

Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Bratislava

**MONITORING A HODNOTENIE VLASTNOSTÍ
PÔD SR A POTENCIÁLOV ICH VÝVOJA
(záverečná správa za roky 2010-2012)**



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

Bratislava, december 2012

Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Bratislava

**MONITORING A HODNOTENIE VLASTNOSTÍ PÔD
SR A POTENCIÁLOV ICH VÝVOJA**

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

Bratislava, december 2012

Titulný list

Riešiteľské pracovisko:	Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Bratislava
Štatutárny zástupca:	doc. RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.
Názov kontraktu:	
Názov výskumnej úlohy:	Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja
Typ výskumnej úlohy:	záverečná 2010-2012
Zodpovedný riešiteľ:	prof. Ing. Jozef Kobza, CSc.
Riešiteľský kolektív:	RNDr. Gabriela Barančíková, CSc. Mgr. Rastislav Dodok, PhD. Ing. Katarína Hrivňáková RNDr. Jarmila Makovníková, CSc. Ing. Ján Styk, PhD. Ing. Miloš Širáň, PhD.
Začiatok riešenia:	I/2010
Ukončenie riešenia:	XII/2012

OBSAH

1. Problematika a cieľ (J. Kobza)	9
2. Ciele riešenia úlohy výskumu (J. Kobza)	9
3. Vecná štruktúra úlohy výskumu a vývoja (J. Kobza)	10
4. Základné metodické postupy riešenia úlohy (J. Kobza)	11
5. Zmeny v riešení úlohy v porovnaní s metodikami a ich zdôvodnenie (J. Kobza)	13
6. Dosiahnuté výsledky riešenia úlohy (Kolektív)	15
6.1 Acidifikácia a zasoľovanie pôd (J. Makovníková, R. Dodok)	15
6.2 Kontaminácia pôd (K. Hrivňáková, J. Kobza)	43
6.3 Obsah makro- a mikroelementov (J. Kobza)	55
6.4 Hodnotenie vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdnej Organickej hmoty (G. Barančíková)	63
6.5 Hodnotenie vývoja kompaktie pôd (M. Širáň)	77
6.6 Hodnotenie vývoja erózie poľnohospodárskej pôdy (J. Styk)	89
6.7 Hodnotenie zmien a trendov vlastností pôd využívaných na energetické účely (J. Makovníková)	113
6.8 Hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja poľnohospodársky spustnutých pôd (J. Kobza)	121
7. Prínosy riešenia (J. Kobza)	131
8. Realizácia výsledkov riešenia (J. Kobza)	131
9. Plnenie úloh a uznesení z poslednej priebežnej oponentúry (J. Kobza)	131
10. Čerpanie finančných zdrojov a porovnanie s plánom (J. Kobza)	132
11. Súhrn (J. Kobza)	132
12. Realizačné výstupy (Kolektív)	133
13. Zoznam vypracovaných správ riešiteľského kolektívu k úlohe za dobu jej riešenia (Kobza a kol.)	133
14. Zoznam publikovaných prác autora správy a riešiteľského kolektívu k predmetnej problematike za dobu riešenia úlohy (2010-2012)	134

1. PROBLEMATIKA A CIEĽ

Vstupom SR so EÚ sme sa stali súčasťou Európskej pôdnej politiky. Jej úsilím je mobilizovať a akcelerovať všetky Európske výskumné a vedecké kapacity zaoberajúce sa pôdou, jej postavením, úlohou a funkciami v životnom prostredí s dôrazom na jej ochranu v snahe zachovať ju v trvalom udržateľnom stave aj pre budúce generácie. Východiskovým bodom pre efektívnu ochranu pôdy je práve poznanie aktuálneho stavu pôdných vlastností a ich vývoj v čase vo väzbe na príčiny a faktory, ktoré zmenu stavu spôsobujú. Koncepcia európskej politiky a stratégie ochrany pôdy a jej udržateľného využitia bola zakotvená v návrhu Európskej komisie (EK) na 6. Environmentálnom akčnom programe, ktorý bol prijatý Európskou radou a Európskym parlamentom dňa 22. júla 2002, kde jedna zo základných stratégií je práve pôda a sledovanie jej ďalšieho vývoja.

Hlavným cieľom riešenej problematiky je poznanie jednak najaktuálnejšieho stavu našich pôd, ako aj sledovanie tých vlastností pôd, ktoré sú rozhodujúce tak z hľadiska produkčných, tak aj mimoprodukčných funkcií pôd. Sledovaný a vyhodnocovaný bol celý rad pôdných parametrov, ktoré sú dôležité z hľadiska konkrétnych ohrození pôdy (v zmysle návrhu Európskej komisie pre monitoring pôd) – ako je kontaminácia pôdy, salinizácia a sodifikácia pôdy, pôdna organická hmota, obsah makro- a mikroelementov, kompakcia (utlačanie) a erózia pôdy. V kontexte s návrhom Európskej komisie ide o systematické sledovanie pôdných premenných vo vzťahu k ich zmenám v kvalite, ako aj ochrane pôdy a pre zabezpečenie environmentálnej kontroly. Novinkou riešeného obdobia bolo zameranie na vývoj poľnohospodárskych pôd využívaných na energetické účely a poľnohospodársky spustnuté pôdy.

2. CIELE RIEŠENIA ÚLOHY VÝSKUMU

Konkrétne ciele riešenia úlohy možno zahrnúť do nasledovných bodov:

- hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja vlastností pôd v poľnohospodárskej krajine vo väzbe na spôsob jej využívania
- priestorová identifikácia rizikových oblastí ochrany pôdy s ohľadom na jej vlastnosti, spôsob využívania a environmentálne limity
- strategické opatrenia pre zvýšenie efektívnosti ochrany pôdy v poľnohospodárskej krajine na základe zistenia skutkového stavu
- zabezpečenie aktuálnych informácií z tvorby a hodnotenia poznatkov o vývoji vlastností pôdneho krytu SR s dopadom na environmentálnu situáciu v SR a ich následné vyhodnocovanie a poskytovanie pre decíznu sféru, orgány štátnej správy, inštitúcie a univerzity environmentálneho zamerania, ako aj pre širokú verejnosť
- priebežná aktualizácia www stránok monitoringu pôd SR (MPRV SR, MŽP SR, SAŽP)

Uvedené ciele sú v súlade s cieľom vecného smerovania výskumu a vývoja „Podpora trvalo udržateľného rozvoja“ a jeho treťou prioritou, zameranou na monitorovanie a analýzy produkčného potenciálu slovenskej krajiny z hľadiska očakávaných zmien a reálnych možností jej ekonomického využívania, sociálnych a environmentálnych funkcií, ako aj na nástroje pre vytváranie vhodnej štruktúry poľnohospodárskej krajiny z hľadiska jej udržateľného rozvoja.

Uvedené ciele boli riešené priebežne počas rokov riešenia úlohy 2010 – 2012.

3. VECNÁ ŠTRUKTÚRA ÚLOHY VÝSKUMU A VÝVOJA

Riešenie úlohy vyplývalo zo schváleného návrhu riešenia úlohy na obdobie rokov 2010 – 2012. Riešenie úlohy bolo v roku 2012 realizované podľa nasledovných odborných okruhov:

Acidifikácia a zasoľovanie pôd

Cieľom riešenia tejto časti bolo sledovanie stavu a vývoja indikátorov acidifikačných zmien, modelovanie potenciálnej zraniteľnosti pôd vzhľadom k acidifikácii. Na druhej strane na vybraných lokalitách s vysokou hladinou silne mineralizovanej podzemnej vody zachytenie procesov zasoľovania v súvislosti s degradáciou pôd.

Kontaminácia pôd

Posúdenie aktuálneho hygienického stavu poľnohospodárskych pôd Slovenska a hodnotenie jeho vývoja s dôrazom na návrh remediačných opatrení v prípade už kontaminovaných pôd.

Obsah makro- a mikroelementov

Súčasťou riešenia bolo stanovenie a hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja základných makroelementov (P, K, Mg) a mikroelementov (Cu, Zn, Mn) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska.

Hodnotenie vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdnej organickej hmoty

Predmetom riešenia tejto časti bolo hodnotenie základných kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov pôdnej organickej hmoty v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. Kľúčovými parametrami sledovania hodnotenia sú organický uhlík (C_{org}), frakčné zloženie humusu (HK/FK) a farebný kvocient (Q_{4/6}). Pri hodnotení pôdnej organickej hmoty sme zohľadnili aj druh pozemku (orná pôda, resp. pôda pod trvalými trávnyimi porastami).

Hodnotenie vývoja kompaktie pôd

Náplňou riešenia bolo sledovanie a hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja zhutnenia orných pôd (so zohľadnením pôdných typov a druhov) tradičnými, ako aj inovačnými fyzikálnymi metódami, ktoré doteraz na poľnohospodárskych pôdach neboli použité.

Hodnotenie vývoja erózie poľnohospodárskej pôdy

Intenzita erózie pôd je sledovaná a hodnotená na základe merateľných indikátorov (hrúbka diagnostických horizontov, obsah humusu, obsah prístupných živín – fosforu a draslíka, pôdna reakcia, zrnitosť, objemová hmotnosť) s využitím rádioaktívneho izotopu ¹³⁷Cs, čo je medzinárodne uznávaná metóda pri sledovaní a hodnotení erózných procesov pôdy. Súčasťou riešenia bolo tiež modelovanie vodnej erózie na poľnohospodárskych pôdach s využitím empirického modelu univerzálnej rovnice straty pôdy (USLE).

