty pôdnej reakcie pohybujú od silne kyslej až po slabo alkalickú oblasť. Kambizeme sú vyvinuté na heterogénnych substrátoch, čo následne determinuje aj ich rôznu odolnosť voči acidifikácii. V kambizemiach vyvinutých na kyslých substrátoch je dominantná aktivita pufrujúceho systému silikátov, výmenných katiónov až hliníka, v kambizemiach vyvinutých na karbonátových substrátoch je to aktivita karbonátového pufrujúceho systému.

Tab. 1 Popisná štatistika hodnôt pH v roku 2002

Pôdny predstaviteľ ¹	Hĺbka odberu vzorky ² / cm/	pH/H ₂ O			pH/ KCl			pH/CaCl ₂		
		Min	Max	X ³	Min	Max	X ³	Min	Max	X ³
kambizeme na vulkanitoch OP	0-10	5,96	6,50	6,21	5,21	5,96	5,57	5,30	6,15	5,66
	35-45	5,78	6,83	6,04	4,18	5,96	5,06	4,55	6,35	5,43
kambizeme na vulkanitoch TTP	0-10	4,53	6,00	5,21	4,20	5,98	4,86	4,08	6,12	4,90
	20 - 30	4,73	6,09	5,40	4,36	5,28	4,74	4,51	5,54	5,00
	35-45	4,53	6,09	5,43	4,23	5,68	4,88	4,58	6,10	5,19
kambizeme na kys. substr. a pestrých bridliciach OP	0-10	5,25	6,54	5,84	4,99	6,35	5,50	4,98	6,32	5,49
	35-45	4,33	6,37	5,54	3,78	6,36	5,09	3,96	6,17	5,25
kambizeme na karb. substr. TTP	0-10	5,39	6,79	6,10	5,03	6,68	5,99	5,11	6,86	6,01
	20 - 30	5,74	6,80	6,45	5,41	6,68	6,22	5,53	6,91	6,40
	35-45	5,81	7,12	6,66	5,31	7,12	6,38	5,42	7,20	6,61
kambizeme na karb. substr. - OP	0-10	6,74	7,26	-	6,21	6,79	-	6,46	7,13	-
	35-45	7,29	7,53	-	6,54	6,87	-	6,46	6,86	-
rendziny OP	0-10	7,24	7,69	7,54	6,89	7,14	7,07	7,21	7,42	7,29
	35-45	7,58	7,77	7,70	6,97	7,34	7,15	7,31	7,41	7,37

¹Soil representative ²Depth of sample uptake ³arithmetic mean

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

Najvyššie priemerné hodnoty aktívnej pôdnej reakcie pH v H₂O v hĺbke 0 – 10 cm sme stanovili v skupine kambizemí na vulkanitoch využívaných ako orné pôdy (6,21). V hĺbke 35 – 45 cm sa výraznejšie prejavil vplyv karbonátového substrátu v skupine kambizemí na karbonátových substrátoch (6,83). Vyššie priemerné hodnoty aktívnej pôdnej reakcie v oboch hĺbkach boli stanovené v skupine rendziny využívané ako orné pôdy (v hĺbke 0 – 10 cm 7,54, v hĺbke 35 – 45 cm 7,70). V prípade výmennej pôdnej reakcie sme najvyššie priemerné hodnoty pôdnej reakcie namerali v oboch hĺbkach v skupine kambizemí na karbonátových substrátoch využívaných ako orné pôdy. Najnižšie priemerné hodnoty aktívnej pôdnej reakcie pH v H₂O vo všetkých hĺbkach sme stanovili v skupine kambizemí na vulkanitoch využívaných ako trvalý trávny porast (v hĺbke 0 – 10 cm 5,21, v hĺbke 20 – 30 cm 5,40 a v hĺbke 35 – 45 cm 5,43).

Najvyššie hodnoty aktívnej aj výmennej pôdnej reakcie v rámci kambizemí sme namerali v skupine kambizemí na karbonátových substrátoch využívaných ako orné pôdy, a to v prípade aktívnej pôdnej reakcie 7,26 v hĺbke 0-10 cm a 7,53 v hĺbke 35-45 cm, vyššie hodnoty sme stanovili v skupine rendziny 7,69 v hĺbke 0-10 cm a 7,77 v hĺbke 35-45 cm. Najnižšie hodnoty v hĺbke 0 – 10 cm sme stanovili v skupine kambizemí na vulkanitoch využívaných ako trvalý trávny porast (4,53), v hĺbke 35 – 45 cm v skupine kambizemí na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach využívaných ako orná pôdy (4,33). Intenzívny vplyv skultúrnenia sa prejavil na orných pôdach vyššími hodnotami pôdnej reakcie v orničnom horizonte oproti pôdam, ktoré sú vyvinuté na tých istých substrátoch a sú využívané ako trvalé trávne porasty.

Zastúpenie jednotlivých výmenných katiónov v sorpčnom komplexe ako aj celková katiónová výmenná kapacita sú uvedené v tabuľke 2a, 2b.

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

Pôdny predstaviteľ ¹	Na v cmol.kg ⁻¹			K v cmol.kg ⁻¹			Ca v cmol.kg ⁻¹		
	Min	Max	X ³	Min	Max	X ³	Min	Max	X ³
kambizeme na vulkanitoch OP	0,070	0,110	0,090	0,070	0,650	0,340	2,090	5,460	3,450
kambizeme na vulkanitoch TTP	0,080	0,360	0,208	0,100	0,510	0,227	2,028	24,870	12,397
kambizeme na kys. substr. a pestrých bridliciach OP	0,010	0,300	0,145	0,300	1,500	0,636	0,610	15,800	11,040
kambizeme na karb. substr. TTP	0,200	0,600	0,333	0,200	1,200	0,566	17,800	29,080	21,850
kambizeme na karb. substr. OP	0,070	0,090	-	0,330	0,340	-	6,420	6,640	-
rendziny OP	0,020	0,120	0,068	0,040	0,620	0,336	3,940	8,980	5,890

Tab. 2b Popisná štatistika výmenných katiónov a katiónovej výmennej kapacity v hĺbke 1 – 10 cm v roku 2002

Pôdny predstaviteľ ¹	Mg v cmol.kg ⁻¹		
	Min	Max	X ³
kambizeme na vulkanitoch OP	1,220	2,440	1,839
kambizeme na vulkanitoch TTP	1,150	6,760	3,418
kambizeme na kys. substr. a pestrých bridliciach OP	0,700	4,000	2,100
kambizeme na karb. substr. TTP	1,700	3,800	2,143
kambizeme na karb. substr. OP	2,690	6,390	-
rendziny OP	0,430	6,560	3,045

Kvalitatívne a kvantitatívne zloženie výmenných katiónov v sorpčnom komplexe pôdy ovplyvňuje predovšetkým pufracnú funkciu pôdy, trofickú funkciu, štruktúru ako aj vodný a vzdušný režim pôdy (Hanes, 1999). Vo všetkých skupinách pôd je najväčším podielom v sorpčnom komplexe zastúpený Ca²⁺. Pomer Ca²⁺ : Mg²⁺ sa pohybuje od 1,7:1 v skupine rendziny orné pôdy po 10,7:1 v skupine kambizemí na karbonátových substrátoch využívaných ako trvalý trávny porast. Pomer katiónov Ca²⁺ : Mg²⁺ 4:1 až 6:1 uvádza Čurlík (2003) ako najpriaznivejší pre poľnohospodársky využívané pôdy. V orných pôdach je pomer katiónov Ca²⁺ : Mg²⁺ vyrovnaný, v trvalých trávnych porastoch prevláda katión Ca²⁺.

Tab. 3a Korelačné vzťahy v sorpčnom komplexe v kontexte s hodnotou pôdnej reakcie (v skupinách pôd na vulkanitoch, na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach)

parametre	Korelačný koeficient (r)				
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	pH v H ₂ O
Na ⁺	1	-0,43	-0,10	-0,21	-0,59
K ⁺	-0,43	1	-0,10	-0,10	0,53
Ca ²⁺	-0,10	-0,10	1	0,86	-0,10
Mg ²⁺	-0,21	-0,10	0,86	1	-0,14
pH v H ₂ O	-0,59	0,53	-0,10	-0,14	1

Tab. 3b Korelačné vzťahy v sorpčnom komplexe v kontexte s hodnotou pôdnej reakcie (v skupinách pôd na karbonátových substrátoch)

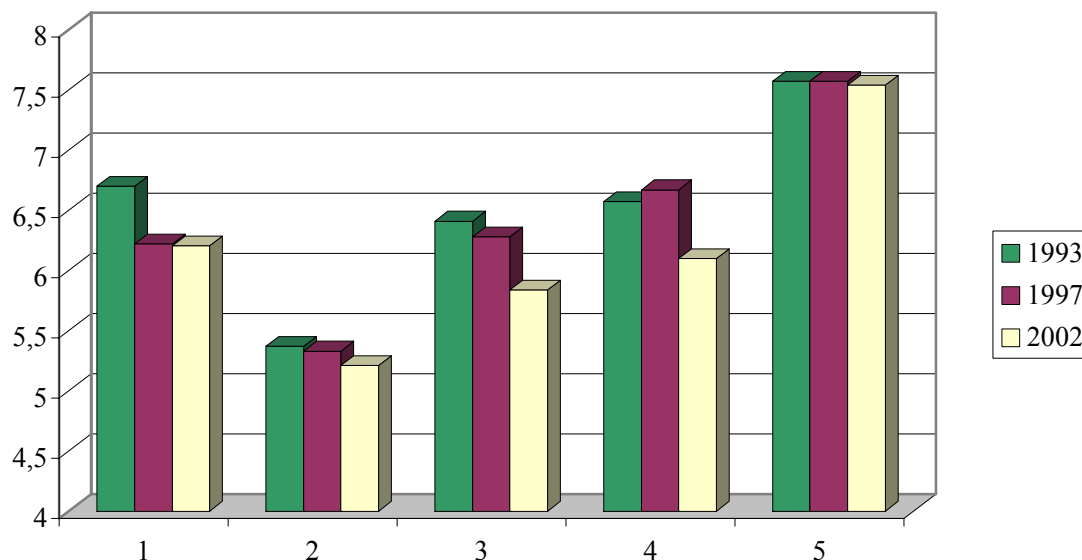
parametre	Korelačný koeficient (r)				
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	pH v H ₂ O
Na ⁺	1	-0,43	-0,10	-0,12	-0,33
K ⁺	0,36	1	-0,10	-0,45	0,32
Ca ²⁺	-0,26	0,10	1	0,30	0,86
Mg ²⁺	-0,12	-0,45	0,30	1	-0,10
pH v H ₂ O	-0,33	0,32	0,86	-0,10	1

V skupinách pôd na vulkanitoch, na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach sú štatisticky významné kladné korelačné vzťahy medzi obsahom výmenného horčíka a obsahom výmenného vápnika, medzi hodnotou pôdnej reakcie a obsahom výmenného draslíka, štatisticky preukazná je aj korelácie medzi hodnotou pôdnej reakcie a obsahom výmenného sodíka. V skupinách pôd na karbonátových substrátoch je štatisticky preukazná kladná korelácia medzi hodnotou pôdnej reakcie a hodnotou výmenného vápnika ako aj záporná korelácia medzi obsahom výmenného draslíka a výmenného horčíka.

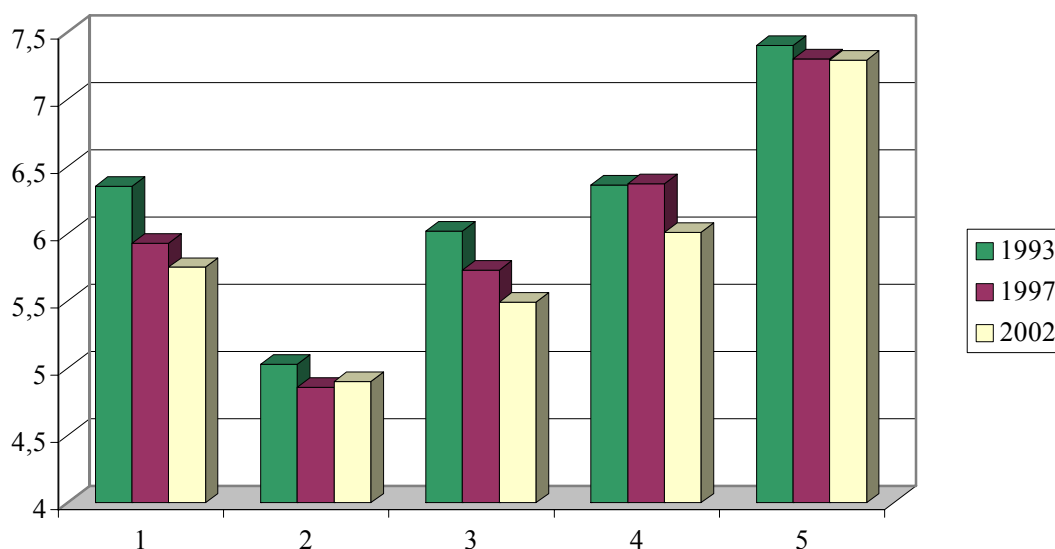
2. Vyhodnotenie vývoja pôdnej reakcie vo vybraných skupinách pôd zo základnej siete

Okrem priestorových zmien v profile sme sledovali aj časové zmeny pôdnej reakcie. Pri posudzovaní časových zmien sme hodnotili párované hodnoty vo všetkých troch sledovaných cykloch. Na obrázku 2 a 3 je znázornené porovnanie priemerných hodnôt aktívnej a výmennej pôdnej reakcie v jednotlivých skupinách pôd v rokoch 1993, 1997 a 2002.

Obr. 2 Hodnoty pH v H₂O vo vybraných skupinách pôd v rokoch 1993, 1997 a 2002 (hĺbka 0-10 cm)



Obr. 3 Hodnoty pH v CaCl₂ vo vybraných skupinách pôd v rokoch 1993, 1997 a 2002 (hĺbka 0-10 cm)



1 - kambizeme na vulkanitoch OP, 2 - kambizeme na vulkanitoch TTP, 3 - kambizeme na kys. substr. a pestrých bridliciach OP, 4 - kambizeme na karb. substr. TTP, 5 - rendziny OP

Vzhľadom na nízku početnosť súborov sme netestovali štatistickú preukaznosť zmien v jednotlivých skupinách. Výraznejší acidifikačný trend v rokoch 1993, 1997 a 2002 bol zistený v skupine kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach OP, mierny acidifikačný trend v skupine kambizeme na karbonátových substrátoch TTP a v skupine kambizeme na vulkanitoch OP, čo je v súlade s trendom vo vývoji slabo kyslých pôd, ktorý má od roku 1995 stúpajúcu tendenciu. Je to predovšetkým dôsledkom zníženia aplikácie agrotechnických opatrení zameraných na úpravu pôdnej reakcie kyslých a slabo kyslých pôd. Negatívny trend vo vývoji acidifikácie sa môže prejaviť znížením dostupnosti živín, vyplavovaním živín, narušením pôdnej štruktúry, znížením biologickej aktivity pôdy ako aj znížením retenčnej schopnosti pôd s negatívnym dopadom na kvalitu pestovaných plodín.

3. Vyhodnotenie stavu aktívneho hliníka vo vybratých skupinách pôd

Trend pozvoľnej acidifikácie v skupinách pôd s hodnotou pôdnej reakcie v slabo kyslej a kyslej oblasti, naznačený aj vývojom hodnôt pôdnej reakcie v sledovaných skupinách pôd, je nepriaznivý predovšetkým v súvislosti s vysokou mierou zápornej korelácie medzi hodnotami pôdnej reakcie a obsahom aktívneho (Makovníková, Kanianska, 1996, Kozák, Borůvka, 1998). Už malý gradient pH spôsobí výrazné zmeny v retencii kovov v sorpčnom komplexe.

Vychádzajúc z parametrov rozpustnosti hliníka, aktívny Al bol nameraný len v pôdach s hodnotami pH/KCl < 6,00 (tab. 4).

Obsah aktívneho hliníka v sledovaných skupinách pôd sa v roku 2002 pohyboval v rozsahu od 1,20 do 249,00 mg.kg⁻¹, najvyššia priemerná hodnota v hĺbke 0 – 10 cm, 245,00 mg.kg⁻¹ bola stanovená v skupine pôd kambizemí na vulkanitoch, čo je v súlade so stanovenou najnižšou hodnotou pôdnej reakcie v tejto skupine. Pomer Al³⁺/Ca²⁺ indikujúci stupeň degradácie pôdy sa pohybuje od 0,50 do 5,40. Kritická hladina pre citlivé plodiny je

0,50, pre menej citlivé plodiny 1,00 (Grišina, Baranova, 1990), čo indikuje obmedzenie rastu plodín na pôdach v skupine kambizemí na vulkanitoch využívaných ako orné pôdy aj ako trvalé trávne porasty.

Tab. 4 Popisná štatistika aktívneho hliníka v hĺbke 1 – 10 cm v roku 2002

Pôdny predstaviteľ ¹	Al v mg.kg ⁻¹			Al ³⁺ /Ca ²⁺
	Min	X ³	Max	
kambizeme na vulkanitoch OP	2,10	5,20	7,90	1,38
kambizeme na vulkanitoch TTP	1,20	45,79	249,00	5,40
kambizeme na kys. substr. a pestrých bridliciach OP	2,13	4,380	7,90	0,50

Záver

- o najvyššiu priemernú hodnotu aktívnej pôdnej reakcie pH v H₂O v hĺbke 0 – 10 cm sme stanovili v rámci kambizemí v skupine kambizemí na vulkanitoch využívaných ako orné pôdy (6,21), v hĺbke 35 – 45 cm v skupine kambizemí na karbonátových substrátoch (6,83)
- o priemerná hodnota aktívnej pôdnej reakcie v skupine rendziny využívané ako orné pôdy sa zvyšovala v rámci profilu (v hĺbke 0 – 10 cm -7,54, v hĺbke 35 – 45 cm 7,70)
- o vo všetkých skupinách pôd je najväčším podielom zastúpený Ca²⁺, pomer Ca²⁺ : Mg²⁺ sa pohybuje od 1,7:1 v skupine rendziny orné pôdy po 10,7:1 v skupine kambizemí na karbonátových substrátoch využívaných ako trvalý trávny porast, v orných pôdach je pomer kationov Ca²⁺ : Mg²⁺ vyrovnaný, v trvalých trávnych porastoch prevláda kation Ca²⁺
- o štatisticky významné kladné korelačné vzťahy medzi obsahom výmenného horčíka a obsahom výmenného vápnika, medzi hodnotou pôdnej reakcie a obsahom výmenného draslíka, štatisticky preukazná je aj korelácie medzi hodnotou pôdnej reakcie a obsahom výmenného sodíka sú v skupinách pôd na vulkanitoch, na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach
- o v skupinách pôd na karbonátových substrátoch je štatisticky preukazná kladná korelácia medzi hodnotou pôdnej reakcie a hodnotou výmenného vápnika ako aj záporná korelácia medzi obsahom výmenného draslíka a výmenného horčíka.
- o trend vo vývoji slabo kyslých pôd má od roku 1995 stúpajúcu tendenciu a v roku 2000 dosiahol 31,5 %, čo je najvyššia hodnota od roku 1970
- o výraznejší acidifikačný trend v rokoch 1993, 1997 a 2002 bol zistený v skupine kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach OP, mierny acidifikačný trend v skupine kambizeme na karbonátových substrátoch TTP a v skupine kambizeme na vulkanitoch OP

Zoznam použitej literatúry

- Bedrna, Z.: Resistibility of Landscape to acidification. *Ekologia*, 13, 1994, s.77 - 86
- Fiala, K a kol.: Návrh metodík chemického rozboru pôd pre účely pôdneho monitoringu. Bratislava, 1994, 60s.

- Grišina, L. A., Baranova, T.A.: Vplyv kyslých zrážok na vlastnosti pôd lesného ekosystému južnej tajgy. Lesné pôdoznanectvo, 10, 1990, 121-136
- Hanes, J.: Analýza sorpčných vlastností pôd, VÚPOP Bratislava, 1999, 138 s.
- Kanianska, R.: Acidifikácia pôd vplyvom kyslých atmosférických polutantov, Bratislava, 2000, 96s.
- Makovníková, J., Kanianska, R.: Aktívny hliník a jeho súčasný stav v pôdach SR. Rostlinná výroba, 42/7, 1996, s. 289 - 292
- Makovníková, J.: Stav a vývojové trendy aktívneho hliníka v pôdach SR. Poľnohospodárstvo 12, 2002, s. 619 – 624
- Makovníková, J.: Acidifikačné trendy poľnohospodárskych pôd Slovenska. Stav a vývoj indikátorov acidifikácie. 3. Pôdoznalecké dni, Mojmirovce, 2004 (v tlači)

B. MONITORING VÝVOJA SOĽNÝCH PÔD V ROKU 2004

Monitoring vývoja soľných pôd v roku 2004 pokračoval na vybudovanej sieti stacionárnych monitorovacích lokalít. Sieť zahŕňa jednak slabo a stredne slaniskové a slancové pôdy, jednak typické slaniská a slance (tab. 1). To nám umožňuje sledovať postupný vývoj soľných pôd od ich začiatkových štádií, cez ich stredné stupne až po ich plné rozvinutie. Z celkového počtu 8 monitorovaných lokalít, 6 je situovaných na Podunajskej rovine, kde stabilizovaný režim hladín mineralizovaných podzemných vôd, výparný vodný režim a nastupujúce klimatické zmeny smerom k otepľovaniu vytvárajú reálne podmienky pre postupný vznik, rozvoj a rozšírenie soľných pôd. Monitorované lokality sú tu situované v katastrach obcí: Iža, Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce a Kamenín. Na troch z uvedených lokalít (Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce) sa vývoj soľných pôd monitoruje od r. 1989 v rámci účelového monitoringu: Vplyv VD Gabčíkovo na pôdy priľahlej oblasti. Na Východoslovenskej nížine je do monitorovacej siete zahrnutý typický slanec v katastri obce Malé Raškovce. Na strednom Slovensku sa monitoruje antropogenná alkalizácia pôd exhalátmi závodu na výrobu hliníka v katastri obce Žiar nad Hronom.

Tab. 1 Zoznam monitorovaných lokalít soľných pôd

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

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

Výsledky a ich hodnotenie

V roku 2004 sa v monitorovaných pôdach opätovne potvrdila prítomnosť oboch soľných procesov - slaniskovania i slancovania ako aj značná mineralizácia podzemných vôd.

Slaniskovanie – zasolovanie pôd

Slaniskovanie ako proces akumulácie sodných solí v pôdnom profile sme v roku 2004 zaznamenali na všetkých monitorovaných pôdach (tabuľka 2). Slabé – počiatočné zasolovanie, charakterizované hodnotou odparku 0,1 – 0,2 % prebieha na lokalitách Iža, Zemné, Zlatná na Ostrove a Komárno – Hadovce. Stredné zasolovanie (odparok 0,2-0,9 %) sme zaznamenali na lokalite Gabčíkovo. Zvýšené hodnoty odparku sa nachádzajú jednak v povrchových horizontoch (Iža, Zemné), čo je pre proces zasolovania typické, prevažne však v hlbších – podpovrchových a substrátových horizontoch (Gabčíkovo, Kamenín, Komárno, Malé Raškovce), ale aj v celom profile (Kamenín, Gabčíkovo).

Uvedené rozvrstvenie solí v pôdnom profile potvrdzuje náš poznatok, že typické zasolovanie pôd, ktoré je charakteristické najvyšším obsahom solí na povrchu pôdy, resp. v povrchových horizontoch, nie je na monitorovaných územiach dominantné. Prevláda tu proces pri ktorom sa sodné soli akumulujú v hlbších a substrátových horizontoch, kde je častý kapilárny výstup mineralizovaných podzemných vôd (tabuľka 3, 4).

Vysoký obsah solí charakteristický pre typické slaniská sme zaznamenali na lokalite Žiar nad Hronom (5,16-7,29) ako antropogenný vplyv exhalátov závodu na výrobu hliníka, ďalej na lokalite Kamenín (0,99-3,57 %) a v Malých Raškovciach (1,83-6,18 %).

Výsledky analýz vodného výluhu (tabuľka 2), najmä zvýšené zastúpenie aniónov Cl^- a SO_4^{2-} potvrdzujú, že charakter prebiehajúceho zasolovania je tu chloridovosulfátový. Vysoký obsah týchto aniónov v stredných a substrátových horizontoch potvrdzuje vývoj zasolovania od spodných vrstiev k povrchu pôdy

Hodnoty elektrickej vodivosti nasýteného extraktu pôdy (ECe) (tab. 4) sú väčšinou nízke (200-300 $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$) a nepotvrdzujú zvýšený obsah solí v monitorovaných pôdach a ich horizontoch. Len v Kameníne sme zaznamenali hodnoty ECe (316-580 $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$), ktoré svedčia o rozvinutejšom zasolovaní v podpovrchových horizontoch

Vývoj slaniskovania

Vývoj slaniskovania najlepšie ilustrujú hodnoty odparku (tab. 3). Potvrdzujú, že intenzita slaniskovania v roku 2004 v porovnaní s minulým rokom 2003 i s predchádzajúcimi rokmi, bola najvyššia jednak čo do počtu monitorovaných pôd, jednak čo do výšky hodnôt odparku. Vysoký nárast sodných solí sme zaznamenali na pôdach Kamenín, Malé Raškovce a Žiar nad Hronom, kde soľné procesy sú už plne rozvinuté. Na ostatných pôdach sú hodnoty odparku v roku 2004 len mierne vyššie ako v minulom roku.

Slancovanie – alkalizácia pôd

V zhode s predchádzajúcimi rokmi sme proces slancovania zaznamenali vo všetkých monitorovaných pôdach aj v roku 2004. Jeho intenzita v r. 2004 dosahovala slabú (Iža, Zemné, Gabčíkovo), strednú (Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce) až plne rozvinutú úroveň (Kamenín, Malé Raškovce, Žiar nad Hronom). Významnú zmenu intenzity slancovania sme zaznamenali na pôde v Komárne-Hadovciach, kde sme v hĺbke nad 50 cm namerali obsah výmenného sodíka 10,1-12,3 %, čo znamená zmenu slabo slancovanej pôdy na slancovú resp. zmenu prvého vývojového štádia na jeho stredný vývojový stupeň.

Obsah sodíka na typických slancoch v porovnaní s minulým rokom 2003 je veľmi vysoký. Na pôde v Kameníne ESP takmer v celom profile je vysoko nad 50 %, na pôdach v Malých Raškovciach a v Žiari nad Hronom mierne pod 50 %.

Vývoj slancovania

V roku 2004 sme na dvoch stanovištiach (Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce) namerali vyšší obsah sodíka ako 10 % potvrdzujúci prechod slabého slancovania na slancové (tab. 5). Okrem toho na pôdach s plne rozvinutým slancovým procesom (Kamenín, M. Raškovce, Žiar nad Hronom) sme zaznamenali veľmi vysoké obsahy výmenného sodíka. To spolu dovoľuje konštatovať, že tento proces sa v posledných dvoch rokoch zosilnil.

Chemické zloženie podzemných vôd

Chemické zloženie mineralizovaných podzemných vôd, ktoré je hlavným zdrojom vzniku a rozvoja soľných pôd sme ako podporné analýzy v roku 2004 realizovali len na lokalitách Iža, Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce, kde sú vybudované viacúčelové hydrogeologické sondy, umožňujúce odber vzoriek podzemnej vody a meranie hĺbky jej hladiny.

Výsledky získané v roku 2004 (tabuľka 6) sú s malými odchýlkami zhodné s výsledkami predchádzajúcich rokov. Hlavnými ukazovateľmi rizikovosti vzniku a rozvoja soľných pôd z hľadiska chemického zloženia podzemnej vody je elektrická vodivosť (EC), celková mineralizácia (mg.l^{-1}) a adsorpčný sodíkový pomer (SAR), ktorý indikuje riziko sódového zasolenia.

Celkove nízke riziko vzniku a rozvoja soľných pôd z hľadiska hodnôt EC a mineralizácie je na lokalite Gabčíkovo, Iža a Zemné s hodnotami EC 77 - 156 mS.m^{-1} a celkovou mineralizáciou 482 - 996 mg.l^{-1} . Lokality Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce s hodnotami EC 197 - 224 mS.m^{-1} a mineralizáciou 1274 - 1456 mg.l^{-1} sú rizikovejšie. Na týchto lokalitách hodnoty SAR 8,47 – 8,69 signalizujú aj reálne riziko sódového zasolenia.

Obsah jednotlivých aniónov v chemickom zložení podzemných vôd signalizuje charakter možného zasolenia pôd. Vyššie zastúpenie aniónov SO_4^{2-} a Cl^- vytvára podmienky pre rozvoj sulfátového prípadne chloridosulfátového zasolenia. Riziko rozvoja sódového zasolenia v lokalitách Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce signalizuje aj zvýšený obsah aniónov HCO_3^- (599-802 mg.l^{-1}), sodíka (246-303 mg.l^{-1}) a SAR (8,47-8,69).

ZÁVER

Výsledky monitoringu solných pôd v roku 2004 a ich analýza (tabuľka 2 – 6) sú s malými odchýlkami zhodné s výsledkami predchádzajúcich rokov. Na monitorovanom území súčasne prebieha slaniskovanie a slancovanie, pričom slancovanie je výraznejšie a dominantné. Významne to potvrdzujú výsledky r. 2003 a 2004 kedy sme v slaboslancových pôdach namerali hodnoty ESP nad 10 % a na typických slancoch príliš vysoké hodnoty (44-73 %). Opakovane sme tu zaznamenali zreteľnú zmenu slabo slancovej pôdy na slancovú resp. zmenu prvého stupňa slancovania na jeho stredný stupeň.

Z hľadiska rizikovosti vzniku, rozširovania a rozvoja solných pôd, charakterizovaného chemickým zložením podzemných vôd (tabuľka 6) je takéto riziko najreálnejšie na dolnej časti Žitného ostrova v úseku Zlatná na Ostrove – Komárno. Svedčia o tom najvyššie hodnoty elektrickej vodivosti ($EC\ 197-224\ mS\cdot m^{-1}$), vysoký obsah sodíka ($246-303\ mg\cdot l^{-1}$) ako aj sodíkový adsorpčný pomer ($SAR\ 8,45-8,69$), ktorý indikuje reálne podmienky pre vznik sódového zasolovania, ktoré patrí k najhoršiemu druhu solných pôd.

Tab. 2 Zasoľovanie - slaniskovanie pôd v r. 2004 (rozbor vodného výluhu pôd)

Lokalita	Horizont	Hĺbka cm	pH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Odparok 105°C (%)
				mmol/k g								
Iža 400180	Amlcp (S)	0-10	7,3	0,04	0,00	0,00	1,50	1,58	0,24	0,23	0,12	
	Amlcp (S)	15-25	7,3	0,04	0,00	0,00	1,37	1,30	0,26	0,08	0,10	
	Amlc	30-40	7,3	0,04	0,00	0,00	1,40	1,42	0,39	0,02	0,09	
	CGo	75-85	7,3	0,04	0,00	0,00	1,12	1,65	0,71	0,00	0,08	
	Cgon	90-100	7,3	0,03	0,00	0,00	0,66	1,56	0,94	0,00	0,06	
Zemné 400179	Amlcp (S)	0-10	6,8	0,03	0,00	0,00	2,05	0,75	0,39	0,34	0,12	
	Amlcp (S)	10-20	7,1	0,04	0,00	0,00	1,78	0,74	0,79	0,33	0,13	
	A/Cgon	45-55	7,0	0,03	0,00	0,00	1,94	0,77	1,28	0,01	0,11	
	CGrn	65-75	7,1	0,03	3,15	0,00	1,72	0,87	1,66	0,00	0,09	
	CGrn	100-110	6,9	0,02	3,03	0,00	1,70	0,74	1,19	0,01	0,09	
Gabčíkovo 400176	Amlcp (S)	0-10	7,4	0,04	0,00	0,00	2,00	1,19	0,18	0,29	0,10	
	Amlcp (S)	10-20	7,5	0,06	0,00	0,00	2,00	1,21	0,18	0,44	0,11	
	Amlc (S)	40-50	7,5	0,04	0,00	1,50	1,97	1,59	0,66	0,12	0,09	
	A/Cgro (S)	65-75	7,4	0,02	4,60	14,90	4,99	6,34	2,36	0,03	0,28	
	Cgroc(S)n	90-100	7,3	0,02	4,63	11,80	4,03	5,28	2,15	0,04	0,23	
	Cgroc(S)n	100-110	7,2	0,02	3,73	10,00	3,65	4,26	1,83	0,06	0,20	
Zlatná na Ostrove 400172	Amčcp	0-10	7,3	0,04	0,00	0,00	1,99	1,12	0,25	0,49	0,12	
	Amčcp	10-20	7,2	0,04	0,00	0,00	1,91	1,06	0,27	0,49	0,10	
	A/Cgoc(S) n	40-45	7,1	0,04	0,00	0,90	1,88	1,33	1,63	0,25	0,10	
	Cgoc(S)n	50-65	7,5	0,03	2,45	3,00	1,59	2,30	3,59	0,22	0,12	
	2CGoc(S)n	100-110	7,6	0,02	5,88	6,10	1,72	4,77	6,03	0,21	0,17	
Komárno Hadovce 400178	Amčcp (S)	0-10	7,2	0,06	0,00	0,00	1,51	1,29	0,37	1,44	0,13	
	Amčcp (S)	10-20	7,2	0,06	0,00	0,00	1,77	1,30	0,42	1,00	0,11	
	A/CGocSn	40-50	7,3	0,03	1,28	6,40	2,95	3,14	2,88	0,27	0,17	
	CGrocSn	55-60	7,4	0,03	2,63	6,10	2,09	3,00	6,06	0,22	0,16	
	CGrocSn	70-80	7,4	0,02	4,53	7,70	2,33	4,10	8,18	0,21	0,19	
CGrocSn	100-110	7,1	0,02	4,28	5,80	1,99	7,97	4,71	0,22	0,16		
Kamenín 400138	AmSn	0-10	7,8				1,00	0,00	0,48	42,92	2,73	1,00
	AmSn	10-20	8,9				2,60	0,30	0,71	67,24	6,18	2,45
	AmSn	20-30	9,3				6,00	0,60	0,82	102,6	7,21	2,72
	AmSn	40-50	9,4				11,00	1,12	1,06	127,0	9,45	3,54
	Bn(S)	60-70	9,2				11,30	0,60	0,85	104,0	9,45	3,37
	Bn	80-90	9,0				8,30	0,00	0,54	60,8	4,68	1,64
Bn	100-110	8,2	0,09			1,50	0,00	0,45	19,6	0,70	0,30	
Malé Raškovce 400229	Ae(S)	0-10	6,3	0,02	0,04	0,10	0,01	0,49	1,09	0,23	0,08	
	A(S)n	20-30	9,2			0,60	0,44	6,03	27,74	6,38	3,02	
	Asn	35-45	9,1			1,50	0,63	7,51	32,70	9,68	6,18	
	BnS	50-60	9,1			8,00	0,55	6,74	32,30	8,42	5,04	
	BnS	70-80	8,9			8,90	0,37	4,23	35,33	4,20	1,83	
	BnS	120-130	8,5	0,01	0,08	0,05	3,70	0,18	1,04	22,04	0,53	0,23
Žiar nad Hronom 400063	An	0-10	9,0				1,60	1,59	0,81	64,24	3,45	5,16
	An	10-20	9,3				2,70	2,11	0,93	87,74	4,24	6,25
	A/Bn	20-30	9,6				6,70	1,91	0,84	108,6	3,95	5,74
	Bn	35-45	9,6				8,30	2,08	0,85	114,8	4,51	7,27
	Bn(S)	55-65	9,6				6,70	1,56	0,82	103,0	4,30	7,04
	Bn(S)	75-85	9,6				5,20	1,07	0,95	84,7	3,67	7,29

Tab. 3 Slancovanie pôd - alkalizácia v r. 2004 (rozbor nasýteného extraktu pôd)

Lokalita	Horizont	Hĺbka cm	ECe mS.m ⁻¹	Na	Mg	Ca	SAR	ESP
				mmol.l ⁻¹				%
Iža 400180	Amlep (S)	0-10	95	0,36	1,83	2,33	0,3	2,0
	Amlep (S)	15-25	71	0,30	1,20	1,58	0,3	2,0
	Amle	30-40	58	0,39	1,05	1,25	0,4	3,0
	CGo	75-85	57	0,70	1,12	0,91	0,7	5,2
	Cgon	90-100	55	1,28	1,20	0,63	1,3	7,6
Zemné 400179	Amlep (S)	0-10	71	0,40	0,54	1,96	0,4	2,9
	Amlep (S)	10-20	65	0,68	0,49	1,78	0,6	4,8
	A/Cgon	45-55	57	0,83	0,41	1,31	0,9	6,1
	CGrn	65-75	82	1,45	0,63	1,45	1,4	7,8
	CGrn	100-110	129	2,26	0,98	2,25	1,8	8,6
Gabčíkovo 400176	Amlep (S)	0-10	80	0,22	0,85	2,81	0,2	1,2
	Amlep (S)	10-20	83	0,23	0,94	3,08	0,2	1,1
	Amle (S)	40-50	96	0,64	1,20	2,93	0,4	3,6
	A/Cgro (S)	65-75	357	3,51	9,09	13,29	1,0	6,7
	Cgroc(S)n	90-100	365	3,61	7,82	14,16	1,1	6,9
	Cgroc(S)n	100-110	305	2,78	7,16	12,74	0,9	6,1
Zlatná na Ostrove 400172	Amčep	0-10	75	0,29	0,98	2,95	0,2	1,5
	Amčep	10-20	64	0,27	0,79	2,4	0,2	1,6
	A/Cgoc(S)n	40-45	84	1,46	1,05	2,43	1,1	6,9
	Cgoc(S)n	50-65	152	4,82	3,10	2,61	2,9	10,0
	2CGoc(S)n	100-110	352	10,13	9,62	5,87	3,6	10,1
Komárno Hadovce 400178	Amčep (S)	0-10	97	0,43	1,59	0,82	0,4	3,2
	Amčep (S)	10-20	79	0,46	1,27	1,86	0,4	3,0
	A/CGocSn	40-50	208	3,77	4,19	3,51	1,9	8,8
	CGrocSn	55-60	244	9,11	4,71	2,86	4,7	11,4
	CGrocSn	70-80	351	12,89	7,83	3,87	5,3	12,3
CGrocSn	100-110	346	9,25	8,99	4,15	3,6	10,1	
Kamenín 400138	AmSn	0-10	186	34,31	0,27	1,26	39,2	48,1
	AmSn	10-20	316	74,82	0,71	1,42	72,4	65,5
	AmSn	20-30	466	127,68	1,81	1,82	94,8	72,6
	AmSn	40-50	580	132,15	1,90	1,82	96,9	73,2
	Bn(S)	60-70	388	79,30	0,28	1,45	85,3	69,9
	Bn	80-90	434	45,03	0,26	0,30	85,1	69,9
	Bn	100-110	153	12,64	0,17	0,15	31,6	42,2
Malé Raškovec 400229	Ae(S)	0-10	42	1,21	0,38	0,43	1,9	8,8
	A(S)n	20-30	121	11,35	0,17	0,14	28,4	39,5
	Asn	35-45	194	18,71	0,21	0,18	42,5	50,4
	BnS	50-60	251	24,53	0,32	0,20	48,1	53,9
	BnS	70-80	259	24,12	0,45	0,24	41,0	49,4
BnS	120-130	174	15,09	0,52	0,32	23,3	34,6	
Žiar nad Hronom 400063	An	0-10	219	60,81	2,76	2,72	36,7	46,3
	An	10-20	68	7,11	1,17	2,88	5,0	11,8
	A/Bn	20-30	251	62,46	2,26	2,88	40,0	47,9
	Bn	35-45	273	70,66	2,44	4,41	38,1	47,3
	Bn(S)	55-65	207	56,46	1,65	3,80	34,2	44,3
	Bn(S)	75-85	254	56,38	1,05	3,26	38,3	47,4