Hodnotenie zmien a trendov vlastností pôd využívaných na energetické účely

Riešenie zahrňovalo v sledovanom období výber lokalít poľnohospodárskej pôdy, ktoré sa využívajú na pestovanie energetických plodín a drevín, sledovanie aktuálneho stavu a vývoja indikátorov kvality pôdy využívané na energetické účely, čo bola doteraz a stále ešte je problematika nepreskúmaná a je stále otvorená.

Hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja poľnohospodársky spustnutých pôd

Problematika spustnutých, pôvodne poľnohospodársky využívaných pôd sa čoraz viac stáva stredobodom záujmu štátu aj EÚ, pretože tieto pôdy zaberajú u nás v súčasnosti už značnú výmeru (takmer 500 tis. ha). Cieľom riešenia je preto permanentné sledovanie kvality týchto pôd a jej ďalšieho vývoja.

4. ZÁKLADNÉ METODICKÉ POSTUPY RIEŠENIA ÚLOHY

Metodické postupy boli riešené špecificky vo vzťahu k jednotlivým odborným okruhom, ktoré sú zahrnuté v predchádzajúcej štruktúre úlohy. Terénne aj analytické práce prebiehali v nadväznosti na už vypracovanú publikáciu Kolektív, 2011 s tým, že postupne boli testované a zaraďované do sledovania postupy navrhované EÚ podľa doporučených ISO noriem, avšak tak, aby nebola prerušená kontinuita pri doterajšom sledovaní vývoja pôd. Do určitej miery sme to riešili relevantným prepočtom pri porovnávaní 2 metód (napr. pri prístupných živinách – P, K a Mg), čo sme už uvádzali v správe za rok 2008 a k čomu sme vydali samostatnú publikáciu (Kobza, Gáborík, 2008). Súčasne sme sa snažili rešpektovať aj náš Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a jeho novelou 219/2008 Z.z. Ide predovšetkým o zavedenie lúčavky kráľovskej pri kontaminácii pôd. Keďže ide o určenie celkového (totálneho) obsahu rizikových prvkov, namerané hodnoty budú slúžiť skôr ku hygienickej charakteristike pôdných monitorovacích lokalít. Pri niektorých špecifických parametroch uplatňujeme už zaužívané metódy. Súčasťou riešenia je aj príprava a finalizácia aktualizovanej verzie rozborov pôd.

Počas obdobia riešenia v rokoch 2010 – 2012 boli hodnotené pôdne predstavitelé. Analyzované a hodnotené boli dôležité parametre vlastností pôd, ktoré sú signifikantné pre konkrétne degradačné procesy pôd v zmysle návrhu a doporučení EK pre jednotný európsky monitoring pôd (Van-Camp et al., 2004) nasledovne:

Kontaminácia pôd

- Cd, Pb, Cr, Cu, Zn, Hg, As, Se, Co (v lúčavke kráľovskej)
- F vodorozpustný
- PAU
- PCB

Acidifikácia pôd

- pH/H₂O, pH/KCl, pH/CaCl₂
- výmenné katióny (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺)
- aktívny Al podľa Sokolova (len ak pH/KCl < 6,0)

Salinizácia a sodifikácia pôd

- elektrická vodivosť (EC_e)
- obsah výmenného Na v sorpčnom komplexe pôdy (ESP)
- sodíkový adsorpčný pomer (SAR)
- pH/H₂O
- výmenné katióny a anióny (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻)

Kvantitatívne a kvalitatívne zloženie pôdnej organickej hmoty

- C_{ox}
- N_t
- HK, FK, Q₆⁴
- elementárna analýza (C, H, N, O)

Obsah makro- a mikroelementov

- P, K, Mg (Mehlich III.)
- Cu, Zn, Mn (DTPA)

Kompakcia pôdy

- objemová hmotnosť (ζ^d)
- pórovitosť (P)
- maximálna kapilárna kapacita (MKK)
- zrnitosť (podľa FAO)

Erózia pôdy

- ¹³⁷Cs
- pH/KCl
- C_{ox}
- P, K
- zrnitosť (podľa FAO)

Uvedené metódy sú detailne popísané v Záväzných metódach rozborov pôd pre ČMS-Pôda (Kolektív, 2011).

Pre vyhodnotenie nameraných údajov boli využité dané technické možnosti (hardwarové a softwarové vybavenie), pričom bude potrebné v budúcnosti počítať aj s využitím nových softwarových balíkov ohľadne modernejších matematicko-štatistických postupov a pre tvorbu výstupov v prostredí GIS.

5. ZMENY V RIEŠENÍ ÚLOHY V POROVNANÍ S METODIKAMI A ICH ZDÔVODNENIE

Riešenie úlohy prebiehalo podľa schváleného východzieho projektu na roky 2010 – 2012. Sú v ňom zahrnuté všetky ťažiskové problémy, ktoré sa dotýkajú konkrétnych ohrození pôdy v zmysle návrhu EK pre monitoring pôd. Počas riešenia sme implementovali nové metódy v zmysle návrhu a doporučení EK, ako aj ISO noriem v podobe vypracovanej a vydanej novej publikácie (Kolektív, 2011).

Novátorskou problematikou v riešení, ktorá bola zahrnutá aj vo východzom projekte, je pestovanie a hodnotenie vývoja vlastností poľnohospodárskych pôd, ktoré sa využívajú na pestovanie energetických plodín a drevín, ako aj sledovanie a hodnotenie spustnutých pôd, ktoré sa v minulosti poľnohospodársky využívali.

V priebehu daného obdobia došlo teda k postupnému rozšíreniu riešenej problematiky i napriek tomu, že každým rokom neustále dochádzalo k znižovaniu finančných prostriedkov.

6. DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY RIEŠENIA

6.1 Acidifikácia a zasoľovanie pôd

Hodnota pôdnej reakcie patrí medzi dynamické parametre pôdy. Pôdna reakcia indikuje acido-bázické reakcie v pôde a je výsledkom celkovej bilancie iónov v pôdnom roztoku. Pôdna acidita ovplyvňuje rast a činnosť koreňového systému rastlín, ovplyvňuje skladbu druhového zloženia v ekosystéme. Determináciou prijateľnosti živín rastlinami podmieňuje úrody rastlín (LEONARDI, 1991), rozpustnosť a tým aj bioprístupnosť toxických koncentrácií Al, Mn a ťažkých kovov (MAKOVNÍKOVÁ A KANIANSKA, 1996, MAKOVNÍKOVÁ, 2000, MAKOVNÍKOVÁ, 2005). Optimálna hodnota pôdnej reakcie patrí ku kľúčovým aspektom pri hodnotení kvality pôdy (JOHNSTON, 2004) ako aj pri hodnotení produkčných a environmentálnych funkcií pôdy (MAKOVNÍKOVÁ, 2007, MAKOVNÍKOVÁ, BARANČIKOVÁ, PÁLKA, 2007). Acidifikácia (proces okyslenia pôdy) je odrazom pôsobenia vnútorných (pôdnych) a vonkajších faktorov (faktorov stanovišťa) a zároveň je nepriamym indikátorom tých procesov v agroekosystéme, ktoré sú determinované hodnotou pH. Sledovanie acidifikačných tendencií vyplývajúcich zo zmien hodnôt pôdnej reakcie (aktívnej a výmennej) je jednou z úloh monitoringu pôd.

Acidifikácia pôd, zníženie hodnoty pôdnej reakcie, patrí podľa zákona č. 220/2004 Z.z. k degradačným procesom. Každý vlastník poľnohospodárskej pôdy je preto povinný vykonávať vhodné agrotechnické opatrenia zamerané na zachovanie kvality pôdy a ochranu pred jej poškodením a degradáciou. Aj keď je acidifikácia vratným procesom, dôsledky acidifikácie v agroekosystéme sú nevrátne, pretože pôda je schopná vyrovnávať sa so zaťažením, ale len do určitej miery jej zaťaženia. Táto schopnosť pôdy (natural attenuation) je výsledkom fyzikálnych, chemických a biologických vlastností pôdy. Miera zaťaženia pôdy spolu s prirodzenou vnútornou schopnosťou pôdy predstavuje komplexnú informáciu v preventívnom systéme starostlivosti o zdravie pôdy. Degradačný proces acidifikácie pôd je determinovaný priamymi a nepriamymi indikátormi (MAKOVNÍKOVÁ, 2007). Priamym indikátorom stavu acidifikácie pôdy je hodnota pôdnej reakcie a pomer ekvivalentných množstiev výmenných katiónov Al^{3+}/Ca^{2+} .

Systém monitorovania pôd je založený na sieti monitorovacích lokalít (základnej sieti a sieti kľúčových lokalít) a zaznamenáva časové zmeny vybraných vlastností pôd. V monitoringu pôd sa sleduje aktuálny stav ako aj tendencie zmien vybraných parametrov pôdy. Cieľom riešenia tejto čiastkovej úlohy je sledovanie acidifikačných tendencií vyplývajúcich zo zmien hodnôt pôdnej reakcie (aktívnej a výmennej) a relatívneho zastúpenia iónov v sorpčnom komplexe s dôrazom na ekologické riziká toxicky pôsobiacich iónov.