ESP > 5 % = nadlimitné hodnoty

Tab. 4 Vývoj zasolovania – salinizácie

Názov pôdy	Lokalita číslo	Horizont	Hĺbka (cm)	Odparok (%)					ECe (mS.m ⁻¹)				
				2000	2001	2002	2003	2004	2000	2001	2002	2003	2004
Čiernica modálna s limitným obsahom solí a iónov sodíka	Iža 400180	Am(s)	0-10	0,17	0,10	0,12	0,09	0,12	106	57	49	71	95
			15-25	0,13	0,05	0,10	0,08	0,09	43	51	38	72	71
		CGo(n)	30-40	0,08	0,09	0,07	0,07	0,09	29	45	36	65	58
			55-65	0,09	0,05	0,05	0,05	0,08	38	47	26	74	57
			75-85	0,08	0,04	0,05	0,05	0,06	34	39	28	87	55
Čiernica modálna slabo slanisková	Gabčíkovo 400176	Am	0-10	0,10	0,15	0,12	0,10		57	60	87	80	
			10-20	0,08	0,11	0,12	0,10	0,11	53	63	46	92	83
		A/CGr(s)	40-50	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	79	43	43	66	96
			CGr(s)	65-75	0,17	0,10	0,13	0,08	0,28	136	92	80	105
		CGr(s)n	90-100	0,15	0,16	0,15	0,14	0,23	218	195	97	233	365
100-110	0,19	0,13	0,17	0,15	0,20	223	238	99	241	305			
Čiernica černoziemná slabo slanisková, hlboko slančná	Zlatná na Ostrove 400172	Am	0-10	0,11	0,09	0,08	0,11		67	38	65	75	
			10-20	0,10	0,14	0,10	0,08	0,10	40	58	36	59	64
		A/CGo(n)	40-45	0,03	0,10	0,10	0,08	0,10	43	60	45	60	84
			CGo(s)n	50-65	0,12	0,10	0,11	0,05	0,12	83	115	62	84
		100-110	0,16	0,16	0,17	0,14	0,17	207	291	105	304	352	
Čiernica černoziemná slanisková, slabo slančná	Komárno-Hadovce 400178	Am	0-10	0,30	0,10	0,08	0,12		73	34	85	97	
			10-20	0,11	0,09	0,10	0,08	0,11	42	63	37	79	79
		A/CGo(s)	40-50	0,36	0,17	0,30	0,13	0,17	309	212	149	156	208
			CGo sn	55-60	0,38	0,17	0,27	0,13	0,15	355	252	147	233
		70-80	0,27	0,27	0,20	0,14	0,19	214	375	117	284	351	
100-110	0,14	0,18	0,12	0,17	0,16	227	355	68	362	346			
Čiernica glejová slabo slanisková, slabo slančná	Zemné 400179	Am(sn)	0-10	0,15	0,16	0,18	0,12	0,12	164	39	68	92	71
			10-20	0,08	0,13	0,11	0,12	0,13	52	43	48	65	65
		A/CGo(sn)	35-45	0,09	0,12	0,08	0,07	0,11	85	73	37	66	57
			CGr(s)n	55-65	0,16	0,09	0,08	0,05	0,09	171	115	43	62
		90-100	0,12	0,10	0,10	0,04	0,09	218	273	53	80	129	

Vývoj zasolovania - salinizácie (pokračovanie tab. 4)

Názov pôdy	Lokalita číslo	Horizont	Hĺbka (cm)	Odparok (%)					ECe (mS.m ⁻¹)				
				2000	2001	2002	2003	2004	2000	2001	2002	2003	2004
Slanec slaniskový	Kamenín 400138	Am sn	0-10	0,15	0,09	1,46	0,24	0,99	232	83	84	210	186
			10-20	0,34	0,09	0,68	0,39	2,45	212	59	71		316
			20-30	0,40	0,14	1,34	0,55	2,72	257	57	92		466
		CSn	40-50	0,27	0,30	1,16	0,88	3,54	25	33	97		520
			60-70	0,13	0,30	0,69	0,69	3,37	82	57	69		388
80-90	0,34	0,26	0,36	1,63		54	60			434			
Slanec	Malé Raškovce 400229	Ae sn	0-10	0,08	0,02	0,07	0,08	0,08	39	26	27	74	42
			20-30			0,07	0,08	3,02			20	47	121
			35-45	0,11		0,06	0,08	6,18	109	22	22	61	194
		Bn Gr ns vd	50-60		0,11	0,13	5,04			13		251	
			70-80		0,12	0,14	1,83			34		259	
120-130				1,32	0,24	0,23			21		174		
Slanec-slanisko	Žiar nad Hronom 400063	Asm	0-10	0,00	0,31	0,82	1,13	5,16	46	241	103		219
			10-20					6,25					66
		Gro sn	20-30		0,46	1,15	1,26	5,74		167	106		251
			30-45	0,07	0,29	1,26	0,85	7,27	46	57	244		273
			55-65					7,04					207
70-85					7,29					254			

Poznámka: odparok - obsah vodorozpuštných solí sodíka vo vodnom výluhu pôdy
ECe - merná elektrická vodivosť nasýteného extraktu pôdy

0,11; 246 - nadlimitné hodnoty odparku a Ece

Tab. 5 Vývoj slancovania – alkalizácie

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

Vývoj slancovania – alkalizácie (pokračovanie tab. 5)

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

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

Tab. 6 Chemické vlastnosti podzemných vôd, významné pre vznik a vývoj solných pôd v roku 2004

Lokalita	Dátum merania	pH	EC mS.m ⁻¹	RL ₁	RL ₂	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SAR
				mg.l ⁻¹										
Iža 400180	máj	7,8	106	728	484		365	53,2	212	29,6	75,0	60,0	0,0	1,82
	september	7,4	154	966	742		441	71,2	169	55,4	65,1	51,9	0,7	
Zemné 400179	máj	7,1	117	862	590		336	131,7	184	72,0	81,1	40,3	0,3	1,09
	september	7,3	127	792	560		361	113,6	133	75,4	33,1	144,3	1,4	
Gabčíkovo 400176	máj	7,0	125	996	734		280	70,6	416	88,6	26,4	11,7	1,8	0,40
	september	7,5	77	482	350		235	37,2	305	50,3	27,0	8,4	1,4	
Zlatná na Ostrove 400177	máj	7,2	197	1456	1234		599	154,9	503	65,7	37,6	246,1	1,1	8,47
	september	7,5	210	1274	1064		607	115,6	402	75,4	55,1	302,9	2,1	
Komárno-Hadovce 400178	máj	7,1	212	1442	1246		802	131,5	427	60,1	36,7	245,1	1,4	8,69
	september	7,4	224	1368	1124		762	112,7	414	84,2	77,5	301,3	1,7	

RL 1 - rozpustné látky po sušení pri 105°C

RL 2 - rozpustné látky po žíhaní pri 600°C

EC - elektrická vodivosť

SAR - sodíkový adsorpčný pomer

ČÚ 04

MONITORING ZAŤAŽENIA PÔD RIZIKOVÝMI LÁTKAMI

Zodpovedný riešiteľ: Ing. Libuša Matúšková, CSc.

Spoluriešiteľ: RNDr. Ján Vojtáš, CSc.

ÚVOD

V monitoringu pôd SR bolo v období rokov 1993, 1997 a 2002 (I.,II. a III. odberový cyklus) sledované obsah rizikových prvkov vo výluhu 2M HNO₃ (Cd, Cr Cu, Ni, Pb, Zn) a 2M HCl (As), pri ktorých bola vyhodnotená časová a priestorová zmena ich obsahu pre kambizeme. Spracované výsledky sú vzťahované a hodnotené k hygienickému stavu pôdneho fondu, ktorý bol zistený počas I. odberového cyklu (rok odberov 1993).

CIEĽ

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

MATERIÁL A METÓDY

Pôdne vzorky odobraté z monitorovanej siete počas I. až III.. odberového cyklu (odber roku 1993, 1997 a 2002) boli analyzované na potenciálne prístupne obsahy rizikových prvkov vo výluhu 2M HNO₃ a 2M HCl (pre As).

Základné štatistické vyhodnotenie a porovnanie vybraných poľnohospodárskych pôd v rámci celého Slovenska:

- Kambizem na vulkanitoch TTP (7 sond)
- Kambizem na vulkanitoch OP (4 sondy)
- Kambizem na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach OP (9 sond)
- Kambizem na karbonátových substrátoch TTP (7 sond)
- Kambizem na karbonátových substrátoch OP (3 sondy)
- Rendzina OP (6 sond)

Vyhodnotenie stavu kontaminácie pre jednotlivé rizikové prvky pre vybranú skupinu pôd

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

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Základné štatistické zhodnotenie vývoja hygienického stavu pre odberový I. II. a III. cyklus je uvedené v tab. 1 až tab. 7. Hodnotené sú potenciálne prístupné formy ťažkých kovov (výluh v 2M HNO₃).

Základné štatistické vyhodnotenie a porovnanie vybraných poľnohospodárskych pôd v rámci celého Slovenska

Tab. 1 Základné štatistické parametre pre vybrané pôdy pre arzén (I. až III. odberový cyklus - výluh v 2M HCl)

Pôdny typ	Hospodárenie	Hĺbka	(mg/kg)			(mg/kg)			(mg/kg)			2002		
			Prvok	Minimum	Maximum	Priemer	Prvok	Minimum	Maximum	Priemer	Prvok	Minimum	Maximum	Priemer
KM 1	TTP	0-10	As	0,15	2,40	1,32	As	0,20	1,41	0,67	As	0,48	2,56	1,41
		20-30	As	0,63	0,68	0,65	As	0,18	1,04	0,45	As	0,24	1,14	0,60
		35-45	As	0,09	0,78	0,46	As	0,05	0,63	0,29	As	0,11	0,85	0,39
KM 2	OP	0-10	As	0,45	1,33	0,87	As	0,15	2,98	1,06	As	0,41	2,16	1,29
		35-45	As	0,06	0,45	0,23	As	0,04	1,18	0,43	As	0,20	0,91	0,43
KM 3	OP	0-10	As	0,49	2,58	1,23	As	0,26	2,44	0,78	As	0,46	2,23	1,21
		35-45	As	0,08	1,70	0,64	As	0,14	1,65	0,60	As	0,15	2,07	0,74
KM 4	TTP	0-10	As	0,30	4,14	1,35	As	0,29	1,49	0,91	As	0,50	2,80	1,27
		20-30	As	0,21	0,43	0,32	As	0,19	1,30	0,73	As	0,14	1,48	0,69
		35-45	As	0,15	1,28	0,70	As	0,10	0,61	0,40	As	0,12	0,92	0,41
KM 5	OP	0-10	As	0,78	5,35	2,73	As	0,41	1,69	2,48	As	0,58	5,59	2,48
		35-45	As	0,21	4,73	1,72	As	0,49	1,41	0,87	As	0,27	1,37	0,68
RA 6	OP	0-10	As	0,34	1,36	0,83	As	0,33	2,66	1,25	As	0,20	1,24	0,69
		35-45	As	0,16	0,40	0,28	As	0,01	1,13	0,54	As	0,10	1,09	0,63

Tab. 2 Základné štatistické parametre pre vybrané pôdy pre kadmium (I. až III. odberový cyklus - výluh v 2M HNO₃)

Pôdny typ	Hospodárenie	Hĺbka	(mg/kg)			(mg/kg)			(mg/kg)			(mg/kg)		
			Prvok	1993 Minimum	1993 Maximum	1993 Priemer	Prvok	1997 Minimum	1997 Maximum	1997 Priemer	Prvok	2002 Minimum	2002 Maximum	2002 Priemer
KM 1	TTP	0-10	Cd	0,15	0,38	0,23	Cd	0,06	0,48	0,22	Cd	0,13	0,34	0,25
		20-30	Cd	0,06	0,17	0,10	Cd	0,01	0,19	0,09	Cd	0,05	0,23	0,12
		35-45	Cd	0,01	0,11	0,06	Cd	0,02	0,13	0,07	Cd	0,04	0,10	0,06
KM 2	OP	0-10	Cd	0,14	0,25	0,20	Cd	0,10	0,22	0,16	Cd	0,11	0,23	0,16
		35-45	Cd	0,01	0,09	0,06	Cd	0,04	0,08	0,07	Cd	0,01	0,08	0,04
KM 3	OP	0-10	Cd	0,06	0,26	0,14	Cd	0,04	0,32	0,12	Cd	0,07	0,34	0,14
		35-45	Cd	0,01	0,08	0,03	Cd	0,02	0,16	0,07	Cd	0,01	0,14	0,07
KM 4	TTP	0-10	Cd	0,12	0,85	0,42	Cd	0,12	1,07	0,46	Cd	0,12	0,62	0,39
		20-30	Cd	0,01	0,42	0,22	Cd	0,14	0,92	0,43	Cd	0,02	0,51	0,27
		35-45	Cd	0,02	0,40	0,16	Cd	0,05	0,66	0,30	Cd	0,02	0,41	0,21
KM 5	OP	0-10	Cd	0,10	0,19	0,14	Cd	0,05	0,20	0,17	Cd	0,12	0,23	0,17
		35-45	Cd	0,01	0,15	0,07	Cd	0,06	0,14	0,10	Cd	0,07	0,14	0,11
RA 6	OP	0-10	Cd	0,25	0,55	0,36	Cd	0,15	0,53	0,28	Cd	0,17	0,50	0,31
		35-45	Cd	0,12	0,37	0,20	Cd	0,11	0,50	0,24	Cd	0,09	0,48	0,27

Tab. 3 Základné štatistické parametre pre vybrané pôdy pre chróm (I. až III. Odberový cyklus - výluh v 2M HNO₃)

Pôdny typ	Hospodárenie	Hĺbka	(mg/kg)			(mg/kg)			(mg/kg)			(mg/kg)		
			Prvok	1993 Minimum	1993 Maximum	1993 Priemer	Prvok	1997 Minimum	1997 Maximum	1997 Priemer	Prvok	2002 Minimum	2002 Maximum	2002 Priemer
KM 1	TTP	0-10	Cr	0,8	1,9	1,4	Cr	0,5	2,1	1,2	Cr	0,6	4,1	2,3
		20-30	Cr	0,3	1,6	1,1	Cr	0,4	1,7	1,0	Cr	0,5	3,9	2,0
		35-45	Cr	0,3	1,9	1,2	Cr	0,2	1,6	0,8	Cr	0,4	4,3	2,2
KM 2	OP	0-10	Cr	0,7	1,9	1,3	Cr	0,1	1,5	0,8	Cr	1,0	2,0	1,6
		35-45	Cr	0,3	1,5	0,6	Cr	0,3	2,0	1,2	Cr	0,6	1,4	0,9
KM 3	OP	0-10	Cr	0,9	7,1	2,7	Cr	0,4	10,9	2,6	Cr	1,4	14,5	4,2
		35-45	Cr	0,3	7,5	2,3	Cr	0,5	3,3	1,6	Cr	1,3	11,1	3,0
KM 4	TTP	0-10	Cr	1,2	4,3	2,5	Cr	0,8	4,8	2,5	Cr	2,3	5,5	3,7
		20-30	Cr	0,6	3,8	2,0	Cr	1,2	4,7	2,6	Cr	2,5	5,1	3,5
		35-45	Cr	0,8	4,0	2,2	Cr	1,0	5,4	2,2	Cr	2,0	6,2	3,7
KM 5	OP	0-10	Cr	1,4	2,4	1,8	Cr	0,7	2,0	2,0	Cr	1,8	2,4	2,0
		35-45	Cr	1,2	2,7	1,8	Cr	1,0	2,4	1,6	Cr	1,4	3,2	2,0
RA 6	OP	0-10	Cr	2,1	4,2	2,8	Cr	1,7	4,6	3,1	Cr	1,7	7,2	3,5
		35-45	Cr	1,9	4,1	3,0	Cr	1,1	4,0	2,8	Cr	2,3	4,2	2,9

Tab. 4 Základné štatistické parametre pre vybrané pôdy pre meď (I. až III. Odberový cyklus – výluh v 2M HNO₃)

Pôdny typ	Hospodárenie	Hĺbka	(mg/kg)	1993	1993	1993	(mg/kg)	1997	1997	1997	(mg/kg)	2002	2002	2002
			Prvok	Minimum	Maximum	Priemer	Prvok	Minimum	Maximum	Priemer	Prvok	Minimum	Maximum	Priemer
KM 1	TTP	0-10	Cu	1,6	8,1	4,0	Cu	1,9	4,9	3,5	Cu	2,2	9,8	5,1
		20-30	Cu	1,5	7,8	3,1	Cu	1,3	4,8	3,0	Cu	0,9	11,0	4,3
		35-45	Cu	1,0	7,7	2,9	Cu	0,9	4,2	2,3	Cu	0,7	8,9	3,5
KM 2	OP	0-10	Cu	4,3	11,3	6,3	Cu	3,0	12,5	6,6	Cu	3,6	13,6	7,1
		35-45	Cu	2,3	6,8	4,2	Cu	1,5	5,5	2,8	Cu	1,5	2,4	1,8
KM 3	OP	0-10	Cu	2,7	8,8	5,7	Cu	2,5	96,5	15,0	Cu	3,2	121,8	19,1
		35-45	Cu	1,6	9,9	4,8	Cu	1,4	24,5	6,1	Cu	1,9	138,9	17,3
KM 4	TTP	0-10	Cu	4,8	14,0	7,7	Cu	4,7	16,4	9,8	Cu	3,0	15,2	8,5
		20-30	Cu	3,9	14,1	6,4	Cu	5,3	11,8	8,4	Cu	1,9	14,9	6,8
		35-45	Cu	1,5	14,7	6,1	Cu	3,7	12,4	6,5	Cu	1,6	11,1	6,5
KM 5	OP	0-10	Cu	7,3	10,8	9,2	Cu	5,1	10,2	7,4	Cu	5,9	10,2	7,4
		35-45	Cu	5,2	9,0	6,9	Cu	5,3	7,4	6,0	Cu	1,4	6,2	3,9
RA 6	OP	0-10	Cu	2,8	13,0	7,2	Cu	4,8	16,4	8,6	Cu	4,6	13,5	7,9
		35-45	Cu	1,0	12,8	5,2	Cu	3,7	14,8	6,0	Cu	4,0	13,5	6,4

Tab. 5 Základné štatistické parametre pre vybrané pôdy pre nikel (I. až III. Odberový cyklus – výluh v 2M HNO₃)

Pôdny typ	Hospodárenie	Hĺbka	(mg/kg)	1993	1993	1993	(mg/kg)	1997	1997	1997	(mg/kg)	2002	2002	2002
			Prvok	Minimum	Maximum	Priemer	Prvok	Minimum	Maximum	Priemer	Prvok	Minimum	Maximum	Priemer
KM 1	TTP	0-10	Ni	0,3	8,3	1,7	Ni	0,1	4,2	1,1	Ni	0,3	7,1	1,4
		20-30	Ni	0,1	6,8	1,3	Ni	0,1	3,4	1,0	Ni	0,1	6,7	1,2
		35-45	Ni	0,1	7,2	1,3	Ni	0,3	1,5	0,6	Ni	0,1	4,7	0,9
KM 2	OP	0-10	Ni	0,3	1,2	0,8	Ni	0,1	0,9	0,6	Ni	0,3	1,0	0,7
		35-45	Ni	0,1	0,6	0,4	Ni	0,3	0,4	0,3	Ni	0,1	0,3	0,2
KM 3	OP	0-10	Ni	0,5	5,2	1,8	Ni	0,2	6,3	1,6	Ni	0,7	5,2	1,9
		35-45	Ni	0,1	5,7	1,5	Ni	0,1	3,7	1,1	Ni	0,3	4,4	1,8
KM 4	TTP	0-10	Ni	0,6	9,9	4,9	Ni	2,9	10,8	6,8	Ni	0,7	11,6	6,1
		20-30	Ni	1,8	9,5	4,2	Ni	4,4	8,8	6,2	Ni	0,3	11,4	5,2
		35-45	Ni	0,2	10,9	5,0	Ni	2,5	6,6	4,0	Ni	0,5	11,5	5,9
KM 5	OP	0-10	Ni	1,7	6,7	4,1	Ni	0,8	6,4	4,4	Ni	1,2	6,9	4,4
		35-45	Ni	0,8	7,6	4,1	Ni	0,9	6,2	3,8	Ni	0,4	7,2	4,3
RA 6	OP	0-10	Ni	1,8	9,7	4,5	Ni	2,0	16,0	5,4	Ni	2,5	12,3	5,3
		35-45	Ni	1,6	9,3	4,1	Ni	1,1	14,0	4,2	Ni	1,7	11,8	4,6

Tab. 6 Základné štatistické parametre pre vybrané pôdy pre olovo (I. až III. Odberový cyklus – výluh v 2M HNO₃)

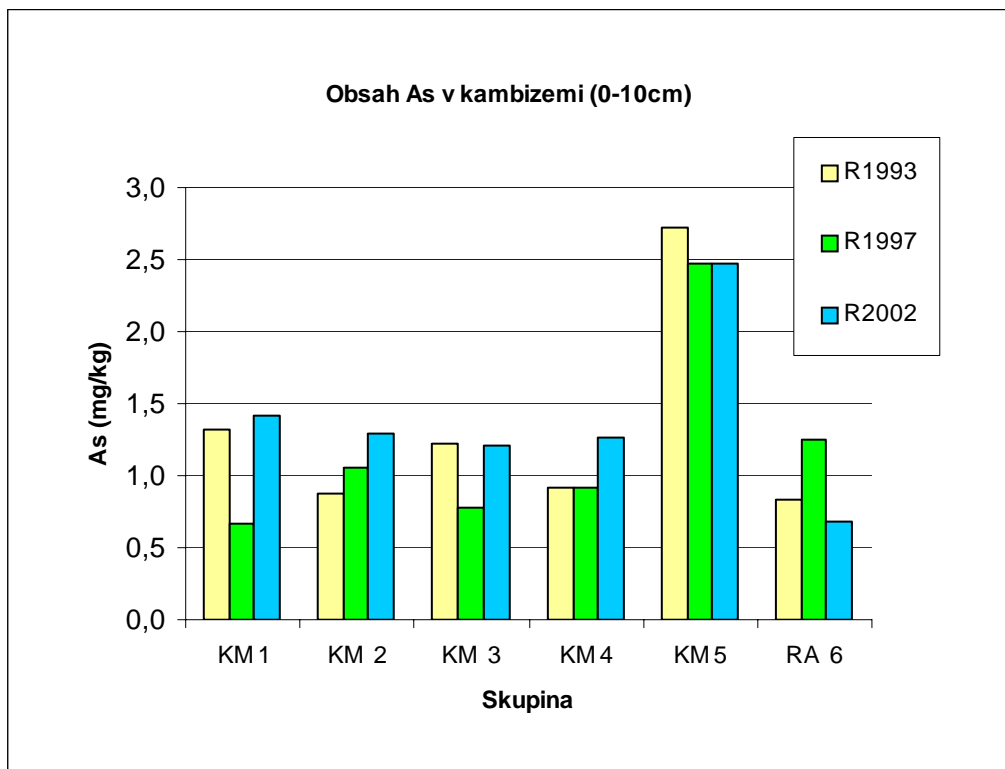
Pôdny typ	Hospodárenie	Hĺbka	(mg/kg)	1993	1993	1993	(mg/kg)	1997	1997	1997	(mg/kg)	2002	2002	2002
			Prvok	Minimum	Maximum	Priemer	Prvok	Minimum	Maximum	Priemer	Prvok	Minimum	Maximum	Priemer
KM 1	TTP	0-10	Pb	11,9	38,9	21,1	Pb	6,0	40,4	18,0	Pb	11,8	33,4	22,1
		20-30	Pb	4,1	13,6	10,0	Pb	5,1	20,3	11,3	Pb	5,0	18,8	11,9
		35-45	Pb	3,8	9,2	6,6	Pb	2,8	13,5	6,7	Pb	5,0	10,3	7,6
KM 2	OP	0-10	Pb	11,7	35,4	20,3	Pb	9,4	20,7	14,8	Pb	11,4	35,1	20,3
		35-45	Pb	2,9	21,9	12,2	Pb	5,1	12,2	7,8	Pb	2,9	23,4	9,2
KM 3	OP	0-10	Pb	7,5	19,8	12,6	Pb	5,4	24,0	10,4	Pb	3,5	16,7	10,1
		35-45	Pb	2,5	16,9	7,2	Pb	2,3	19,8	7,9	Pb	3,1	16,5	7,8
KM 4	TTP	0-10	Pb	13,4	48,5	27,4	Pb	10,3	74,3	28,2	Pb	17,3	39,4	27,5
		20-30	Pb	7,3	41,8	19,4	Pb	13,4	66,7	28,7	Pb	7,9	27,2	16,9
		35-45	Pb	5,9	23,9	11,2	Pb	5,5	46,3	16,4	Pb	7,1	17,6	11,6
KM 5	OP	0-10	Pb	10,1	18,7	14,0	Pb	11,5	13,7	14,2	Pb	10,1	18,7	14,2
		35-45	Pb	5,5	16,1	10,1	Pb	9,1	13,7	11,2	Pb	6,1	7,5	6,7
RA 6	OP	0-10	Pb	9,7	21,3	14,8	Pb	7,1	26,5	13,0	Pb	6,9	23,8	12,9
		35-45	Pb	2,8	18,5	7,8	Pb	3,8	25,0	8,8	Pb	3,5	23,8	8,9

Tab. 7 Základné štatistické parametre pre vybrané pôdy pre zinok (I. až III. Odberový cyklus – výluh v 2M HNO₃)

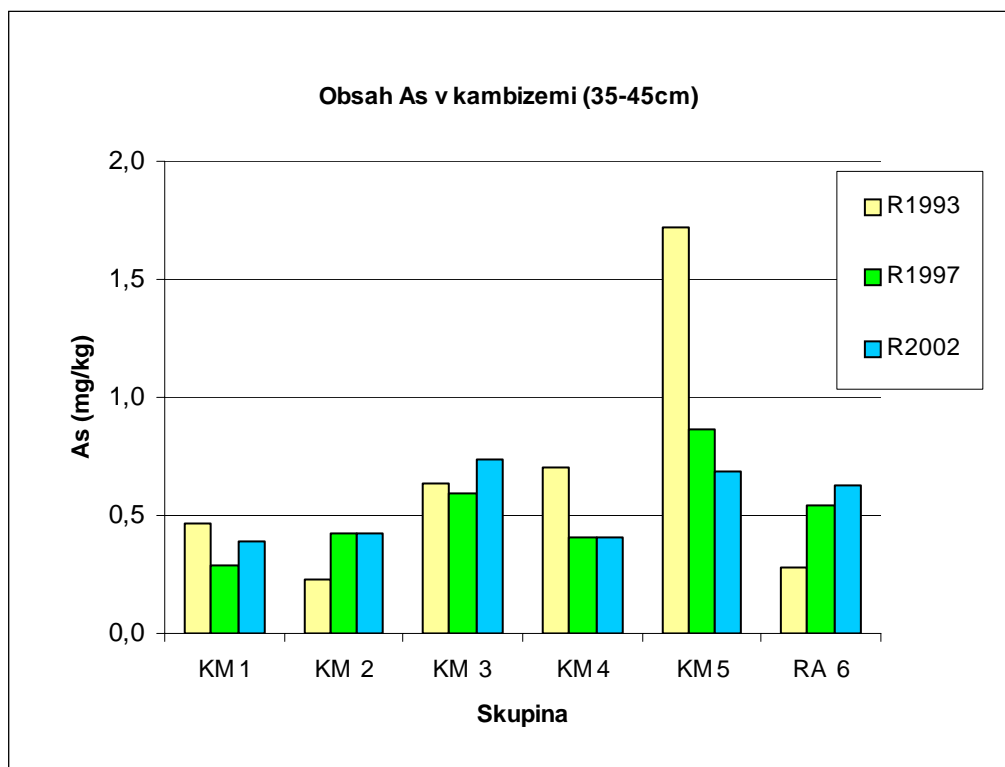
Pôdny typ	Hospodárenie	Hĺbka	(mg/kg)	1993	1993	1993	(mg/kg)	1997	1997	1997	(mg/kg)	2002	2002	2002
			Prvok	Minimum	Maximum	Priemer	Prvok	Minimum	Maximum	Priemer	Prvok	Minimum	Maximum	Priemer
KM 1	TTP	0-10	Zn	9,4	15,6	12,5	Zn	5,6	18,5	9,1	Zn	9,3	14,5	11,5
		20-30	Zn	3,8	8,9	5,7	Zn	3,1	8,1	5,6	Zn	4,4	11,3	6,8
		35-45	Zn	3,3	9,1	5,2	Zn	1,9	5,5	3,9	Zn	3,4	9,1	5,3
KM 2	OP	0-10	Zn	7,0	15,3	10,7	Zn	4,7	11,0	7,5	Zn	7,5	11,3	9,2
		35-45	Zn	2,7	10,7	5,4	Zn	1,7	5,6	3,3	Zn	1,1	4,5	2,9
KM 3	OP	0-10	Zn	4,1	14,3	9,2	Zn	3,0	18,8	8,8	Zn	5,1	21,7	11,9
		35-45	Zn	1,7	15,3	5,8	Zn	1,3	8,9	5,4	Zn	2,9	23,1	9,5
KM 4	TTP	0-10	Zn	10,3	22,0	15,7	Zn	5,6	48,2	17,3	Zn	9,2	21,2	15,0
		20-30	Zn	2,3	16,2	8,2	Zn	5,6	33,2	15,8	Zn	6,5	20,9	10,2
		35-45	Zn	2,0	15,1	7,0	Zn	4,4	27,0	9,7	Zn	2,7	19,8	9,9
KM 5	OP	0-10	Zn	7,6	12,9	9,6	Zn	4,3	13,7	8,7	Zn	6,5	13,0	8,7
		35-45	Zn	4,9	11,0	7,4	Zn	4,1	10,4	6,4	Zn	2,8	10,4	6,2
RA 6	OP	0-10	Zn	12,3	21,3	16,2	Zn	8,4	35,3	17,3	Zn	8,4	30,4	19,0
		35-45	Zn	3,0	12,6	6,8	Zn	5,0	66,9	17,1	Zn	6,1	27,9	12,7

Vyhodnotenie vývojového trendu vybraných 6 skupín pôd v základnej sieti (porovnanie rokov 1993, 1997 a 2002)

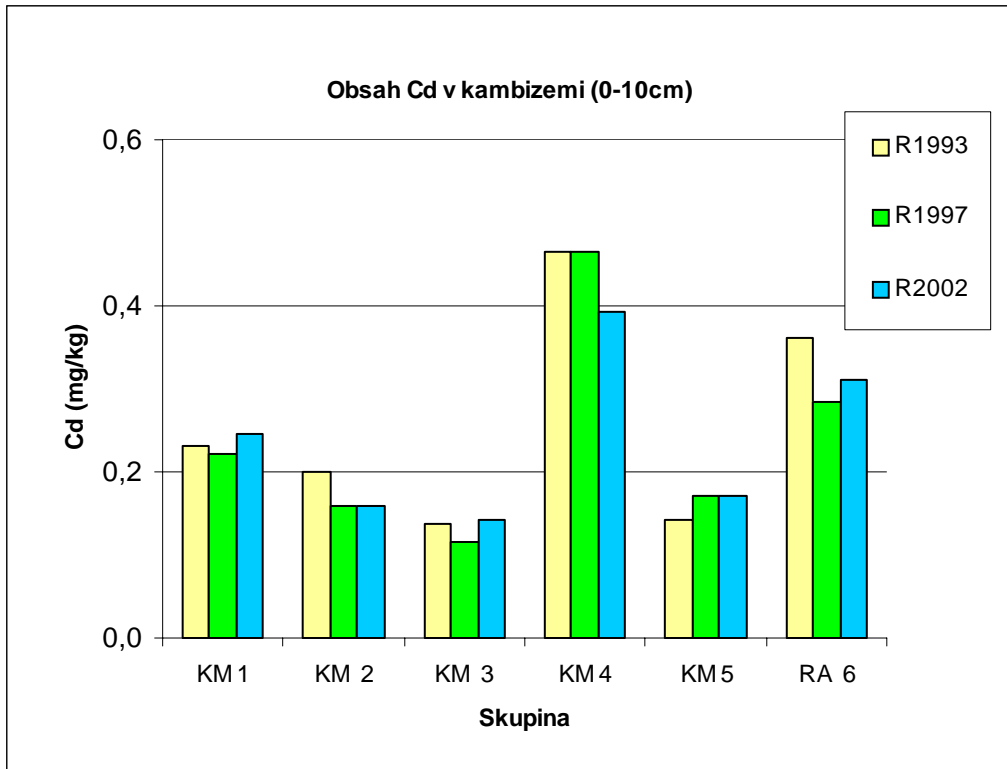
Obr. 1



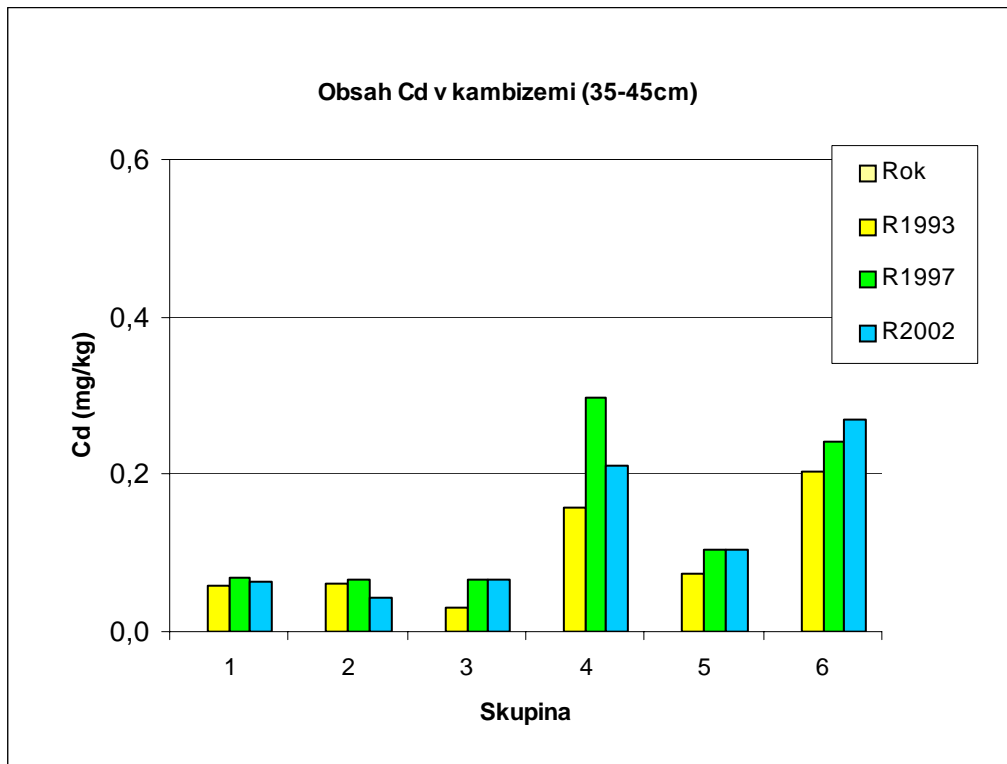
Obr. 2



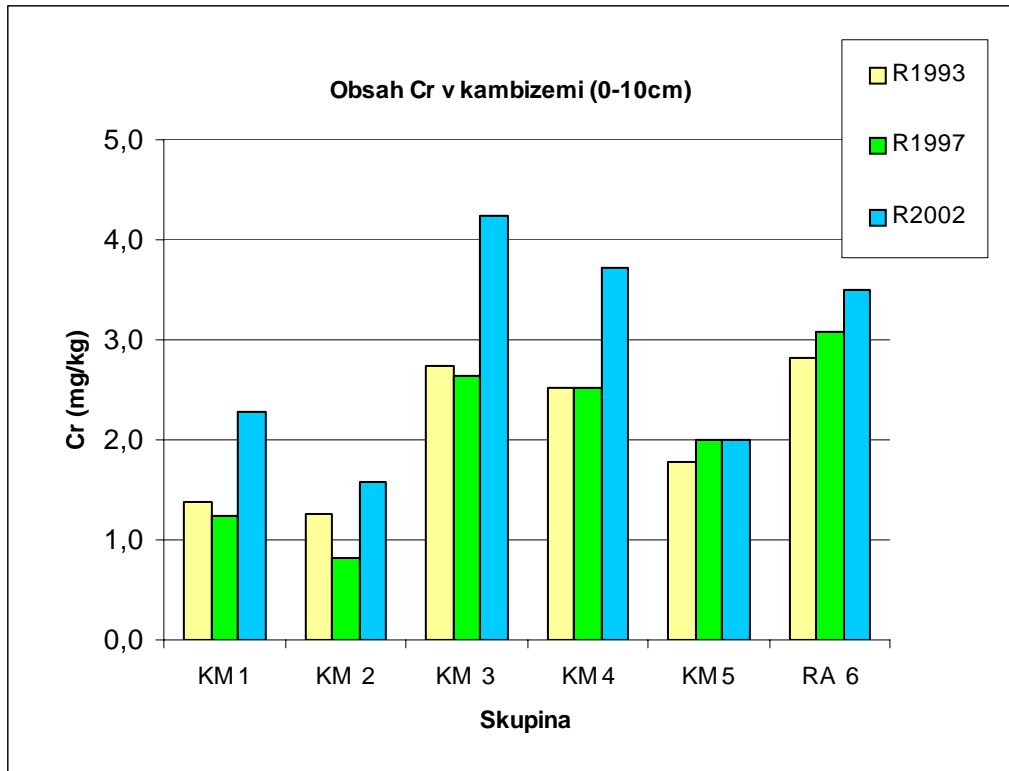
Obr. 3



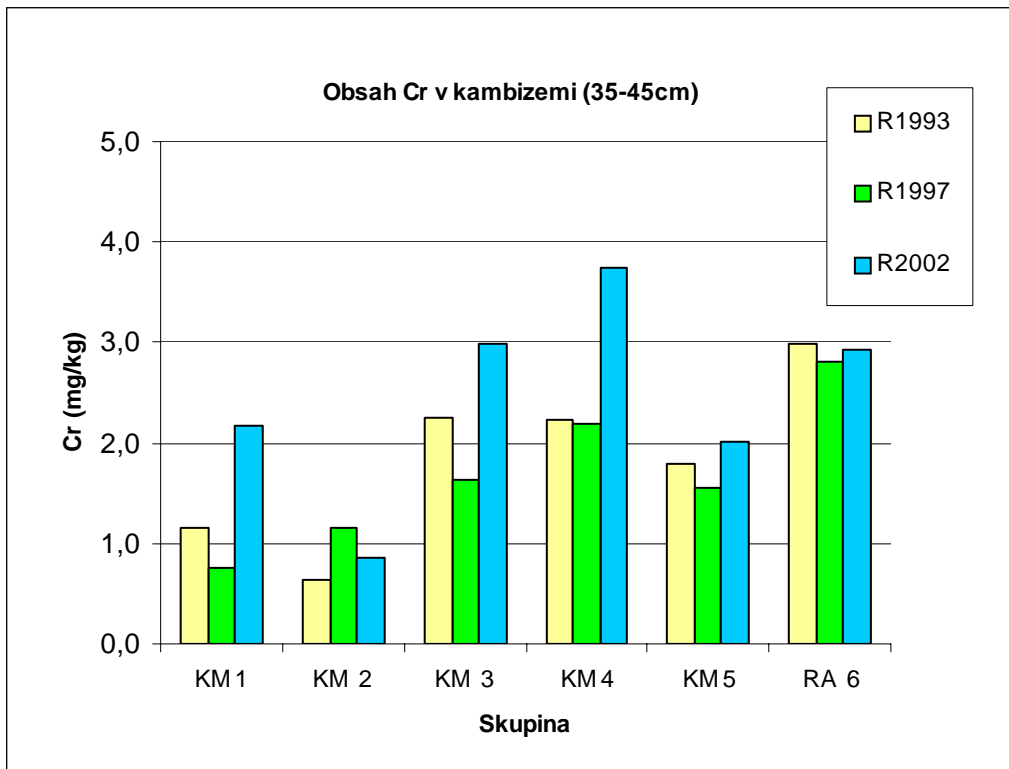
Obr. 4



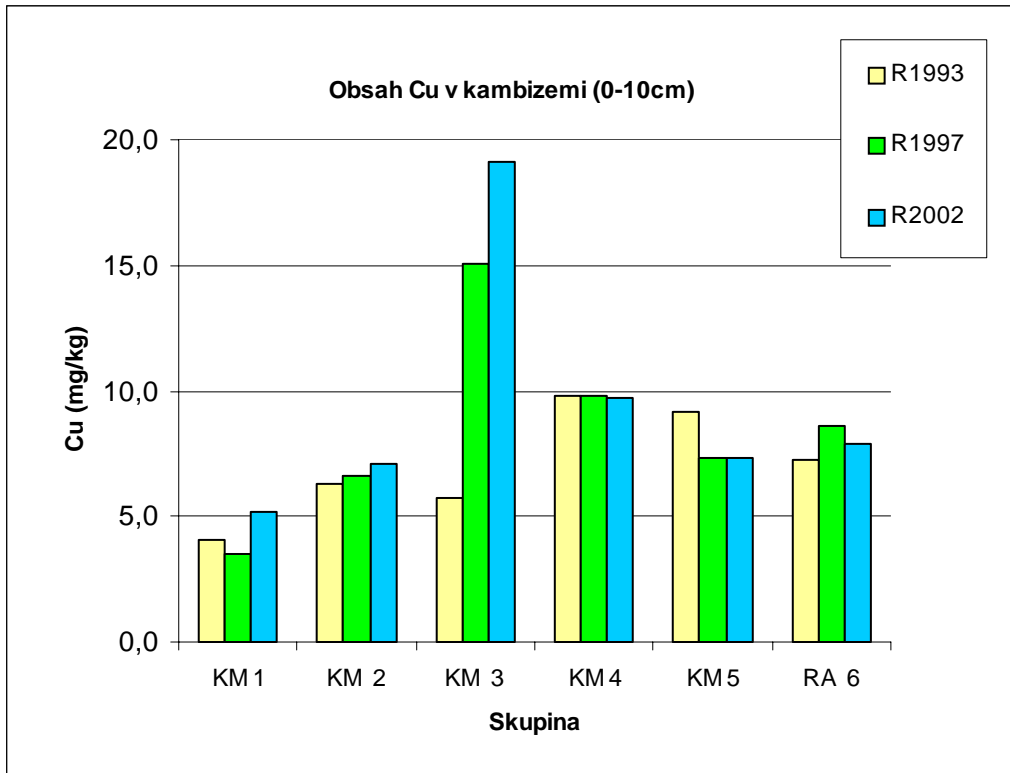
Obr. 5



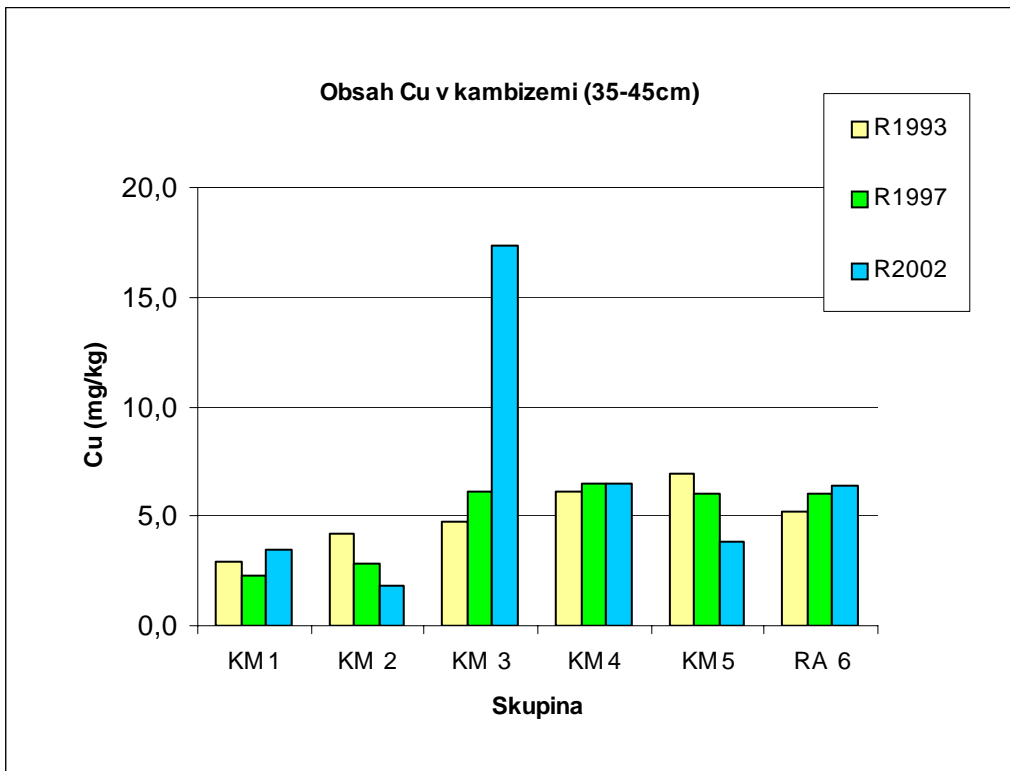
Obr. 6



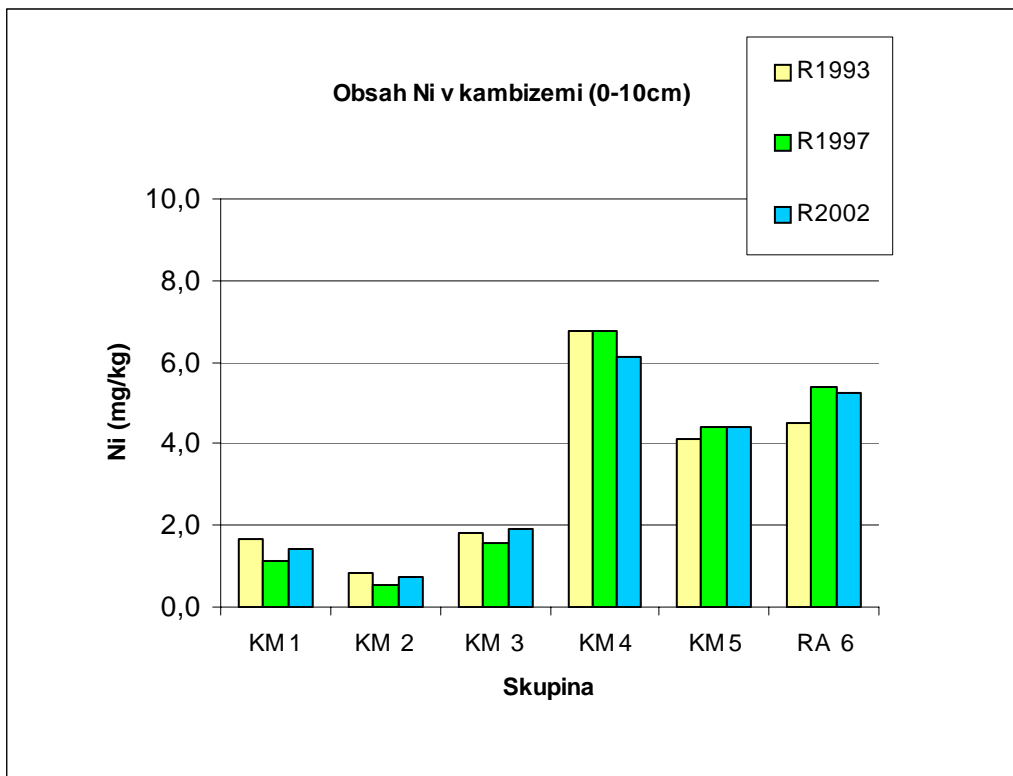
Obr. 7



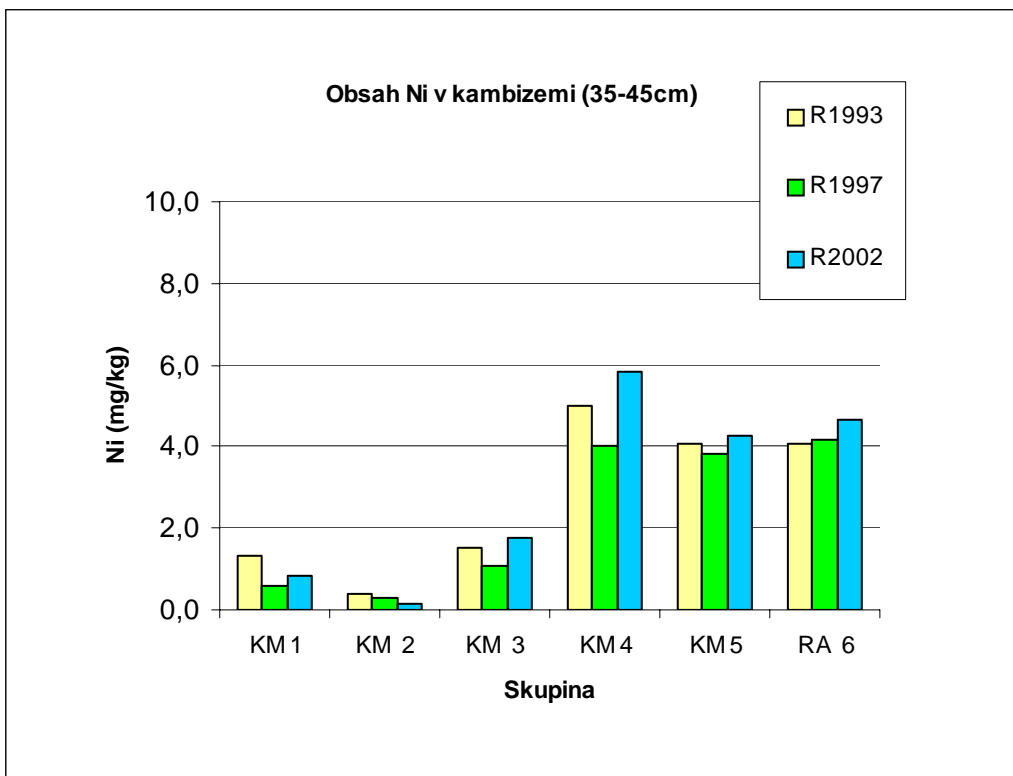
Obr. 8



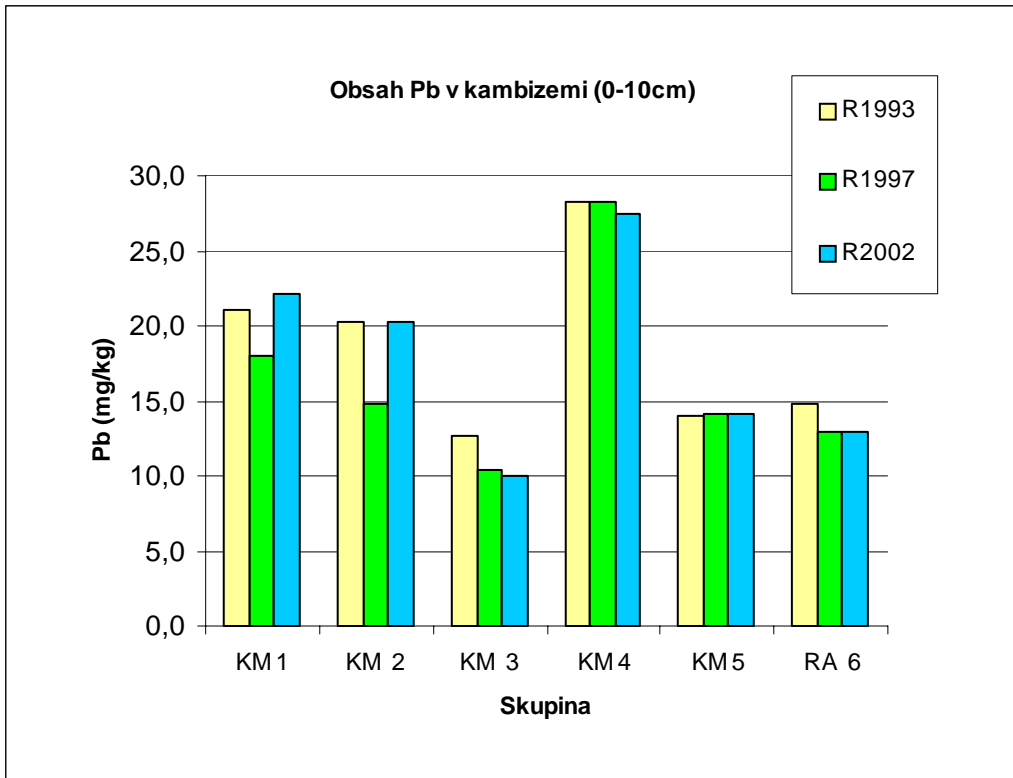
Obr. 9



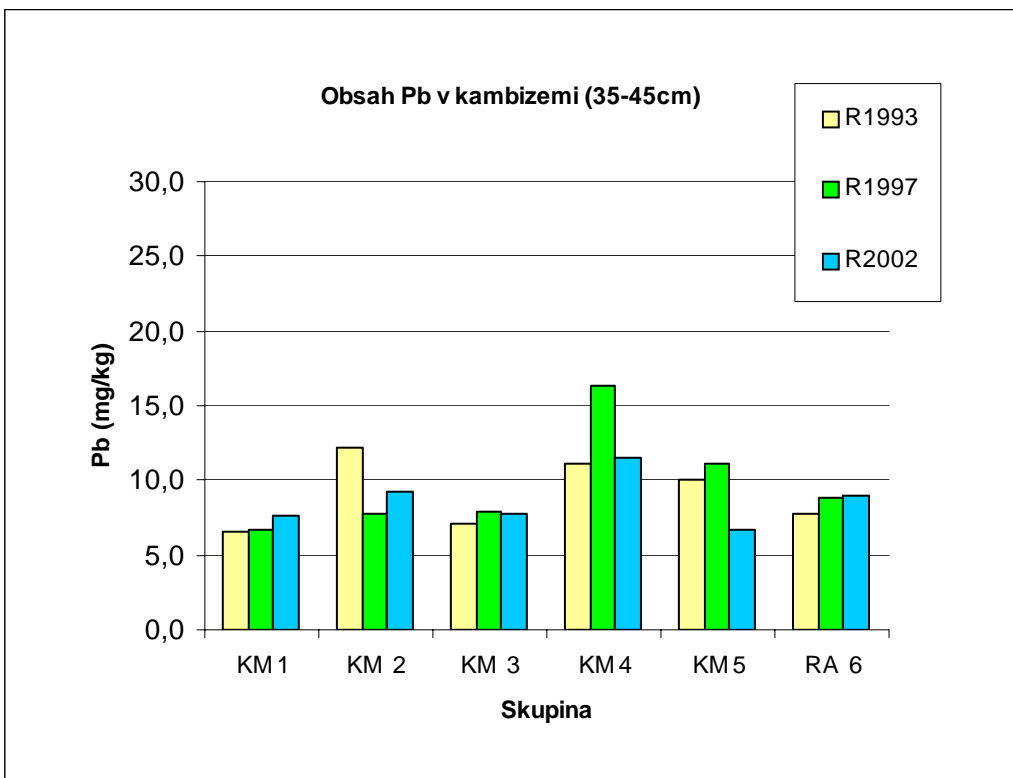
Obr. 10



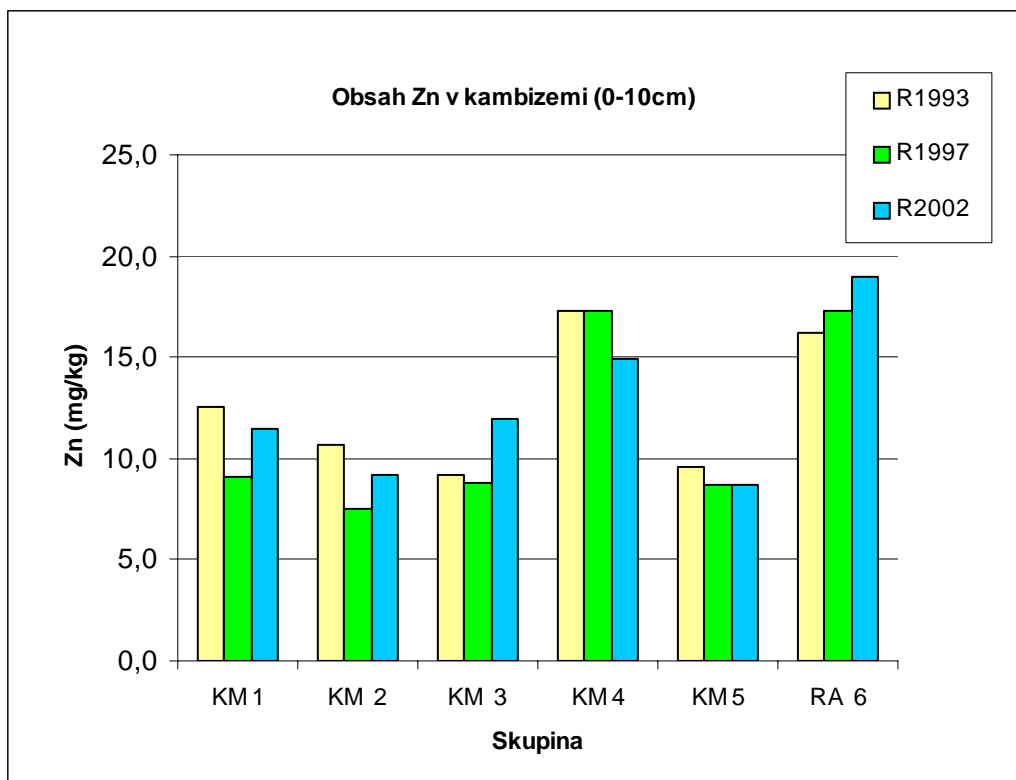
Obr. 11



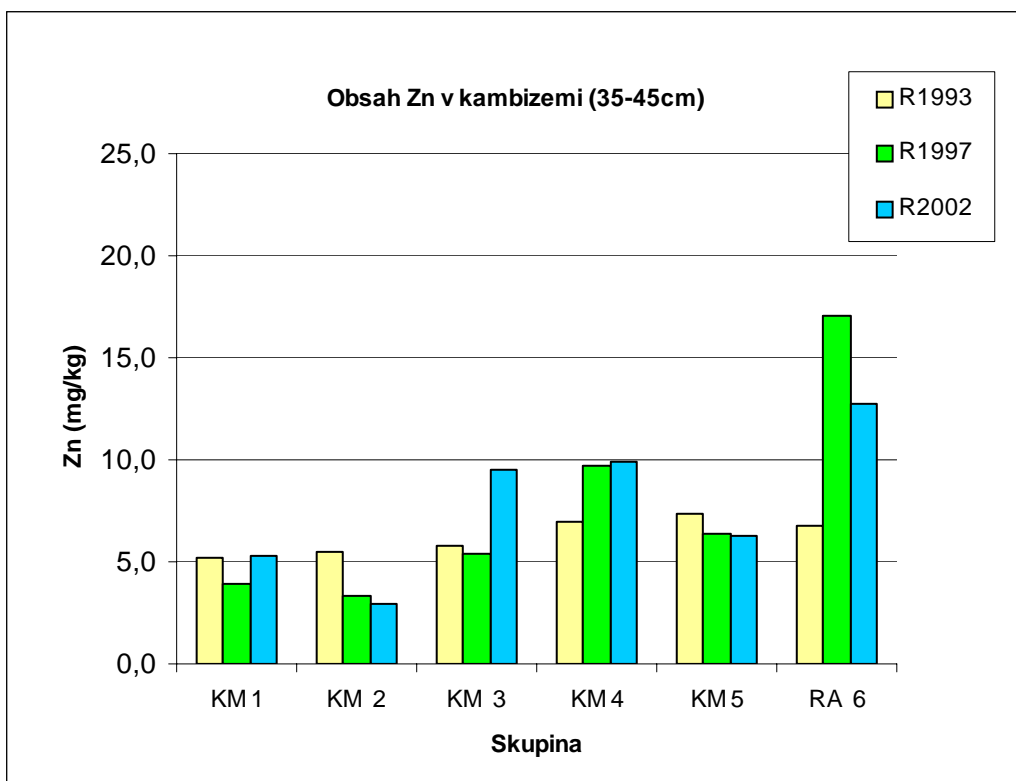
Obr. 12



Obr. 13



Obr. 14



Základné vyhodnotenie trendu vývoja hygienického stavu pre vybranú skupinu pôd pre I. II. a III. odberový cyklus je uvedený v tab. 8 až tab. 14.

X znamená, že došlo k výraznej zmene sledovaného parametra (obsah prvku v pôde) sa buď znížil alebo zvýšil voči stavu z roku 1993.

Vývoj hygienického stavu je porovnaný k I. odberovému cyklu (rok 1993), kde vo výsledkových tabuľkách 8-14 je hodnotou X znázornená zmena, ktorá je zohľadnená len v prípade, že obsah stanoveného prvku sa líši o viac alebo menej ako 30% voči porovnanej hodnote v I. odberovom cykle.

Tab. 8

Skupina	Prvok	Hĺbka	Trend k I. odberovému cyklu			Pokles			Vzostup		
			1993	1997	2002	1993	1997	2002	1993	1997	2002
KM 1	As	0-10	1,000	0,511	1,073		X		0-10		
	As	20-30	1,000	0,689	0,919		X		20-30		
	As	35-45	1,000	0,617	0,850		X		35-45		
KM 2	As	0-10	1,000	1,218	1,479				0-10		X
	As	35-45	1,000	1,839	1,849				35-45	X	X
KM 3	As	0-10	1,000	0,632	0,987		X		0-10		
	As	35-45	1,000	0,938	1,164				35-45		
KM 4	As	0-10	1,000	0,676	0,940		X		0-10		
	As	20-30	1,000	2,276	2,180				20-30	X	X
	As	35-45	1,000	0,577	0,584		X	X	35-45		
KM 5	As	0-10	1,000	0,908	0,908				0-10		
	As	35-45	1,000	0,504	0,397		X	X	35-45		
RA 6	As	0-10	1,000	1,510	0,826				0-10	X	
	As	35-45	1,000	1,961	2,256				35-45	X	X

Tab. 9

Skupina	Prvok	Hĺbka	Trend k I. odberovému cyklu			Pokles			Vzostup		
			1993	1997	2002	1993	1997	2002	1993	1997	2002
KM 1	Cd	0-10	1,000	0,956	1,062				0-10		
	Cd	20-30	1,000	0,964	1,175				20-30		
	Cd	35-45	1,000	1,153	1,054				35-45		
KM 2	Cd	0-10	1,000	0,794	0,800				0-10		
	Cd	35-45	1,000	1,082	0,707				35-45		
KM 3	Cd	0-10	1,000	0,848	1,036				0-10		
	Cd	35-45	1,000	2,167	2,242				35-45	X	X
KM 4	Cd	0-10	1,000	1,103	0,934				0-10		
	Cd	20-30	1,000	2,005	1,245				20-30	X	
	Cd	35-45	1,000	1,898	1,345				35-45	X	X
KM 5	Cd	0-10	1,000	1,200	1,200				0-10		
	Cd	35-45	1,000	1,409	1,432				35-45	X	X
RA 6	Cd	0-10	1,000	0,786	0,862				0-10		
	Cd	35-45	1,000	1,186	1,330				35-45		X

Tab. 10

Skupina	Prvok	Hĺbka	Trend k I. odberovému cyklu			Pokles			Vzostup			
			1993	1997	2002	1993	1997	2002	1993	1997	2002	
KM 1	Cr	0-10	1,000	0,900	1,665				0-10			X
	Cr	20-30	1,000	0,891	1,785				20-30			X
	Cr	35-45	1,000	0,657	1,873			X	35-45			X
KM 2	Cr	0-10	1,000	0,646	1,251			X	0-10			
	Cr	35-45	1,000	1,809	1,357				35-45		X	X
KM 3	Cr	0-10	1,000	0,965	1,547				0-10			X
	Cr	35-45	1,000	0,724	1,328				35-45			X
KM 4	Cr	0-10	1,000	1,029	1,516				0-10			X
	Cr	20-30	1,000	1,282	1,741				20-30			X
	Cr	35-45	1,000	0,983	1,681				35-45			X
KM 5	Cr	0-10	1,000	1,121	1,121				0-10			
	Cr	35-45	1,000	0,865	1,119				35-45			
RA 6	Cr	0-10	1,000	1,089	1,238				0-10			
	Cr	35-45	1,000	0,943	0,982				35-45			

Tab. 11

Skupina	Prvok	Hĺbka	Trend k I. odberovému cyklu			Pokles			Vzostup			
			1993	1997	2002	1993	1997	2002	1993	1997	2002	
KM 1	Cu	0-10	1,000	0,873	1,272				0-10			
	Cu	20-30	1,000	0,970	1,356				20-30			X
	Cu	35-45	1,000	0,802	1,201				35-45			
KM 2	Cu	0-10	1,000	1,042	1,125				0-10			
	Cu	35-45	1,000	0,668	0,434			X	X	35-45		
KM 3	Cu	0-10	1,000	2,623	3,342				0-10		X	X
	Cu	35-45	1,000	1,277	3,632				35-45			X
KM 4	Cu	0-10	1,000	1,271	1,102				0-10			
	Cu	20-30	1,000	1,308	1,052				20-30		X	
	Cu	35-45	1,000	1,065	1,053				35-45			
KM 5	Cu	0-10	1,000	0,803	0,803				0-10			
	Cu	35-45	1,000	0,865	0,558			X	35-45			
RA 6	Cu	0-10	1,000	1,189	1,090				0-10			
	Cu	35-45	1,000	1,149	1,217				35-45			

Tab. 12

Skupina	Prvok	Hĺbka	Trend k I. odberovému cyklu			Pokles			Vzostup		
			1993	1997	2002	1993	1997	2002	1993	1997	2002
KM 1	NI	0-10	1,000	0,673	0,844		X		0-10		
	NI	20-30	1,000	0,763	0,914				20-30		
	NI	35-45	1,000	0,441	0,647		X	X	35-45		
KM 2	NI	0-10	1,000	0,682	0,870		X		0-10		
	NI	35-45	1,000	0,727	0,412			X	35-45		
KM 3	NI	0-10	1,000	0,871	1,042				0-10		
	NI	35-45	1,000	0,722	1,160				35-45		
KM 4	NI	0-10	1,000	1,389	1,261				0-10		X
	NI	20-30	1,000	1,455	1,234				20-30		X
	NI	35-45	1,000	0,807	1,171				35-45		
KM 5	NI	0-10	1,000	1,069	1,069				0-10		
	NI	35-45	1,000	0,942	1,058				35-45		
RA 6	NI	0-10	1,000	1,204	1,170				0-10		
	NI	35-45	1,000	1,019	1,134				35-45		

Tab. 13

Skupina	Prvok	Hĺbka	Trend k I. odberovému cyklu			Pokles			Vzostup		
			1993	1997	2002	1993	1997	2002	1993	1997	2002
KM 1	Pb	0-10	1,000	0,852	1,047				0-10		
	Pb	20-30	1,000	1,130	1,196				20-30		
	Pb	35-45	1,000	1,014	1,150				35-45		
KM 2	Pb	0-10	1,000	0,729	1,000				0-10		
	Pb	35-45	1,000	0,636	0,757		X		35-45		
KM 3	Pb	0-10	1,000	0,822	0,797				0-10		
	Pb	35-45	1,000	1,101	1,089				35-45		
KM 4	Pb	0-10	1,000	1,031	1,005				0-10		
	Pb	20-30	1,000	1,483	0,875				20-30		X
	Pb	35-45	1,000	1,467	1,036				35-45		X
KM 5	Pb	0-10	1,000	1,012	1,012				0-10		
	Pb	35-45	1,000	1,111	0,662			X	35-45		
RA 6	Pb	0-10	1,000	0,876	0,873				0-10		
	Pb	35-45	1,000	1,132	1,154				35-45		

Tab. 14

Skupina	Prvok	Hĺbka	Trend k I. odberovému cyklu			Pokles			Vzostup		
			1993	1997	2002	1993	1997	2002	1993	1997	2002
KM 1	Zn	0-10	1,000	0,727	0,917				0-10		
	Zn	20-30	1,000	0,980	1,197				20-30		
	Zn	35-45	1,000	0,755	1,013				35-45		
KM 2	Zn	0-10	1,000	0,701	0,858				0-10		
	Zn	35-45	1,000	0,606	0,534			X	X	35-45	
KM 3	Zn	0-10	1,000	0,959	1,302				0-10		X
	Zn	35-45	1,000	0,934	1,644				35-45		X
KM 4	Zn	0-10	1,000	1,100	0,952				0-10		
	Zn	20-30	1,000	1,917	1,243				20-30		X
	Zn	35-45	1,000	1,395	1,424				35-45		X
KM 5	Zn	0-10	1,000	0,905	0,905				0-10		
	Zn	35-45	1,000	0,862	0,846				35-45		
RA 6	Zn	0-10	1,000	1,071	1,174				0-10		
	Zn	35-45	1,000	2,520	1,877				35-45		X

ZÁVER

Prezentované výsledky sú informatívneho charakteru. Stav a vývoj monitoringu kontaminácie PPF je prezentovaný na predchádzajúcich obrázkoch 1 až 14 a v tab. 8 až 15. Vzhľadom k malému počtu sond vo vybraných hodnotených skupinách (počet 3 až 9) je štatistické spracovanie len veľmi orientačné.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

FIALA, K. et al.: Záväzné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – Pôda. VÚPOP Bratislava, 1999, 142 s.

ČÚ 05

VÝVOJ EKOLOGICKÝCH FUNKCÍ PŮD Z POHLEDU ICH ZRANITELNOSTI

Zodpovedný riešiteľ: RNDr. Jarmila Makovníková, CSc

ÚVOD

Kritická záťaž pôdy je definovaná ako maximálne zaťaženie jej jednotlivých zložiek nevyvolávajúce také zmeny, ktoré by viedli k dlhodobému negatívnemu dopadu na štruktúru a funkcie agroekosystému. Zdravá pôda je schopná plniť všetky svoje funkcie v optimálnom rozsahu v rámci daného agroekosystému a to pri konkrétnom spôsobe ich využívania. Z hľadiska trvalo udržateľného rozvoja môžeme rozdeliť funkcie pôdy na produkčné a mimoprodukčné, a to ekologické funkcie a socio-ekonomické funkcie (Barančíková, Madaras, 2002). K ekologickým funkciám patria: filtračná, akumulčná, pufrčná, transformačná a transportná funkcia, asanačná funkcia, prostredie pre organizmy a génová rezerva.

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

Zraniteľnosť pôdy vyjadruje schopnosť pôdy vyrovnat' sa so zaťažením. Je výsledkom fyzikálnych, chemických a biologických vlastností pôdy, miery zaťaženia a predstavuje komplexnú informáciu pre odhad potenciálneho nebezpečenstva záťaže pre agroekosystém. 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 (Makovníková, Kanianska 2000). Vývoj indikátorov zraniteľnosti, ktoré sú súčasťou existujúcej databázy, indikuje potenciálne ekologické riziká v sledovanom období.

MATERIÁL A METÓDA

Ako materiál sme použili pôdne vzorky vybraných skupín pôd odobraté v rámci základnej siete ČMS-P, vzorky kambizemí (vyvinuté na flyšovom substráte) lokalizované v oblastiach s rôznou emisnou záťažou regiónu Kysuce (orné pôdy s pestovanou plodinou *Avena sativa*) ako aj pôdne vzorky fluvizemí z regiónu Horné Pohronie (orné pôdy s pestovanou plodinou *Zea mays*) V získaných vzorkách bola stanovená pôdna reakcia, obsah a kvalita humusu, kationová výmenná kapacita (Fiala, 1999), mobilné formy Cd, Pb, Cu, Zn, Al, Mn podľa Zeiena a Brümmera (Zeien a Brümmer, 1989).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

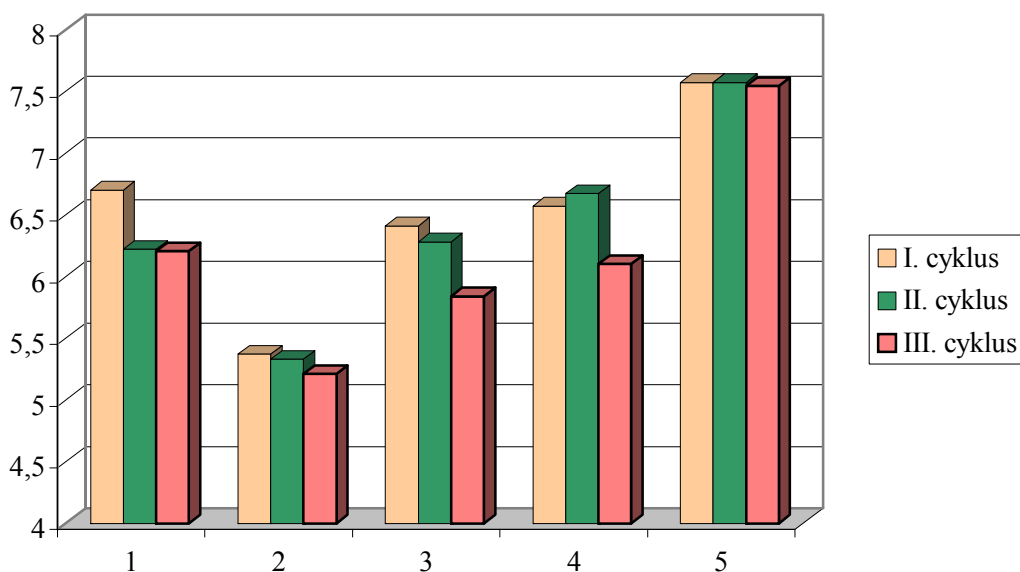
I. Vývoj niektorých indikátorov ekologických funkcií pôd v rámci vybraných skupín základnej siete – kambizeme a rendziny

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

Na základe faktorovej analýzy aplikovanej na súbor kľúčových lokalít a na základe súčasného poznania pôdnych procesov a faktorov, ktoré ovplyvňujú ekologické funkcie pôdy

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

Obr. 1 Vývojové trendy pôdnej reakcie v kambizemiach a rendzinách



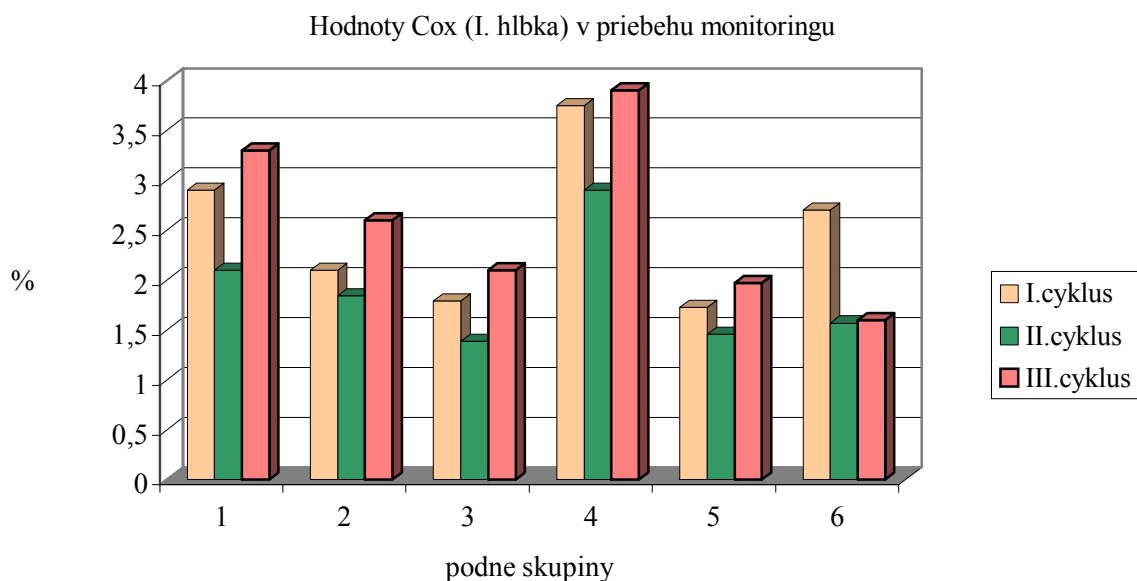
1 - kambizeme na vulkanitoch OP, 2 - kambizeme na vulkanitoch TTP, 3 - kambizeme na kys. substr. a pestrých bridliciach OP, 4 - kambizeme na karb. substr. TTP, 5 - rendziny OP

V rámci vybraných skupín pôd predstavuje skupina pôd kambizeme veľmi heterogénnu skupinu, čo sa týka zraniteľnosti ekologických funkcií. Pufračná funkcia je ovplyvnená hlavne pôdotvorným substrátom, ktorý je zdrojom bázických kationov (Demo a kol., 1998). Stav a vývoj pufračnej funkcie vzhľadom k acidifikácii indikuje hodnota pôdnej reakcie. Výraznejší acidifikačný trend v období I., II. a III. cyklu bol zistený v skupine kambizemí na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach OP, mierny acidifikačný trend v skupine kambizemí na karbonátových substrátoch TTP a v skupine kambizeme na vulkanitoch OP (obr.1), čo je v súlade s trendom vo vývoji slabo kyslých pôd, ktorý má od roku 1995 stúpajúcu tendenciu. Je to predovšetkým dôsledkom zníženia aplikácie agrotechnických opatrení zameraných na úpravu pôdnej reakcie kyslých a slabo kyslých pôd. Negatívny trend vo vývoji acidifikácie v skupinách pôd s pufrajúcim systémom hliníka sa môže prejaviť výrazným znížením dostupnosti živín, vyplávaním živín, narušením pôdnej štruktúry, znížením biologickej aktivity pôdy ako aj znížením retenčnej schopnosti pôd s negatívnym dopadom na kvalitu pestovaných plodín. Pri hodnote aktívnej pôdnej reakcie v roku 2002 nižšej ako 6,5 už dochádza k prekročeniu limitných hodnôt pH pre jednotlivé ťažké kovy v systéme pôda - rastlina (Makovníková, 2000) a k výraznému zvýšeniu

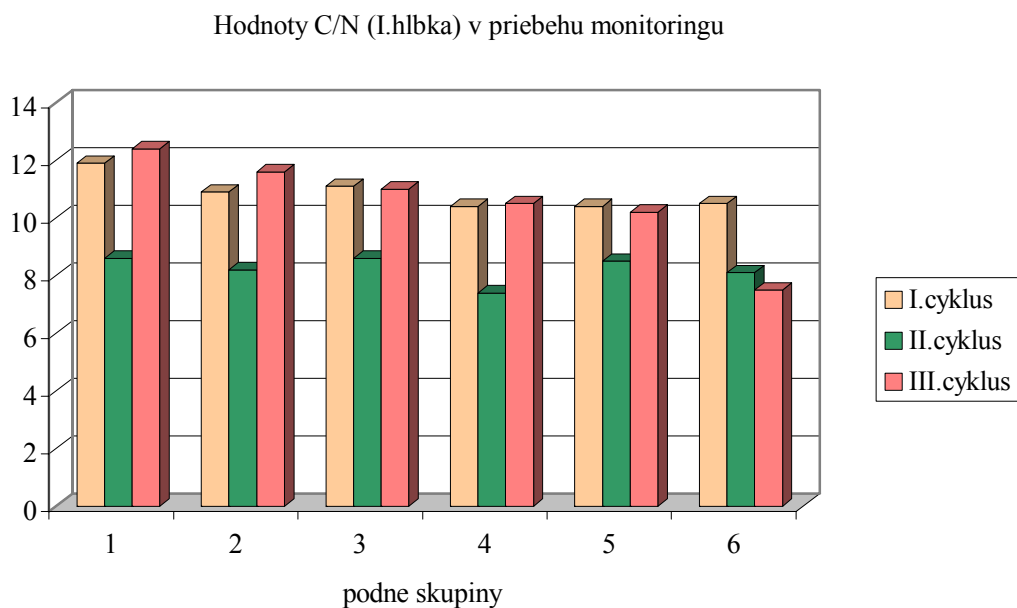
prístupnosti anorganických kontaminantov. Na pufračnú funkciu pozitívne vplyva väčšia hrúbka humusového horizontu, negatívny vplyv má vyšší obsah skeletu v skupine kambizemí na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach. Rendziny s karbonátovým pufračným systémom patria k rezistentným skupinám pôd.