Materiál a metóda

V pôdnych vzorkách základnej siete ČMS-P odobraných v 4. (rok 2007) odberovom cykle z monitorovacích lokalít vybraných skupín pôd (1 – fluvizeme a fluvizeme glejové na karbonátových fluviaálnych sedimentoch - využívané ako orné pôdy (n = 24), 2 – fluvizeme, fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch - využívané ako orné pôdy (n = 26)), z hĺbok 0 - 10 cm a 35 - 45 cm bola stanovená aktívna pôdna reakcia, výmenná pôdna reakcia (v KCl a roztokom neutrálnej soli $CaCl_2$) potenciometricky a obsah výmenných bázičných katiónov (KOLEKTÍV, 2011). Vo vzorkách s hodnotou pH v KCl nižšou ako 6,0 bol stanovený aktívny Al podľa Sokolova (KOLEKTÍV, 2011). V súvislosti s prechodom z doteraz používaných interných metodík pre stanovenie pôdnej reakcie ČMS-P (Fiala a i., 1999) na metodiky podľa ISO normy (STN ISO 10 390) sme porovnali výsledky stanovení aktívnej aj výmennej pôdnej reakcie na súbore kľúčových lokalít, ktoré

reprezentujú širokú škálu pôdnych typov (Makovníková, 2008). Výsledky dosiahnuté pôvodnou internou metódou a metódou stanovenia pH podľa STN ISO 10 390 sa výrazne odlišovali v oblasti slabo alkalickéj až alkalickéj, preto hodnotíme vývoj acidifikácie pôd v základnej sieti naďalej podľa pôvodnej internej metódy.

V pôdnych vzorkách odobraných v rokoch 1993 - 2012 z kľúčových lokalít reprezentujúcich hodnotené skupiny pôd bola stanovená aktívna a výmenná pôdna reakcia, aktívny hliník podľa Sokolova a obsah výmenných bázických katiónov (KOLEKTÍV, 2011). Mapovanie priestorovej variability hodnôt priameho indikátora acidifikácie (pH v H₂O a pH v CaCl₂) na kľúčovej lokalite Dvorníky, reprezentujúcej fluvizeme, sme uskutočnili na 17 odberových miestach umiestnených vo vzdialenosti 5 m a 10 m od stredu monitorovanej lokality v smeroch smerovej ružice svetových strán (sever, juh, západ, východ, severovýchod, severozápad, juhozápad, juhovýchod) v hĺbke 0 - 10 cm a v hĺbke 35 - 45 cm. Štatistické spracovanie a vyhodnotenie výsledkov bolo realizované v programe STATGRAPHICS 5.0 a SURFER 9.

Výsledky a diskusia

Vyhodnotenie stavu a vývoja hodnôt pôdnej reakcie a stavu bázických katiónov vo vybraných skupinách pôd zo základnej siete

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

Tab. 1 Distribúcia hodnôt pH vo vybraných skupinách pôd v odberovom roku 2007 (4. cyklus)

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
fluvizeme a fluvizeme glejové na karbonátových fluviaálnych sedimentoch	0-10	6,43	7,90	7,44	5,86	7,53	6,94	6,58	7,61	7,22
	35-45	7,07	8,15	7,67	6,22	7,75	7,01	6,86	7,78	7,35
fluvizeme, fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch	0-10	4,17	7,24	5,85	3,27	6,69	5,19	3,88	6,98	5,64
	35-45	4,66	7,66	6,26	3,44	6,92	5,29	4,27	7,32	5,95

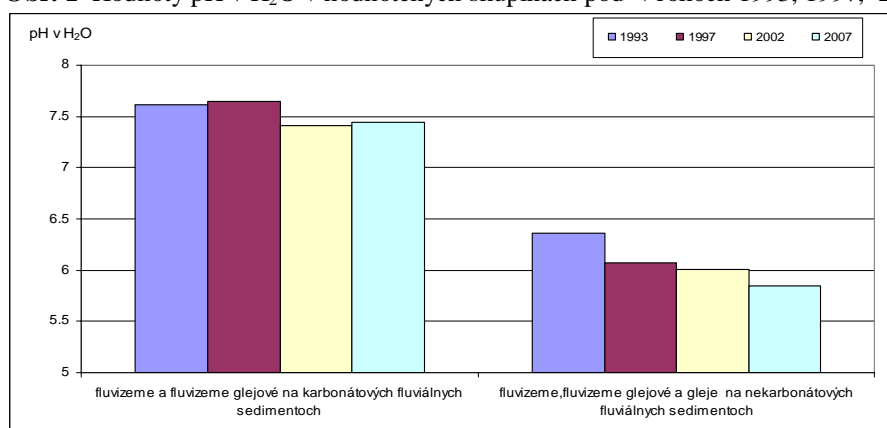
¹Soil representative ²Depth of sample uptake ³arithmetic mean

Fluvizeme vyvinuté na karbonátových fluviaálnych sedimentoch patria k potenciálne rezistentným pôdam s nízkou zraniteľnosťou voči acidifikácii. Vysoká pórovitosť humusového horizontu ako aj vysoký obsah karbonátov zvyrazňujú pufracnú schopnosť týchto pôd. Tieto pôdy si udržujú hodnotu pôdnej reakcie v neutrálnej až slabo alkalickéj oblasti. Výnimku tvoria fluvizeme glejové, pri ktorých vysoká hladina podzemnej vody ako aj výskyt glejového redukčného horizontu vysoko v pôdnom profile znižuje hrúbku humusového horizontu. Prítomnosť karbonátov v substráte najvýraznejšie ovplyvnila hodnoty pôdnej reakcie v týchto dvoch morfogeneticky príbuzných skupinách pôd. Priemerná hodnota aktívnej pôdnej reakcie je v hĺbke 0 - 10 cm o 1,59 jednotiek a v hĺbke 35 - 45 cm o 1,41 jednotiek vyššia oproti fluvizemiam, fluvizemiam glejovým a glejom na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch. Fluvizeme vyvinuté na karbonátových fluviaálnych sedimentoch sú charakterizované výrazne nižším rozpätím hodnôt pôdnej reakcie (1,47 v hĺbke 0 - 10 cm a 1,08 v hĺbke 35 - 45 cm) oproti fluvizemiam, fluvizemiam glejovým a glejom na

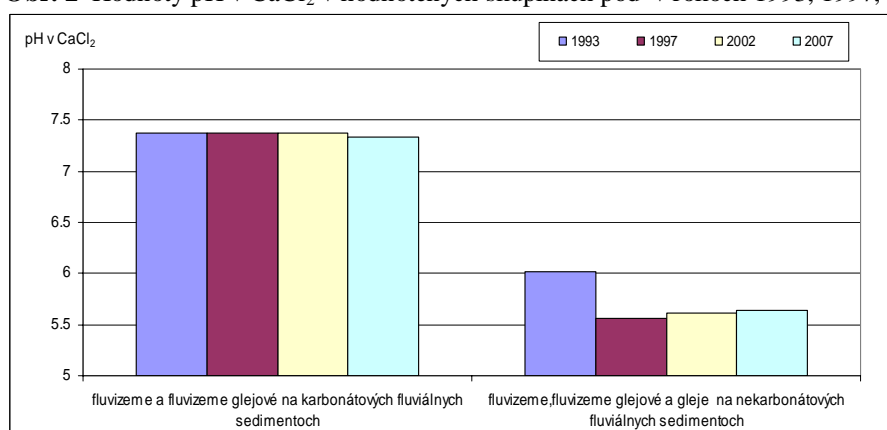
nekarbonátových fluvialných sedimentoch, kde rozptyl aktívnej pôdnej reakcie predstavuje 3,07 v hĺbke 0 – 10 cm a a 3,00 v hĺbke 35 – 45 cm.

Okrem priestorových zmien v profile sme sledovali aj časové zmeny pôdnej reakcie, a to na lokalitách v jednotlivých skupinách pôd, kde sa uskutočnil odber vo všetkých štyroch odberových rokoch. Priemerné hodnoty aktívnej a výmennej pôdnej reakcie v sledovaných skupinách pôd v jednotlivých cykloch monitoringu pôd sú uvedené na obr.1 a 2. Hodnotíme predovšetkým zmeny v hĺbke 0 – 10 cm, ktoré sú vplyvom obhospodarovania ako aj potenciálnych depozitov najintenzívnejšie.

Obr. 1 Hodnoty pH v H₂O v hodnotených skupinách pôd v rokoch 1993, 1997, 2002, 2007 (hĺbka 0-10 cm)



Obr. 2 Hodnoty pH v CaCl₂ v hodnotených skupinách pôd v rokoch 1993, 1997, 2002, 2007 (hĺbka 0-10 cm)



Preukaznosť zmien medzi prvým a štvrtým cyklom v obidvoch skupinách štatisticky hodnotí Studentov t-test pre párované hodnoty (tab.2). Pri poklese kritéria "t" pod kritickú hodnotu, špecifickú pre každú skupinu podľa počtu hodnotených lokalít na hladine významnosti $\alpha = 0,05$, by boli zmeny pôdnej reakcie v roku 1993 a 2007 štatisticky preukazné. K štatisticky preukazným zmenám priameho indikátora acidifikácie však v hodnotených skupinách pôd nedošlo.

Tab. 2 t-test pre pH v H₂O v hĺbke 0 10 cm (porovnanie r. 1993 a 2007)

Pôdny predstaviteľ	fluvizeme a fluvizeme glejové na karbonátových fluvialných sedimentoch	fluvizeme, fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluvialných sedimentoch
t kritérium	0,0009	0,0078

Fluvizeme na karbonátových fluvialných sedimentoch patria do skupiny rezistentných pôd voči acidifikácii. Ich dominantnými pufrujúcimi systémami sú prevažne karbonáty až silikáty. Porovnanie vývoja hodnôt pôdnej reakcie v rámci rokov 1993 až 2007 potvrdzuje

rezistentnosť tejto skupiny pôd, nakoľko zmeny hodnôt pôdnej reakcie sú len veľmi nízke a pohybujú sa v intervale potenciálnej chyby stanovenia tohto indikátora (KOLEKTÍV, 2011).