Filtračnú schopnosť kambizemí a rendzín ovplyvňuje hrúbka a zloženie kambického horizontu ako aj obsah skeletu. Akumulačná funkcia je ovplyvnená hlavne obsahom a kvalitou organickej hmoty, v skupinách s vyšším obsahom skeletu je obmedzená schopnosť akumulácie vody. Vyšší obsah skeletu je v skupine kambizemí na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach (10 – 40 obj. % (Širáň, 2004)) a v skupine rendzín (20 – 45 obj.% (Širáň, 2004)).

Obr. 2 Vývojové trendy obsahu humusu (Barančíková, 2004)



Obr. 3 Vývojové trendy C/N (Barančíková, 2004)



V období rokov 1993 - 2002 boli zistené určité trendy ako vo vývoji množstva organického uhlíka tak aj celkového dusíka na sledovaných pôdnych skupinách (obr.2). V priebehu prvého 5 ročného cyklu bol na všetkých sledovaných skupinách zaznamenaný pokles organického uhlíka, v nasledujúcom cykle sme zaznamenali trend nárastu organickej hmoty a úroveň organickej hmoty v pôde na kambizemiach dosiahla počiatočný stav. Na rendzinách uvedený trend zaznamenaný nebol (Barančíková, 2004).

Priemerné hodnoty pomeru C/N, ktorý je jedným z hlavných ukazovateľov kvality humusu sú aj dobrým indikátorom dynamiky pôdnej kvality. Značný pokles organického uhlíka a minimálne zmeny v obsahu celkového dusíka sa prejavili aj v pomere C/N za sledované monitorovacie obdobie, vo všetkých skupinách kambizemí došlo k poklesu tohto parametra v priebehu prvého 5 ročného cyklu. V druhom 5 ročnom cykle hodnota pomeru C/N dosiahla počiatočný stav (obr. 3). Značne odlišná situácia, podobne ako v prípade Cox je na rendzinách, nakoľko v tejto pôdnej skupine dochádza k postupnému znižovaniu tohto parametra. Zmeny v obsahu a kvalite organickej hmoty neboli v sledovanom období preukazné a nedošlo k narušeniu filtračnej a akumuláčnej funkcie agroekosystému v prípade sledovaných skupín pôd.

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

Vo vzorkách kambizemí (vyvinuté na flyšovom substráte) lokalizovaných v oblastiach s rôznou emisnou záťažou regiónu Kysuce (orné pôdy s pestovanou plodinou *Avena sativa*) sme stanovili pomocou modelových vzťahov hodnoty kritických záťaží pre ťažké kovy. Výsledky Spearmanovej korelačnej analýzy ako aj teoretické predpoklady pre indikátory sme využili ako odrazové údaje pre tvorbu modelov s pomocou postupných viacnásobných lineárnych regresíí (kde linearita je chápaná z hľadiska parametrov a nie premenných (Makovníková, 2001)), zostupným krokovým dosadzovaním vypočítaných indikátorov. Vhodnosť použitého regresného modelu definuje index determinácie.

Multiplikatívne modely ako aj limitné hodnoty indikátorov pre Cd, Pb, Zn a Cu sú uvedené v tabuľke 1 a 2. 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. Možnosti hodnotenia ekologických funkcií pôdy sú podmienené rozsahom a kvalitou limitných hodnôt.

Tab. 1 Limitné hodnoty indikátorov pre Cd, Pb, Zn a Cu

Indikátor	Cd	Pb	Zn	Cu
mobilný obsah Cd, Pb, Zn a Cu v mg.kg ⁻¹	> 0,129	> 0,30	> 5,00	> 0,25
pH/CaCl ₂	< 5,47	< 3,75	< 5,37	< 3,50
Cox v %	1,23 %	2,75	1,17	2,99
KVK v mmol.kg ⁻¹	147,56	198,89	142,94	209,34
íllová frakcia < 0,01 mm v %	31,31	49,21	29,70	52,85

Kritickú záťaž pre agroekosystém kambizemí v regióne Kysuce v kontexte pôda - rastlina predstavuje mobilný obsah Cd, vyšší ako 0,129 mg.kg⁻¹, Pb vyšší ako 0,30 mg.kg⁻¹, Cu vyšší ako 0,25 mg.kg⁻¹ a Zn vyšší ako 5,00 mg.kg⁻¹ v kontexte s hodnotou výmennej pôdnej reakcie nižšou ako 5,47, nižším obsahom a horšou kvalitou pôdnej organickej hmoty.

Tab. 2 Multiplikatívne modely pre potenciálny odhad Cd, Pb, Zn, Cu, a Mn

Multiplikatívny model	Index determinácie
$Cdr = 0,125704.Cdm - 0,0565.pH/CaCl_2 - 0,0878.Cox + 0,00251.fyz. \text{ \u00ed}l + 0,00278.KVK$	0,87
$Pbr (\text{obsah v koreni}) = 5,2831 + 33,613.Pbm + 1,8222.pH/CaCl_2 + 7,7648.Cox + 0,0964.fyz.\text{ \u00ed}l - 0,1557.KVK$	0,94
$Pbr (\text{obsah v zrne}) = -0,1879.Pbm - 0,03645.pH/CaCl_2 - 0,2311.Cox + 0,029492.fyz.\text{ \u00ed}l + 0,000339.KVK$	0,74
$Znr (\text{obsah v zrne}) = 0,34271.Znm + 3,881943.pH/CaCl_2 + 16,56.Cox + 0,099.fyz.\text{ \u00ed}l - 0,1375.KVK$	0,95
$Cur (\text{obsah v zrne}) = 11,948.Cum + 0,2057.pH/CaCl_2 + 2,2066.Cox + 0,083994.fyz.\text{ \u00ed}l - 0,0382.KVK$	0,98
$Mnr = -0,296192.pH/CaCl_2 + 0,00644.Mnm + 0,071717.KVK + 1,027997.\text{obsah \u00ed}lu$	0,97

Pbm, Znm, Cum - mobiln\u00fd obsah Pb, Zn a Cu - I. frakcia SSE pod\u00e1 Zeiena a Brummera

Pbr, Znr, Cur - obsah Pb, Zn, Cu stanoven\u00fd v rastline (obsah v zrne)

Potenci\u00e1l zranitel'nosti kambizem\u00ed

Kambizeme vyvinut\u00e9 na fly\u0161ovom substr\u00e1te si zachov\u00e1vajú a plnia svoje funkcie v optim\u00e1lnom intervale svojich parametrov. Kambizeme vyvinut\u00e9 na fly\u0161ov\u00fdch \u00edlovit\u00fdch zvetralin\u00e1ch s kysl\u00fdm charakterom s ni\u017e\u0161ou hodnotou p\u00f4dnej reakcie spojenou s ni\u017e\u0161ou kvantitou a kvalitou organickej hmoty v regi\u00f3ne Kysuce predstavuj\u00fa kritick\u00fa agreg\u00e1ciu indik\u00e1torov zranitel'nosti vzh\u00e1dom na sledované prvky, stav, v ktorom nie s\u00fa schopn\u00e9 plne zabezpe\u00e7ova\u00f7 svoje ekologick\u00e9 funkcie. Antropog\u00e9nne za\u017ea\u017eenie p\u00f4dy v regi\u00f3ne Kysuce sa vyzna\u00e7uje vysokou potenci\u00e1lnou pr\u00edstupnos\u0165ou za\u017ea\u017euj\u00facich l\u00e1tok vn\u00e1\u0161an\u00fdch do p\u00f4dy. Pri dosiahnut\u00ed kritick\u00e9ho za\u017ea\u017eenia p\u00f4dy, kedy p\u00f4da u\u017e nie je schopn\u00e1 plni\u0165 si svoje environment\u00e1lne funkcie a t\u00fdm nepo\u0161kodzova\u0165 in\u00e9 zlo\u017eky pr\u00edrodn\u00e9ho prostredia, charakterizovan\u00e9ho limitn\u00fdmi hodnotami parametrov, je v pr\u00edpade kambizem\u00ed vyvinut\u00fdch na fly\u0161i nevyhnutn\u00e9 aplikova\u0165 vhodn\u00fa kombin\u00e1ciu agrotechnick\u00fdch a meliora\u00e7n\u00fdch opatren\u00ed. Meliora\u00e7n\u00e9 v\u00e1pnenie ako aj jemn\u00e9 remedia\u00e7n\u00e9 techniky (podporuj\u00fa\u00e7e prirodzen\u00fa tlmiv\u00fa schopnos\u0165 p\u00f4dy) schopn\u00e9 \u00e7iasto\u00e7ne demobilizova\u0165 t\u00e1\u017ek\u00e9 kovy, je potrebn\u00e9 kombinova\u0165 s pestovan\u00edm vhodn\u00fdch plod\u00edn pre za\u017ea\u017een\u00e9 \u00fazemia, menej citliv\u00fdch k pr\u00edjmu t\u00e1\u017ek\u00fdch kovov.

III. Modelov\u00e9 vz\u0161ahy pre indik\u00e1tory zranitel'nosti fluvizem\u00ed z poh\u00e1du ich ekologick\u00fdch funkci\u00ed, stanovenie kritick\u00fdch z\u00e1t\u00e1\u017e\u00ed pre t\u00e1\u017ek\u00e9 kovy

Fluvizeme v Strednopohronskej oblasti sa nach\u00e1dzaj\u00fa preva\u017ene v nive rieky Hron. Zne\u00e7istenie rieky Hron mikropolutantmi kol\u00ed\u0161e od stup\u0148a I. a\u017e po stupe\u0148 IV (SA\u017dP, 2003), Hron je recipientom odpadov\u00fdch v\u00f4d zo stroj\u00e1rsk\u00fdch a drev\u00e1rsk\u00fdch podnikov, z potravin\u00e1rstva a tie\u017e z rafin\u00e9rskeho spracovania ropy. Na vysokej \u00fazrovni zne\u00e7istenia v tejto oblasti sa podie\u0148a aj vysok\u00e1 intenzita dopravy. Vzh\u00e1dom na pr\u00edrodn\u00e9 pomery v interakcii s \u0148udsk\u00fdmi aktivitami pat\u00ed t\u00e1to oblas\u0165 k oblastiam za\u017ea\u017een\u00fdm acidifika\u00e7no-metalickou z\u00e1t\u00e1\u017eou. Kritick\u00e9 za\u017ea\u017eenie aciditou predstavuje $4 \text{ keq} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (Z\u00e1vodsk\u00fd a kol., 1996). T\u00e1to oblas\u0165 pat\u00ed k senzitivn\u00fdm oblastiam, ktor\u00e9 si vy\u017ea\u017euj\u00fa monitorovanie p\u00f4dnych indik\u00e1torov. V\u00fdchodiskov\u00fd s\u00fabor parametrov je uveden\u00fd v tab.3.

Tab. 3 Štatistické charakteristiky parametrov

Parameter	Fluvizeme		
	Priemer	Minimum	Maximum
pH/CaCl ₂	6,71	5,99	7,20
Cox v %	3,18	2,12	4,50
Ca ²⁺ v cmol/kg	11,88	4,00	18,99
Mg ²⁺ v cmol/kg	3,53	0,90	6,27
K ⁺ v cmol/kg	0,41	0,03	0,78
obsah mobilného Cd v mg.kg ⁻¹	0,008	0,005	0,015
obsah mobilného Pb v mg.kg ⁻¹	0,072	0,021	0,224

Hodnoty pôdnej reakcie fluvizemí sa pohybujú v oblasti slabo kyslej až neutrálnej, obsah organickej hmoty je stredný. V prípade kadmia nedošlo k prekročeniu kritickej hodnoty stanovenej pre systém pôda - rastlina, v prípade olova na 30 % sledovaných lokalít je obsah olova vyšší ako kritická hodnota 0,1 mg.kg⁻¹ (Zákon č. 220/2004, príloha 2). Prevažne antropogénne vnášané olovo nie je dostatočne viazané pôdnymi komponentami a dochádza k prekročeniu kritickej hodnoty prístupného olova, ktoré môže kontaminovať rastlinnú produkciu prípadne znečisťovať podzemnú vodu. Vo vzorkách fluvizemí lokalizovaných v Strednopohronskej oblasti (orné pôdy s pestovanou plodinou *Zea mays*) sme stanovili pomocou modelových vzťahov hodnoty kritických záťaží pre kadmium a olovo.

Tab. 4 Spearmanove korelačné koeficienty

	pH/CaCl ₂	Cox v %	Ca ²⁺ v cmol/kg	Mg ²⁺ v cmol/kg	K ⁺ v cmol/kg	obsah mobilného Cd v mg.kg	obsah mobilného Pb v mg.kg ⁻¹
pH/CaCl ₂	1	0,43	0,83	-0,24	0,78	-0,63	-0,53
Cox v %	0,43	1	0,66	0,26	0,44	-0,39	-0,29
Ca ²⁺ v cmol/kg	0,83	0,66	1	-0,16	0,72	-0,71	-0,36
Mg ²⁺ v cmol/kg	-0,24	0,26	-0,16	1	-0,24	0,19	0,27
K ⁺ v cmol/kg	0,78	0,44	0,72	-0,24	1	-0,58	-0,14
obsah mobilného Cd v mg.kg ⁻¹	-0,63	-0,39	-0,71	0,19	-0,58	1	0,26
obsah mobilného Pb v mg.kg ⁻¹	-0,53	-0,29	-0,36	0,27	-0,14	0,26	1

Výsledky Spearmanovej korelačnej analýzy (tab. 4) ako aj teoretické predpoklady pre indikátory sme využili ako odrazové údaje pre tvorbu modelov s pomocou postupných viacnásobných lineárnych regresíí (kde linearita je chápaná z hľadiska parametrov a nie premenných (Makovníková, 2002)), zostupným krokovým dosadzovaním vypočítaných indikátorov. Vhodnosť použitého regresného modelu definuje index determinácie (tab. 5, 6).

Tab. 5 Regresné rovnice a multiplikatívny model pre Pb:

Regresná rovnica	Index determinácie	limitná hodnota
$P_{bm} = 0,698 - 0,0932 \cdot \text{pH}/\text{CaCl}_2$ Limitná hodnota $P_{bm} = 0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	-0,53	$\text{pH}/\text{CaCl}_2 = 6,4$
$\text{pH}/\text{CaCl}_2 = 5,88502 + 0,25789 \cdot \text{Cox}$ východisková hodnota $\text{pH}/\text{CaCl}_2 = 6,4$	0,55	$\text{Cox} = 1,99 \%$
$\text{pH}/\text{CaCl}_2 = 5,8033 + 0,075984 \cdot \text{Ca}^{2+}$ východisková hodnota $\text{pH}/\text{CaCl}_2 = 6,4$	0,83	$\text{Ca}^{2+} = 6,79 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$
$\text{pH}/\text{CaCl}_2 = 6,22677 + 1,11632 \cdot \text{K}^+$ východisková hodnota $\text{pH}/\text{CaCl}_2 = 6,4$	0,70	$\text{K}^+ = 0,155$
multiplikatívny model $P_{bm} = 0,0149 \cdot \text{pH}/\text{CaCl}_2 - 0,00927 \cdot \text{Ca}^{2+} + 0,01831 \cdot \text{Cox}$	0,54	

C_{dm} - mobilný obsah Cd - I. frakcia SSE podľa Zeiena a Brummera

Tab. 6 Limitné hodnoty indikátorov pre Cd a Pb

Indikátor	Cd	Pb
mobilný obsah Cd a Pb v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	> 0,1	> 0,1
pH/CaCl_2	< 5,47	< 6,40
Cox v %	< 1,59	< 1,99
Ca^{2+} v $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$	< 4,35	< 6,79
K^+ v $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$	< 0,67	< 0,16

Potenciál zraniteľnosti fluvizemí

Pufračná funkcia fluvizemí je ovplyvnená stredným obsahom organickej hmoty strednej kvality, obsahom karbonátov, mineralogickým zložením a zrnitosťou. Transformačná funkcia je orientovaná na transformáciu organických látok v podmienkach poľnohospodárskych kultúr. Karbonátový pufrajúci systém radí fluvizeme k potenciálne rezistentným pôdam odolávajúcim acidifikačnej záťaži. Pôda má schopnosť eliminovať kontaminanty, a to ich interakciou s anorganickými (ílové minerály) a organickými (humínové kyseliny) pôdnymi zložkami, čím sa znižuje ich horizontálny a vertikálny pohyb. Práve táto prirodzená tlmiaca schopnosť pôdy (tzv. natural attenuation) je vo fluvizemiach napriek strednému obsahu organickej hmoty a hodnotám pôdnej reakcie v slabo kyslej až neutrálnej oblasti nepostačujúca a dochádza v prípade olova k ohrozeniu agroekosystému. Fluvizeme v nive rieky Hron patria k zaťaženým pôdam, ktoré si vyžadujú pravidelné monitorovanie indikátorov ekologických funkcií týchto pôd.

ZÁVER

V rámci vybraných skupín pôd predstavuje skupina pôd kambizeme veľmi heterogénnu skupinu, čo sa týka zraniteľnosti ekologických funkcií. Negatívny trend vo vývoji pufračnej funkcie v skupinách pôd s pufrajúcim systémom hliníka sa môže prejavovať výrazným znížením dostupnosti živín, vyplavovaním živín, narušením pôdnej štruktúry, znížením biologickej aktivity pôdy ako aj znížením retenčnej schopnosti pôd s negatívnym dopadom na kvalitu pestovaných plodín.

Kambizeme vyvinuté na flyšových ílovitých zvetralinách s kyslým charakterom s nižšou hodnotou pôdnej reakcie spojenou s nižšou kvantitou a kvalitou organickej hmoty v regióne Kysuce predstavujú kritickú agregáciu indikátorov zraniteľnosti vzhľadom na sledované prvky, stav, v ktorom nie sú schopné plne zabezpečiť svoje ekologické funkcie.

Antropogénne zaťaženie pôdy v regióne Kysuce sa vyznačuje vysokou potenciálnou prístupnosťou zaťažujúcich látok vnášaných do pôdy.

Fluvizeme lokalizované v nive rieky Hron patria k ohrozeným pôdam. Prirodzená retenčná schopnosť týchto pôd nestačí eliminovať antropogénnu záťaž a dochádza k ohrozeniu agroekosystému v prípade olova. Zvýšiť prirodzenú retenčnú schopnosť pôd je možné aplikáciou organominerálnych sorbentov na báze zeolitov a humínových kyselín, ktoré sa vďaka svojim excelentným retenčným schopnostiam v poslednom období pomerne v značnej miere využívajú pri eliminácii anorganických aj organických kontaminantov zo životného prostredia.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- Barančíková, G.: Monitoring obsahu a kvality organickej hmoty. In: Kobza, J. a kol.:
Priebežná správa ČMS-pôda za rok 2004.
- Demo M. a kol.: Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine. Nitra, 1998,
302 s.
- Fiala K. a kol.: Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém - Pôda.
VÚPOP, Bratislava, 1999, 139 s.
- Makovníková, J. - Kanianska, R. (2000): Chráňme pôdu, je zraniteľná! Naše pole, 1, s.19
- Makovníková, J.: Závislosti medzi vybranými pôdnymi parametrami a prístupným obsahom
kadmia, olova, medi a zinku. Rostl. výroba, 46, 2000, str. 289-296
- Makovníková, J.: Indikátory zraniteľnosti environmentálnych funkcií kambizemí.
Poľnohospodárstvo 48, č.1, 2002, s.18-25
- Širáň, M.: Monitoring fyzikálnych vlastností pôd. In: Kobza, J. a kol.: Priebežná správa ČMS-
pôda za rok 2004.
- Vollmannová, A.: Hodnotenia pôdnej hygieny a poľ. Produkcie so zvláštnym zreteľom na
obsah mangánu na Strednom Gemeri. Autoreferát, Nitra, 1998, 24s.
- Zákon č. 220/2004, príloha 2
- 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

ČU 06

MONITORING OBSAHU A KVALITY PÔDNEJ ORGANICKEJ HMOTY

Zodpovedný riešiteľ: RNDr. Gabriela Barančíková, CSc

ÚVOD

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

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

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

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

V predkladanej práci uvádzame hodnotenie zmien v množstve humusu v treťom 5-ročnom monitorovacom cykle (obdobie rokov 1993-2002) na 6 pôdnych skupinách v rámci základnej monitorovacej siete.

MATERIÁL A METÓDY

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

- Kambizeme a kambizeme pseudoglejové na vulkanitoch-KM+KMg TTP (1)
- Kambizeme na vulkanitoch – KM OP (2)
- Kambizeme kyslé na kyslých substrátoch – KM OP (3)
- Kambizeme na vápencoch a dolomitoch - KM TTP (4)
- Kambizeme na vápencoch a dolomitoch – KM OP (5)
- Rendziny – RA OP (6)

Konkrétne sa hodnotenie týka obsahu organického uhlíka (Cox) a dusíka (Nt) v orničnom horizonte (0-10 cm), ktoré predstavujú kvantitatívne ukazovatele stavu humusu a pomeru týchto dvoch parametrov (C/N) ako kvalitatívneho indikátora stavu pôdneho humusu. Štatistické spracovanie a zhodnotenie údajov bolo realizované t-testom, resp. Lordovým testom, podobne ako v predchádzajúcom období (Barančíková, 1999).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

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

Množstvo organickej hmoty v kambizemiach a rendzinách, podobne ako v iných pôdnych typoch (Barančíková, 1999) závisí hlavne od hospodárenia na pôde. V dôsledku intenzívnejšej mineralizácie organickej hmoty na orných pôdach (O) v porovnaní s trvalými trávnyimi porastami (TTP), zásoba organického uhlíka na OP je podstatne nižšia ako na TTP (tabuľka 1). Pri rozoraní pasienkov dochádza k porušeniu prirodzenej rovnováhy a obsah humusu sa podstatne zníži v dôsledku intenzívnej mineralizácie hlavne v orničnom horizonte (Chukov, 2000). Priemerná hodnota Cox na orných pôdach rendzín je 1.67 a na kambizemiach sa hodnota organického uhlíka pohybuje od 2 do 2.7 %. V prípade regozeme uvedená hodnota Cox je nízka, na kambizemiach hodnoty Cox sú stredne (Jones a kol. 2004). Priemerne hodnoty Cox na TTP kambizemí sú podstatne vyššie a pohybujú sa v rozsahu 3.4-3.9 %. Aj uvedené hodnoty Cox spadajú do kategórie pod so stredným obsahom organického uhlíka, pretože v súčasnosti sa pri hodnotení Cox používajú štyri kategórie (Jones a kol;2004):

Veľmi nízky obsah Cox <1.%

Nízky obsah 1.1-2%

Stredný obsah 2.2-6%

Vysoký obsah >6%

Obsah organickej hmoty u rovnakého pôdneho typu je ovplyvnený aj substrátom, nakoľko najvyššia priemerná hodnota Cox, na TTP bola zistená u kambizemí na vápencoch (tabuľka 1). V súlade s týmito údajmi sú aj naše predchádzajúce výsledky, kde priemerná hodnota Cox u regozemí karbonátových bola podstatne vyššia ako u regozemí na nekarbonátových viatych pieskoch (Barančíková, 1999).

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

Pôdy	Kultúra	Hĺbka odberu vzorky (cm)	Cox		
			X _{min}	X _{max}	X
KM+KMg na vulkanitoch	TTP	0-10	1.2	4.72	3.37
KM na vulkanitoch	OP	0-10	1.73	3.71	2.62
KM na kyslých substrátoch	OP	0-10	1.35	3.47	2.15
KM na vápencoch	TTP	0-10	2.13	5.32	3.91
KM na vápencoch	OP	0-10	1.54	2.53	1.97
RA	OP	0-10	2.71	1.57	1.62

Podobne ako pri obsahu uhlíka, aj koncentrácia celkového dusíka je podstatne vyššia na trvalých trávnych porastoch kambizemí v porovnaní s ornými pôdami (tabuľka 2). Vplyv materskej horniny sa prejavil aj v hodnotách tohto parametra, nakoľko najvyššia hodnota Nt bola zistená na TTP kambizemí na vápencoch (tabuľka 2). Úzka vzájomná súvislosť medzi priemernými hodnotami organického uhlíka a celkového dusíka u kambizemí je potvrdená aj vysokou hodnotou korelačného koeficientu medzi Cox a Nt, ktorého hodnota je 0,94 (n=32).

Tab. 2 Obsah celkového dusíka– Nt (%) a pomeru C/N na kambizemiach a rendzinách v r. 2002 (rok odberu 3.cyklu).

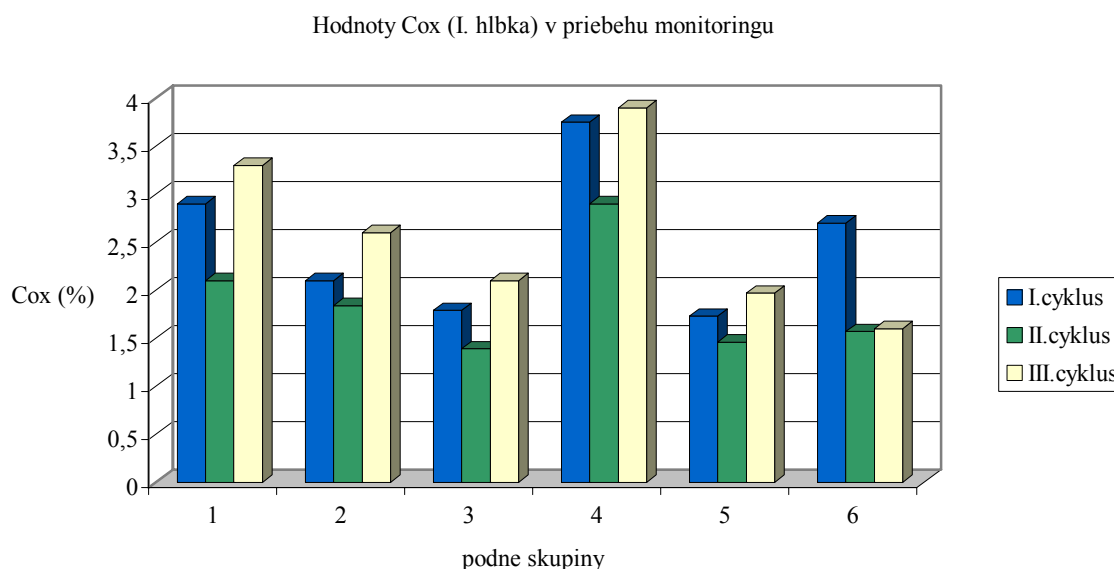
Pôdy	Kultúra	Hĺbka odberu vzorky (cm)	NT			C/N		
			X _{min}	X _{max}	X	X _{min}	X _{max}	X
KM+KMg	TTP	0-10	1765	3210	2693	8.2	15.5	12.4
na vulkanitoch								
KM na vulkanitoch	OP	0-10	1763	3070	2267	9.8	12.1	11.6
KM na kyslých substrátoch	OP	0-10	1403	2802	1955	8	14.5	11
KM na vápencoch	TTP	0-10	2258	5363	3720	9.4	13	10.5
KM na vápencoch	OP	0-10	1692	2397	1927	9.1	10.8	10.2
RA	OP	0-10	1623	3032	2152	5.1	9.9	7.5

Zásobenosť organickej hmoty dusíkom sa hodnotí na základe pomeru C/N (Sotáková, 1982), pričom čím nižšia je hodnota C/N, tým je zásoba dusíka v POH vyššia. Priemerné hodnoty pomeru C/N, ktorý je jedným z hlavných ukazovateľov kvality humusu (Sotáková, 1982) a zároveň môže byť aj dobrým indikátorom dynamiky pôdnej kvality (Franzuebbers, 2002), sa v prípade kambizemí a rendzín pohybujú v rozmedzí od 7 do 12, čo predstavuje vysokú až strednú zásobu dusíka v pôdnej organickej hmote. Najnižšia hodnota C/N a teda najvyššia zásobenosť organickej hmoty dusíkom je na rendzinách (tabuľka 2). V prípade kambizemí najvyššie hodnoty dosahoval tento parameter na kambizemiach na vulkanitoch a najnižšie hodnoty na kambizemiach na karbonátových substrátoch (tabuľka 2). Podstatné rozdiely pomeru C/N medzi poľnohospodárskym využitím pôdy (orná pôda, resp. trvalé trávne porasty) v jednotlivých skupinách neboli zaznamenané.

V priebehu troch monitorovacích cyklov (1993,1997,2002) boli zistené určité trendy ako vo vývoji množstva organického uhlíka tak aj celkového dusíka na sledovaných pôdnych skupinách. V priebehu prvého 5 ročného cyklu bol na všetkých sledovaných pôdnych skupinách zaznamenaný pokles organického uhlíka (graf 1). Uvedený trend v danom období bol zistený aj na ostatných sledovaných pôdnych skupinách (Barančíkova, 2002). Jednou z príčin intenzívnejšej mineralizácie POH na orných pôdach môže byť intenzívne konvenčné obrábanie pôdy (Chan a Hulugalle, 1999), bez dostatočného prísunu kvalitnej organickej hmoty (Bayer a kol. 2000, Devevre a Horwath, 2000) a aplikácia minerálnych živín (Sevcova, 2003). Na Slovensku došlo hlavne po roku 1989 k postupnému znižovaniu produkcie maštalného hnoja a úroveň hospodárenia s pôdnou organickou hmotou bola obmedzovaná aj poklesom úrod poľnohospodárskych plodín a s tým súvisiacim nižším prísunom rastlinných zvyškov do pôdy (Jurčová, 1996). V priebehu ďalšieho 5 ročného cyklu bol zaznamenaný opačný trend, t.j. nárast organickej hmoty za sledované obdobie, pričom v dvoch prípadoch bol tento nárast v porovnaní s rokom 1997 štatisticky významný (tabuľka 3). Avšak pri porovnaní prvého (1993) a tretieho (2002) cyklu sme nezaznamenali žiadne štatisticky významné zmeny a teda môžeme konštatovať, že úroveň POH na kambizemiach dosiahla

počiatočný stav. Na rendzinách uvedený trend zaznamenaný nebol, nakoľko hodnota Cox 3. cyklu je identická s hodnotou 2. cyklu, pričom obe hodnoty sú oproti prvému odberu štatisticky významne nižšie (graf 1, tabuľka 3). Jedným z možných vysvetlení uvedeného trendu môže byť skutočnosť, že koncom 90-tych rokov ako jedna z priorit štátnej dotačnej politiky bolo realizované tiež zvyšovanie obsahu organických látok v pôde prostredníctvom organického hnojenia, čoho následkom môže byť aj nárast Cox na kambizemiach v r. 2002.

Graf 1



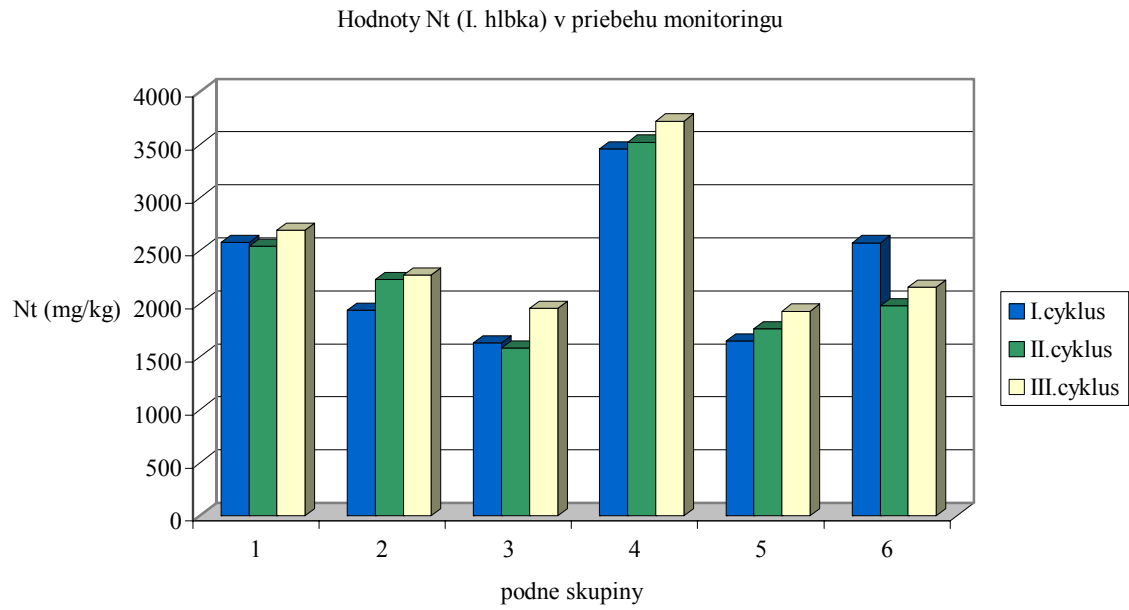
Tab. 3 Hodnoty Lordovho, resp. Studentovho testu parametrov Cox, Nt a C/N. Porovnanie rokov 1997/2002 a 1993/2002 na hladine významnosti 0.1.

skupina pôd parameter	hĺbka (cm)	porovnanie	1	2	3	4	5	6
			$t_{\alpha}=3.5$	$u_{\alpha}=0.618$	$t_{\alpha}=3.17$	$u_{\alpha}=0.3$	$u_{\alpha}=1,046$	$u_{\alpha}=0.257$
Cox	0-10	97/02	4.56*	0.12	5.55*	0.138	0.311	0.027
		93/02	0.61	0.14	3.1	0.02	0.132	0.32*
Nt	0-10	97/02	0.8	0.014	1.23	0.035	0.092	0.06
		93/02	1.02	0.143	3.15	0.054	0.215	0.146
C/N	0-10	97/02	2.97	0.565	1.92	0.4*	0.6	0.08
		93/02	1.38	0.11	0.09	0.012	0.07	0.252

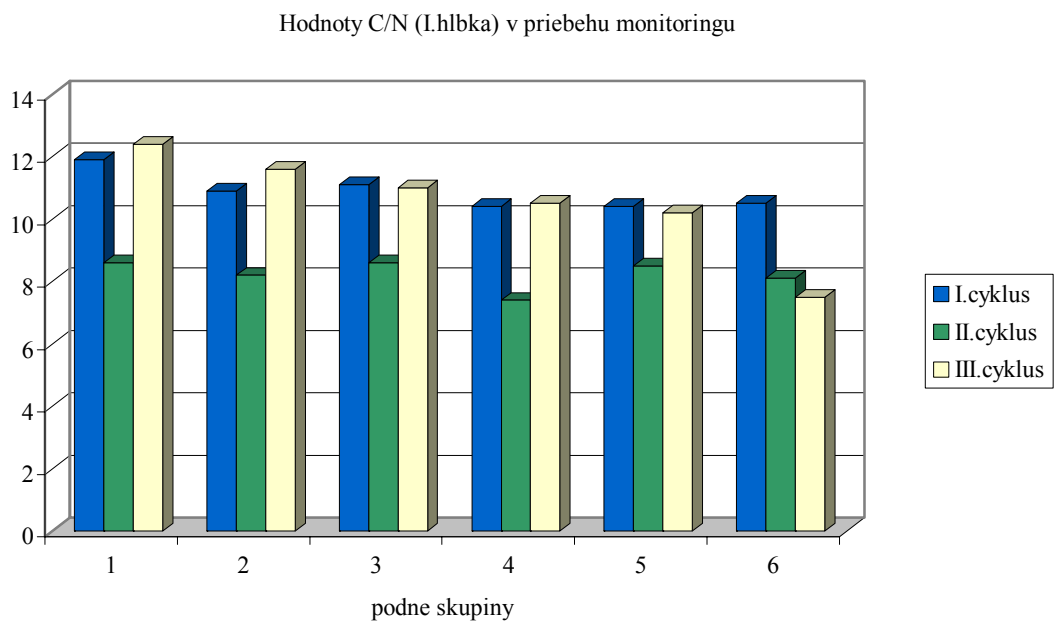
Zmeny v obsahu celkového dusíka v priebehu monitorovacieho obdobia, v porovnaní so zmenami Cox, boli minimálne a žiadna z nich nebola štatisticky významná (tabuľka 3). V priebehu sledovaného obdobia bol na kambizemiach zaznamenaný nepatrný ale postupný nárast hodnôt celkového dusíka (graf 2).

Značný pokles organického uhlíka a minimálne zmeny v obsahu celkového dusíka sa prejavili aj v pomere C/N za sledované monitorovacie obdobie. Ako je možné vidieť na grafe 3. vo všetkých skupinách kambizemí došlo k poklesu tohto parametra v priebehu prvého 5 ročného cyklu. V druhom 5. ročnom cykle hodnota pomeru C/N dosiahla počiatočný stav (graf 3). Značne odlišná situácia, podobne ako v prípade Cox je na rendzinách, nakoľko v tejto pôdnej skupine dochádza k postupnému znižovaniu tohto parametra (graf 3).

Graf 2



Graf 3



ZÁVER

V predkladanej práci hodnotíme zmeny v množstve pôdnej organickej hmoty na 5 skupinách kambizemí a skupine rendzín prvých dvoch 5-ročných monitorovacích cykloch základnej monitorovacej siete (obdobie rokov 1993-2002).

V priebehu 90-tych rokov bol na sledovaných skupinách kambizemí a rendzín zaznamenaný mierny pokles organického uhlíka, ktorý sa môže vzťahovať na komplexné zmeny, ktorými prešlo slovenské poľnohospodárstvo v uvedenom období. Začiatok nového milénia je charakterizovaný miernym nárastom Cox, takže môžeme konštatovať, že úroveň POH v r. 2002 na kambizemiach dosiahla stav zistený na začiatku monitorovacieho obdobia. Uvedená skutočnosť môže súvisieť s dotačnou politikou štátu na zvyšovanie obsahu organických látok v pôde prostredníctvom organického hnojenia. Na rozdiel od kambizemí, na rendzinách bola hodnota Cox v r. 2002 takmer identická s hodnotou v r.1997. Na tejto skupine pod je zrejmy pokles POH oproti východzie mu stavu.

Hodnoty zmien celkového dusíka boli v priebehu oboch monitorovacích cykloch minimálne, ale za 10-ročne obdobie je badateľný nepatrný, ale postupný nárast tohto parametra.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- 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, VUPOP, 1999, str. 67-84.
- Barančíková, G.: Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty. In: Kobza, J. et all: Monitoring pôd Slovenskej republiky. Bratislava: VÚPOP, 2002, s. 54-73
- Baritz, R., De Neve, S., Barancikova, G., Gronlund, A., Leifeld, J., Katzensteiner, K., Koch, H.J., Palliere, C. Romanya, J., Schaminee, J.: Working group of organic matter and biodiversity, Task Group 5 on Land use practices and SOM. In: Reports of the technical working groups, Volume III, Organic matter , str. 137-164; editors: Van-Camp, L, Bujarrabal B, Gentile, A.R., Jones, R.A.J., Montanarella, L, Olazabal,C, Selvaradjou, S.H. EUR 21319 EN/3 European Communities, 2004.
- Bayer, C., Martin-Neto, L., Mielniczuk, J., Ceretta, A.: Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from Southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. Soil & Tillage Research, 2000, vol. 53, str. 95-104.
- Chan, K.Y., Hulugalle, N.R.: Changes in some soil properties due to tillage practices in rainfed hardsetting Alfisols and irrigated Vertlisols of eastern Australia. Soil & Tillage Research, 1999, vol. 53, str. 49-57.
- Chukov, S. N.: Study by ¹³C – 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.

- Doane, T.A., Deevre, O.C., Horwath, W.R.: Short-term soil carbon dynamics of humic fractions in low-input and organic cropping systems. *Geoderma*, 2003, vol. 114, str. 319-331.
- Franzluebbers, A.J.: Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil Till. Res.*, 2002, vol. 66, str. 95-106.
- Jones, R.J.A., Hiederer, R., Rusco, E., Loveland, P.J., Montanarella, L.: The map of organic carbon in topsoils in Europe, Versin 1.2, European Soil Bureau Research Report No.17, EUR 21209 EN, 26 str. 1 map in ISO B1 format.
- Jurčová, O.: Treba skoncovať s koristníckym vzťahom k živiteľke. *Roľnícke noviny*, BESEDA, (6.11.1996), str. 1-6.
- Sotáková, S.: *Organická hmota a úrodnosť pôdy*. Bratislava, Príroda, 1982, 234 str.
- Sevcova, L., Romanenko, V., Sirotenko, O., Smith, P., Smith, J.U., Leech, P., Kanzyvaa, S., Rodionova, V.: Effect of natural and agricultural factors on long-term soil organic matter dynamics in arable soddy-podzolic soil-modeling and observation. *Geoderma*, 2003, vol. 116, str. 165-189

ČÚ 07

MONITORING FYZIKÁLNÝCH A HYDROFYZIKÁLNÝCH VLASTNOSTÍ PÔD

Zodpovedný riešiteľ: Ing. Miloš Širáň

ÚVOD

Podmienkou vysokej kvantitatívnej a kvalitatívnej úrovne úrod poľnohospodárskych plodín je optimálny fyzikálny stav pôdy (Hlušíčková, Lhotský 1994). Čo sa týka fyzikálnych vlastností pôdy, najväčším degradačným prejavom je zhutňovanie a erózia. Tieto dva nežiadúce javy často úzko súvisia a síce utlačanie pôdy môže podporovať jej eróziu. Zhutnená pôda, resp. vrstva v pôdnom profile sa vyznačuje zníženou pórovitosťou (hlavne o nekapilárne póry) a potom aj menšou vododržnosťou a predovšetkým priepustnosťou pre vodu, ktorá neodteká do spodín, ale sa kumuluje nad touto vrstvou. Pri určitej intenzite zrážok môže dôjsť k nasýteniu pôdy nad touto vrstvou a následne k povrchovému odtoku vody i odnosu zeminy. Táto časť správy je zameraná na hodnotenie fyzikálnych a hydrofyzikálnych vlastností pôdy vzhľadom na limity zhutnenia, ktoré sa pre jednotlivé pôdne druhy líšia vo svojich hodnotách.

MATERIÁL A METÓDY

V prvej časti správy sú hodnotené výsledky tretieho odberového cyklu monitoringu fyzikálnych vlastností pôd Slovenska v rámci tzv. *základnej siete* (odoberané len na orných pôdach), týkajúce sa pôdných typov – *kambizeme (na vulkanitoch – KM1, na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach – KM2, na karbonátových substrátoch – KM3) a rendziny*. Odbery vzoriek v rámci tretieho cyklu boli uskutočnené v roku 2002. Prvý cyklus odberu sa realizoval v roku 1993, druhý v roku 1997. Z výsledkov uvedených troch cyklov bol vyhodnotený trend vývoja sledovaných fyzikálnych parametrov kambizemí a rendzín.

V druhej časti správy sú spracované údaje z vybraných *klúčových lokalít* týkajúce sa priestorovej variability fyzikálnych vlastností pôdy. Ide tu o overenie doterajšieho spôsobu odberu, či je postačujúci alebo ho je potrebné upraviť. Pre daný zámer boli použité údaje z nasledujúcich lokalít:

- Moravský Ján – Regozem modálna kultizemná (RM_{ma}), ľahká, piesčitá
- Voderady – Černozem modálna kultizemná (ČM_{ma}), stredne ťažká, hlinitá
- Nacina Ves – Fluvizem glejová kultizemná (FM_{Ga}), ťažká, ílovitá

Sledované fyzikálne parametre z odberov z tzv. *základnej siete* i *klúčových lokalít* sú zamerané na hodnotenie základných fyzikálnych vlastností pôdy, ktoré sa stanovujú z Kopeckého valčekov o objeme 100 cm³. Vzorky sa odoberajú len v rámci orných pôd a to z ornice (0- 0,10 m) a podornice (0,30-0,40 m).

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

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

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

Pôdna vlastnosť	Pôdny druh ¹					
	I	IV	H	PH	HP	P
Objemová hmotnosť ρ_d (g.cm ⁻³)	>1,35	>1,40	>1,45	>1,55	>1,60	>1,70
Pórovitosť P_c (obj. %)	< 48	< 47	< 45	< 42	< 40	< 38
Minimálna vzdušná kapacita VzK (obj. %)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Max.kapilárna kapacita MKK (obj. %)	>35	>35	>35	-	-	-

¹ **Pôdny druh:** **I** – íl, **IV** – ílovitá, **H** – hlinitá, **PH** – piesčito-hlinitá, **HP** – hlinito-piesčitá, **P** - piesčitá

VÝSLEDKY A DISKUSIA

1. Vyhodnotenie súčasného stavu a trendu vývoja fyzikálnych vlastností kambizemí a rendzín

1.1. Vyhodnotenie súčasného stavu podľa skupín zo základnej siete z roku 2002 (3. cyklus)

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

Stredne ťažké kambizeme a rendziny

V prípade ornice stredne ťažkých kambizemí a rendzín nebolo v priemerných hodnotách zistené zhutnenie pri nijakom sledovanom parametri (tab. 2). Najhorší stav bol pri rendzine, ktorej objemová hmotnosť sa priblížila kritickej hranici. V maximálnych hodnotách limit objemovej hmotnosti prekročili kambizeme na kyslých a karbonátových substrátoch a rendziny.

Podornica pri všetkých týchto pôdnych typoch bola podľa objemovej hmotnosti utlačená v maximálnych i priemerných hodnotách. Z ostatných sledovaných parametrov boli mimo kritického intervalu len celková pórovitosť a prevzdušnenie pri kambizemiach na vulkanitoch a prevzdušnenie pri rendzinách.

Tab. 2 Tretí odberový cyklus (rok 2002) – kambizem, rendzina. Stredne ťažká pôda.

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	P_d	P_C	P_N	MKK	VzK
			$g \cdot cm^{-3}$	objemové %			
KM na vulkanitoch (KM1)	0-0,10 m	x	1,26	51,82	10,59	36,98	14,84
		x_{min}	1,20	50,19	7,84	34,17	10,39
		x_{max}	1,32	53,44	13,34	39,80	19,28
	0,30-0,40 m	x	1,46	45,35	9,03	33,39	11,97
		x_{min}	1,40	44,42	4,92	30,22	7,57
		x_{max}	1,49	46,49	11,45	37,59	14,19
KM na kyslých substr. a pestrých bridliciach (KM2)	0-0,10 m	x	1,33	50,41	10,87	36,46	13,96
		x_{min}	1,13	45,44	6,82	30,99	8,48
		x_{max}	1,48	57,41	17,25	43,35	22,33
	0,30-0,40 m	x	1,56	42,97	5,33	35,46	7,50
		x_{min}	1,39	36,23	2,17	31,01	3,43
		x_{max}	1,70	48,58	8,80	43,34	11,87
KM na karbonátových substrátoch (KM3)	0-0,10 m	x	1,35	49,74	14,21	33,66	16,08
		x_{min}	1,22	44,66	4,48	27,74	5,08
		x_{max}	1,48	54,81	23,94	39,59	27,07
	0,30-0,40 m	x	1,54	42,46	2,33	39,26	3,20
		x_{min}	-	-	-	-	-
		x_{max}	-	-	-	-	-
RA	0-0,10 m	x	1,45	46,79	10,73	33,22	13,57
		x_{min}	1,29	40,01	6,99	30,81	9,20
		x_{max}	1,63	52,06	15,90	35,26	17,19
	0,30-0,40 m	x	1,54	43,97	12,05	28,77	15,20
		x_{min}	1,39	33,65	7,35	22,57	11,08
		x_{max}	1,82	49,46	17,02	37,74	19,79

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

Ťažké kambizeme a rendziny

V rámci ťažkých kambizemí a rendzín bol pozorovaný obdobný stav ako pri stredne ťažkých (tab.3 – ostatné dve skupiny sú málo početné). Výnimkou sú kambizeme na vulkanitoch, kde ich priaznivý stav v podornici pravdepodobne ovplyvnil vyšší obsah skeletu v tejto časti pôdneho profilu (45 %). Rozdiel v porovnaní so stredne ťažkými pôdami je hlavne v hodnotách max. kapilárnej kapacity, ktorá je vyššia pri všetkých pôdnych typoch i odberových cykloch (s výnimkou kambizemí na vulkanitoch) tak v ornici ako i v podornici. Napriek tomu boli sledované pôdy v ornici dostatočne prevzdušnené (> 10 % obj.).

Celkovo stav kambizemí a rendzín je v ornici priaznivejší v porovnaní s inými pôdnymi typmi (napr. čiernica, černoziem, hnedozem – Houšková, Styk 2000, Houšková 2002, Širáň 2004) pravdepodobne v dôsledku obsahu skeletu (slabo až stredne skeletnaté), ktorý prevzdušňuje pôdu, ale hlavne vplyvom druhu pestovaných plodín (prevažne obilnín), ktoré na týchto pôdach prevládajú a pri ktorých sú obmedzené prejazdy po poli v dôsledku využívania koľajových medziradičov, príp. neochudobňujú pôdu o organickú hmotu. Na stav pH (Makovníková 2000, 2002) nereagujú hodnoty fyzikálnych vlastností sledovaných pôdnych typov jednoznačne. V prípade organickej hmoty (Barančíková 2000, 2002) bola zistená pomerne vysoká negatívna korelácia ($r = -0,82$) medzi Cox a objemovou hmotnosťou, teda s rastom uhlíka v pôde klesá jej zhutnenie.

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

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veľičina	P _d	P _C	P _N	MKK	VzK
			g.cm ⁻³	objemové %			
KM na kyslých substr. a pestrých bridliciach	0-0,10 m	x	1,28	52,20	9,37	39,78	12,42
		x _{min}	1,23	50,38	4,94	37,17	7,98
		x _{max}	1,33	54,03	13,80	42,39	16,86
	0,30-0,40 m	x	1,46	45,86	6,51	37,84	8,02
		x _{min}	1,46	45,66	4,11	36,19	6,18
		x _{max}	1,47	46,05	8,92	39,48	9,86
RA	0-0,10 m	x	1,20	55,55	18,64	33,74	21,81
		x _{min}	1,16	53,57	15,19	31,34	17,42
		x _{max}	1,23	57,54	22,09	36,15	26,20
	0,30-0,40 m	x	1,42	47,61	6,72	39,63	7,99
		x _{min}	1,31	44,50	1,97	38,37	3,62
		x _{max}	1,52	50,73	11,47	40,89	12,36

Vysvetlivky ako v tabuľke 2.

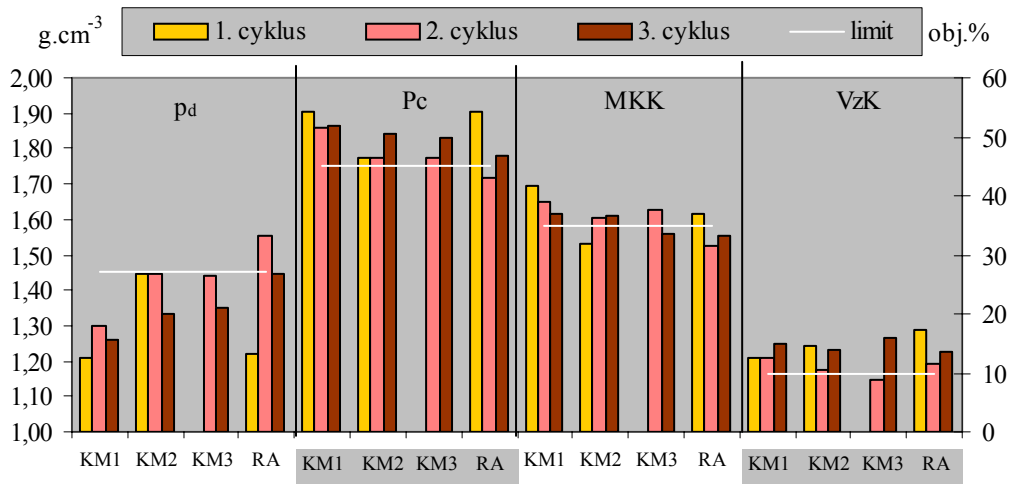
1.2. Vyhodnotenie vývojového trendu kambizemí a rendzín v základnej sieti za 3 odberové cykly (1993, 1997, 2002)

Ak porovnáme aktuálny fyzikálny stav týchto pôd z predchádzajúcimi odberovými cyklami (graf 1 až 4), môžeme pozorovať určitý trend. Predovšetkým v ornici sú hodnoty viac rozkolísané a naopak v podornici ustálené.

V rámci ornice stredne ťažkých kambizemí a rendzín (graf 1) možno pozorovať zlepšenie v 3. cykle pri všetkých pôdnych typoch v porovnaní s druhým a zhoršenie pri kambizemi na vulkanitoch a rendzine oproti prvému. Z hľadiska podornice je situácia opačná (graf 2). Ide o rast zhutnenia pôdy pri všetkých pôdnych typoch (s výnimkou kambizemí na karbonátoch) smerom od prvého po tretí cyklus.

V prípade ťažkých kambizemí a rendzín boli zastúpené len kambizeme na kyslých substrátoch a rendziny (graf 3). V ornici bolo zistené zhoršenie oproti 2. cyklu pri oboch pôdnych typoch. V podornici bol zaznamenaný najpriaznivejší stav v 1. cykle, najhorší v druhom (graf 4). V 3. cykle došlo k zlepšeniu v rámci oboch pôdnych typov, stále to však bolo v kritickom intervale pri všetkých sledovaných pôdnych vlastnostiach.

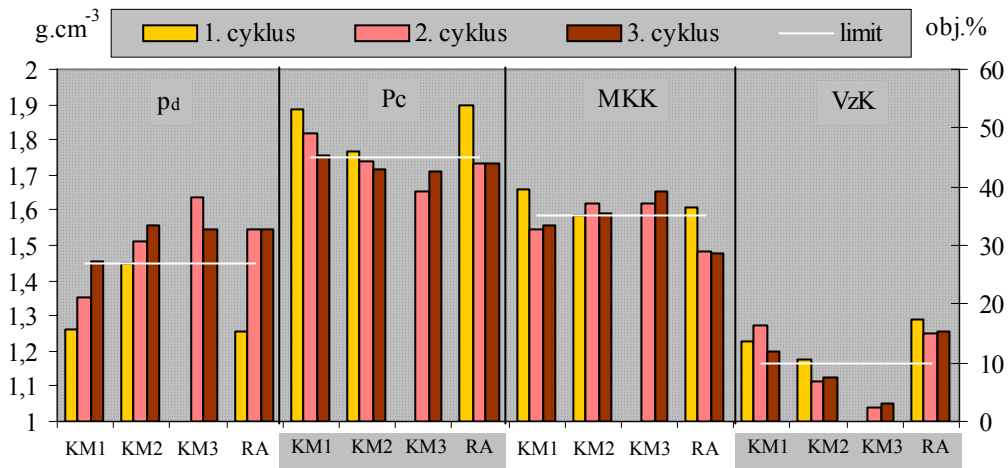
Graf 1 Základné fyzikálne vlastnosti ornice (0-0,10 m) stredne ťažkých kambizemí a rendzín v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



Vysvetlivky:

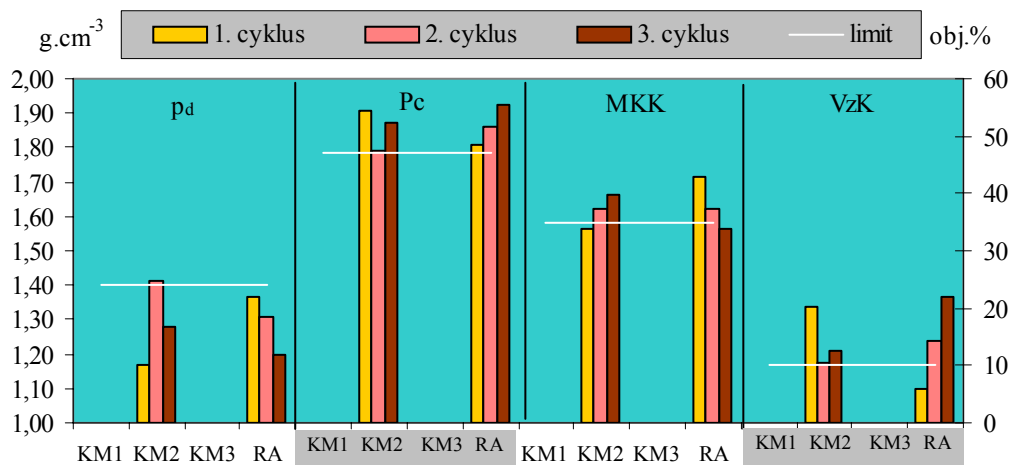
- KM1 – kambizeme na vulkanitoch
- KM2 – kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach
- KM3 – kambizeme na karbonátových substrátoch
- R – rendzina
- 1., 2., 3. cyklus – odberové cykly v zákł. sieti v r. 1993, 1997, 2002
- Pc – celková pórovitosť
- MKK – maximálna kapilárna kapacita
- RVK – retenčná vodná kapacita
- VzK – minimálna vzdušná kapacita
- limit – kritická hodnota zhutnenia

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



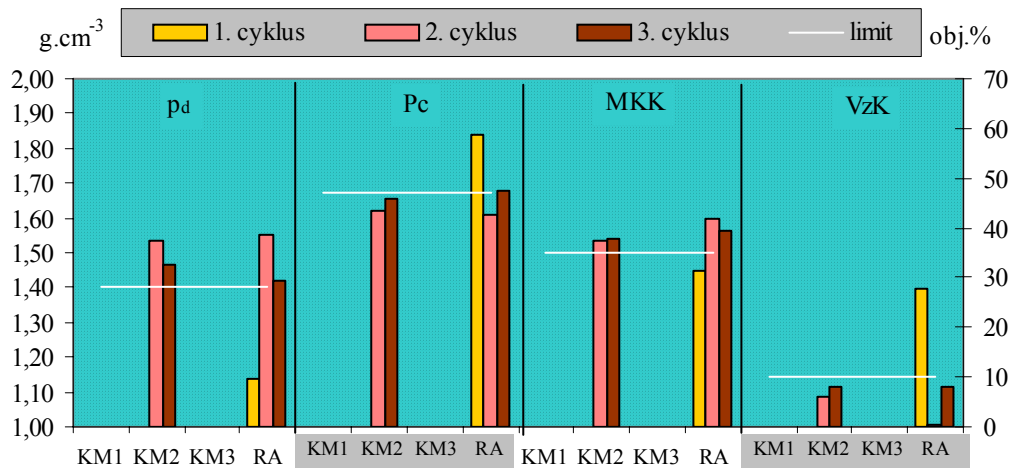
Vysvetlivky ako v grafe 1

Graf 3 Základné fyzikálne vlastnosti ornice (0-0,10 m) ťažkých kambizemí a rendzín v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



Vysvetlivky ako v grafe 1

Graf 4 Základné fyzikálne vlastnosti podornice (0,30-0,40 m) ťažkých kambizemí a rendzín v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



Vysvetlivky ako v grafe 1

2. Analýza spôsobov odberu pôdných vzoriek k rozboru fyzikálnych vlastností z hľadiska ich reprezentatívnosti na ploche monitorovacej lokality.

V druhej časti sú analyzované 2 spôsoby odberu vzoriek (tab. 4) – zo stredu lokality (ornica: 4 fyzikálne valce, podornica: 8) v porovnaní z celej plochy (ornica: 5, podornica: 5).

Chceli sme overiť, či tu môžu byť výraznejšie rozdiely, v prípade ktorých by sme sa dopustili chyby z nereprezentatívnosti danej plochy. Viedla nás k tomu náročnosť odberov vzoriek k rozborom fyzikálnych vlastností pôdy na fyzickú prácu a čas, ale i poznatky o značnej variabilite týchto vlastností už i na malej ploche. V prípade odberu zo stredu

plochy by stačilo odoberať vzorky z jednej väčšej pôdnej sondy, inak je nutné kopať pre každý opakovaný odber z profilu sondu zvlášť. Pri výbere lokalít bol zohľadnený vplyv zrnitosti na stav fyzikálnych vlastností. Zastúpené sú ľahké, stredne ťažké i ťažké pôdy.

Tab. 4 Kľúčové lokality (rok 2004) – fyzikálne vlastnosti pôdy v strede lokality v porovnaní s odberom na celej ploche.

Pôdny druh - spôsob odberu	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	P_d	P_C	P_N	MKK	RVK	VzK
			g.cm ⁻³	objemové %				
Ľahká pôda - z celej plochy	0-0,10 m	$x \pm s_x \%$	1,40±6	46,52±7	19,23±21	22,52±7	20,34±8	24,00±19
		x_{min}	1,31	42,02	13,82	19,65	17,70	18,92
		x_{max}	1,52	50,64	24,99	23,75	22,15	30,99
	0,30-0,40 m	$x \pm s_x \%$	1,60±1	40,11±2	13,33±6	21,74±5	19,74±6	18,37±8
		x_{min}	1,57	39,20	12,55	20,40	18,15	16,62
		x_{max}	1,62	40,90	14,32	23,30	21,30	19,80
Ľahká pôda - stred lokality	0-0,10 m	$x \pm s_x \%$	1,39±2	47,31±3	22,15±12	20,50±6	16,56±13	26,82±10
		x_{min}	1,38	46,77	20,55	19,61	15,10	25,02
		x_{max}	1,41	47,71	23,57	21,75	18,26	28,10
	0,30-0,40 m	$x \pm s_x \%$	1,65±2	37,63±4	11,38±12	22,68±4	18,04±20	14,95±12
		x_{min}	1,60	34,94	9,91	22,01	13,44	12,56
		x_{max}	1,72	39,57	13,26	24,55	23,42	17,29
Stredne ťažká pôda z celej plochy	0-0,10 m	$x \pm s_x \%$	1,22±9	53,91±7	15,18±30	35,31±4	31,33±4	18,60±27
		x_{min}	1,06	50,16	10,66	32,90	29,35	13,56
		x_{max}	1,33	59,38	20,58	36,85	32,50	24,38
	0,30-0,40 m	$x \pm s_x \%$	1,38±3	48,06±2	10,71±22	34,66±6	31,94±5	13,40±12
		x_{min}	1,33	46,82	7,90	31,90	29,30	11,51
		x_{max}	1,43	49,45	13,35	37,15	33,40	14,92
Stredne ťažká pôda stred lokality	0-0,10 m	$x \pm s_x \%$	1,22±8	53,88±7	13,67±25	36,11±5	31,73±5	17,77±23
		x_{min}	1,14	48,98	10,35	35,59	30,68	13,00
		x_{max}	1,35	56,89	16,10	36,76	32,88	21,30
	0,30-0,40 m	$x \pm s_x \%$	1,36±4	49,53±4	8,99±23	37,52±4	34,71±3	12,01±17
		x_{min}	1,31	46,23	6,26	37,01	33,89	8,83
		x_{max}	1,45	51,54	10,99	38,70	35,64	14,48
Ťažká pôda - z celej plochy	0-0,10 m	$x \pm s_x \%$	1,21±8	54,72±7	14,76±55	38,24±10	35,86±10	16,48±44
		x_{min}	1,07	49,93	4,98	33,40	31,25	6,63
		x_{max}	1,34	60,03	25,18	43,30	41,10	26,63
	0,30-0,40 m	$x \pm s_x \%$	1,40±2	47,79±2	3,52±55	43,32±4	41,63±4	4,47±46
		x_{min}	1,36	46,81	1,40	41,75	39,85	2,40
		x_{max}	1,42	49,00	6,25	45,65	44,45	7,25
Ťažká pôda - stred lokality	0-0,10 m	$x \pm s_x \%$	1,39±4	47,93±4	4,81±32	41,81±2	39,82±2	6,12±29
		x_{min}	1,33	46,09	2,79	41,27	39,48	3,88
		x_{max}	1,44	50,17	6,51	42,21	40,48	8,21
	0,30-0,40 m	$x \pm s_x \%$	1,42±3	47,12±3	4,58±34	41,52±3	40,02±2	5,25±44
		x_{min}	1,36	44,88	2,27	40,27	38,77	0,42
		x_{max}	1,48	49,41	7,35	43,43	41,54	8,22

Vysvetlivky: p_d – objemová hmotnosť, P – pórovitosť nekapilárna (N), celková (C), MKK – maximálna kapilárna kapacita, RVK – retenčná vodná kapacita, VzK – minimálna vzdušná kapacita, $x \pm s_x \%$ – aritm. priemer + variačný koeficient, x_{min} (x_{max}) – minimum (maximum)

Výsledky potvrdzujú všeobecné poznatky o vyššej variabilite jednotlivých pôdných vlastností v ornici v porovnaní s podornicou (tab.4).

Z hľadiska zmienených spôsobov odberu viac varíovali hodnoty väčšiny pôdnych charakteristík (objem. hmotnosť, celková a nekapilárna pórovitosť, min. vzdušná kapacita) pri odbere z celej plochy v ornici a naopak prevažne vo vzorkách zo stredu plochy v podornici a to pri všetkých pôdnych druhoch, no najmenej v rámci stredne ťažkej pôdy. Kvôli lepšiemu zachyteniu variability fyzikálnych vlastností je potrebné pri ornici odoberať vzorky z celej plochy a pri podornici je vhodné kombinovať oba spôsoby odberu, príp. postačí aj odber len zo stredu lokality. Aj napriek materiálnej a technickej náročnosti odberov je nutné odoberať vzorky v oboch hĺbkach minimálne v troch opakovaníach

Výsledky t-testu potvrdzujú preukazné rozdiely medzi hodnotami zo stredu a z celej plochy lokality v 10 prípadoch (tab.5). Väčšina z nich sa týkala objem. hmotnosti a s nej počítaných charakteristík (celková a nekapilárna pórovitosť, min. vzdušná kapacita) v podornici ľahkých resp. v ornici ťažkých pôd. V týchto prípadoch odber v strede lokality nereprezentoval v zmienených vlastnostiach variabilitu celej skúmanej plochy. Tu konkrétne hodnoty objem. hmotnosti sa pohybovali pri hornej hranici variačného rozpätia, kým hodnoty celkovej a nekapilárnej pórovitosti, príp. min. vzdušnej kapacity naopak okolo ich dolnej.

Tab. 5 Kľúčové lokality (rok 2004) – výsledky t-testu o preukaznosti rozdielov fyzikálnych vlastností medzi hodnotami zo stredu a z celej plochy lokality

Pôdny druh	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	P _d	P _C	P _N	MKK	RVK	VzK
			g.cm ⁻³	objemové %				
Ľahká pôda	0-0,10 m	α	0,951	0,890	0,445	0,186	0,059	0,511
		t	0,06	0,14	0,80	1,45	2,20	0,69
	0,30-0,40 m	α	0,030*	0,012*	0,021*	0,141	0,366	0,005**
		t	2,64	3,21	2,88	1,63	0,96	3,77
Stredne ťažká pôda	0-0,10 m	α	0,769	0,828	0,985	0,998	0,836	0,863
		t	0,30	0,22	0,02	0,003	0,21	0,18
	0,30-0,40 m	α	0,568	0,218	0,337	0,054	0,024*	0,331
		t	0,60	1,34	1,02	2,26	2,78	1,03
Ťažká pôda	0-0,10 m	α	0,020*	0,019*	0,035*	0,075	0,060	0,031*
		t	2,88	2,94	2,53	2,05	2,19	2,62
	0,30-0,40 m	α	0,305	0,495	0,299	0,036*	0,057	0,512
		t	1,10	0,71	1,11	2,52	2,22	0,69

Vysvetlivky: α - hladina významnosti; */** = 0,05/0,01, t – t-hodnota, (ostatné skratky ako v tab. 4)

ZÁVER

Ornice všetkých analyzovaných pôd sú mimo kritického intervalu, podornice sú zhutnené. V prípade stredne ťažkých pôd bolo v ornici zistené zlepšenie fyzikálneho stavu oproti druhému odberovému cyklu, naopak v podornici zhoršovanie od prvého po tretí. V rámci ťažkých pôd bolo pozorované zlepšenie v celom pôdnom profile.

Z hľadiska reprezentatívnosti odberov za monitorovaciu lokalitu je potrebné v rámci ornice odoberať vzorky z celej plochy, za podornicu kombinovane z celej plochy i vo viacerých opakovaníach z jej stredu, príp. postačí aj odber len zo stredu lokality. V oboch hĺbkach je nutné odoberať minimálne v troch opakovaníach (aj napriek materiálnej a technickej náročnosti odberov).

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- Barančíková, G.: Monitoring kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia humusu. In: Kobza, J. a kol.: Monitoring pôd SR. Výsledky ČMS – pôda za obdobie 1997-2001 (2. cyklus), priebežná správa, VÚPOP, Bratislava, 2000, s. 69-86
- Barančíková, G.: Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty. In: Kobza, J. a kol.: Monitoring pôd SR. Výsledky ČMS – pôda za obdobie 1997-2001 (2. cyklus), VÚPOP, Bratislava, 2002, s. 54-73
- Hlušíčková, J., Lhotský, J.: Ochrana půdní struktury před technogenní degradací. Metodika ÚVTIZ, Praha, 1994, 40 s.
- Houšková, B., Styk, J.: Monitoring fyzikálních, hydrofyzikálních vlastností půd a erózie. In: Kobza, J. a kol.: Monitoring pôd SR. Výsledky ČMS – pôda za obdobie 1997-2001 (2. cyklus), priebežná správa, VÚPOP, Bratislava, 2000, s. 87-114
- Houšková, B.: Vývoj fyzikálních vlastností poľnohospodárskych pôd. In: Kobza, J. a kol.: Monitoring pôd SR. Výsledky ČMS – pôda za obdobie 1997-2001 (2. cyklus), VÚPOP, Bratislava, 2002, s. 131-141
- Makovníková, J.: Acidifikácia pôd. In: Kobza, J. a kol.: Monitoring pôd SR. Výsledky ČMS – pôda za obdobie 1997-2001 (2. cyklus), priebežná správa, VÚPOP, Bratislava, 2000, s. 35-52
- Makovníková, J.: In: Kobza, J. a kol.: Monitoring pôd SR. Výsledky ČMS – pôda za obdobie 1997-2001 (2. cyklus), VÚPOP, Bratislava, 2002, s. 21-32
- Širáň, M.: Zhutnenie pôdy a jeho vývoj. Tretie pôdoznalecké dni na Slovensku, 22.-24. jún 2004, poster, Mojmírovce, 2004
- Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene a doplnení niektorých zákonov, 2004

ČÚ 08

MONITORING ERÓZIE PÔD

Zodpovedný riešiteľ: Ing. Ján Styk, PhD.

ÚVOD

Pod pojmom pôdna erózia rozumieme prírodný proces skladajúci sa z troch na seba nadväzujúcich dielčích procesov. Erózia začína rozrušovaním pôdneho povrchu vplyvom kinetickej energie dažďových kvapiek ako aj vody stekajúcej po povrchu pôdy, nasleduje transport uvoľnených pôdnych častíc po svahu, a končí to sedimentáciou pôdnej hmoty v báze (alebo v depresii) svahu. Tento prírodný proces sa výraznou mierou podieľa na modelovaní reliéfu krajiny, ako aj na degradácii poľnohospodárskej pôdy, kedy v konečnom dôsledku môže dôjsť až k jej úplnej likvidácii (pri totálnej strate jemnozeme). Vplyvom neuváženej činnosti človeka často býva pôdna erózia výrazne urýchlená. Intenzifikáciou poľnohospodárskej výroby (je ovplyvnená podmienkami trhu) sa síce dosahujú väčšie výnosy, ale protierózna ochrana pôdy je väčšinou zabezpečená v nedostatočnej miere. V súčasnej dobe je už v platnosti nový zákon o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy (zákon č. 220/2004) kde ochrana pôdy pred eróziou je jedna z jeho dôležitých súčastí. Získavanie údajov o intenzite vodnej erózie (ako súčasť monitoringu erózie pôd) môže slúžiť ako podklad pre uplatňovanie účinných protieróznych opatrení. Monitorovanie účinkov vodnej erózie na pôdu je od roku 1993 (boli vytýčené prvé tri transekty na sledovanie vplyvu erózie na zmeny pôdnych vlastností) súčasťou Čiastkového monitorovacieho systému – Pôda.

CIEĽ RIEŠENIA

Cieľom čiastkovej úlohy je sledovanie a vyhodnocovanie vplyvu pôdnej erózie na kvantitatívne zmeny sledovaných pôdnych parametrov (obsah humusu, pH/KCl, zrnitosť, zloženie, fyzikálne vlastnosti, prístupný fosfor a v tomto roku aj draslík) na 8 erózných transektoch v priestore (priestorová diferenciacia) a v čase (časová dynamika) v 5 ročných cykloch kedy je pravdepodobnejšie, že na sledovaných plochách prebehne výraznejšia erózna udalosť, ktorá bude mať za následok významnejšiu zmenu sledovaných vlastností. Okrem už spomenutého monitorujeme na všetkých záujmových lokalitách aj trend vývoja intenzity erózie na základe stanovenia profilovej distribúcie rádioaktívneho izotopu ^{137}Cs , ktorý v tomto prípade využívame ako „stabilný“ značkovací prvok (do pôdy sa dostával ako cudzí prvok globálnym prenosom z termojadrových výbuchov a havárií jadrových reaktorov).

Každoročne lokalizujeme na poľnohospodárskej pôde štyri nové erózne transekty (pričom po piatich rokoch sa vrátíme na pôvodné), na ktorých monitorujeme vplyv erózne – akumuláčnych procesov na zmeny pôdnych parametrov v priestore a po uplynutí päťročného cyklu aj v čase.

MATERIÁL A METÓDY

Aj v tomto roku sme lokalizovali štyri nové erózne transekty určené na sledovanie vplyvu procesov vodnej erózie na kvantitatívne zmeny pôdnych parametrov (zrnitosť, zloženie, fyzikálne vlastnosti, pH/KCl, obsah humusu a prístupných živín P a K) v čase (časová dynamika) a v priestore (priestorová heterogenita) ako aj na monitorovanie distribúcie ^{137}Cs v pôdnych profiloch ich jednotlivých častí (plošina, svah, báza). Všetky záujmové lokality sa nachádzajú v erózne senzitivných oblastiach (z hľadiska intenzity zrážok, protieróznej odolnosti pôdy, svahovitosti, kultúre obhospodarovania atď.). Konkrétne sa jedná

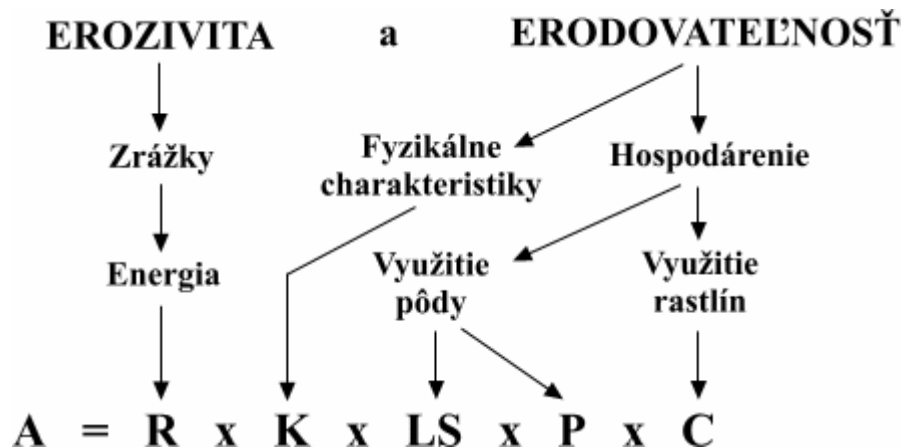
o lokality na orných pôdach nachádzajúce sa v blízkosti Novákov, Trstenej, Koliňan (okr. Nitra) a Budče (okr. Zvolen). Výber transektov vychádzal najmä z terénneho prieskumu kde hlavnou požiadavkou bol predovšetkým reliéf záujmového územia. Súčasťou eróznej katény musí byť vrcholová plošina svahu reprezentatívna pre umiestnenie referenčnej sondy, svah na ktorom možno predpokladať intenzívnu eróziu a úpätie svahu (báza) pre ktoré je charakteristická akumulácia translokovanej pôdnej hmoty.

Na každom zo štyroch erózných transektov boli odkryté a morfológicky popísané tri pôdne profily, ktoré boli lokalizované vo vrcholovej časti svahu (referenčný profil - neerodované alebo mierne erodované pôdy), v eróznej časti transektu (erodované pôdy) a v spodnej (akumulačnej) časti svahu (akumulované pôdy). Transekty sú orientované v smere spádnic v snahe vystihnúť preferenčné smery povrchového odtoku a transportu pôdnej hmoty. Pôdne vzorky sme odobrali z hĺbok 0-0,10; 0,25-0,30; 0,30-0,35; 0,35-0,40; 0,40-0,45 m. Z ornice, ktorá je orbou pravidelne premiešaná, odoberáme pôdnu vzorku iba z hĺbky 0-10 cm.

Časovú dynamiku zmien sledovaných vlastností ovplyvnenú eróziou budeme môcť vyhodnotiť až po uplynutí piatich rokoch (päťročný cyklus) kedy sa znovu vrátíme na spomenuté transekty a vyhodnotíme namerané výsledky. V súčasnej dobe (po prvom roku sledovania) môžeme charakterizovať zmenu pôdných vlastností len z hľadiska priestorovej diferenciácie (zmeny v pôdnom profile a v rámci transektu).

Na výpočet potenciálnej straty pôdnej hmoty v konkrétnej lokalite a pre konkrétnu plodinu používame všeobecne známu Wischmeier-Smithovu (1978) rovnicu erózneho odnosu pôdy (USLE). Aplikovaním uvedenej rovnice na monitorovanej lokalite získame údaje o priemernom množstve pretransportovanej pôdnej hmoty z hektára v tonách za rok. Všeobecná rovnica pre výpočet odnosu pôdy (USLE) je vyjadrená súčinom dvoch priamych (R, K) a štyroch (L, S, C, P) nepriamych faktorov (obr. 1).