Sorpčná schopnosť pôdy ako aj zloženie výmenných kationov v pôde sú výsledkom priebehu pôdotvorného procesu v kontexte s klimatickými podmienkami, sú ovplyvňované využívaním pôdy a agrotechnickými vstupmi do pôdy. Zloženie a kvalita sorpčného komplexu spolu s obsahom a kvalitou organickej hmoty v pôde patria k priamym indikátorom kvality pôdy (HANES, POLÁČEK, 2002, MAKOVNÍKOVÁ, BARANČÍKOVÁ, 2004). Zastúpenie výmenných základných kationov v sorpčnom komplexe pôdy v jednotlivých skupinách pôd je uvedené v tabuľke 3a, 3b.

Tab. 3a Popisná štatistika výmenného draslíka, vápnika a horčíka v hĺbke 0 – 10 cm v roku 2007

Pôdny predstaviteľ ¹	K v cmol(p ⁺).kg ⁻¹			Ca v cmol(p ⁺).kg ⁻¹			Mg v cmol(p ⁺).kg ⁻¹		
	min	max	x ²	min	max	x ²	min	max	x ²
fluvizeme a fluvizeme glejové na karbonátových fluviaálnych sedimentoch	0,410	1,920	0,950	8,350	57,200	23,870	1,180	6,640	3,510
fluvizeme, fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch	0,354	0,674	0,530	4,200	22,750	12,656	0,558	6,592	2,456

Tab. 3b Popisná štatistika pomeru výmenného vápnika a horčíka v hĺbke 0 - 10 cm v roku 2007

Pôdny predstaviteľ ¹	Ca ²⁺ /Mg ²⁺		
	min	max	x ²
fluvizeme a fluvizeme glejové na karbonátových fluviaálnych sedimentoch	1,470	17,740	8,600
fluvizeme, fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch	2,738	8,835	5,014

¹Soil representative ²arithmetic mean

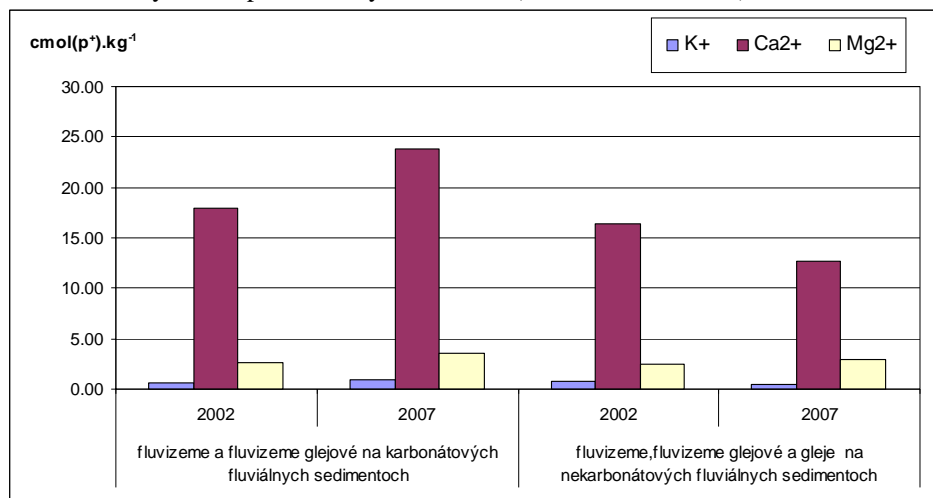
Pre hodnotené skupiny pôd je typická jednostranná minerálna bohatosť a vysoký obsah Ca a Mg oproti K. Najvyššie priemerné zastúpenie výmenného vápnika je v skupine fluvizeme a fluvizeme glejové na karbonátových fluviaálnych sedimentoch 82 %, nižšie zastúpenie je v skupine fluvizeme, fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch 79 % zo sumy sledovaných základných kationov. Malý rozdiel je v zastúpení výmenného draslíka a výmenného horčíka (v skupine fluvizeme a fluvizeme glejové na karbonátových fluviaálnych sedimentoch sú to 4 % v prípade draslíka a 14 % v prípade horčíka, v skupine fluvizeme, fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch sú to 3,8 % v prípade draslíka a 17 % v prípade horčíka zo sumy sledovaných základných kationov). Vysoký maximálny obsah výmenného horčíka 37 % zo sumy sledovaných základných kationov sme zaznamenali na lokalite Jelšava, kde bola pôda ovplyvnená magnezitovými imisiami.

Priemerné hodnoty pomeru Ca²⁺ : Mg²⁺ v skupine fluvizeme a fluvizeme glejové na karbonátových fluviaálnych sedimentoch sa pohybujú od 1,47:1 (lokalita Jelšava ovplyvnená magnezitovými imisiami) po 17,74:1 s priemernou hodnotou 8,60:1. Pomer kationov Ca²⁺ : Mg²⁺ v rozmedzí od 4:1 do 6:1, ktorý uvádza ČURLÍK (2003) ako najpriaznivejší pre optimálny rast poľnohospodárskych plodín, sme stanovili pre 25 % zo sledovaných lokalít v tejto skupine. V skupine fluvizeme, fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch sa priemerné hodnoty pomeru Ca²⁺ : Mg²⁺ pohybujú od 2,74:1 do

8,84:1 s priemernou hodnotou 5,01, v optimálnom rozmedzí sa nachádza 33 % zo sledovaných lokalít.

Zmeny v zastúpení bázičných katiónov na orných pôdach medzi tretím a štvrtým odberovým cyklom sú na obr. 3.

Obr. 3 Zmeny v zastúpení bázičných katiónov (rok 2002 a rok 2007)



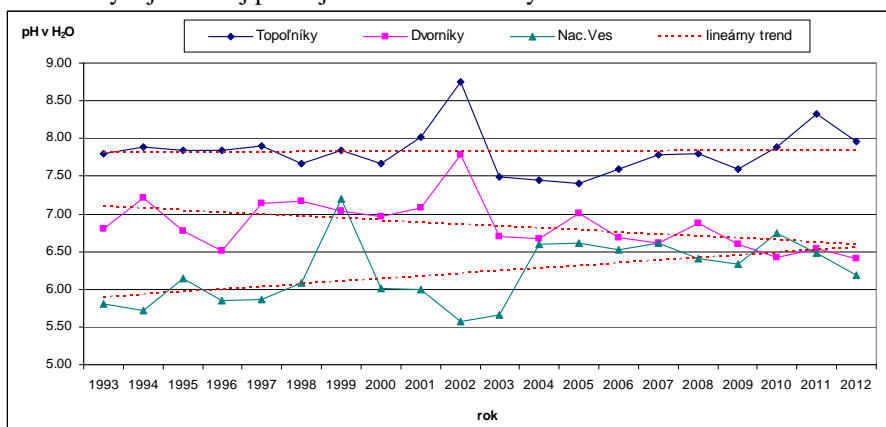
Pozitívny trend sme zaznamenali v skupine fluvisol a fluvisol glejový na karbonátových fluvialnych sedimentoch, využívaných ako orné pôdy, kde došlo k zvýšeniu obsahu výmenného vápnika v porovnaní s tretím odberovým cyklom. V skupine fluvisol na nekarbonátových sedimentoch sa obsah výmenného vápnika mierne znížil.

Vyhodnotenie pôdnej reakcie a bázičných katiónov na kľúčových lokalitách

Na kľúčových lokalitách s periodickým, každoročným monitorovaním pôdnej reakcie v rokoch 1994 až 2012 môžeme zaznamenať vývojové trendy podmienené kapacitou a potenciálom pufrujúceho systému sledovaných pôd.

Hodnotené skupiny pôd reprezentujú tri kľúčové lokality (obr. 4) Topoľníky – FMa^c, Dvorníky – FM_Ga a Nacina Ves – FMa.

Obr. 4 Vývoj aktívnej pôdnej reakcie na kľúčových lokalitách



Vývoj hodnoty pôdnej reakcie v skupine kľúčových lokalít využívaných ako orné pôdy, má výrazne negatívny trend na lokalite Dvorníky (fluvisol na nekarbonátových fluvialnych sedimentoch). Na lokalite Nacina Ves (fluvisol na nekarbonátových fluvialnych

sedimentoch) došlo k miernemu zvýšeniu hodnoty pôdnej reakcie v priebehu sledovaného obdobia, naďalej však ostáva v slabso kyslej oblasti. Lokalita Dvorníky patrí ku kontaminovaným lokalitám s nadlimitným obsahom toxických prvkov, a preto na tejto lokalite už aj malé zmeny hodnoty pôdnej reakcie a jej posun pod hodnotu 6,5 môžu znížiť jej filtračnú funkciu, a tým zvýšiť riziko prechodu toxických prvkov do potravinového reťazca (MAKOVNÍKOVÁ, 2007). Potenciálne vyrovnaný trend s výchyľkami okolo pôvodnej hodnoty sme zaznamenali na lokalite Topoľníky, fluvizem na karbonátových fluvialných sedimentoch, využívaná ako orná pôda.

Na kľúčových lokalitách sledujeme aj priestorovú variabilitu parametrov z piatich separátnych vzoriek odobraných z piatich odberových miest na danej lokalite (tab. 4).