Obr. 1 Empirické vyjadrenie USLE (Laflen, Moldenhauer, 2003)



- A – priemerná ročná strata pôdy v tonách z hektára (t/ha /rok)
- R – erózna účinnosť dažďa
- K – protierózna odolnosť pôdy (koeficient erodovateľnosti)
- L – vplyv dĺžky svahu
- S – vplyv svahovitosti
- C – vplyv rastlinného krytu
- P – spôsob obhospodarovania

Na indikáciu intenzity eróznno-akumulačných procesov na monitorovaných lokalitách používame metódu založenú na stanovení koncentrácie rádioaktívneho izotopu ^{137}Cs v pôdnom profile. Prítomnosť izotopu cézia v pôde sa datuje od roku 1945 kedy sa začali prvé termónukleárne výbuchy a skúšky jadrových zbraní v atmosfére. V súčasnej dobe sa cézium dostáva do pôdy najmä z havárií jadrových reaktorov (Černobyl'). Spomínaná metóda je založená na distribúcii ^{137}Cs v pôdnom profile, kde je pomerne homogénne zastúpený v ornici orných pôd, a v pôdach pod TTP do hĺbky 5-10 cm. V pôde je izotop cézia pomerne stabilný, pretože sa pevne viaže na koloidné zložky pôdy (nevyplavuje sa) a jeho polčas rozpadu je približne 30 rokov. K jeho vertikálnemu pohybu v pôdnom profile nedochádza, preto so zväčšujúcou sa hĺbkou jeho koncentrácia výrazne klesá. Samozrejme táto schéma platí pre pôdy, ktoré nie sú intenzívne ovplyvňované procesmi erózie pôdy. 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}Cs boli urobené vo Výskumnom ústave jadrových elektrární v Trnave polovodičovým gamaspektrometrickým systémom z pôdnych vzoriek odobratých z hĺbok 0-10, 0,30-0,35, 0,35-0,40 m.

Stanovenie sledovaných pôdnych parametrov (zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti, pH/KCl, obsah humusu a prístupných živín P - Égner a K - Schachtschabel) sa uskutočnilo podľa štandardných analytických metód používaných v rámci ČMS – Pôda v laboratóriách VÚPOP Bratislava (Fiala et al., 1999).

DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

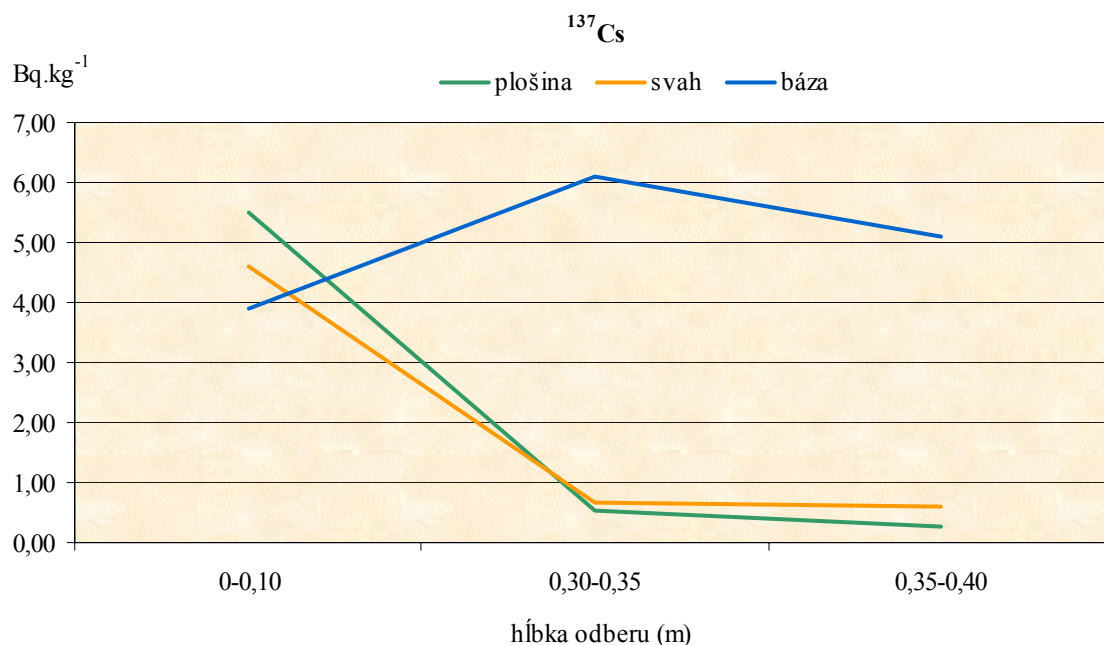
Transekt pri Novákoch

Záujmovú lokalitu sme umiestnili južne od chemického závodu Nováky, v stredne členitom reliéfe Hornonitrianskej kotliny (klimatický región teplý, mierne vlhký s miernou zimou s priemerným ročným úhrnom zrážok 750 mm) (kolektív autorov, 2002). Na sledovanom území sa vyskytujú stredne ťažké (prachovito-hlinité, prachovito-ílovito-hlinité), hlboké pôdy vyvinuté prevažne na deluviálnych polygenetických hlinách. Eróznny transekt sa nachádza na ornej pôde (slnečnica), jeho dĺžka je 740 m a svahovitosť sa pohybuje v rozmedzí od 8° do 11°. Celý sledovaný úsek je charakteristický pseudoglejom kultizemným (kolektív autorov, 2000), rozdiel je len v mocnosti profilu (najmä hĺbke humusového horizontu). Na plošine (referenčná časť) a na svahu (eróznna časť) je hĺbka ornice humusového horizontu 0,25 a v akumuláčnej časti (tu dochádza k akumulácii translokovanej pôdnej hmoty) je humusový horizont hlboký 0,50 m.

Na výpočet priemerného množstva eróziou pretransportovanej pôdnej hmoty sme na sledovanej lokalite použili Wischmeier-Smithovu rovnicu (USLE). Výsledok potvrdzuje predpoklad, že pôda je ovplyvnená eróznno-akumulačnými procesmi, nakoľko potenciálna strata pôdy predstavuje 45,25 t/ha/rok. Môžeme konštatovať, že pôda na sledovanom transekte patrí do kategórie s veľmi vysokým odnosom pôdnej hmoty (pre konkrétnu plodinu, ktorou bola slnečnica). Limitná hodnota odnosu pôdy podľa zákona č. 220/2004 je pre hlboké pôdy stanovená 30 t/ha/rok. Vypočítaná hodnota potenciálnej straty pôdy vysoko prekračuje limit. Vlastník, alebo užívateľ pôdy je v tomto prípade povinný vykonávať trvalú a účinnú protieróznnu ochranu pôdy aplikovaním ochranných agrotechnických opatrení na zabránenie ďalšej degradácie pôdy eróziou (zákon č. 220/2004, § 5, odstavec 2).

Prítomnosť eróznno-akumulačných procesov na transekte dokumentuje aj profilová distribúcia ^{137}Cs v rámci jeho jednotlivých častí. V referenčnej a eróznej časti svahu sme zaznamenali klasickú schému profilového rozšírenia cézia, kedy sa tento izotop nachádza iba v ornícovom horizonte (0-0,25 m) a pod ním sú jeho hodnoty na prahu merateľnosti. V akumuláčnej časti katény sme ešte v hĺbke 0,40 m namerali koncentráciu ^{137}Cs takmer zhodnú s koncentráciou stanovenou v ornici referenčného profilu (obr. 2).

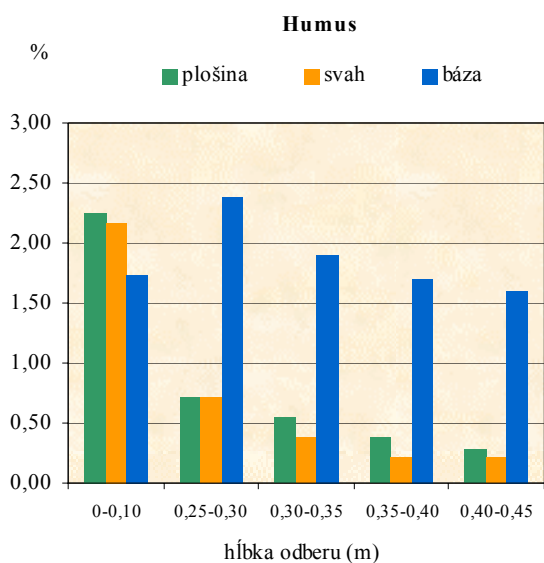
Obr. 2 Profilová distribúcia rádioaktívneho izotopu cézia v jednotlivých častiach transektu pri Novákoch



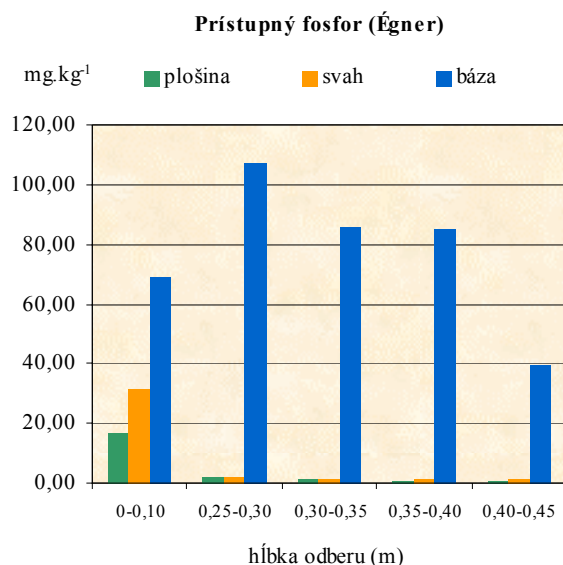
Namerané hodnoty cézia v pôdnom profile jednotlivých častí katény nám pomôžu pri hodnotení priebehu recentnej erózie. Jedná sa o eróziu, ktorá prebieha na záujmovej lokalite od roku 1963 (približne 40 rokov) kedy bola podľa Wallinga a Quina (1993) zaznamenaná najväčšia intenzita rádioaktívneho spádu. Posudzujeme to na základe rozdielu hĺbky výskytu ešte merateľnej koncentrácie izotopu cézia v profiloch sond akumuláčnej a referenčnej časti transektu čo činí 150 mm. V tomto prípade je intenzita priemernej ročnej akumulácie pôdy 3,75 mm čo pri aktuálnej objemovej hmotnosti ($1,32 \text{ g.cm}^{-3}$) predstavuje približne $49,5 \text{ t/ha/rok}$. Zistená hodnota sa takmer zhoduje z hodnotou potenciálnej erodovateľnosti vypočítanej podľa USLE, ale pravdepodobne je ešte vyššia nakoľko sme izotop cézia stanovovali iba do hĺbky 0,40 m a z popisu pôdneho profilu vyplýva, že hĺbka akumulovaného humusového horizontu je 0,50 m.

Erózia pôdy v tejto záujmovej lokalite sa prejavila aj vo výraznej priestorovej heterogenite sledovaných pôdnych parametrov najmä humusu a prístupného fosforu, ktoré sú pomerne pevne viazané na jemný podiel pôdnej hmoty a pri jej translokácii v rámci svahu sa premiestňujú spolu s ňou. Je to viditeľné aj na profilových priebehoch obsahu humusu a prístupného fosforu v jednotlivých častiach eróznej katény. Ich obsahy v pôde na svahu v podornici výrazne klesajú, naopak v báze svahu kde dochádza k akumulácii pôdnej hmoty sú ich obsahy merateľné ešte aj v hĺbke 0,45 m (obr. 3, 4).

Obr. 3 Obsah humusu v pôde transektu Nováky



Obr. 4 Obsah príst. P v pôde transektu Nováky



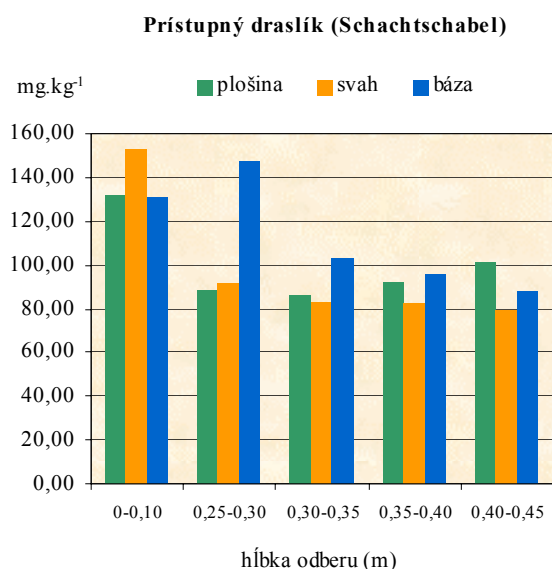
Z tabuľky 1 vidíme priestorový priebeh ílovej frakcie (<0,002mm) v rámci jednotlivých častí transektu (plošina, svah, báza) ako aj v hĺbkach pôdnych profilov. V eróznej časti svahu sa vplyvom erózie (odnos pôdnej hmoty) dostáva až na povrch zrnitostne ťažšia podornica (prijímanie hlbších vrstiev pôdy) a naopak v akumuláčnej časti transektu dochádza k akumulácii zrnitostne ľahšej pretransportovanej pôdnej hmoty pochádzajúcej z ornice svahu.

Tab. 1 Podiel zrnitostných frakcií pôdy v jednotlivých pôdnych profiloch častí transektu Nováky

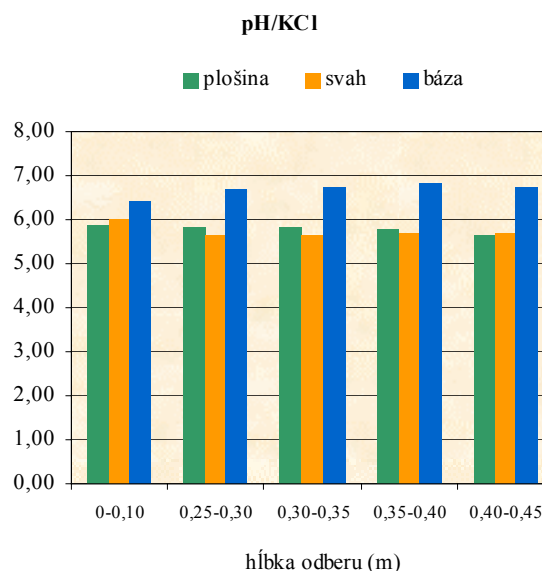
Transekt Nováky	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)				
		2-0,25 mm	0,25-0,05 mm	0,05-0,02 mm	0,02-0,002 mm	< 0,002 mm
plošina	0-0,10	1,535	11,451	28,453	31,803	26,758
	0,25-0,30	2,036	10,522	26,608	32,453	28,381
	0,30-0,35	2,042	12,835	30,502	24,684	29,936
	0,35-0,40	1,865	10,450	25,174	29,660	32,852
	0,40-0,45	1,105	12,899	21,832	28,329	35,835
svah	0-0,10	1,233	12,600	24,579	31,561	30,027
	0,25-0,30	0,603	9,970	26,554	33,253	29,621
	0,30-0,35	0,634	11,785	25,524	32,944	29,113
	0,35-0,40	0,879	12,246	25,825	32,846	28,205
	0,40-0,45	1,106	11,651	24,627	34,033	28,583
báza	0-0,10	0,660	13,157	39,514	28,419	18,249
	0,25-0,30	1,839	16,148	34,585	29,633	17,796
	0,30-0,35	1,999	15,383	36,052	29,809	16,757
	0,35-0,40	1,590	15,938	36,605	29,518	16,350
	0,40-0,45	2,359	19,687	32,897	29,193	15,865

Zmeny v priestorovej distribúcii prístupného draslíka v rámci pôdnych profilov jednotlivých častí katény boli nevýrazné (obr. 5), nakoľko draslík na rozdiel od fosforu (ktorý sa v neerodovaných pôdach hromadí väčšinou vo vrchných vrstvách pôdy) je v pôde nestálejší a môže sa nachádzať aj v hlbších častiach pôdneho profilu. Pri pH/KCl pozorujeme mierne zvýšenie v báze svahu v celom vzorkovanom profile, čo môžeme pripísať akumulácii splavených častí ornice z eróznej časti transektu (obr. 6).

Obr. 5 Obsah príst. K v pôde transektu Nováky



Obr. 6 pH/KCl pôdy transektu Nováky



Vyššie obsahy ílovej frakcie v ornici referenčnej a eróznej časti katény sa prejavili v zvýšení objemovej hmotnosti ornice. Pomerne vysoká hodnota objemovej hmotnosti prekračujúca limit zhutnenia pôdy stanovený pre pôdny druh hlinité pôdy (>1,45g.cm⁻³ pri celkovej pórovitosti < 45 obj.%) bola zaznamenaná vo vrcholovej (referenčnej) časti transektu (Lhotský et al., 1984). V ďalších dvoch častiach sledovaného územia limit zhutnenia pôdy nebol prekročený. Na základe klasifikácie pôd podľa pórovitosti (Kosil, 1973) sa ornica v referenčnej časti svahu (plošina) zaraďuje do kategórie utlačená, v ostatných častiach katény je pôda mierne utlačená.

Tab. 2 Zmeny základných fyzikálnych vlastností pôdy v jednotlivých častiach transektu Nováky

Transekt Nováky	Hĺbka cm	Objemová hmotnosť (g.cm ⁻³)	KN obj. %	PO obj. %	MKK obj. %	RVK obj. %
plošina	0-10	1,56	38,55	37,64	36,60	34,84
	30-35	1,55	36,24	42,87	33,73	32,75
svah	0-10	1,41	40,31	47,56	37,50	35,86
	30-35	1,50	38,08	45,43	35,55	34,25
báza	0-10	1,32	42,21	50,45	37,52	35,60
	30-35	1,40	40,65	48,33	35,25	33,72

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

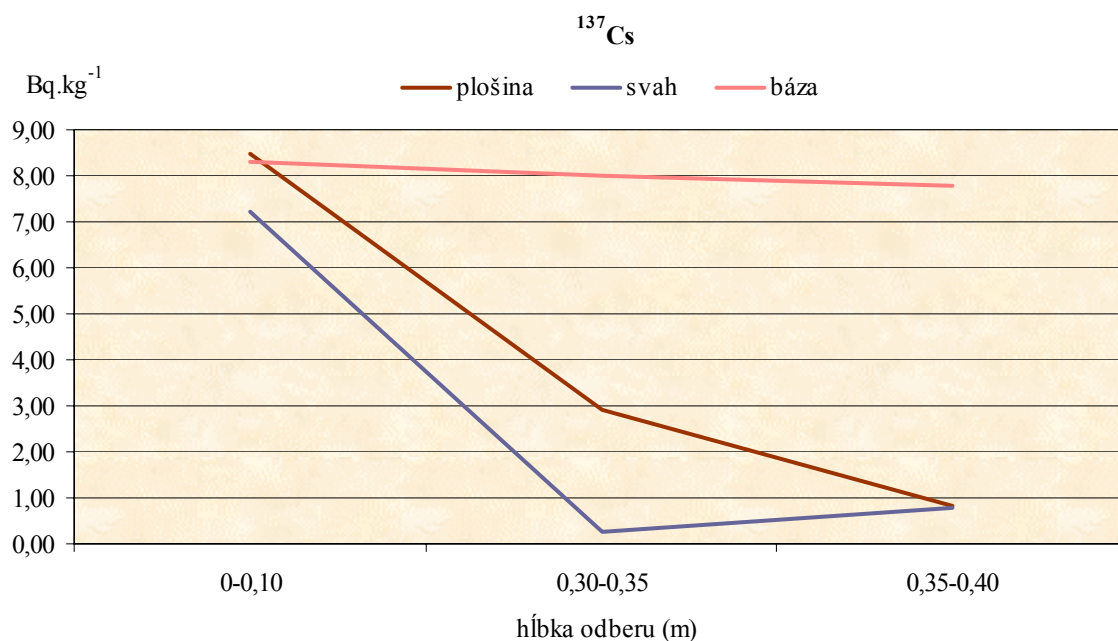
Transekt pri Trstenej

Eróznú katénu sme vybrali v lokalite nachádzajúcej sa v členitom reliéfe Oravskej kotliny (klimatický región mierne chladný s priemerným ročným úhrnom zrážok 850 mm) juhovýchodne od mesta Trstená. Sledované územie je charakteristické stredne ťažkými (hlinitými, piesčito-hlinitými), hlbokými pôdami vyvinutými na zvetralinách flyšových hornín (pieskovce). Transekt sa nachádza na ornej pôde (zemiaky) na svahu so sklonom 7° až 10° pričom jeho dĺžka je 370 m. Na celom sledovanom úseku sa nachádza kambizem pseudoglejová, ktorá sa v rámci transektu líši len mocnosťou orbou premiešaného ornícového humusového horizontu (referenčný profil – 0,30 m, erózný profil – 0,25 m, akumulčný profil – 0,55 m).

Vypočítaním potenciálneho množstva vodnou eróziou pretransportovanej pôdnej hmoty (aplikovanie všeobecnej rovnice straty pôdnej hmoty v konkrétnej lokalite pre konkrétnu plodinu, ktorou boli zemiaky) sme zistili, že erózia na pôde v sledovanej lokalite je vysoká nakoľko priemerná strata pôdnej hmoty činí 38,33 t/ha/rok. Veľký vplyv na túto skutočnosť má predovšetkým dĺžka honu a svahovitosť, pôdny typ, pestovaná plodina, ako aj intenzita zrážok v tejto oblasti. Vypočítaná hodnota potenciálnej straty pôdy prekračuje limitnú hodnotu odnosu pôdnej hmoty (zákon č. 220/2004). Podobne ako v prípade záujmovej lokality pri Novákoch musí vlastník, alebo užívateľ pôdy postupovať na tomto hone v zmysle zákona o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy aby nedošlo k ďalšej degradácii pôdy eróziou.

Prítomnosť erózie na pôdu transektu potvrdzuje aj profilová distribúcia izotopu cézia v pôde transektu. Klasickú schému profilového rozšírenia cézia bola zaznamenaná v referenčnej a eróznej časti katény (^{137}Cs sa nachádza iba v ornícovom horizonte). V akumuláčnej časti svahu (báza) sme ešte v hĺbke 0,40 m namerali takmer zhodnú koncentráciu ^{137}Cs ako v ornici referenčného profilu (plošina) (obr. 7).

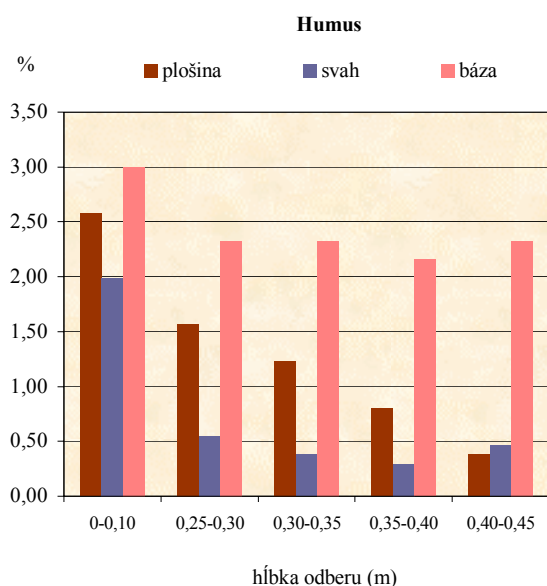
Obr. 7 Profilová distribúcia rádioaktívneho izotopu cézia v jednotlivých častiach transektu pri Trstenej



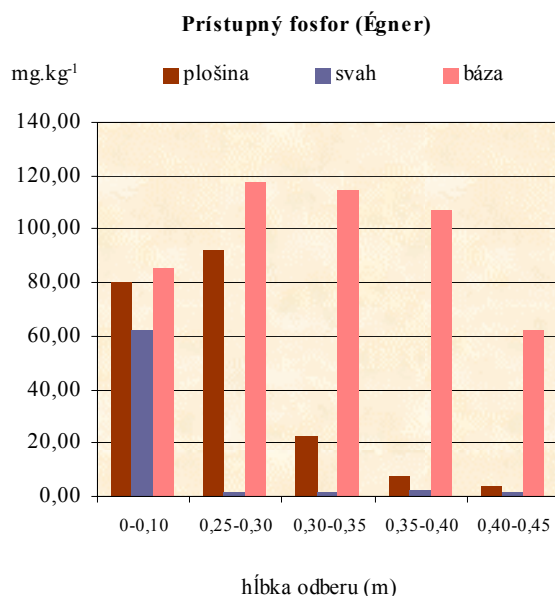
Recentnú eróziu posudzujeme na základe rozdielu hĺbky výskytu ešte merateľnej koncentrácie ^{137}Cs v profiloch sond akumuláčnej (báza) a referenčnej (plošina) časti záujmovej lokality. V tomto prípade to činí len 50 mm, z čoho vyplýva priemerná ročná akumulácia pôdnej hmoty vo výške vrstvy 1,25 mm. Pri aktuálnej objemovej hmotnosti ($1,35 \text{ g.cm}^{-3}$) to predstavuje 16,87 t/ha/rok. Zistená hodnota bude s najväčšou pravdepodobnosťou vyššia nakoľko bol izotop cézia stanovený iba do hĺbky 0,40 m a z popisu pôdneho profilu vyplýva, že hĺbka akumulovaného humusového horizontu je až 0,55 m.

Priestorová diferenciácia (zmeny v rámci sledovaných častí transektu ako aj v rámci jednotlivých pôdnych profilov) monitorovaných pôdnych vlastností najmä však humusu a prístupného fosforu je výsledkom intenzívneho pôsobenia eróznno-akumulačných procesov na pôdu v tejto lokalite. V báze katény dochádza k akumulácii pretransportovanej pôdnej hmoty, obsahy humusu a fosforu v ešte v hĺbke 0,45 m sú niekoľkonásobne vyššie ako v rovnakej hĺbke pôdneho profilu referenčnej a eróznej časti (obr. 8, 9).

Obr. 8 Obsah humusu v pôde transektu Trstená



Obr. 9 Obsah príst. P v pôde transektu Trstená



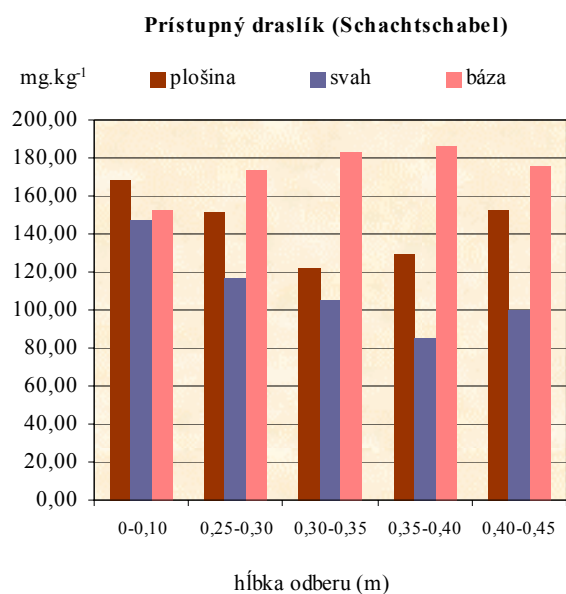
Stredne ťažká pôda (hlinitá, piesčito-hlinitá) transektu vznikla na zvetralinách pieskocov z čoho vyplýva aj vyšší podiel pieskových (0,05 – 2,0 mm), prachových (0,002 – 0,05 mm) a nižší ílových (<0,002 mm) častíc v pôdnom profile. Nakoľko v pôde dominuje piesková a prachová frakcia v rámci celého pôdneho profilu všetkých sledovaných častí eróznej katény a pri pomerne nízkom zastúpení ílovej frakcie vplyv erózie na priestorovú heterogenitu jednotlivých zrnitostných frakcií nie je výrazný (tab. 3).

Na sledovanej lokalite sme zaznamenali vyšší obsah prístupného draslíka v rámci podornice pôdneho profilu bázy svahu v porovnaní s obsahom v podornici eróznej časti svahu a plošiny (obr. 10). Nemôžeme jednoznačne tvrdiť, že je to vplyvom erózie, nesmieme zabudnúť aj na prirodzenú priestorovú heterogenitu sledovaného parametra nakoľko je draslík v pôde nestálejší ako fosfor. Zaujímavejšie budú zmeny v čase (časová dynamika) keď sa na záujmovú lokalitu vrátíme po 5-tich rokoch. Zmeny v rámci pôdnej reakcie v jednotlivých častiach transektu sú nevýrazné (obr. 11).

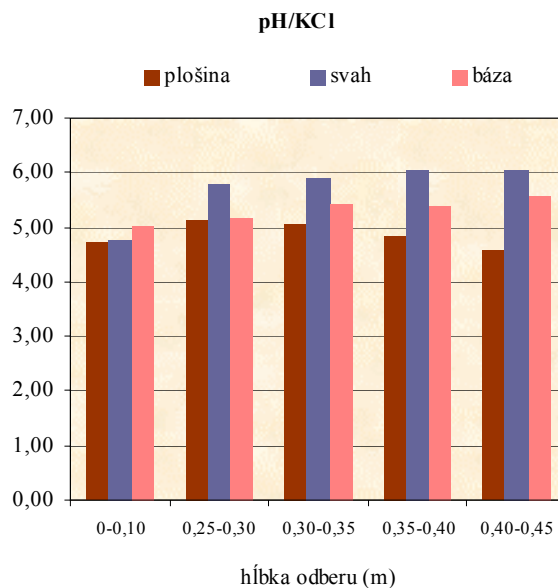
Tab. 3 Podiel zrnitostných frakcií pôdy v jednotlivých pôdnych profiloch častí transektu Trstená

Transekt Trstená	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)				
		2-0,25 mm	0,25-0,05 mm	0,05-0,02 mm	0,02-0,002 mm	< 0,002 mm
plošina	0-0,10	8,383	42,406	14,434	20,585	14,192
	0,25-0,30	7,684	42,643	14,399	20,513	14,761
	0,30-0,35	5,708	46,252	14,673	19,618	13,749
	0,35-0,40	5,134	46,248	11,421	21,152	16,045
	0,40-0,45	4,513	41,792	9,305	21,591	22,800
svah	0-0,10	15,412	40,215	10,762	17,388	16,223
	0,25-0,30	8,514	40,938	12,737	18,162	19,648
	0,30-0,35	6,121	42,279	11,516	18,778	21,306
	0,35-0,40	7,508	55,833	10,629	12,193	13,837
	0,40-0,45	5,587	39,537	13,257	19,283	22,336
báza	0-0,10	11,091	41,044	12,378	19,893	15,593
	0,25-0,30	12,147	44,051	11,924	17,384	14,494
	0,30-0,35	12,437	42,355	12,497	18,003	14,708
	0,35-0,40	12,942	43,100	11,481	17,744	14,733
	0,40-0,45	9,494	39,256	14,700	19,801	16,749

Obr. 10 Obsah príst. K v pôde transektu Trstená



Obr. 11 pH/KCl pôdy transektu Trstená



Vyššia hodnota objemovej hmotnosti, ktorá prekračuje limit zhutnenia pôdy stanovený pre pôdny druh hlinité pôdy ($>1,45 \text{ g.cm}^{-3}$ pri celkovej pórovitosti $< 45 \text{ obj.}\%$) bola zaznamenaná v eróznej časti sledovaného územia (tab. 4), pokým v ďalších dvoch častiach katény sú na základe objemovej hmotnosti a pórovitosti vytvorené optimálne podmienky vodného, vzdušného a tepelného režimu (Hanes et al, 1996). Vplyv erózie pôdy na zmenu fyzikálnych vlastností v priestore je v tomto prípade nevýznamný.

Tab. 4 Zmeny základných fyzikálnych vlastností pôdy v jednotlivých častiach transektu Trstená

Transekt Trstená	Hĺbka cm	Objemová hmotnosť (g.cm ⁻³)	KN obj. %	PO obj. %	MKK obj. %	RVK obj. %
plošina	0-10	1,32	42,12	50,34	36,20	34,21
	30-35	1,63	29,30	40,43	29,92	28,31
svah	0-10	1,55	29,01	40,20	26,31	24,47
	30-35	1,61	36,35	41,27	34,40	33,07
báza	0-10	1,35	42,55	49,06	35,69	32,80
	30-35	1,51	36,34	44,39	31,79	30,11

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

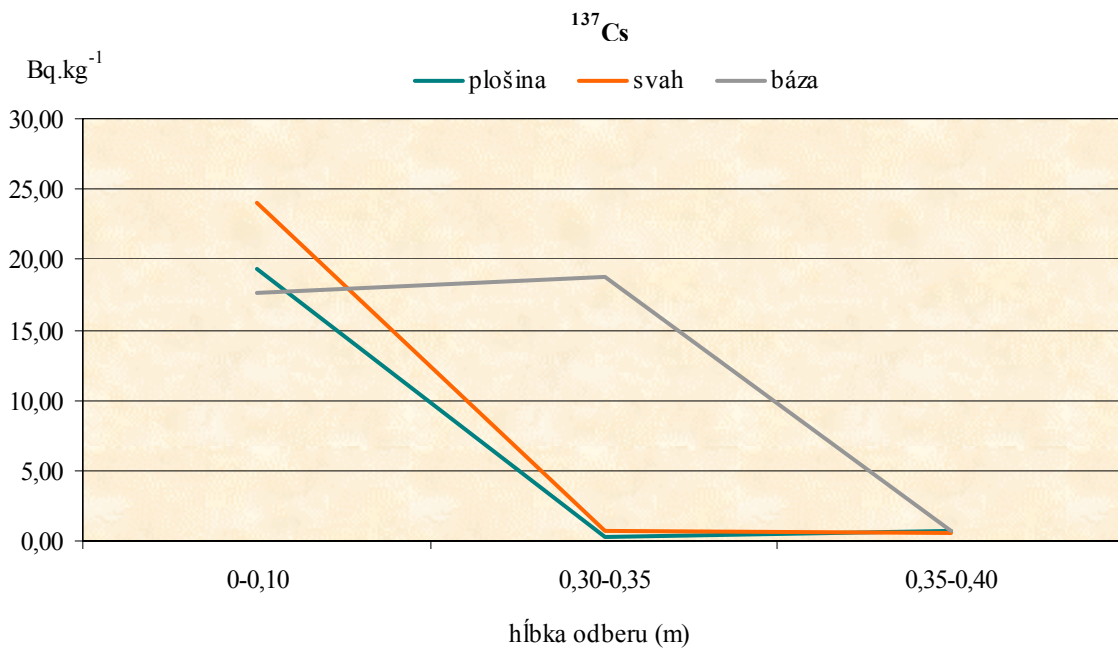
Transekt pri Koliňanoch

Obec Koliňany (okres Nitra) severovýchodne od ktorej sa nachádza záujmová lokalita je súčasťou Podunajskej pahorkatiny (klimatický región teplý mierne vlhký s miernou zimou s priemerným ročným úhrnom zrážok 650 mm). Erózný transekt bol lokalizovaný v stredne členitom reliéfe na svahu so sklonom 7°-12° a dĺžkou 300 m. V sledovanom roku sa pestovala na celej ploche monitorovanej lokality kukurica na zrno. V oblasti sa vyskytujú stredne ťažké pôdy (prachovito-hlinité, prachovito-ílovito-hlinité) väčšinou hnedozemného typu vyvinuté na polygenetických hlinách. Na celom sledovanom úseku sa nachádza hlboká hnedozem pseudoglejová, ktorá sa v rámci transektu líši len mocnosťou orbou premiešaného orniceového humusového horizontu (referenčný profil – 0,25 m, erózný profil – 0,25 m, akumulčný profil – 0,45 m).

Použitím všeobecnej rovnice straty pôdy (USLE) v podmienkach monitorovanej lokality sme vypočítali potenciálne množstvo vodnou eróziou pretransportovanej pôdnej hmoty pre konkrétnu plodinu (kukurica na zrno), ktoré je 132,59 t/ha/rok. Vypočítaná hodnota zaraďuje transekt do kategórie s extrémnou stratou pôdnej hmoty. Výrazný vplyv na túto skutočnosť má predovšetkým svahovitosť a dĺžka honu, pestovaná plodina, pôdny typ a množstvo a intenzita zrážok v tejto lokalite. Hodnota potenciálnej straty pôdy vysoko prekračuje limit stanovený pre hlboké pôdy (30 t/ha/rok). Užívateľ pôdy má podľa zákona č. 220/2004, § 5, odstavec 2 povinnosť vykonávať trvalú a účinnú protieróznú ochranu pôdy aplikovaním ochranných agrotechnických opatrení na zabránenie ďalšej degradácie pôdy eróziou.

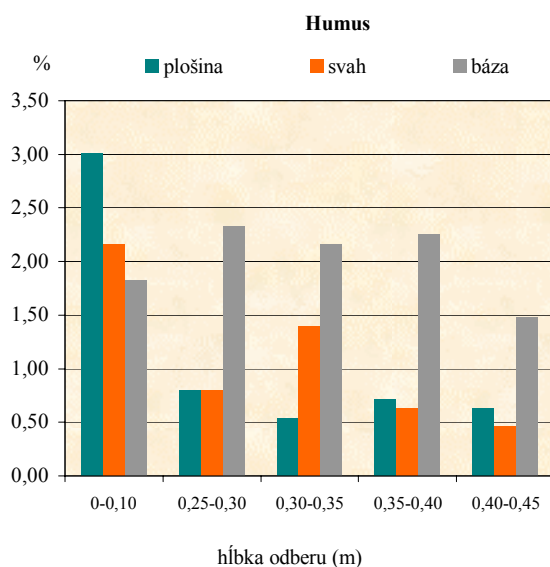
Podobne ako v prípade Novákov a Trstenej, aj tu distribúciu rádioaktívneho izotopu cézia v pôdnych profiloch jednotlivých častí eróznej katény ovplyvňuje prítomnosť eróznno-akumulačných procesov, kedy sa prejavuje jeho akumulácia v báze svahu do hĺbky pôdneho profilu 0,35 m (obr. 12). Distribúciu cézia v pôdnych profiloch využijeme pre zhodnotenie priebehu erózie za obdobie približne 40 rokov (od roku 1963 kedy bola podľa Wallinga a Quina zaznamenaná najväčšia intenzita rádioaktívneho spádu). V tomto prípade je intenzita priemernej ročnej akumulácie pôdy vo výške vrstvy 2,5 mm, čo pri aktuálnej objemovej hmotnosti pôdy (1,57 g.cm⁻³) predstavuje 39,25 t/ha/rok. Týmto spôsobom stanovená hodnota je tu menšia (lebo je to priemer za určité obdobie) ako hodnota potenciálnej erodovateľnosti vypočítanej podľa USLE, ktorá môže byť jeden rok vysoká, ale na druhý môže výrazne poklesnúť (nakolko USLE aplikujeme pre konkrétnu pestovanú plodinu).

Obr. 12 Profilová distribúcia rádioaktívneho izotopu cézia v jednotlivých častiach transektu pri Koliňanoch

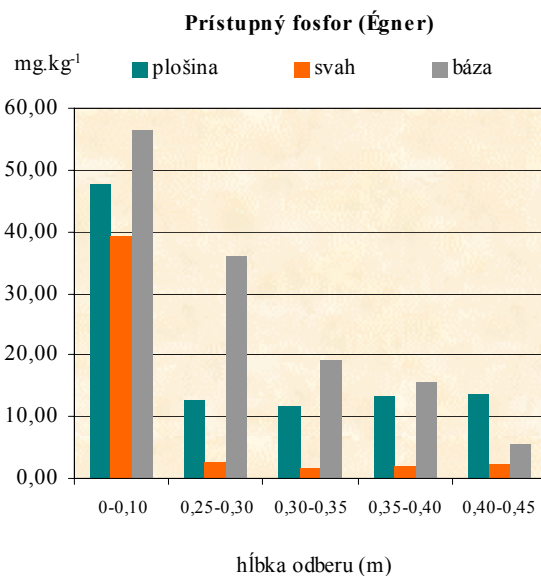


Obsahy humusu a prístupného fosforu v podornici na svahu výrazne klesajú, naopak v báze svahu charakteristickej akumuláciou pôdnej hmoty sú ich obsahy (najmä humusu) merateľné ešte aj v hĺbke 0,45 m (obr. 13, 14). Priestorová heterogenita spomínaných monitorovaných parametrov v pôdnych profiloch sledovaných častí erózneho transektu je vo veľkej miere ovplyvnená pôdnou eróziou, ale nesmieme zabudnúť aj na prirodzenú heterogenitu prostredia.

Obr. 13 Obsah humusu v pôde transektu Koliňany



Obr. 14 Obsah príst. P v pôde transektu Koliňany



Pôda záujmovej lokality sa vyvinula na ťažkých polygenetických hlinách z čoho vyplýva aj vyšší podiel ílovej (<0,002 mm) a prachovej (0,002 – 0,05 mm) frakcie a nižší obsah pieskových (0,05 – 2,0 mm) častíc v pôdnom profile. V tabuľke 5 je zobrazený

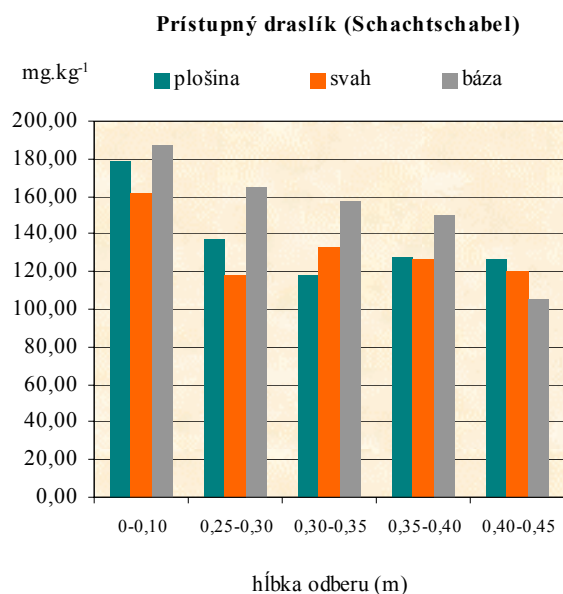
priestorový priebeh ílovej frakcie (<0,002mm) v jednotlivých hĺbkach pôdnych profilov sledovaných častí erózneho transektu. Vplyvom erózie (odnos vrchných zrnitostne ľahších vrstiev pôdy) sa dostáva až na povrch zrnitostne ťažšia podornica, ktorá je orbou prioritovaná k ornici.

Tab. 5 Podiel zrnitostných frakcií pôdy v jednotlivých pôdnych profiloch častí transektu Koliňany

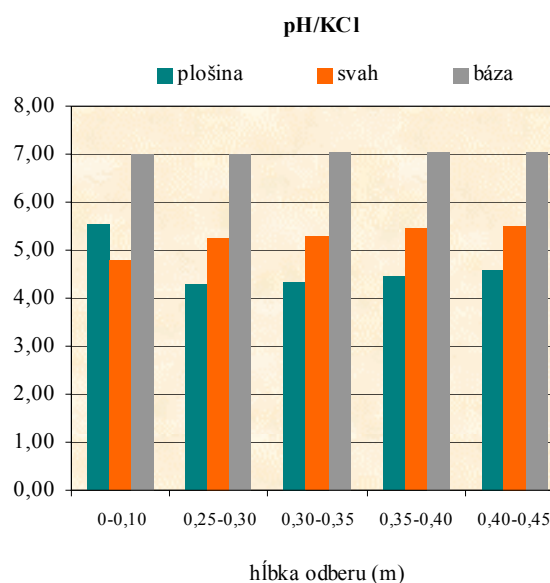
Transekt Koliňany	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)				
		2-0,25 mm	0,25-0,05 mm	0,05-0,02 mm	0,02-0,002 mm	< 0,002 mm
plošina	0-0,10	0,787	14,385	28,919	31,087	24,822
	0,25-0,30	0,171	13,533	24,547	27,650	34,099
	0,30-0,35	0,109	12,943	24,257	28,594	34,096
	0,35-0,40	0,049	12,228	25,339	27,914	34,470
	0,40-0,45	0,143	9,972	27,428	28,514	33,943
svah	0-0,10	0,634	12,344	29,677	28,029	29,315
	0,25-0,30	0,856	11,945	23,873	29,066	34,259
	0,30-0,35	0,555	13,343	23,435	27,696	34,971
	0,35-0,40	0,475	9,515	27,538	27,296	35,176
	0,40-0,45	1,090	14,126	24,764	27,337	32,683
báza	0-0,10	2,027	11,800	31,350	24,196	30,627
	0,25-0,30	2,171	17,145	26,828	24,495	29,361
	0,30-0,35	2,128	19,602	24,575	25,420	28,276
	0,35-0,40	1,817	19,180	25,088	25,450	28,465
	0,40-0,45	1,234	16,667	30,998	25,088	26,013

Zmeny v priestorovej distribúcii prístupného draslíka v jednotlivých pôdnych profiloch sledovaných častí transektu boli nevyrazné (obr. 15), zaujímavá však bude ich časová dynamika (zmeny v čase) keď sa na monitorovanú lokalitu vrátíme v druhom cykle sledovania (po 5-tich rokoch).

Obr. 15 Obsah príst. K v pôde transektu Koliňany



Obr. 16 pH/KCl pôdy transektu Koliňany



Iná situácia je v priebehu pôdnej reakcie v rámci eróznej katény, kedy sme na svahu a na plošine namerali nižšie hodnoty ako v báze, čo je spôsobené zmyvom vrchnejších častí pôdneho profilu, pričom sa na povrch dostáva kyslejšia podornica (podložie má pravdepodobne neogény pôvod a môže sa v ňom vyskytovať ílový minerál kaolinit, ktorý sa považuje za tuhú kyselinu). Vyššie hodnoty pH/KCl v báze transektu majú pôvod v akumulácii splavených častí ornice (obr. 16).

Prítomnosť zvýšeného podielu ílovej a prachovej frakcie v pôde sa prejavil v zvýšení objemovej hmotnosti ornice aj podornice. Objemová hmotnosť prekračujúca limit zhutnenia pôdy stanovený pre pôdny druh hlinité pôdy ($>1,45\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ pri celkovej pórovitosti <45 obj.%) bola nameraná v referenčnej a akumuláčnej časti transektu (tab. 6). Na základe klasifikácie pôd podľa pórovitosti (Kosil, 1973) sa ornica v týchto dvoch častiach monitorovanej lokality zaraďuje do kategórie utlačená.

Tab. 6 Zmeny základných fyzikálnych vlastností pôdy v jednotlivých častiach transektu Koliňany

Transekt Trstená	Hĺbka cm	Objemová hmotnosť (g.cm ⁻³)	KN obj. %	PO obj. %	MKK obj. %	RVK obj. %
plošina	0-10	1,52	36,32	43,27	32,79	31,39
	30-35	1,53	36,84	44,96	34,02	32,79
svah	0-10	1,42	37,76	47,41	34,39	32,41
	30-35	1,48	38,11	46,09	35,21	34,05
báza	0-10	1,57	37,45	42,20	35,64	34,68
	30-35	1,58	36,27	42,45	33,52	32,50

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

Transekt pri Budči

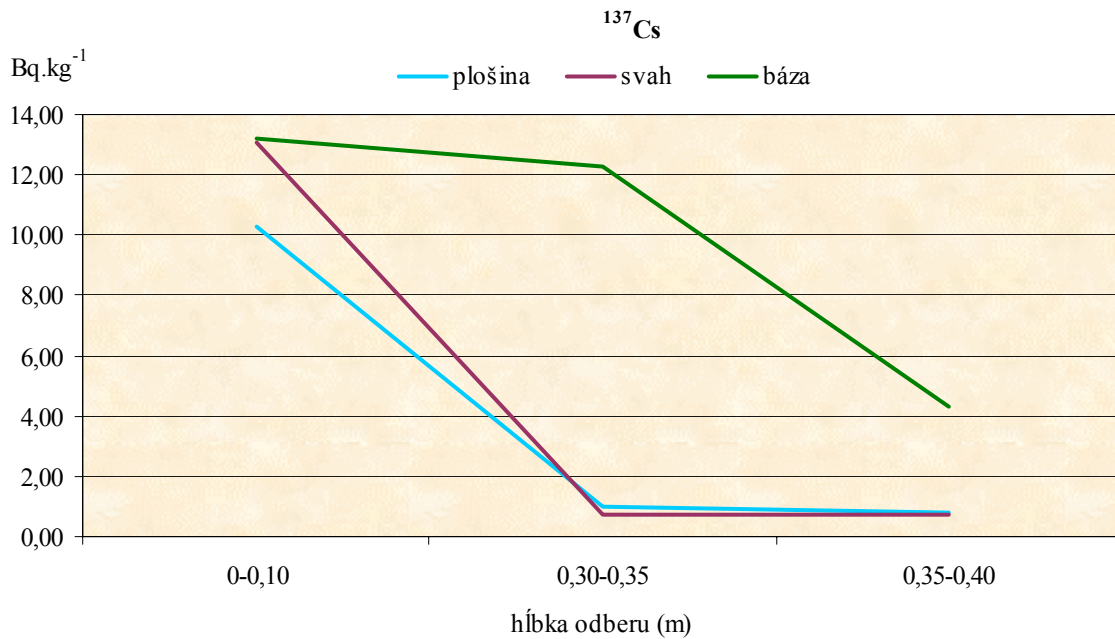
Monitorovaciu lokalitu sme vybrali severovýchodne od obce Budča (okres Zvolen) v členitom reliéfe severnej časti Pliešovskej kotliny. Sledované územie je súčasťou klimatického regiónu teplého, mierne vlhkého s chladnou zimou, s priemerným ročným úhrnom zrážok 750 mm. Vyskytujú sa tu prevažne hlboké, stredne ťažké pôdy (hlinité, piesčito-ílovito-hlinité) vyvinuté na polygenetických deluviálnych hlinách. Erózný transekt sa nachádza na ornej pôde (ozimná pšenica), jeho dĺžka je 120 m a svahovitosť 7° - 12°. Na celom monitorovanom úseku sa nachádza pseudoglej kultizemný. Hrúbka orniceového humusového horizontu sa pohybuje v rámci jednotlivých častí transektu od 0,25 m (erózný profil), 0,30 m (referenčný profil) po 0,40 m akumulčný profil).

Potenciálne množstvo vodnou eróziou pretransportovanej pôdnej hmoty pre konkrétnu plodinu (ozimná pšenica), ktoré sme vypočítali použitím všeobecnej rovnice straty pôdy (USLE) v podmienkach monitorovanej lokality je 16,20 t/ha/rok. Zistená hodnota straty pôdy zaraďuje tento transekt do kategórie so stredným vplyvom erózie. Prejavil sa tu vplyv pestovanej plodiny (ozimná pšenica patrí do kategórie plodín s dobrým protieróznym efektom), nakoľko hodnota USLE vypočítaná v týchto podmienkach pre kukuricu je oveľa vyššia. Momentálne však v tomto prípade nie je prekročený limit potenciálnej straty pôdy (zákon č. 220/2004).

Eróznno-akumulačné procesy sa podieľajú na distribúciu rádioaktívneho izotopu cézia v pôdnych profiloch jednotlivých častí eróznej katény, kedy sa prejavuje jeho akumulácia v báze svahu do hĺbky pôdneho profilu 0,40 m (obr. 17). Vývoj cézia v pôdnych profiloch môžeme využiť (podobne ako v predchádzajúcich prípadoch) na zhodnotenie priebehu recentnej erózie. V prípade erózneho transektu pri Budči je intenzita priemernej ročnej

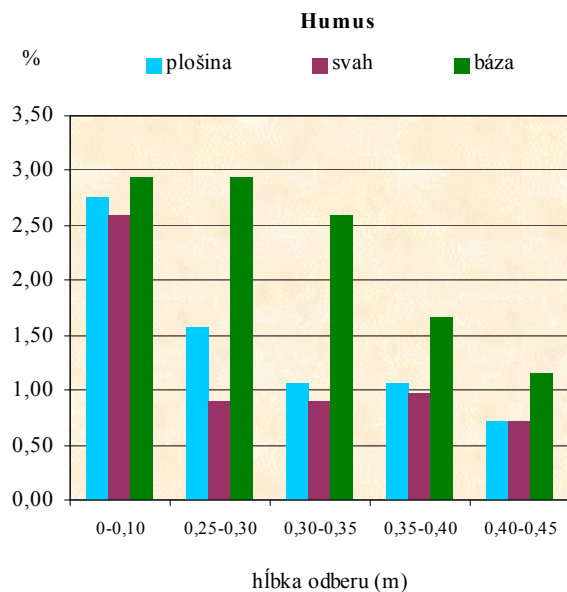
akumulácie pôdy vo výške vrstvy 2,5 mm, čo pri aktuálnej objemovej hmotnosti pôdy ($1,40 \text{ g.cm}^{-3}$) predstavuje $35,0 \text{ t/ha/rok}$. Takto vypočítaná hodnota je v tomto prípade vyššia (nakoľko to je to priemer za určité obdobie), ako hodnota potenciálnej erodovateľnosti vypočítanej podľa USLE, ktorá môže byť jeden rok nízka, ale na druhý rok sa môže výrazne zvýšiť (USLE aplikujeme pre konkrétnu pestovanú plodinu, dĺžku svahu, svahovitosť, pôdny typ, zrážky).

Obr. 17 Profilová distribúcia rádioaktívneho izotopu cézia v jednotlivých častiach transektu pri Budči

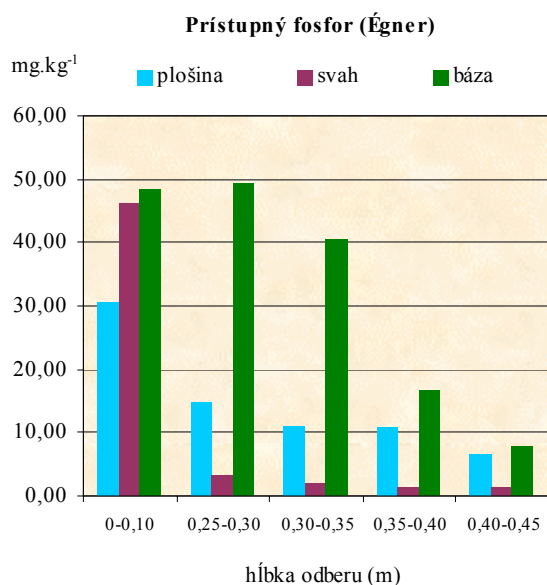


Nakoľko fosfor a humus sú pomerne pevne asociované na jemný podiel pôdy, pri odnose pôdnej hmoty vplyvom erózie dochádza aj k ich translokácii. Výsledkom tohto procesu je akumulácia pôdnej hmoty v svahových depresiách z čoho vyplýva to, že spomínané pôdne parametre sú merateľné aj vo väčších hĺbkach pôdneho profilu (v našom prípade do hĺbky 0,45 m). Pri klasickej schéme erózie pôdy by ich koncentrácia v ornici eróznej časti svahu mala byť nižšia ako v referenčnej časti, a to kvôli priorávaniu na spomínané parametre chudobnej podornice (podložia). Uvedenú skutočnosť potvrdzujú aj namerané hodnoty prístupného fosforu a humusu v pôde na transekte pri Budči. V eróznej časti monitorovaného úseku dochádza k zníženiu ich obsahov už v ornici (0,25 m), naopak v báze svahu sú ich obsahy merateľné aj v hĺbke 0,45 m (grafy 18, 19).

Obr. 18 Obsah humusu v pôde transektu Budča



Obr. 19 Obsah príst. P v pôde transektu Budča



Priestorový priebeh jednotlivých zrnitostných frakcií v rámci pôdnych profilov sledovaných častí transektu (plošina, svah, báza) je zobrazený v tabuľke 7. V eróznej časti svahu sa vplyvom odnosu pôdnej hmoty a následnému priorávaniu hlbších, zrnitostne ťažších vrstiev pôdy zvyšuje podiel ílovej frakcie (<0,002 mm) v celom profile pôdy a naopak v akumuláčnej časti transektu dochádza k akumulácii zrnitostne ľahších frakcií pochádzajúcich z ornice svahu.

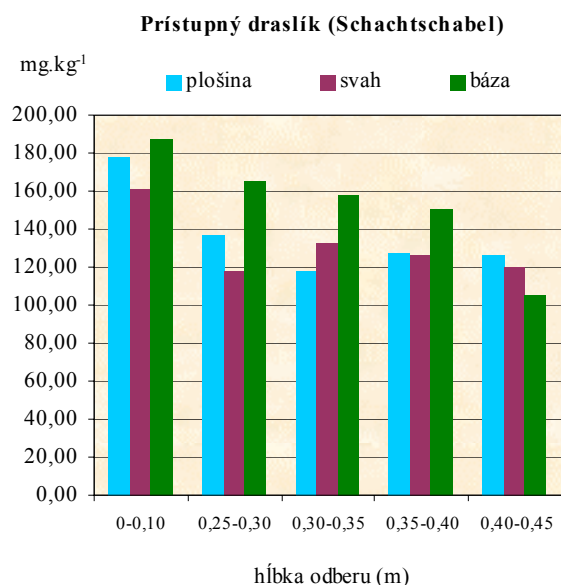
Tab. 7 Podiel zrnitostných frakcií pôdy v jednotlivých pôdnych profiloch častí transektu Budča

Transekt Budča	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)				
		2-0,25 mm	0,25-0,05 mm	0,05-0,02 mm	0,02-0,002 mm	< 0,002 mm
plošina	0-0,10	14,137	24,260	20,748	24,240	16,615
	0,25-0,30	12,900	23,040	22,238	24,972	16,849
	0,30-0,35	9,306	21,103	21,171	27,128	21,292
	0,35-0,40	9,477	20,867	17,938	28,620	23,098
	0,40-0,45	12,454	22,359	14,733	26,478	23,976
svah	0-0,10	19,722	27,868	9,482	17,551	25,378
	0,25-0,30	15,939	23,570	11,072	22,831	26,589
	0,30-0,35	16,601	22,457	10,937	24,175	25,830
	0,35-0,40	19,540	20,607	12,310	21,431	26,112
	0,40-0,45	18,921	22,050	10,982	21,480	26,567
báza	0-0,10	14,014	25,954	21,431	24,286	14,314
	0,25-0,30	14,940	27,791	20,243	23,866	13,160
	0,30-0,35	15,445	25,447	19,019	26,538	13,550
	0,35-0,40	14,987	30,023	20,460	21,345	13,185
	0,40-0,45	15,067	25,591	22,475	23,118	13,750

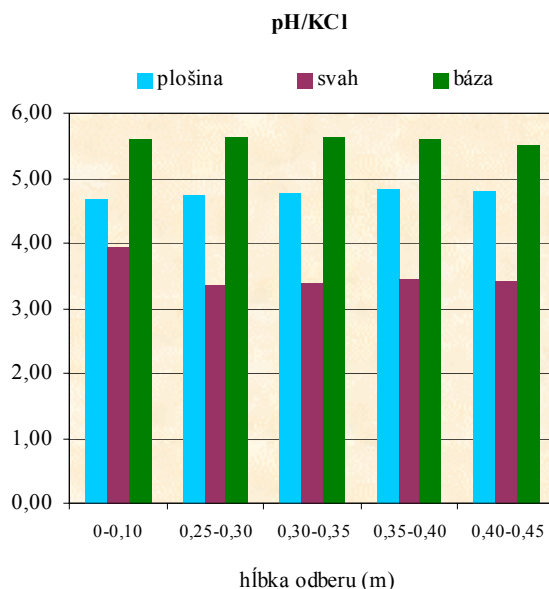
Vplyv eróznno-akumulačných procesov na distribúciu prístupného draslíka v rámci pôdnych profilov jednotlivých častí záujmovej lokality je nevýrazný (obr. 20) nakoľko sa draslík (na rozdiel od fosforu) môže nachádzať aj v hlbších častiach pôdneho profilu v pomerne vysokých koncentráciách (graf 20).

Vývoj pôdnej reakcie v rámci svahu vykazuje výrazné zníženie v jeho eróznej časti kde sa na povrch dostáva kyslé podložie, naopak v akumuláčnej časti charakteristickej akumuláciou pretransportovanej pôdnej hmoty pozorujeme mierne zvýšenie pH/KCl v celom vzorkovanom profile (obr. 21).

Obr. 20 Obsah príst. K v pôde transektu Budča



Obr. 21 pH/KCl pôdy transektu Budča



Zrnitostne ťažšie podložie (polygenetické hliny) sa podieľa na vyšších hodnotách objemovej hmotnosti podornice vo všetkých častiach sledovaného územia. Naopak ornica na základe objemovej hmotnosti a pórovitosti neprekračuje limit zhutnenia pôdy stanovený pre pôdny druh hlinité pôdy (>1,45 g.cm⁻³ pri celkovej pórovitosti < 45 obj.). Na základe klasifikácie pôd podľa pórovitosti (Kosil, 1973) sa ornica vo všetkých častiach monitorovanej lokality zaraďuje do kategórie mierne utlačená. Vplyv erózie pôdy na priestorovú zmenu fyzikálnych vlastností v rámci transektu je v tomto prípade nevýrazný.

Tab. 7 Zmeny základných fyzikálnych vlastností pôdy v jednotlivých častiach transektu Budča

Transekt Budča	Hĺbka cm	Objemová hmotnosť (g.cm ⁻³)	KN obj. %	PO obj. %	MKK obj. %	RVK obj. %
plošina	0-10	1,47	37,25	44,35	33,60	31,05
	30-35	1,57	34,40	41,50	30,80	28,95
svah	0-10	1,37	38,93	48,38	35,50	32,71
	30-35	1,51	35,20	43,92	31,01	29,25
báza	0-10	1,40	40,35	47,49	37,16	35,34
	30-35	1,49	37,55	44,45	33,46	31,75

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

ZÁVER

V zhode s cieľom čiastkovej úlohy sme na záujmových lokalitách (Nováky, Trstená, Koliňany, Budča) sledovali vplyv (pôsobenie) erózie na pôdu v priestore (priestorová diferenciácia) a v budúcnosti (v druhom odberovom cykle po piatich rokoch) budeme

vyhodnocovať aj vývoj erózie v čase (časová dynamika). Na dosiahnutie spomínaného využívame v súčasnej dobe:

- a) metódu merania intenzity vplyvu eróžno-akumulačných procesov na pôdu použitím rádioaktívneho izotopu ^{137}Cs (ako značkovacieho prvku), ktorého distribúciu stanovujeme v pôdnych profiloch sond lokalizovaných po spádnici erózneho transektu
- b) metódu sledovania profilového priebehu vybraných pôdnych parametrov (obsah humusu, prístupného fosforu a draslíka, zrnitostné zloženie, pH/KCl, fyzikálne vlastnosti) a porovnávania rozdielov v hrúbke diagnostických horizontov (najmä ornícového humusového horizontu) v jednotlivých častiach sledovaného územia
- c) metódu výpočtu potenciálnej straty pôdy podľa USLE

Aplikovaním všeobecnej rovnice straty pôdy (USLE) v konkrétnych podmienkach záujmových lokalít sme dosiahli výsledky, ktoré potvrdzujú prítomnosť eróžno-akumulačných procesov, pričom ich intenzita je v jednotlivých lokalitách rôzna (v závislosti od reliéfu územia, pestovanej plodiny, množstva a intenzity zrážok, pôdneho typu). Najnižšiu hodnotu potenciálnej straty pôdy sme zaznamenali na transekte pri Budči (16,20 t/ha/rok, stredná erózia). Prejavil sa tu vplyv pestovanej plodiny (ozimná pšenica), ktorá patrí do kategórie plodín s dobrým protieróznym účinkom. Výsledky profilovej distribúcie ^{137}Cs ako aj výrazná heterogenita v profilových priebehoch prístupného fosforu a humusu však potvrdzujú prítomnosť recentnej erózie v tejto lokalite.

Najvyššiu hodnotu množstva vodnou eróziou pretransportovanej pôdnej hmoty sme dosiahli na transekte v Koliňanoch (132,59 t/ha/rok) čím sa toto územie zaraďuje do kategórie s extrémnou eróziou. Intenzita recentnej erózie, ktorú stanovujeme využitím ^{137}Cs je v tomto prípade nižšia a predstavuje priemernú ročnú akumuláciu pôdy v báze svahu 39,25 t/ha/rok. Týmto spôsobom stanovená hodnota je v tomto prípade oveľa menšia (nakoľko ide o priemer za obdobie približne 40 rokov) ako hodnota potenciálnej erodovateľnosti (USLE), ktorá môže byť jeden rok vysoká, ale na druhý môže výrazne poklesnúť (USLE aplikujeme pre konkrétnu poľnohospodársku plodinu). Na zvyšných dvoch transektoch (Nováky, Trstená) sme zaznamenali na základe USLE vysokú potenciálnu stratu pôdnej hmoty.

Porovnaním hodnôt dosiahnutých metódou merania intenzity vplyvu eróžno-akumulačných procesov na pôdu za konkrétne časové obdobie využitím ^{137}Cs (recentná erózia) a výpočtom potenciálnej straty pôdy (USLE) sme dosiahli približne zhodné výsledky len v jednej lokalite (Nováky). Na ostatných erózných transektoch sú tieto hodnoty rozdielne, čo je pravdepodobne spôsobené tým, že ^{137}Cs sme z finančných dôvodov stanovovali v akumuláčnej časti svahu len do hĺbky 0,40 m pričom je predpoklad (a hĺbky ornícových humusových horizontov to potvrdzujú), že profilová distribúcia tohto izotopu bude siahať ešte hlbšie.

Prítomnosť erózných procesov v záujmových lokalitách potvrdili aj výsledky profilových priebehov sledovaných pôdnych parametrov najmä humusu a prístupného fosforu, ktoré sú relatívne dobré indikátory sledovania vplyvu erózie na pôdu. Ich kvantitatívne zmeny v priestore (priestorová diferenciácia) sme zaznamenali na všetkých transektoch, ale tam kde bol vplyv vodnej erózie na pôdu intenzívnejší (podľa USLE) boli zmeny v ich profilovej distribúcii výraznejšie. Najnižšie hodnoty obsahu humusu a prístupného fosforu v celom vzorkovanom profile sme namerali v erózných častiach svahov, naopak vyššie hodnoty (až do hĺbky 0,45 m) boli zaznamenané v bázach svahov (akumulačná časť), o čom svedčí aj hrúbka ornícových humusových horizontov, ktorá je na svahu viditeľne menšia ako v akumuláčnej časti. Fosfor a humus sú pomerne pevne asociované na jemný

podiel pôdy a pri odnose a následnej akumulácii pôdnej hmoty vplyvom erózie dochádza aj k ich translokácii.

Zmeny v priestorovej distribúcii prístupného draslíka v rámci pôdných profilov jednotlivých častí monitorovaných transektov boli nevýrazné, nakoľko draslík na rozdiel od fosforu (ktorý sa v neerodovaných pôdach hromadí väčšinou vo vrchných vrstvách pôdy) je v pôde nestálejší a môže sa nachádzať aj v hlbších častiach pôdneho profilu. Zaujímavejšie budú zmeny prístupného draslíka v čase (časová dynamika), keď sa na záujmové lokality vrátíme po piatich rokoch.

Priestorové zmeny pôdnej reakcie sme zaznamenali na transektoch pri Novákoch, Koliňanoch a Budči, kde v bázach svahov dochádza k akumulácii pôdnej hmoty ornicových horizontov, čoho dôsledkom sú vyššie hodnoty pH/KCl ako v erózných častiach transektov, kde na povrch vystupuje (vplyvom priorávania) kyslejšie podložie tvorené v týchto prípadoch polygenetickými hlinami.

Vplyv erózie pôdy na priestorovú diferenciáciu ílovej frakcie (<0,002 mm) sme pozorovali na transektoch pri Novákoch, Koliňanoch a Budči, pôda ktorých sa vyvinula na zrnitostne ťažších polygenetických hlinách. Odnosom vrchných vrstiev pôdy z erózných častí svahu sa dostáva na povrch zrnitostne ťažšie podložie, čo zákonite vedie k zvýšeniu obsahu ílovej frakcie už vo vrchných častiach pôdneho profilu.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- Fiala, K. et al.: Záväzné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – Pôda. VÚPOP Bratislava, 1999, 142 s.
- Fulajtár, E., Janský, L.: Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana. VÚPOP Bratislava, 2001, 310 s.
- Hanes, J., Zaujec, A., Sisák, P., Linkeš, V., Mucha, V., Čurlík, J.: Pedológia, SPU Nitra, 1996, 119 s.
- Kolektív autorov: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. VÚPOP Bratislava, 2000, 76 s.
- Kolektív autorov: Atlas krajiny Slovenskej republiky, Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava, 2002, 342 s.
- Kosil, V. et al.: Půdoznalství I. II. SPN Praha, 1973
- Laflen, J.M., Moldenhauer, W.C.: Pioneering soil erosion Prediction. The USLE story. WASWC, 2003, 55 p.
- Lhotský, J., Váchal, J., Ehrlich, P.: Zúrodnění zhutněných zemědělských půd, metodika ÚVTIZ, 1984
- Linkeš, V., Lhotský, M., Stankoviánsky, M.: Príspevok k poznaniu vývoja vodnej erózie pôd na pahorkatinách Podunajskej nížiny s využitím ¹³⁷Cs. Vedecké práce č. 17. VÚPÚ Bratislava, 1992, s. 111-120
- Walling, D.E., Quine, T.A.: Use of caesium-137 as a tracer of erosion and sedimentation. Handbook for the application of the caesium-137 technique. UK Overseas Development Administration Research Scheme R4579, University of Exeter, 1993
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D.: Predicting rainfall erosion losses – Guide to conservation planning, Agricultural Handbook 537, USDA, 1978

SUBSYSTÉM

PLOŠNÝ PRIESKUM KONTAMINÁCIE POĽNOHOSPODÁRSKYCH PÔD

Organizácia: Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky,
Bratislava

Zodpovedný riešiteľ: Ing. Juliana Schlosserová, CSc.
Ing. Gabriela Tóthová

PLOŠNÝ PRIESKUM KONTAMINÁCIE PÔD ROK 2004

Plošný prieskum kontaminácie poľnohospodárskej pôdy v SR v roku 2004 na obsahy kontaminujúcich látok je štvrtým rokom v III. cykle, ktorý začal v roku 2001 a bude pokračovať až do roku 2005. Jedná sa o subsystém ČMS-Pôda a je priamo prepojený so systémom agrochemického skúšania pôd tým, že využíva organizovaný odber pôdnych vzoriek. Sledovanie obsahov kontaminujúcich látok sa robí vo vybraných katastrálnych územiach. Tieto výbery sa robia na základe doteraz zistených zvýšených obsahov kontaminujúcich látok, ktoré boli preukázané analýzami pôd v rámci I. a II. cyklu PPKP. Z dôvodov kompletnosti sú do súboru zaradené aj výsledky analýz pôd z katastrálnych území zaradených do KCM (Koordinovaného cieleného monitoringu), kde sa sledujú vybrané parametre Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, As a niektoré doplňujúce parametre podľa požiadaviek koordináčného centra.

Predkladaná ročná správa a výsledky reprezentujú stav vykonaných prác k **15. 11. 2004**. Celkovo sa za obdobie od 15. 11. 2003 – 15. 11. 2004 analyzovalo **950 pôdnych vzoriek** na anorganické a organické kontaminanty v rámci PPKP 2002, PPKP 2003 a PPKP 2004 s **počtom analýz 8796**.

Za rok 2002 sa doplnili analýzy na obsah organických kontaminantov. Zo 14 poľnohospodárskych podnikov sa spolu analyzovalo **289 pôdnych vzoriek (tab. č. 1)**, čím sa vykonalo **264 analýz na obsah chlórovaných uhľovodíkov** pri sledovaní 12 parametrov, **3702 analýz na obsah PAU** (sledovalo sa 16 parametrov) a **392 analýz na obsah PCB** (sledovalo sa 8 parametrov). Všetky sledované parametre boli pod limitnou hodnotou. Výsledky v požadovanom členení sú spracované v tab. č. 2 a 3.

V rámci PPKP 2003 pokračovali analýzy pôdnych vzoriek v stredoslovenskom a východoslovenskom regióne. Stredoslovenský región reprezentovalo **317 pôdnych vzoriek** z 33 poľnohospodárskych podnikov, čo predstavovalo **1977 analýz na obsah ťažkých kovov** a **180 analýz na obsah chlórovaných uhľovodíkov**. Vo východoslovenskom regióne sa vybralo 39 poľnohospodárskych podnikov, čo predstavovalo **310 pôdnych vzoriek**. Tým sa vykonalo **1873 analýz na obsah ťažkých kovov (tab. č. 4)**. Celkovo sa skontrolovalo 617 honov, čo zodpovedá 25324,3 ha poľnohospodárskej pôdy. Z tohto počtu bolo 40 honov nadlimitných, čo predstavuje 1349,4 ha. Členenie podľa jednotlivých okresov uvádzame v tab. č. 5. Prehľad kontrolovanej rozlohy, počtu honov a parametrov pre PPKP 2003 je uvedený v tab. č. 6 a prehľad sledovaných parametrov je v tab. č. 7.

V rámci PPKP 2004 sa sledovali chlórované uhľovodíky v 34 pôdnych vzorkách z 3 poľnohospodárskych podnikov. Výsledky sú spracované v tab. č. 8 – 10.

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

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

Prehľad počtu vzoriek a vykonaných analýz v rámci PPKP 2002 - odberový rok 2001
(od 15. 11. 2003 - 15. 11. 2004)

Tab. 1

Počet		Počet nadlimitných		Parametre	
analýz	vzoriek	analýz	vzoriek	kód	názov
256	256	0	0	54301	Suma PAU
256	256	0	0	54302	Fluorantén
256	256	0	0	54303	Benzo(a)pyrén
256	256	0	0	54304	Naftalén
256	256	0	0	54305	Acenaftylén
256	256	0	0	54306	Acenaftén
256	256	0	0	54307	Fluorén
256	256	0	0	54308	Fenantrén
256	256	0	0	54309	Antracén
256	256	0	0	54310	Pyrén
256	256	0	0	54311	Benzo(a)antracén
256	256	0	0	54312	Chrysén
59	59	0	0	54313	Benzo(b)fluorantén
59	59	0	0	54314	Benzo(k)fluorantén
256	256	0	0	54315	Dibenzo(a,h)antracén
256	256	0	0	54316	Benzo(g,h,i)perylén
49	49	0	0	55190	Suma PCB
49	49	0	0	55195	PCB 28
49	49	0	0	55201	PCB 52
49	49	0	0	55208	PCB 101
49	49	0	0	55211	PCB 118
49	49	0	0	55220	PCB 138
49	49	0	0	55221	PCB 153
49	49	0	0	55303	PCB 180
22	22	0	0	58318	Suma CLRH
22	22	0	0	58302	DDE
22	22	0	0	58304	Suma DDT
22	22	0	0	58305	DDD
22	22	0	0	58306	Alfa HCH
22	22	0	0	58307	Beta HCH
22	22	0	0	58308	Gama HCH
22	22	0	0	58312	Heptachlór
22	22	0	0	58313	Heptachlór - epoxid
22	22	0	0	58314	Endrín
22	22	0	0	58315	Dieldrín
22	22	0	0	58316	Aldrín
4358	289	0	0	Spolu	

Prehľad kontrolovanej rozlohy, počtu honov, parametrov v rámci PPKP 2002 - odberový rok 2001
(od 15. 11. 2003 - 15. 11. 2004)

Tab. 2

Agis	Názov okresu	Kontrolované hony		Sledované parametre	Nadlimitné hony		Nadlimitné parametre
		ha	počty		ha	počty	
401	Komárno	2231,0	37	PCB, PAU	-	-	-
402	Levice	574,0	10	PCB	-	-	-
403	Nitra	2452,0	43	PAU	-	-	-
502	Čadca	149,0	8	PAU	-	-	-
702	Humenné	338,0	11	chlór. uhľ.	-	-	-
703	Kežmarok	990,0	16	PAU	-	-	-
707	Prešov	647,0	15	PAU	-	-	-
710	Stará Ľubovňa	444,0	11	chlór. uhľ.	-	-	-
801	Gelnica	258,0	31	PAU	-	-	-
803	Košice II	3715,0	71	PAU	-	-	-
806	Košice - okolie	673,0	10	PAU	-	-	-
807	Michalovce	454,0	9	PAU, PCB	-	-	-
Spolu		12925,0	272		-	-	-

Hodnoty sledovaných parametrov v mg/kg v pôde v rámci PPKP 2002 - odberový rok 2001
(od 15. 11. 2003 - 15. 11. 2004)

Tab. 3

Agis	Názov okresu	Suma DDT			DDD			Gama HCH		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
702	Humenné	0,00794	0,00794	0,00794	0,00595	0,00595	0,00595	0,00034	0,00034	0,00034
710	Stará Ľubovňa	0,00794	0,00794	0,00794	0,00595	0,00595	0,00595	0,00034	0,00034	0,00034

Agis	Názov okresu	DDE			Alfa HCH			Beta HCH		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
702	Humenné	0,00273	0,00273	0,00273	0,00027	0,00027	0,00027	0,00167	0,00167	0,00167
710	Stará Ľubovňa	0,00273	0,00273	0,00273	0,00027	0,00027	0,00027	0,00167	0,00167	0,00167

Agis	Názov okresu	Heptachlór			Heptachlór - epoxid			Endrín		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
702	Humenné	0,00047	0,00047	0,00047	0,00190	0,00190	0,00190	0,00678	0,00678	0,00678
710	Stará Ľubovňa	0,00047	0,00047	0,00047	0,00190	0,00190	0,00190	0,00678	0,00678	0,00678

Agis	Názov okresu	Dieldrín			Aldrín			Suma CLRH		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
702	Humenné	0,00309	0,00309	0,00309	0,00097	0,00097	0,00097	0,00794	0,00794	0,00794
710	Stará Ľubovňa	0,00309	0,00309	0,00309	0,00097	0,00106	0,00194	0,00794	0,00794	0,00794

Tab. 3 (pokračovanie)

Agis	Názov okresu	Suma PAU			Fluorantén			Benzo(a)pyrén		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
401	Komárno	0,00004	0,00011	0,00026	0,00002	0,00002	0,00006	0,00001	0,00001	0,00001
403	Nitra	0,00011	0,00498	0,06000	0,00002	0,00141	0,03000	0,00001	0,00047	0,02000
502	Čadca	0,00011	0,03292	0,18848	0,00002	0,02231	0,10417	0,00001	0,00001	0,00001
703	Kežmarok	0,00011	0,01183	0,19623	0,00002	0,00514	0,10756	0,00001	0,00001	0,00001
707	Prešov	0,00011	0,00011	0,00011	0,00001	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
801	Gelnica	0,00004	0,01852	0,20000	0,00002	0,00520	0,04000	0,00001	0,00001	0,00005
803	Košice II	0,00011	0,06917	0,77160	0,00002	0,00864	0,07000	0,00001	0,00572	0,11890
806	Košice - okolie	0,00006	0,00683	0,06710	0,00002	0,00678	0,06740	0,00001	0,00422	0,04210
807	Michalovce	0,00011	0,00011	0,00011	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001

Agis	Názov okresu	Naftalén			Acenaftylén			Acenaftén		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
401	Komárno	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00012
403	Nitra	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
502	Čadca	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
703	Kežmarok	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
707	Prešov	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
801	Gelnica	0,00005	0,00005	0,00010	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00012
803	Košice II	0,00005	0,00260	0,00842	0,00006	0,00167	0,01920	0,00005	0,00629	0,02000
806	Košice - okolie	0,00005	0,00151	0,01460	0,00006	0,00387	0,03820	0,00005	0,00005	0,00005
807	Michalovce	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005

Tab. 3 (pokračovanie)