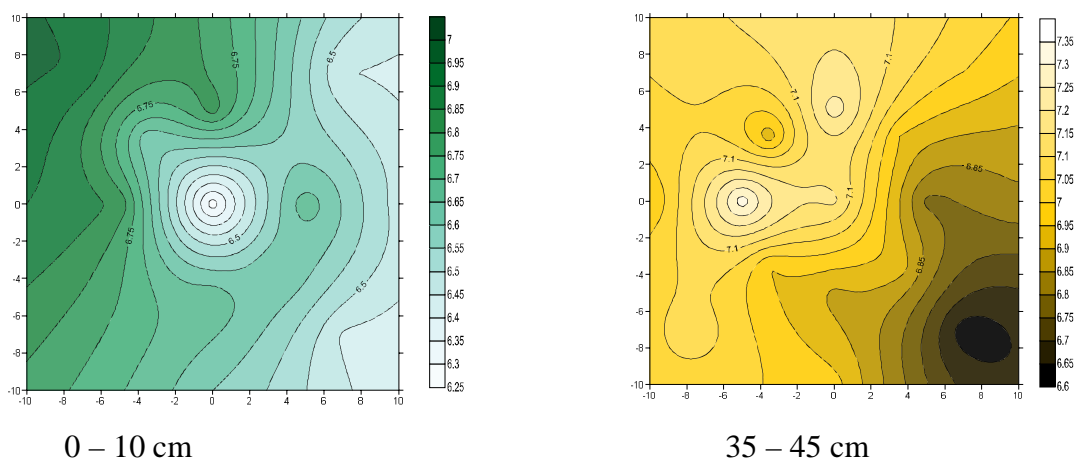
Tab. 4 Priestorová variabilita výmennej pôdnej reakcie pH v H₂O na kľúčových lokalitách v roku 2012

lokalita	štatistické charakteristiky				
	min	max	priemer	smerodajná odchýľka	rozptyl
Topoľníky	7,73	7,82	7,78	0,036	0,09
Dvorníky	5,59	6,16	5,91	0,207	0,57
Nacina Ves	5,90	6,40	6,18	0,180	0,50

Rozptyl hodnôt pôdnej reakcie na kľúčových lokalitách reprezentujúcich skupinu fluvizeme sa pohybuje od 0,09 do 0,57 a je relatívne vysoký, na dvoch lokalitách prekračuje mieru neurčitosti pre stanovenie hodnoty pH, ktorá je 0,2 jednotky (KOLEKTÍV, 2011).

Pomocou programu Surfer 7, s aplikáciou krígingu s autokoreláciou susedných bodov sme získali priestorový model plošnej variability priameho indikátora acidifikácie na monitorovacej lokalite Dvorníky v hĺbke 0 – 10 cm a 35 – 45 cm (obr.5).

Obr. 5 Priestorový model plošnej variability pH v H₂O na monitorovacej lokalite Dvorníky v hĺbke 0 – 10 cm a 35 – 45 cm



V hĺbke 0 – 10 cm môžeme vidieť výraznejšie zakyslenie v strede monitorovacej lokality, v hĺbke 35 – 45 cm je nižšia hodnota pôdnej reakcie v juhozápadnej časti monitorovacej lokality. Priemerná hodnota aktívnej pôdnej reakcie v hĺbke 0 – 10 cm je 6,66 a rozptyl hodnôt je 0,67. Priemerná hodnota aktívnej pôdnej reakcie v hĺbke 35 – 45 cm je 6,98 a rozptyl hodnôt je 0,71.

Priestorovú variabilitu priameho indikátora acidifikácie na monitorovacej lokalite sme využili ako podklad pre vymedzenie intervalu preukazných zmien vývojových časových radov. Obojstranný konfidenčný interval pre aritmetický priemer (\bar{x}) normálneho rozdelenia

na hladine pravdepodobnosti 95 % bol stanovený v programe STATGRAPHICS 5.0 podľa vzorca:

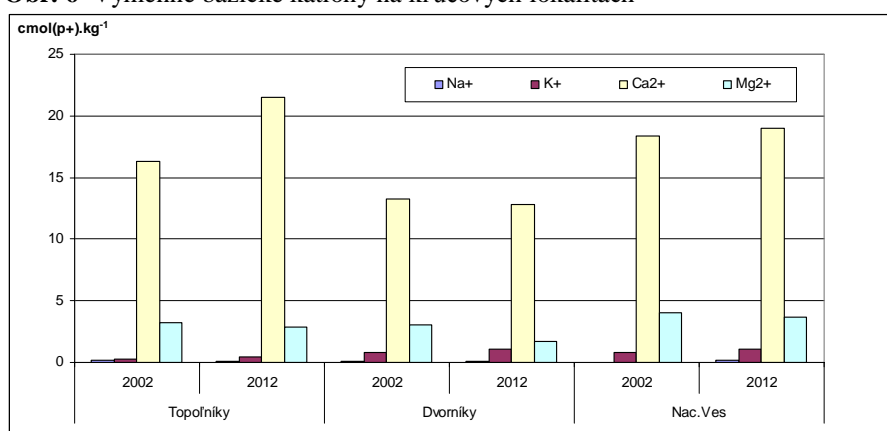
$$\bar{x} - 2 \sigma / \sqrt{n} \leq x \leq \bar{x} + 2 \sigma / \sqrt{n} ,$$

kde stredná kvadratická odchýlka odhadu σ je definovaná ako súčet druhej mocniny vychýlenia odhadu a disperzie odhadu a n je počet meraní.

Na základe obojstranného konfidenčného intervalu pre strednú hodnotu a miery neistoty analytického stanovenia hodnôt pH v H₂O a pH v CaCl₂ ($\pm 0,02$ až $\pm 0,05$, KOLEKTÍV., 2011) sme stanovili interval preukaznosti zmien indikátorov acidifikácie časových radov na kľúčovej monitorovacej lokalite Dvorníky. Interval preukaznosti zmien pre pH v H₂O v hĺbke 0 – 10 cm je $6,66 \pm 0,136$ a v hĺbke 35 – 45 cm je to $6,67 \pm 0,132$.

Prevládajúcim katiónom na sledovaných kľúčových lokalitách je vápnik (obr.6).

Obr. 6 Výmenné bázické katióny na kľúčových lokalitách



Pomer Ca²⁺ : Mg²⁺ na kľúčových lokalitách reprezentujúcich fluvizeme sa v roku 2002 pohyboval od 4,32:1 (lokalita Dvorníky) do 5,03:1 (lokalita Topolníky) takmer v optimálnom rozmedzí (Čurlík a i., 2003) pre pestovanie plodín. V priebehu rokov 2002 až 2012 došlo k miernemu nárastu obsahu výmenného vápnika na lokalitách Topolníky a Nacina Ves a k poklesu obsahu výmenného horčička na všetkých sledovaných lokalitách, čo spôsobilo negatívnu zmenu pomeru Ca²⁺ : Mg²⁺ na lokalite Dvorníky na hodnotu 6,38:1 a na lokalite Topolníky na hodnotu 7,54:1. V optimálnom rozmedzí 4:1 až 6:1 ostáva pomer Ca²⁺ : Mg²⁺ na lokalite Nacina Ves, a to 5,21:1.

Vyhodnotenie stavu aktívneho hliníka vo vybraných skupinách pôd

Rozpustnosť rôznych foriem hliníka je primárne podmienená hodnotami pôdnej reakcie, pričom dominantnou toxickou formou hliníka je mobilný hliník, voľné katióny Al³⁺ a hydrolytické ióny hliníka Al(H₂O)₆³⁺. S rastúcou hodnotou pH sa strácajú H₂O skupiny a vzniká hydroxid hlinitý, ktorý je potenciálne nerozpustný. Rozpustnosť, a tým aj prístupnosť hliníka exponenciálne narastá s klesajúcou hodnotou pôdnej reakcie (MLÁDKOVÁ A I., 2004).

Vychádzajúc z parametrov rozpustnosti hliníka, aktívny Al bol nameraný len v pôdach s hodnotami pH/KCl < 6,00 v skupine fluvizemí, fluvizemí glejových a glejov na nekarbonátových fluvialných sedimentoch (tab. 5).

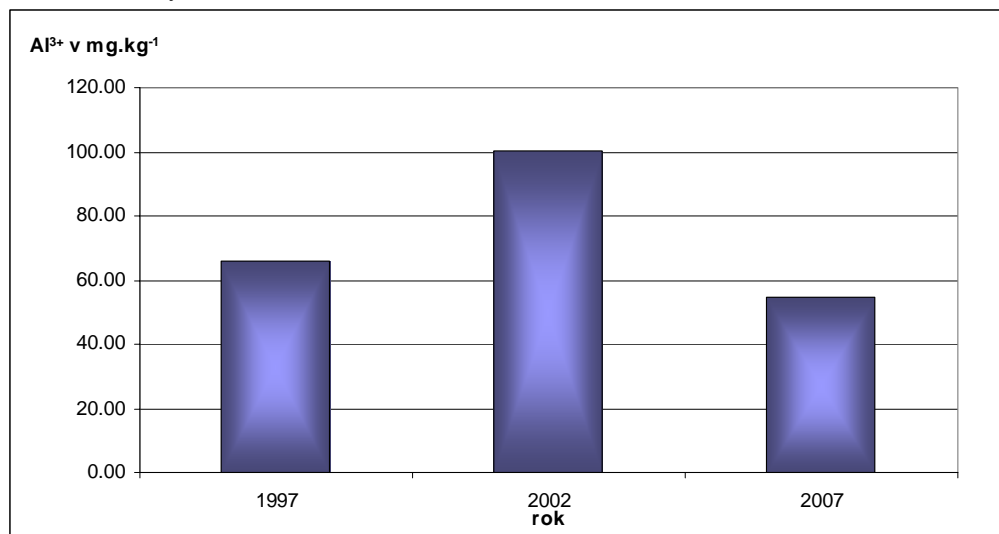
Tab. 5 Distribúcia aktívneho hliníka v hĺbke 0– 10 cm v odberovom roku 2007 (4. cyklus)

Pôdny predstaviteľ	Al v mg.kg ⁻¹			Al ³⁺ /Ca ²⁺		
	Min	Max	X ³	Min	Max	X ³
fluvizeme, fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch	4,77	195,30	27,59	0,29	33,19	5,13

Obsah aktívneho hliníka v hĺbke 0 - 10 cm sa v skupine fluvizeme, fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch (tab. 5) v roku 2007 pohyboval od 4,77 mg.kg⁻¹ až do 195,30 mg.kg⁻¹. Najvyššie hodnoty boli namerané na fluvizemiach glejových, ktoré sa využívajú ako trávny porast.