Agis	Názov okresu	Fluorén			Fenantrén			Antracén		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
401	Komárno	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00002	0,00004	0,00001	0,00002	0,00004
403	Nitra	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
502	Čadca	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
703	Kežmarok	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00239	0,05002	0,00001	0,00001	0,00001
707	Prešov	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
801	Gelnica	0,00001	0,00130	0,04000	0,00001	0,00099	0,03000	0,00001	0,00295	0,03080
803	Košice II	0,00001	0,00220	0,04000	0,00001	0,00746	0,05000	0,00001	0,00625	0,07000
806	Košice - okolie	0,00001	0,00450	0,04490	0,00001	0,00464	0,04620	0,00001	0,00565	0,05630
807	Michalovce	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001

Agis	Názov okresu	Pyrén			Benzo(a)antracén			Chrysén		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
401	Komárno	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
403	Nitra	0,00001	0,00234	0,05000	0,00001	0,00071	0,03000	0,00001	0,00001	0,00001
502	Čadca	0,00001	0,01055	0,08431	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
703	Kežmarok	0,00001	0,00423	0,08867	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
707	Prešov	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
801	Gelnica	0,00001	0,00778	0,06000	0,00001	0,00001	0,00005	0,00001	0,00001	0,00004
803	Košice II	0,00001	0,00794	0,13000	0,00001	0,00841	0,11900	0,00001	0,00779	0,14070
806	Košice - okolie	0,00001	0,00598	0,05950	0,00001	0,00521	0,05200	0,00001	0,00540	0,05390
807	Michalovce	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001

Agis	Názov okresu	Dibenzo(a,h)antracén			Benzo(g,h,i)perylén			Benzo(b)fluorantén		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
401	Komárno	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011	-	-	-
403	Nitra	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011	-	-	-
502	Čadca	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011	-	-	-
703	Kežmarok	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011	-	-	-
707	Prešov	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011	-	-	-
801	Gelnica	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00014	-	-	-
803	Košice II	0,00005	0,00665	0,14400	0,00011	0,00058	0,00292	0,00022	0,00924	0,13660
806	Košice - okolie	0,00005	0,00137	0,01320	0,00011	0,00727	0,07270	0,08660	0,08660	0,08660
807	Michalovce	0,00005	0,00005	0,00005	0,00011	0,00011	0,00011	-	-	-

Agis	Názov okresu	Benzo(k)fluorantén		
		min.	priem.	max.
401	Komárno	-	-	-
403	Nitra	-	-	-
502	Čadca	-	-	-
703	Kežmarok	-	-	-
707	Prešov	-	-	-
801	Gelnica	-	-	-
803	Košice II	0,00005	0,00399	0,06504
806	Košice - okolie	0,02440	0,02440	0,02440
807	Michalovce	-	-	-

Tab. 3 (pokračovanie)

Agis	Názov okresu	Suma PCB			PCB 28			PCB 52		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
401	Komárno	0,04900	0,14694	0,31784	0,04400	0,14533	0,31784	0,03650	0,03650	0,03650
402	Levice	0,04900	0,23900	0,55617	0,04400	0,23718	0,55617	0,03260	0,03615	0,03650
807	Michalovce	0,04900	0,23294	0,59165	0,04400	0,23094	0,59165	0,03650	0,03650	0,03650

Agis	Názov okresu	PCB 101			PCB 118			PCB 138		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
401	Komárno	0,04200	0,04200	0,05550	0,03750	0,03750	0,03750	0,04900	0,04900	0,04900
402	Levice	0,04200	0,04200	0,04200	0,03750	0,03750	0,03750	0,04900	0,06196	0,19158
807	Michalovce	0,04200	0,04200	0,04200	0,03750	0,03750	0,03750	0,04900	0,04900	0,04900

Agis	Názov okresu	PCB 153			PCB 180		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
401	Komárno	0,04550	0,04550	0,04550	0,01600	0,01600	0,01600
402	Levice	0,04550	0,04550	0,04550	0,01600	0,01600	0,01600
807	Michalovce	0,04550	0,04550	0,04550	0,01600	0,01600	0,01600

Prehľad počtu vzoriek a vykonaných analýz v rámci PPKP 2003 - odberový rok 2002
(od 15. 11. 2003 - 15. 11. 2004)

Tab. 4

Počet		Počet nadlimitných		Parametre	
analýz	vzoriek	analýz	vzoriek	kód	názov
617	617	0	0	54112	Horčík
617	617	0	0	54115	Fosfor
617	617	34	34	54119	Draslík
627	627	1	1	54124	Chróm
627	627	4	4	54128	Nikel
103	103	3	3	54130	Zinok
624	624	5	5	54133	Arzén
627	627	30	30	54148	Kadmium
615	615	7	7	54180	Ortuť
627	627	19	19	54182	Olovo
617	617	0	0	54998	Rozloha honu
617	617	0	0	54999	pH
15	15	0	0	58318	Suma CLRH
15	15	0	0	58302	DDE
15	15	0	0	58304	DDT
15	15	0	0	58305	DDD
15	15	0	0	58306	Alfa HCH
15	15	0	0	58307	Beta HCH
15	15	0	0	58308	Gama HCH
15	15	0	0	58312	Heptachlór
15	15	0	0	58313	Heptachlór - epoxid
15	15	0	0	58314	Endrín
15	15	0	0	58315	Dieldrín
15	15	0	0	58316	Aldrín
7115	627	103	71	Spolu	

Prehľad kontrolovanej rozlohy, počtu honov, parametrov v rámci PPKP 2003 - odberový rok 2002
(od 15. 11. 2003 - 15. 11. 2004)

Tab. 5

Agis	Názov okresu	Kontrolované hony		Sledované parametre	Nadlimitné hony		Nadlimitné parametre
		ha	počty		ha	počty	
302	Ilava	280,0	8	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	89,0	3	As,Cd,Pb
306	Považská Bystrica	101,3	5	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	20,4	1	Pb
307	Prievidza	925,0	27	Cr,Ni,As,Zn,Cd,Hg,Pb	42,0	1	Ni
308	Púchov	501,0	18	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	14,0	1	Ni
407	Zlaté Moravce	731,0	15	Cr,Ni,As,Zn,Cd,Hg,Pb	150,0	2	As,Zn,Cd,Hg,Pb
502	Čadca	169,0	8	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	72,0	4	Cd
503	Dolný Kubín	279,0	12	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	18,0	1	Cd
505	Liptovský Mikuláš	757,0	23	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
506	Martin	1258,0	25	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	234,0	4	Cr,Ni,Cd
507	Námestovo	272,0	5	Cr,Ni,As,Zn,Cd,Hg,Pb	-	-	-
508	Ružomberok	206,0	8	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
510	Tvrdošín	225,0	6	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	95,0	2	Cd
511	Žilina	694,0	26	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	77,0	3	Cd
601	Banská Bystrica	510,0	21	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	274,0	11	Cd,Pb
603	Brezno	229,0	12	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
604	Detva	173,0	8	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
605	Krupina	800,0	17	Cr,Ni,As,Zn,Cd,Hg,Pb	28,0	1	Cd
606	Lučenec	39,0	2	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
607	Poltár	761,0	16	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
609	Rimavská Sobota	399,0	15	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
611	Zvolen	475,0	15	Cr,Ni,As,Zn,Cd,Hg,Pb, chlór. uhl.	-	-	-
612	Žarnovica	182,0	8	Cr,Ni,As,Zn,Cd,Hg,Pb	80,0	2	As,Zn,Cd,Hg,Pb
613	Žiar nad Hronom	83,0	7	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
701	Bardejov	2230,0	51	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	45,0	1	Pb
703	Kežmarok	484,0	10	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
704	Levoča	689,0	13	Cr,Ni,As,Zn,Cd,Hg,Pb	-	-	-
706	Poprad	780,0	18	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
707	Prešov	1015,0	24	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
708	Sabinov	149,0	4	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
709	Snina	434,0	13	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
710	Stará Ľubovňa	597,0	14	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
711	Stropkov	113,0	5	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
712	Svidník	257,0	7	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
713	Vranov nad Topľou	348,0	10	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
806	Košice - okolie	389,0	11	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	25,0	1	Pb
807	Michalovce	3899,0	60	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
808	Rožňava	77,0	3	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
809	Sobrance	826,0	10	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
810	Spišská Nová Ves	794,0	15	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	86,0	2	Hg,Pb
811	Trebišov	2194,0	42	Cr,Ni,As,Cd,Hg,Pb	-	-	-
Spolu		25324,3	617		1349,4	40	

Hodnoty sledovaných parametrov v mg/kg v pôde v rámci PPKP 2003 - odberový rok 2002
(od 15. 11. 2003 - 15. 11. 2004)

Tab. 6

Agis	Názov okresu	pH			Chróm			Nikel		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
302	Ilava	6,9	7,3	7,4	1,7	2,9	5,7	3,6	5,6	8,9
306	Považská Bystrica	6,1	6,6	7,1	1,6	2,3	3,3	2,1	5,0	7,2
307	Prievidza	4,5	6,1	7,0	0,9	1,5	3,0	0,7	2,1	12,6
308	Púchov	4,4	6,1	7,1	1,0	2,4	4,6	1,2	4,2	11,3
407	Zlaté Moravce	5,2	6,3	6,9	0,8	1,4	3,4	1,0	2,1	4,5
502	Čadca	3,9	4,9	6,5	1,4	3,8	5,6	3,2	5,1	6,9
503	Dolný Kubín	4,4	6,3	7,3	1,4	2,6	3,7	1,4	3,0	5,3
505	Liptovský Mikuláš	4,3	6,0	6,8	1,1	2,1	7,3	0,5	2,5	7,0
506	Martín	5,9	6,9	7,4	1,5	3,8	26,1	0,5	4,2	13,6
507	Námestovo	6,1	6,6	6,8	1,7	2,1	3,0	1,2	1,6	2,2
508	Ružomberok	5,9	6,5	7,2	0,9	3,2	7,1	1,1	3,0	5,4
510	Tvrdošín	4,9	6,1	7,2	0,9	1,9	4,4	0,5	1,4	2,1
511	Žilina	4,9	6,5	7,3	0,1	1,7	6,0	0,6	3,4	8,5
601	Banská Bystrica	4,4	6,0	7,0	0,9	1,8	4,0	0,5	2,0	4,2
603	Brezno	4,0	4,7	5,7	1,3	2,7	6,2	0,5	1,0	2,1
604	Detva	4,7	5,8	6,8	0,5	0,8	1,5	0,5	0,5	0,6
605	Krupina	4,8	6,1	7,0	0,7	1,0	1,5	0,7	1,9	3,5
606	Lučenec	6,3	6,3	6,3	0,7	0,8	0,9	0,6	0,7	0,7
607	Poltár	4,6	5,6	6,9	0,5	1,0	1,7	0,6	1,1	1,6
609	Rimavská Sobota	4,3	6,4	7,4	0,6	1,3	2,6	0,5	2,0	3,4
611	Zvolen	4,7	5,8	6,9	0,5	0,8	1,0	0,5	0,7	0,9
612	Žarnovica	5,7	6,4	7,1	0,8	1,3	2,3	0,5	1,2	1,9
613	Žiar nad Hronom	4,5	5,5	6,8	0,5	0,7	1,5	0,5	0,6	0,8
701	Bardejov	4,2	6,2	7,4	0,5	1,2	3,1	0,5	1,8	5,7
703	Kežmarok	4,0	5,5	6,4	0,9	1,6	3,3	1,4	2,7	5,7
704	Levoča	4,2	5,2	6,3	0,5	0,7	1,2	0,9	1,4	2,6
706	Poprad	4,3	6,3	7,0	0,5	0,9	1,6	0,6	1,4	2,9
707	Prešov	5,6	6,7	7,3	0,6	1,1	1,8	1,4	3,3	6,9
708	Sabinov	6,2	6,5	6,9	0,7	0,9	0,9	1,4	2,1	3,4
709	Snina	3,8	5,3	7,0	0,5	0,8	1,1	0,5	1,5	3,1
710	Stará Ľubovňa	5,0	6,3	7,0	0,5	1,0	1,4	0,7	1,8	3,5
711	Stropkov	4,2	4,9	7,1	1,2	1,6	2,0	1,1	2,1	3,1
712	Svidník	4,5	5,3	6,0	1,1	1,5	2,0	1,1	2,2	3,2
713	Vranov nad Topľou	4,8	6,1	7,1	0,7	0,8	1,0	1,4	2,1	3,6
806	Košice - okolie	5,5	6,0	6,9	0,5	1,0	1,7	0,5	1,1	3,0
807	Michalovce	4,5	6,2	7,4	0,5	1,0	2,0	0,7	3,1	7,6
808	Rožňava	7,2	7,3	7,4	1,4	1,8	2,1	1,9	2,2	2,4
809	Sobrance	0,0	5,5	6,7	0,7	1,0	1,4	0,9	1,7	2,6
810	Spišská Nová Ves	4,6	6,4	7,3	0,5	0,9	3,2	0,9	3,0	6,7
811	Trebišov	5,1	6,2	7,4	0,5	1,1	3,6	1,0	3,5	6,8

Tab. 6 (pokračovanie)

Agis	Názov okresu	Zinok			Arzén			Kadmium		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
302	Ilava	-	-	-	<2,0	2,5	6,7	0,12	0,22	0,43
306	Považská Bystrica	-	-	-	<2,0	2,2	2,9	0,07	0,15	0,24
307	Prievidza	3,1	6,8	15,4	<2,0	2,0	2,3	<0,05	0,11	0,25
308	Púchov	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,06	0,14	0,25
407	Zlaté Moravce	3,3	14,1	64,8	<2,0	2,8	7,3	0,05	0,16	0,68
502	Čadca	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,23	0,34	0,48
503	Dolný Kubín	-	-	-	<2,0	2,2	4,0	0,11	0,21	0,37
505	Liptovský Mikuláš	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,06	0,12	0,22
506	Martin	-	-	-	<2,0	<2,0	2,0	0,08	0,22	0,69
507	Námestovo	3,9	5,2	7,8	<2,0	<2,0	<2,0	0,11	0,15	0,18
508	Ružomberok	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,07	0,14	0,23
510	Tvrdošín	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,09	0,24	0,46
511	Žilina	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,09	0,19	0,48
601	Banská Bystrica	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,07	0,41	3,00
603	Brezno	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,05	0,12	0,20
604	Detva	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,05	0,08	0,11
605	Krupina	2,6	7,0	27,4	<2,0	<2,0	<2,0	<0,05	0,11	0,42
606	Lučenec	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<0,05	<0,05	<0,05
607	Poltár	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<0,05	0,05	0,06
609	Rimavská Sobota	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<0,05	0,08	0,12
611	Zvolen	1,8	2,9	4,3	<2,0	<2,0	<2,0	0,05	0,06	0,07
612	Žarnovica	4,2	20,5	101,1	<2,0	2,8	8,6	0,08	0,30	1,25
613	Žiar nad Hronom	-	-	-	<2,0	2,0	2,1	0,06	0,08	0,13
701	Bardejov	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<0,05	0,10	0,25
703	Kežmarok	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,05	0,16	0,28
704	Levoča	2,0	3,0	6,2	<2,0	<2,0	<2,0	0,06	0,10	0,14
706	Poprad	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,05	0,11	0,28
707	Prešov	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<0,05	0,09	0,16
708	Sabinov	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,05	0,09	0,18
709	Snina	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,08	0,11	0,18
710	Stará Ľubovňa	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,07	0,13	0,20
711	Stropkov	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,05	0,10	0,13
712	Svidník	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,08	0,10	0,14
713	Vranov nad Topľou	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,06	0,07	0,12
806	Košice - okolie	-	-	-	<2,0	2,2	4,2	0,06	0,10	0,22
807	Michalovce	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<0,05	0,09	0,20
808	Rožňava	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,16	0,18	0,19
809	Sobrance	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	0,07	0,09	0,11
810	Spišská Nová Ves	-	-	-	<2,0	2,2	4,5	<0,05	0,09	0,29
811	Trebišov	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<0,05	0,09	0,20

Tab. 6 (pokračovanie)

Agis	Názov okresu	Ortut'			Olovo		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
302	Ilava	0,034	0,069	0,108	7,5	18,2	48,0
306	Považská Bystrica	0,068	0,073	0,080	7,3	15,7	37,7
307	Prievidza	0,040	0,061	0,099	6,2	10,0	15,9
308	Púchov	0,042	0,064	0,100	5,5	10,4	18,4
407	Zlaté Moravce	0,053	0,151	0,541	4,7	13,6	51,4
502	Čadca	0,053	0,080	0,104	9,8	17,7	23,4
503	Dolný Kubín	0,041	0,059	0,090	6,3	10,9	17,8
505	Liptovský Mikuláš	0,041	0,055	0,068	4,3	7,0	13,0
506	Martin	0,033	0,062	0,089	7,7	14,2	28,0
507	Námestovo	0,030	0,045	0,055	6,7	7,6	9,4
508	Ružomberok	0,044	0,061	0,084	5,3	8,6	11,8
510	Tvrdošín	0,031	0,058	0,084	4,3	8,0	14,6
511	Žilina	0,028	0,075	0,159	5,8	10,7	16,4
601	Banská Bystrica	0,039	0,070	0,114	10,1	70,2	591,0
603	Brezno	0,046	0,067	0,129	8,9	12,2	18,2
604	Detva	0,053	0,075	0,092	4,7	6,6	9,6
605	Krupina	0,043	0,051	0,067	3,4	7,8	23,2
606	Lučenec	0,063	0,069	0,075	5,0	5,4	5,8
607	Poltár	0,042	0,061	0,086	5,4	7,1	9,2
609	Rimavská Sobota	0,031	0,048	0,070	3,8	5,9	7,9
611	Zvolen	0,047	0,063	0,086	4,7	6,1	7,4
612	Žarnovica	0,051	0,266	0,867	5,3	25,2	108,0
613	Žiar nad Hronom	0,027	0,040	0,066	6,4	9,5	12,9
701	Bardejov	0,032	0,068	0,141	2,7	7,6	103,0
703	Kežmarok	0,070	0,097	0,134	3,8	6,6	9,9
704	Levoča	0,097	0,131	0,199	3,2	4,6	6,9
706	Poprad	0,065	0,127	0,224	4,4	6,1	10,3
707	Prešov	0,055	0,077	0,119	3,6	5,6	7,6
708	Sabinov	0,058	0,071	0,097	3,7	4,8	6,1
709	Snina	0,056	0,075	0,100	5,2	7,4	10,7
710	Stará Ľubovňa	0,069	0,095	0,116	4,0	5,6	7,2
711	Stropkov	0,048	0,062	0,084	4,3	6,1	7,6
712	Svidník	0,062	0,087	0,123	5,7	7,1	8,8
713	Vranov nad Topľou	0,051	0,065	0,112	3,7	4,8	6,6
806	Košice - okolie	0,137	0,161	0,248	4,8	11,2	50,5
807	Michalovce	0,034	0,058	0,104	3,4	5,8	9,7
808	Rožňava	0,075	0,081	0,092	12,5	13,6	14,2
809	Sobrance	0,044	0,054	0,068	4,1	5,3	6,4
810	Spišská Nová Ves	0,127	0,193	0,349	3,1	7,1	31,7
811	Trebišov	0,022	0,056	0,106	3,1	5,2	8,5

Tab. 6 (pokračovanie)

Agis	Názov okresu	DDT			DDD			Gama HCH		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
611	Zvolen	0,00794	0,00794	0,00794	0,00595	0,00595	0,00595	0,00034	0,00098	0,01000

Agis	Názov okresu	DDE			Alfa HCH			Beta HCH		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
611	Zvolen	0,00273	0,00321	0,01000	0,00027	0,00027	0,00027	0,00167	0,00167	0,00167

Agis	Názov okresu	Heptachlór			Heptachlór - epoxid			Endrín		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
611	Zvolen	0,00047	0,00047	0,00047	0,00190	0,00190	0,00190	0,00678	0,00678	0,00678

Agis	Názov okresu	Dieldrín			Aldrín			Suma CLRH		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
611	Zvolen	0,00309	0,00309	0,00309	0,00097	0,00097	0,00097	0,00794	0,00821	0,01000

Prehľad nadlimitných parametrov v mg/kg v jednotlivých okresoch v rámci PPKP 2003 - odberový rok 2002 (od 15. 11. 2003 - 15. 11. 2004)

Tab. 7

Agis	Názov okresu	Chróom			Nikel			Zinok		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
307	Prievidza	-	-	-	12,6	12,6	12,6	-	-	-
308	Púchov	-	-	-	11,3	11,3	11,3	-	-	-
407	Zlaté Moravce	-	-	-	-	-	-	52,8	58,8	64,8
506	Martin	26,1	26,1	26,1	10,7	12,2	13,6	-	-	-
612	Žarnovica	-	-	-	-	-	-	101,1	101,1	101,1

Agis	Názov okresu	Arzén			Kadmium			Ortuť		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
302	Ilava	6,7	6,7	6,7	0,31	0,37	0,43	-	-	-
407	Zlaté Moravce	5,5	6,5	7,3	0,36	0,55	0,68	0,50	0,52	0,54
502	Čadca	-	-	-	0,36	0,42	0,48	-	-	-
503	Dolný Kubín	-	-	-	0,37	0,37	0,37	-	-	-
506	Martin	-	-	-	0,32	0,44	0,69	-	-	-
510	Tvrdošín	-	-	-	0,41	0,44	0,46	-	-	-
511	Žilina	-	-	-	0,32	0,38	0,48	-	-	-
601	Banská Bystrica	-	-	-	0,31	0,75	3,00	-	-	-
605	Krupina	-	-	-	0,42	0,42	0,42	-	-	-
612	Žarnovica	8,6	8,6	8,6	1,25	1,25	1,25	0,44	0,65	0,87
810	Spišská Nová Ves	-	-	-	-	-	-	0,32	0,33	0,35

Tab. 7 (pokračovanie)

Agis	Názov okresu	Olovo		
		min.	priem.	max.
302	Ilava	48,0	48,0	48,0
306	Považská Bystrica	37,7	37,7	37,7
407	Zlaté Moravce	41,6	46,5	51,4
601	Banská Bystrica	42,7	119,4	591,0
612	Žarnovica	108,0	108,0	108,0
701	Bardejov	103,0	103,0	103,0
806	Košice - okolie	50,5	50,5	50,5
810	Spišská Nová Ves	31,7	31,7	31,7

Prehľad počtu vzoriek a vykonaných analýz v rámci PPKP 2004 - odberový rok 2003
(od 15. 11. 2003 - 15. 11.2004)

Tab. 8

Počet		Počet nadlimitných		Parametre	
analýz	vzoriek	analýz	vzoriek	kód	názov
34	34	0	0	54112	Horčík
34	34	0	0	54115	Fosfor
34	34	0	0	54119	Draslík
33	33	0	0	54998	Rozloha honu
34	34	0	0	54999	pH
34	34	0	0	58318	Suma CLRH
34	34	0	0	58302	DDE
34	34	0	0	58304	DDT
34	34	0	0	58305	DDD
34	34	0	0	58306	Alfa HCH
34	34	0	0	58307	Beta HCH
34	34	0	0	58308	Gama HCH
34	34	0	0	58312	Heptachlór
34	34	0	0	58313	Heptachlór - epoxid
34	34	0	0	58314	Endrín
34	34	0	0	58315	Dieldrín
34	34	0	0	58316	Aldrín
577	34	0	0	Spolu	

Prehľad kontrolovanej rozlohy, počtu honov, parametrov v rámci PPKP 2004 - odberový rok 2003
(od 15. 11. 2003 - 15. 11. 2004)

Tab. 9

Agis	Názov okresu	Kontrolované hony		Sledované parametre	Nadlimitné hony		Nadlimitné parametre
		ha	počty		ha	počty	
611	Zvolen	222,0	13	chlór.uhľ.	-	-	-
810	Spišská Nová Ves	953,0	20	chlór.uhľ.	-	-	-

Hodnoty sledovaných parametrov v mg/kg v pôde v rámci PPKP 2004 - odberový rok 2003
(od 15. 11. 2003 - 15. 11. 2004)

Tab. 10

Agis	Názov okresu	pH			DDT			DDD		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
611	Zvolen	4,8	5,6	6,8	0,00794	0,00794	0,00794	0,00595	0,00595	0,00595
810	Spišská Nová Ves	5,2	6,1	7,2	0,00794	0,00794	0,00794	0,00595	0,00595	0,00595

Agis	Názov okresu	Gama HCH			DDE			Alfa HCH		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
611	Zvolen	0,00034	0,00034	0,00034	0,00273	0,00273	0,00273	0,00027	0,00027	0,00027
810	Spišská Nová Ves	0,00034	0,00034	0,00034	0,00273	0,00273	0,00273	0,00027	0,00027	0,00027

Agis	Názov okresu	Beta HCH			Heptachlór			Heptachlór - epoxid		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
611	Zvolen	0,00167	0,00167	0,00167	0,00047	0,00047	0,00047	0,00190	0,00190	0,00190
810	Spišská Nová Ves	0,00167	0,00167	0,00167	0,00047	0,00047	0,00047	0,00190	0,00190	0,00190

Agis	Názov okresu	Endrín			Dieldrín			Aldrín		
		min.	priem.	max.	min.	priem.	max.	min.	priem.	max.
611	Zvolen	0,00678	0,00678	0,00678	0,00309	0,00309	0,00309	0,00097	0,00097	0,00097
810	Spišská Nová Ves	0,00678	0,00678	0,00678	0,00309	0,00309	0,00309	0,00097	0,00097	0,00097

Agis	Názov okresu	Suma CLRH		
		min.	priem.	max.
611	Zvolen	0,00794	0,00794	0,00794
810	Spišská Nová Ves	0,00794	0,00794	0,00794

SUBSYSTÉM

MONITORING LESNÝCH PÔD

Organizácia: Lesnícky výskumný ústav, Zvolen

Zodpovedný riešiteľ: Ing. Pavel Pavlenda, PhD.

MONITORING LESNÝCH PÔD – INFORMÁCIA O STAVE V ČMS LESY

Zabezpečenie monitoringu lesných pôd v rámci ČMS Lesy, resp. aj vo vzťahu k ČMS Pôda, bolo od počiatku determinované existenciou medzinárodne koordinovaných aktivít. Od vzniku systému monitorovania zdravotného stavu lesov SR v roku 1987 cez prvý kompletný odber pôdnych vzoriek v roku 1993 v rámci tohto systému, zriadenie Čiastkového monitorovacieho systému Lesy až po súčasnosť prešli monitorovacie aktivity na lesnom pôdnom fonde (aj vo vzťahu ČMS Pôda) pomerne komplikovaným vývojom.

Postupný rozvoj programu ICP Forest znamenal rozširovanie aktivít, posun priorít medzi prieskumami, aktualizácie manuálov a nové opatrenia pre zabezpečenie kvality a spoľahlivosti údajov. Aj z tohto dôvodu LVÚ Zvolen ako Národné centrum (NFC) v rámci ICP Forests čiastočne prehodnocoval a korigoval vnútorné proporcie v monitorovacích aktivitách v rámci ČMS Lesy. Perióda monitoringu pôd (pevnej zložky) nebola pevne určená, vypracoval sa aktualizovaný manuál a návrh rámcových opatrení pre maximálnu harmonizáciu na európskej úrovni. Preferoval sa prístup dôkladnej prípravy a odkladu opakovaného vzorkovania a hodnotenia.

V roku 2003 bolo na úrovni EÚ prijaté nové nariadenie: „Regulation (EC) No 2152/2003 of the European Parliament and the Council of 17 November 2003 concerning monitoring of forests and environmental interactions in the Community (Forest Focus)“, ktoré ukladá členským štátom EÚ prostredníctvom poverených kompetentných inštitúcií implementovať ju na národnej úrovni (t.j. realizovať naplnenie jej cieľov). Nariadenie zahŕňa viaceré aktivity (vrátane opatrení súvisiacich s lesnými požiarimi a demonštračných projektov pre rozvoj ďalších monitorovacích aktivít napr. vo vzťahu k biodiverzite, bilanciam uhlíka, klimatickej zmene a pod.), pričom základom je doterajší monitoring lesných ekosystémov:

- Extenzívny periodický monitoring lesov v sieti 16x16 km.
- Intenzívny kontinuálny monitoring na vybraných plochách o určitom minimálnom, ale limitovanom počte.

V rámci extenzívneho ani intenzívneho monitoringu však nebol priamo zahrnutý monitoring pôd. Dôraz sa kládol na samotnú drevinovú zložku (presná identifikácia poškodzovania, prírastkové trendy, listové analýzy) a hodnotenie dynamických zložiek v lesných ekosystémoch (atmosférická depozícia, kvalita ovzdušia a pod.).

V inštitucionálnej štruktúre v rámci realizácie nariadenia Forest Focus sú na úrovni EÚ zapojené: Európska komisia (DG Environment), Standing Forestry Committee, JRC ako vedecký koordinačný orgán a centrum pre zhromažďovanie, spracovanie a vyhodnocovanie dát na európskej úrovni a SAG ako vedecký poradný orgán tvorený nominantmi členských krajín.

Na úrovni členských krajín EÚ boli poverené Zodpovedné orgány (Competent agency) ako kontaktná inštitúcia pre Komisiu priamo zodpovedné za implementáciu v danom členskom štáte a Národné centrá (National focal centre – NFC) ako kontaktná inštitúcia pre JRC a zodpovedná inštitúcia za zber, spracovanie a vyhodnotenie údajov na národnej úrovni. Vo väčšine prípadov ide o totožné inštitúcie. V prípade Slovenska bol touto úlohou poverený LVÚ Zvolen.

Z hľadiska monitoringu pôd je dôležitou skutočnosťou, že v rámci tzv. demonštračných projektov Forest Focus sa pripravuje veľký koordinovaný projekt BioSoil, zameraný na hodnotenie pôd a biodiverzity. Prakticky to znamená, že v roku 2005 by mali

prebehnúť prípravné práce pre zabezpečenie opakovaného hodnotenia lesných pôd a v rokoch 2006-2007 by sa malo zabezpečiť vzorkovanie, laboratórne analýzy, podrobná pedologická charakterizácia a klasifikácia pôd na monitorovacích plochách prvej aj druhej úrovne. Jednoznačne sa však prioritizuje aktuálna harmonizácia na európskej úrovni, t.j. väčšia váha sa dáva zabezpečeniu plnej porovnateľnosti informačnej bázy z budúcich odberov (na rovnakej časovej hladine) než zabezpečeniu porovnateľnosti na národnej úrovni s predchádzajúcimi hodnoteniami, prípadne s inými aktivitami na národnej a regionálnej úrovni.

Takýto postup je v súlade s Európskou stratégiou ochrany pôdy. Vychádza sa zo zistení, že systém monitorovacích plôch na lesnom pôdnom fonde, vybudovaný v rámci ICP Forests (viac než 5500 plôch prvej úrovne a približne 700 plôch druhej úrovne) je, napriek určitým problémom v metodologickej harmonizácii, najrozvinutejším a metodicky najprepracovanejším systémom, ktorý by mal tvoriť kostru monitoringu pôd všeobecne. V tejto súvislosti sa predpokladá sa, že popri doterajších štruktúrach v rámci ICP Forests, teda FSCC (forest soil coordinating centre) bude mať v koordinácii významnú úlohu JRC a zabezpečí sa väzba na EUSIS.

Z hľadiska praktického zabezpečenia monitoringu lesných pôd na Slovensku to znamená, že po niekoľkých rokoch bez výraznejších aktivít v monitorovaní pôd na lesnom pôdnom fonde (keď sa realizovali iba čiastočné hodnotenia parametrov, resp. riešili sa iba parciálne otázky) sa najbližší odber a hodnotenie lesných pôd na plochách prvej (112 plôch) aj druhej (7 plôch) úrovne monitoringu na Slovensku uskutoční v čo najtesnejšej harmonizácii v rámci EÚ v rokoch 2006-2007. Odbery vzoriek na plochách prvej úrovne budú pre pokryvný humus (oddelené L a F+H), a pre fixne určené hĺbky 0-10 cm a 10-20 cm v piatich opakovaniach s následným analyzovaním zmesných vzoriek pre danú hĺbku, pre zámery kvantifikácie zásob uhlíka aj vzorky až do hĺbky 80 cm aspoň z jednej sondy. Odbery vzoriek na plochách druhej úrovne budú v plnom rozsahu odberových hĺbok minimálne v 24 opakovaniach za plochu (z následným možným zmiešaním tak, aby sa analyzovali minimálne 3 zmesné vzorky za odberovú hĺbku).

POROVNANIE DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV RIEŠENIA S PLÁNOVANÝMI CIEĽMI A EURÓPSKOU ÚROVŇOU

Ciele a parametre riešenia boli v roku 2004 splnené. Boli dosiahnuté cenné výsledky zo započatého 3. cyklu monitorovania pôd. Súčasne bola v Edičnom stredisku pri VÚPOP Bratislava vydaná publikácia „Monitoring pôd SR. Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd“, kde boli hodnotené dosiahnuté výsledky za prvé dva monitorovacie cykly. V medzinárodnom meradle sa aktívne podieľame na príprave Európskej Direktívy monitoringu pôd. Taktiež sme sa aktívne podieľali v rámci spolupráce Podunajských krajín (Donauländer) pri riešení kompatibility monitoringu pôd zúčastnených krajín. Náš systém monitorovania pôd predstavuje otvorený a adaptabilný systém s možnosťou akceptovať návrhy EÚ. Dielčie výsledky boli priebežne publikované v našich i medzinárodných periodikách. Všetky práce prebiehajú v súlade s pracovným a schváleným Aktualizovaným projektom ČMS-Pôda (2000).

BOLI SPLNENÉ NASLEDOVNÉ PARAMETRE RIEŠENIA

- bol vykonaný odber pôdnych a rastlinných vzoriek v sieti kľúčových monitorovacích lokalít
- bol vykonaný odber a analýzy pôdnych vzoriek pre vyhodnocovanie salinizácie a alkalizácie pôd vo vybranej sieti lokalít
- bol vykonaný odber a analýzy pôdnych vzoriek pre vyhodnocovanie erózie pôd vo vybraných transektoch SR
- boli vykonané fyzikálne analýzy v sieti kľúčových lokalít
- boli vykonané analýzy v časti základnej monitorovacej siete
- bola priebežne napĺňaná databáza ČMS-P (základná sieť a kľúčové lokality)
- na požiadanie boli poskytnuté a spracované podklady ČMS-P pre MP SR, MŽP SR a SAŽP

REALIZÁCIA VÝSLEDKOV RIEŠENIA

Dosiahnuté výsledky sú značným prínosom pre posúdenie charakteru a povahy zmien dôležitých vlastností pôd a rizikových látok v pôdnom kryte SR. Získané výsledky sa dajú využiť (a v značnej miere sa už i využívajú) hlavne v rezorte pôdohospodárstva a životného prostredia, ale aj v iných rezortoch a orgánoch štátnej správy, ako aj vo vede a výskume, projekčnej činnosti a na univerzitách poľnohospodárskeho, lesného a environmentálneho zamerania. Do nových dimenzií sa dostáva využitie doterajších výsledkov a poznatkov monitorovania pôd na Slovensku pre vypracovanie Európskej Direktívy monitoringu pôd a zabehnutie európskeho systému monitorovania pôd, na ktorého príprave sa Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy v Bratislave aktívne podieľa.

Značný význam majú dosiahnuté výsledky i pre praktické využitie, najmä pri príprave aktuálnych výstupov. Svedčí o tom i neustále sa zväčšujúci dopyt po novších a aktuálnych informáciách pôdneho krytu SR v riadiacej i užívateľskej sfére.

ODPOČET ČERPANIA FINANČNÝCH PROSTRIEDKOV ZA ROK 2004 (v tis. Sk)

VÚPOP Bratislava:

Plán: 7 000

Skutočnosť: 7 000

ÚKSÚP Bratislava:

Plán: 2200

Skutočnosť: 2200

LVÚ Zvolen:

V roku 2004 neboli na lesné pôdy pridelené finančné prostriedky

ROZBOR NÁKLADOV, PRÍNOSOV A EKONOMICKÁ EFEKTÍVNOSŤ RIEŠENIA

Vynaložené náklady zodpovedajú rozsahu riešenia a dosiahnutých výsledkov, ale i aktív na tejto úlohe v roku 2004 (terénne, analytické, vyhodnocovacie práce, aktualizácia informačného systému monitoringu pôd, príprava informatívnej skladačky monitoringu pôd, medzinárodná činnosť). I keď ekonomickú efektívnosť dosiahnutých výsledkov nie je jednoduché v súčasnosti jednoznačne číselne vyjadriť, ich význam bude postupne vzrastať. Zvýši sa pri ďalšom zhodnocovaní dosiahnutých výsledkov nielen u nás, ale aj v rámci možného začlenenia SR medzi krajiny EÚ, kedy nadobudnú viac aj medzinárodný význam.

ZÁVER

Rok 2004 bol 3. rokom 3. cyklu monitorovania pôd, kedy pokračovali analytické práce v základnej sieti i každoročné analytické práce v sieti kľúčových lokalít. Vyhodnocujeme tak aktuálny stav a vývoj pôd v 3. cykle monitorovania pôd. Bola hodnotená časť pôd (kambizeme na vulkanitoch na OP a TTP, kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach na OP, kambizeme na karbonátových substrátoch na OP a TTP a rendziny na OP).

Na základe dosiahnutých výsledkov dochádza k viac alebo menej periodickým zmenám i keď o určitom trende je v súčasnosti ešte predčasné hovoriť (krátkodobosť sledovania). Na horských pôdach pod TTP sú sledované parametre viac-menej vyrovnané, na orných pôdach sú tieto odrazom kultivácie (pokles obsahu prístupných živín, pôdneho humusu). Pri erózii v tomto roku hodnotíme len počiatočný stav na vybraných transektoch v roku 2004 (tieto sa budú opakovať v 5-ročnom cykle). Významnosť indikovaných zmien bude zrejme vypuklejšia až v budúcnosti, preto bude potrebné i naďalej permanentne sledovať ďalší vývoj našich pôd (poľnohospodárskych, lesných i pôd nad hornou hranicou lesa).

Koordinátor a riešiteľský kolektív ďakujú touto cestou rezortom poľnohospodárstva a životného prostredia SR za vytvorenie podmienok pre riešenie úlohy v roku 2004.

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 (ÚKSÚP), Matúškova 21, Bratislava
- Lesnícky výskumný ústav (LVÚ), Masarykova 22, Zvolen

4. Riešiteľský kolektív:

Doc. Ing. Jozef Kobza, CSc. (VÚPOP) – koordinátor a vedúci riešiteľského kolektívu
RNDr. Gabriela Barančíková, CSc. (VÚPOP)
Ing. Emil Fulajtár, CSc. (VÚPOP)
RNDr. Jarmila Makovníková, CSc. (VÚPOP)
Ing. Libuša Matúšková, CSc. (VÚPOP)
Ing. Miroslav Medved', CSc. (VÚPOP)
Ing. Pavel Pavlenda, Ph.D. (LVÚ)
Ing. Juliana Schlosserová, CSc. (ÚKSÚP)
Ing. Ján Styk, Ph.D. (VÚPOP)
Ing. Miloš Širáň (VÚPOP)
Ing. Gabriela Tóthová (ÚKSÚP)
RNDr. Ján Vojtáš, CSc. (VÚPOP)

5. Doba riešenia: I. – XII. 2004

6. Dátum a uznesenie z oponentského konania:

Komisia Vedeckej rady VÚPOP schvaľuje:

- priebežnú správu ČMS-P za rok 2004
- oponentské posudky
- odovzdávací protokol

Doporučujeme publikovať podstatnú časť tejto správy.

- a/ Vynaložené finančné prostriedky zodpovedajú plánovaným cieľom úlohy
- b/ Dosiiahnuté 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
ÚKSÚP Bratislava	1x
LVÚ Zvolen	1x
ÚPK Nitra	1x

Za zhotoviteľa:

Doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.
zodpovedný riešiteľ

Prof. RNDr. Pavol Bielek, DrSc.
riaditeľ VÚPOP