Pomer ekvivalentných množstiev výmenných kationov Al³⁺/Ca²⁺ indikuje stupeň degradácie pôdy vzhľadom k acidifikácii. Kritická hladina pomeru Al³⁺/Ca²⁺ pre citlivé plodiny je 0,50, pre menej citlivé plodiny 1,00 (GRÍŠINA, BARANOVA, 1990). V hodnotenej skupine pôd, ktoré sa využívajú prevažne ako orné pôdy, došlo k prekročeniu hodnoty 0,5 na 5 lokalitách a k prekročeniu hodnoty 1,0 na 4 lokalitách. V tejto skupine je aktívny hliníkový stres pre pestované plodiny na 9 lokalitách.

Zmeny v obsahu aktívneho hliníka v skupine fluvizeme, fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch (porovnáваме len údaje z lokalít, kde bol stanovený aktívny Al v každom monitorovacom cykle) sú na obr. 6.

Obr. 7 Hodnoty aktívneho hliníka v hĺbke 0 – 10 cm v rokoch 1993, 1997, 2002 a 2007

V skupine fluvizeme, fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch sme zaznamenali v priebehu monitoringu pokles obsahu aktívneho hliníka v odberovom roku 2007 v porovnaní s rokom 2002. Obsah aktívneho hliníka má aj v porovnaní s rokom 1997 klesajúcu tendenciu.

Záver

- ❖ Prítomnosť karbonátov v substráte najvýraznejšie ovplyvnila hodnoty pôdnej reakcie v týchto dvoch morfofeneticky príbuzných skupinách pôd. Priemerná hodnota aktívnej pôdnej reakcie bola v štvrtom odberovom cykle v skupine fluvizeme na karbonátových fluviaálnych sedimentoch v hĺbke 0 – 10 cm o 1,59 jednotiek a v hĺbke 35 – 45 cm o 1,41 jednotiek vyššia oproti fluvizemiám, fluvizemiám glejovým a glejom na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch.

- ❖ Fluvizeme vyvinuté na karbonátových fluviaálnych sedimentoch sú charakterizované výrazne nižším rozpätím hodnôt pôdnej reakcie (1,47 v hĺbke 0 – 10 cm a 1,08 v hĺbke 35 – 45 cm) oproti fluvizemiam, fluvizemiam glejovým a glejom na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch, kde rozptyl aktívnej pôdnej reakcie predstavuje 3,07 v hĺbke 0 – 10 cm a 3,00 v hĺbke 35 – 45 cm.
- ❖ Zmeny hodnôt pôdnej reakcie, porovnanie rokov 1993 a 2007, boli v oboch skupinách štatisticky nepreukazné.
- ❖ Pre oboje skupiny je typická jednostranná minerálna bohatosť a vysoký obsah Ca a Mg oproti K.
- ❖ V rozmedzí pomeru katiónov $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$ (od 4:1 do 6:1), ktorý je najpriaznivejší pre optimálny rast poľnohospodárskych plodín, sa nachádzalo 25 % zo sledovaných lokalít v skupine fluvizeme vyvinuté na karbonátových fluviaálnych sedimentoch a 33 % zo sledovaných lokalít v skupine fluvizeme, fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch.
- ❖ Vývoj hodnoty pôdnej reakcie v skupine kľúčových lokalít reprezentujúcich fluvizeme má výrazne negatívny trend na lokalite Dvorníky (fluvizem na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch). Lokalita Dvorníky patrí ku kontaminovaným lokalitám s nadlimitným obsahom toxických prvkov, a preto na tejto lokalite už aj malé zmeny hodnoty pôdnej reakcie a jej posun pod hodnotu 6,5 môžu znížiť jej filtračnú funkciu, a tým zvýšiť riziko prechodu toxických prvkov do potravinového reťazca. Na lokalite Nacina Ves (fluvizem na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch) došlo k miernemu zvýšeniu hodnoty pôdnej reakcie v priebehu sledovaného obdobia, ktorá však naďalej ostáva v slabo kyslej oblasti. Potenciálne vyrovnaný trend s výchyľkami okolo pôvodnej hodnoty sme zaznamenali na kľúčovej lokalite Topoľníky (fluvizem na karbonátových fluviaálnych sedimentoch) využívaná ako orná pôda.
- ❖ Obsah aktívneho hliníka v hĺbke 0 - 10 cm sa v skupine fluvizeme, fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch v roku 2007 pohyboval od $4,77 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ až do $195,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Najvyššie hodnoty boli namerané na fluvizemiach glejových, ktoré sa využívajú ako trávny porast.
- ❖ Zaznamenali sme pokles obsahu aktívneho hliníka (v odberovom roku 2007 v porovnaní s rokom 2002) v skupine fluvizeme, fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch.

V štvrtom monitorovacom cykle (odberový rok 2007) sme zaznamenali v hĺbke 0 – 10 cm zníženie priemernej hodnoty aktívnej pôdnej reakcie (v porovnaní s rokom 1993) v skupine fluvizeme na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch (pokles o 0,51 jednotiek), v skupine čiernic na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch (pokles o 0,24 jednotiek) ako aj v skupine pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polygenetických sprašových hlinách, využívané ako orné pôdy, a to o 0,24 jednotiek. Mierny pokles hodnoty aktívnej pôdnej reakcie bol nameraný aj v skupinách podzoly, rankre a litozeme, využívané ako trávne porasty, pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách, využívané ako trávne porasty a v skupine hnedozeme a hnedozeme pseudoglejové na sprašiach resp. polygenetických sprašových hlinách. Výraznejší pokles hodnoty aktívnej pôdnej reakcie o 0,59 jednotiek sme namerali v skupine kambizemí na kyslých substrátoch využívané ako orné pôdy. Vo všetkých skupinách kambizemí s výnimkou kambizemí na karbonátových substrátoch došlo k zníženiu hodnoty pôdnej reakcie. Zmeny hodnôt aktívnej pôdnej reakcie v hodnotených skupinách neboli štatisticky preukazné.

V nízko početných skupinách sme zaznamenali pokles hodnôt pôdnej reakcie v skupine antropogénne znečistených pôd (pokles o 0,28 jednotiek) a v skupine zasolených pôd o 0,61

jednotiek. Jedine v tejto skupine ide o pozitívny trend, ktorý môže pôsobiť desalinizačne a upraviť hodnotu pôdnej reakcie smerom k slabo alkalickéj až neutrálnej oblasti.

Tieto výsledky upozorňujú na znepokojivý trend predovšetkým v skupinách pôd na nekarbonátových sedimentoch využívaných ako orné pôdy, v ktorých sa hodnoty aktívnej pôdnej reakcie dostávajú do slabo kyslej až kyslej oblasti. Je to predovšetkým dôsledok zníženia aplikácie agrotechnických opatrení zameraných na úpravu pôdnej reakcie kyslých a slabo kyslých pôd, ktoré sú využívané ako orné pôdy. Optimálna hodnota pôdnej reakcie patrí ku kľúčovým aspektom pri hodnotení kvality pôdy (JOHNSTON, 2004) ako aj pri hodnotení produkčných a environmentálnych funkcií pôdy ((MAKOVNÍKOVÁ, 2007, MAKOVNÍKOVÁ, BARANČIKOVÁ, PÁLKA, 2007, MAKOVNÍKOVÁ, BARANČIKOVÁ, 2004).

Černozeme vyvinuté na karbonátových substrátoch podobne ako fluvizeme vyvinuté na karbonátových substrátoch môžeme zaradiť k pôdnym typom rezistentným voči acidifikácii. Pufrujúci systém karbonátov sa prejavuje tlmením acidifikačných tendencií, hodnota pôdnej reakcie v priebehu sledovaného obdobia v prípade černozeme osciluje v intervale stanovenom chybou merania okolo pôvodnej hodnoty, Rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové majú hodnotu pôdnej reakcie v slabo kyslej až slabo alkalickéj oblasti podľa stupňa vylúhovania karbonátov. Rozdiel priemernej hodnoty pôdnej reakcie v skupine rendzín využívaných ako trvalé trávne porasty oproti skupine pôd využívaných ako orné pôdy je 0,50 jednotiek. V skupine rendzín je vertikálny posun hodnôt pôdnej reakcie k alkalickéj oblasti so stúpajúcou hĺbkou odberu. Rendziny vďaka vysokému obsahu karbonátov v pôdnom profile a kvalitnej organickej hmote taktiež patria medzi rezistentné pôdy vzhľadom k acidifikácii (BEDRNA, 1994, DEMO A KOL., 1998).

V štvrtom odberovom cykle sme najvyšší priemerný obsah aktívneho hliníka stanovili v pôdach využívaných ako trávne porasty v skupine podzoly, rankre a litozeme $455,57 \text{ mg.kg}^{-1}$ a najnižší v skupine kambizemí na flyši $10,67 \text{ mg.kg}^{-1}$. V orných pôdach sme najvyšší priemerný obsah aktívneho hliníka namerali v skupine fluvizeme, fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch $27,59 \text{ mg.kg}^{-1}$ a najnižší v skupine čiernic na nekarbonátových substrátoch $2,82 \text{ mg.kg}^{-1}$.

Zoznam použitej literatúry

- Bedrna, Z. 1994: Resistibility of Landscape to acidification. *Akologia*, 13, 1994, str. 77-86
- Čurlík a i. 2003: Pôdna reakcia a jej úprava, Suma print Bratislava, 2003, 250 s.
- Demo, M. a i. 1998: Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine. Nitra, 1998, 302 s
- Grišina, L. A., Baranova, T.A. 1990: Vplyv kyslých zrážok na vlastnosti pôd lesného ekosystému južnej tajgy. *Lesné pôdoznanectvo*, 10, 1990, 121-136
- Hanes, J., Poláček, Š. 2002: Koloidná chémia pôdy, VUPOP Bratislava, 2002, 108 s. ISBN 80-85361-96-5
- Johnston, A.E. 2004: Soil Acidity – Resilience and Thresholds. In: Schjonning, P, Elmholt, S. Christensen, B. T. (eds.): *Managing soil quality*. CABI Publishing, 2004, 344 p., ISBN 85-1996-71-X
- Kanianska, R. 2000: Acidifikácia pôd vplyvom kyslých atmosférických polutantov, Bratislava, 2000, 96s.
- Kolektív 2011: Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. VUPOP Bratislava, 2011, 145 s. ISBN 978-80-89128-89-1
- Leonardi, S. 1991: Indirect effect of acid rain mediated by mineral leaching" An evaluation of potential roles of leaching from the canopy. In: Longhurst, W. S. (Ed) *Acid Deposition*, Springer - Verlag, Berlin, 1991, 123-140

- Makovníková, J., Kanianska, R. 1996: Aktívny hliník a jeho súčasný stav v pôdach SR. Rostlinná výroba, 42/7, 1996, 289-292
- Makovníková, J. 2000: Závislosti medzi vybranými pôdnymi parametrami a prístupným obsahom kadmia, olova, medi a zinku. Rostl. výroba, 46, 2000, str. 289-296
- Makovníková, J., Barančíková, G. 2004: Vybrané indikátory trofickej funkcie kambizemí vyvinutých na flyši. Agrochémia, č.3, 2004, str. 27-30
- Makovníková, J. 2005: Vplyv pôdných parametrov na distribúciu hliníka v pôdach SR. Agriculture 8, vol. 51, str. 436 – 441, 2005
- Makovníková, J. 2007: Využitie indikátorov pri identifikácii rizikových oblastí acidifikácie pôdy. Bratislava : VÚPOP, 2007, 30 s. ISBN 978-80-89128-37-2.
- Makovníková, J. 2008: Acidifikácia pôd In: Kobza, J., Barančíková, G., Dodok, R., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Styk, J., Širáň, M.: Tvorba a hodnotenie poznatkov o vývoji vlastností pôdneho krytu SR pre efektívnu ochranu pôdy v poľnohospodárskej krajine. Priebežná správa za rok 2008. VUPOP Bratislava, 2009, str. 20 - 28
- Makovníková, J., 2009: Acidifikácia pôd In: Kobza, J., Barančíková, G., Dodok, R., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Styk, J., Širáň, M.: Tvorba a hodnotenie poznatkov o vývoji vlastností pôdneho krytu SR pre efektívnu ochranu pôdy v poľnohospodárskej krajine. Priebežná správa za rok 2008. VUPOP Bratislava, 2009, str. 20 - 28
- Makovníková, J., Barančíková, G., Pálka, B. 2007: Approach to the assessment of transport risk of inorganic pollutants based on the immobilisation capability of soil, Plant, Soil and Environment, vol.53, 8, 2007, 365 - 373
- Mládková, L., Borůvka, L., Drábek. 2004: Distribution of aluminium aminy its mobilizable forms in soils of the Jizera Mountains region., Plant Soil environ., 50, 2004 (8), str. 346-351

Zasolovanie pôd (salinizácia a sodifikácia)

Monitoring procesov salinizácie a sodifikácie v roku 2012 pokračoval na vybudovanej sieti stacionárnych monitorovacích lokalít. Sieť zahŕňa jednak slabo a stredne slaniskové a slancové pôdy, jednak typické 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 pôd. Monitorované lokality sú tu situované v katastrach obcí: Iža, Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, rozvoj a rozšírenie soľných 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 strednom Slovensku sa monitoruje antropogénna sodifikácia pôd exhalátmi závodu na výrobu hliníka v katastri obce Žiar nad Hronom a na Východoslovenskej nížine je do monitorovacej siete zahrnutý typický slanec v katastri obce Malé Raškovce.

Tab. 1 Zoznam monitorovaných lokalít soľných pôd

Označenie lokality	Miesto	Názov pôdy
400 180	IŽA okres Komárno	Čiernica kultizemná karbonátová v počiatočnom štádiu sodifikácie
400 176	GABČIKOVO okres Dunajská Streda	Čiernica kultizemná slabo slancová
400 177	ZLATNÁ NA OSTROVE okres Komárno	Čiernica kultizemná černozečná hlboko slancová
400 178	KOMÁRNO-HADOVCE	Čiernica kultizemná černozečná slabo slancová
400 179	ZEMNÉ okres Nové Zámky	Čiernica kultizemná glejová slabo slancová
400 138	KAMENÍN okres Nové Zámky	Slanec čiernicový
400 229	MALÉ RAŠKOVCE okres Trebišov	Slanec kultizemný
400 063	ŽIAR NAD HRONOM	Fluvizem glejová sekundárne zasolená

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

A, Použité metódy stanovenia

Na⁺, K⁺, Ca²⁺ - plameňová fotometria

Mg²⁺ - atómová absorpčná spektrofotometria (AAS)

HCO₃⁻, CO₃²⁻ - titračne (0,05 M H₂SO₄)

Elektrická vodivosť (EC) – konduktometricky

pH – potenciometricky

odparok – gravimetricky

SO₄²⁻ - gravimetricky

Cl⁻ - titračne podľa Mohra

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

B, Kritériá hodnotenia sol'ných pôd

Hodnotenie salinizácie pôd

Podľa elektrickej vodivosti (ECe) a celkového obsahu solí.

ECe (mS.m ⁻¹)	Celkový obsah solí (%)	Klasifikácia salinizácie	Reakcia rastlín
< 200	< 0,1	bez salinizácie	vplyv na úrody je zanedbateľný
200 – 400	0,1 – 0,15	slabá salinizácia	úrody citlivých rastlín môžu byť znížené
400 – 800	0,16 – 0,35	stredná salinizácia	úrody plodín sú redukované
800 – 1600	0,36 – 0,70	silná salinizácia	len tolerantné plodiny majú uspokojivé úrody
> 1600	> 0,70	extrémna salinizácia - slanisko	len málo tolerantných rastlín má uspokojivé úrody

Podľa U.S. Soil Salinity laboratory Staff. 1954, In: Fulajtár, 1996

Hodnotenie sodifikácie pôd

Zastúpenie výmenného sodíka (ESP) v sorpčnom komplexe.

% ESP	Kategória stanovenia
5 – 10	slabo slancová
11 – 20	slancová
> 20	slanec

Výsledky a ich hodnotenie

V roku 2012 sa v monitorovaných pôdach opätovne potvrdila prítomnosť oboch foriem sol'ných procesov – salinizácie i sodifikácie, ako aj značná mineralizácia podzemných vôd.

Salinizácia pôd

Salinizáciu ako proces akumulácie sodných solí v pôdnom profile sme v roku 2012 zaznamenali na všetkých monitorovaných pôdach (Tab. 2).

Tab. 2 Rozbor vodného výluhu pôd v roku 2012

Lokalita	Horizont	Hĺbka cm	pH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Celkový obsah solí (%)
				mmol/kg								
Iža 400180	Akpc	0-10	8.15	<0,5	1.53	0.8	1.82	2.52	1.72	3.55	0.07	0.10
	Akpc	15-25	8.20	<0,5	1.22	1.69	4.36	1.44	1.96	9.05	0.04	0.10
	Amčc	30-40	8.06	<0,5	1.69	0.82	0.30	3.50	1.18	0.70	2.19	0.21
	CGo	75-85	7.82	<0,5	1.69	0.66	0.45	3.58	1.16	0.94	0.64	0.09
	CGo(Bn)	90-100	7.69	<0,5	1.28	1.28	8.89	7.35	5.68	4.52	0.18	0.23
Zemné 400179	Akpc	0-10	8.04	<0,5	1.22	0.48	1.04	2.26	1.40	0.82	0.06	0.07
	Akpc	10-20	7.98	<0,5	1.33	0.55	1.32	2.24	1.37	0.84	0.08	0.07
	A/CGo(Bn)	45-55	7.96	<0,5	1.74	<0,40	<0,15	4.49	1.32	0.50	0.42	0.12
	CGro(Bn)	65-75	7.96	<0,5	1.63	<0,40	<0,15	3.80	1.09	0.55	0.36	0.11
	CGr(Bn)	100-110	8.04	<0,5	2.25	<0,40	0.25	3.65	1.43	1.33	0.17	0.10
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10	7.79	<0,5	1.43	0.55	0.44	0.36	0.11	7.70	0.13	0.16
	Akpc	10-20	7.58	<0,5	1.48	0.54	0.59	0.48	0.09	8.35	0.30	0.20
	Amčc	40-50	8.60	<0,5	3.18	0.82	2.5	0.80	0.12	22.70	0.99	0.22
	A/CGo	65-75	8.77	<0,5	3.64	0.77	3.21	0.52	0.13	27.50	1.85	1.03
	CGroc(Bn)	90-100	8.72	<0,5	2.82	0.57	2.97	0.70	0.09	20.40	1.05	0.69
	CGroc(Bn)	100-110	8.56	<0,5	2.79	0.78	2.84	1.30	0.06	14.80	0.72	0.43
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	7.83	<0,5	1.79	0.71	0.24	1.73	0.71	0.80	0.54	0.12
	Akpc	10-20	7.93	<0,5	2.03	0.62	0.19	1.87	0.82	0.71	0.34	0.11
	A/CGoc(Bn)	40-45	7.97	<0,5	1.79	0.55	<0,15	1.57	1.08	0.37	0.22	0.10
	CGoc(Bn)	50-65	7.72	<0,5	2.07	0.48	<0,15	1.76	1.56	2.84	0.16	0.11
	CGoc(Bn)	100-110	8.41	<0,5	2.03	0.77	6.10	1.28	1.65	4.35	0.10	0.09
Komárno Hadovce 400178	Akpc	0-10	8.62	<0,5	2.15	0.65	4.60	0.79	1.48	5.09	0.10	0.10
	Akpc	10-20	8.82	<0,5	2.03	0.62	3.46	0.86	1.20	5.70	0.09	0.09
	A/CGoc(Bn)	40-50	8.01	<0,5	3.46	0.47	3.20	2.99	1.02	0.42	0.79	0.14
	CGroc(Bn)	55-60	7.58	<0,5	1.53	0.42	0.24	3.31	0.77	0.45	0.35	0.11
	CGroc(Bn)	70-80	7.96	<0,5	1.53	0.59	1.00	4.88	1.03	0.47	0.31	0.12
	CGroc(Bn)	100-110	8.02	<0,5	1.43	0.56	0.44	3.60	1.16	0.47	0.12	0.02
Kamenín 400138	Ame	0-10	7.85	<0,5	1.1	1.53	8.61	4.80	5.39	5.74	0.09	0.19
	Ame	10-20	7.94	<0,5	1.0	1.72	6.25	5.05	7.28	0.6	0.05	0.16
	Ame	20-30	7.83	<0,5	1.9	0.92	2.85	3.38	3.53	2.7	0.08	0.10
	Ame	40-50	7.83	<0,5	1.4	<0,40	0.2	7.84	1.72	0.8	0.25	0.14
	Bn	60-70	7.92	<0,5	1.4	<0,40	0.4	10.90	1.85	0.8	0.33	0.08
	Bn	80-90	7.89	<0,5	2.8	<0,40	0.36	6.67	1.44	0.8	0.05	0.09
	Bn	100-110	8.04	<0,5	1.6	<0,40	0.30	7.75	1.49	0.8	0.04	0.07
Malé Raškovce 400229	Akp	0-10	7.45	<0,5	2.03	<0,40	0.23	4.36	2.20	1.6	0.29	0.25
	Akp	20-30	7.78	<0,5	1.93	<0,40	0.29	3.26	1.14	5.05	0.40	0.20
	Aoe	35-45	8.57	<0,5	3.07	<0,40	1.09	1.29	0.24	15.90	0.73	0.47
	Bn	50-60	8.58	<0,5	3.0	<0,40	2.94	0.15	0.38	20.50	3.73	0.27
	Bn	70-80	8.74	<0,5	3.5	<0,40	5.0	0.18	0.27	26.8	2.21	0.17
	Bn	120-130	8.68	<0,5	2.90	<0,40	4.5	1.13	0.27	20.9	1.94	0.34
Žiar nad Hronom 400063	AoGo	0-10	7.85	<0,5	1.3	<0,40	<0,15	3.75	0.72	0.7	0.07	0.05
	AoGo	10-20	7.79	<0,5	1.7	1.3	<0,15	4.63	2.44	0.3	0.20	0.12
	AoGo	20-30	7.88	<0,5	2.7	0.74	<0,15	12.40	2.83	0.5	0.15	0.10
	Gro	35-45	7.67	<0,5	1.7	<0,40	<0,15	5.29	3.31	0.5	0.12	0.06
	Gro	55-65	7.91	<0,5	1.8	<0,40	<0,15	2.62	3.97	0.6	0.06	0.09
	Gro	75-85	7.68	<0,5	1.7	<0,40	<0,15	2.06	4.32	0.8	0.05	0.08

Poznámka: údaje vyznačené tučne signalizujú prítomnosť solných procesov

Intenzita salinizácie v pôdach s jej nerozvinutým procesom je však slabá. Slabú – počiatočnú až strednú salinizáciu, s obsahom solí 0,10 – 0,35 %, sme zaznamenali v jednotlivých horizontoch lokalít Iža, Zemné, Komárno-Hadovce, Zlatná na Ostrove, Kamenín a Žiar nad Hronom.

Vysoký (0,36 – 0,70 %) až extrémne vysoký (nad 0,71 %) obsah solí bol na lokalitách Malé Raškovce a Gabčíkovo.

Tab. 3 Rozbor nasýteného extraktu pôd v roku 2012

Lokalita	Horizont	Hĺbka cm	ECe mS.m ⁻¹	Na	Mg mmol.l ⁻¹	Ca	SAR	ESP %
Iža 400180	Akpc	0-10	116	4.65	2.09	1.50	2.46	9.6
	Akpc	15-25	230	14.05	4.15	1.68	5.82	13.0
	Amčc	30-40	68	0.67	1.09	2.25	0.36	3.0
	CGo	75-85	74	0.87	0.95	2.02	0.50	4.0
	CGo(Bn)	90-100	305	6.09	8.39	9.86	1.43	7.8
Zemné 400179	Akpc	0-10	72	1.09	1.51	1.36	0.64	4.9
	Akpc	10-20	75	1.11	1.56	1.61	0.63	4.8
	A/CGo(Bn)	45-55	89	0.49	1.12	2.67	0.25	2.0
	CGro(Bn)	65-75	59	4.65	0.76	1.87	2.87	10.0
	CGr(Bn)	100-110	71	1.10	1.06	1.80	0.65	4.9
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10	112	12.00	0.12	0.28	19.00	30.2
	Akpc	10-20	107	13.80	0.22	0.48	16.50	27.4
	Amčc	40-50	-	-	-	-	-	-
	A/CGo	65-75	-	-	-	-	-	-
	CGroc(Bn)	90-100	-	20.70	0.47	2.28	12.50	22.9
	CGroc(Bn)	100-110	-	19.92	0.43	1.95	12.90	23.4
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	91	0.86	0.95	3.54	0.41	3.3
	Akpc	10-20	93	0.44	1.16	3.84	0.20	1.5
	A/CGoc(Bn)	40-45	78	0.38	1.30	2.94	0.19	1.4
	CGoc(Bn)	50-65	65	2.65	1.31	0.88	1.79	8.6
	CGoc(Bn)	100-110	61	4.29	1.06	0.40	3.55	10.0
Komárno Hadovce 400178	Akpc	0-10	63	5.00	0.89	0.32	4.55	11.2
	Akpc	10-20	63	4.78	0.63	0.20	5.24	12.2
	A/CGoc(Bn)	40-50	102	0.39	0.84	3.29	0.19	1.4
	CGroc(Bn)	55-60	71	0.42	0.64	2.05	0.26	2.0
	CGroc(Bn)	70-80	87	0.41	0.73	2.41	0.23	1.8
	CGroc(Bn)	100-110	57	0.42	0.65	1.30	0.30	2.4
Kamenín 400138	Ame	0-10	316	8.70	9.05	6.01	2.24	9.3
	Ame	10-20	275	9.26	7.82	5.02	2.59	9.7
	Ame	20-30	202	6.66	5.35	2.75	2.34	9.4
	Ame	40-50	71	0.48	0.58	2.89	0.26	2.1
	Bn	60-70	74	0.54	0.58	2.75	0.30	2.4
	Bn	80-90	52	0.54	0.44	1.62	0.38	3.1
	Bn	100-110	52	0.69	0.51	1.55	0.48	3.8
Malé Raškovce 400229	Akp	0-10	86	1.57	1.24	3.04	0.76	5.5
	Akp	20-30	91	4.48	0.77	1.96	2.71	9.9
	Aoe	35-45	95	10.40	0.09	0.82	10.90	21.0
	Bn	50-60	148	9.57	0.07	0.37	14.40	25.1
	Bn	70-80	190	7.13	0.25	0.07	12.70	23.1
	Bn	120-130	149	8.70	0.30	0.11	13.60	24.1
Žiar naď Hronom 400063	AoGo	0-10	53	1.54	0.51	1.47	1.10	6.9
	AoGo	10-20	65	0.25	1.07	2.48	0.13	0.9
	AoGo	20-30	68	0.34	1.01	2.28	0.19	1.4
	Gro	35-45	61	0.34	1.11	2.17	0.19	1.4
	Gro	55-65	50	0.72	1.63	0.81	0.46	3.7
Gro	75-85	59	0.87	1.79	0.68	0.55	4.3	

SAR – sodíkový adsorpčný pomer

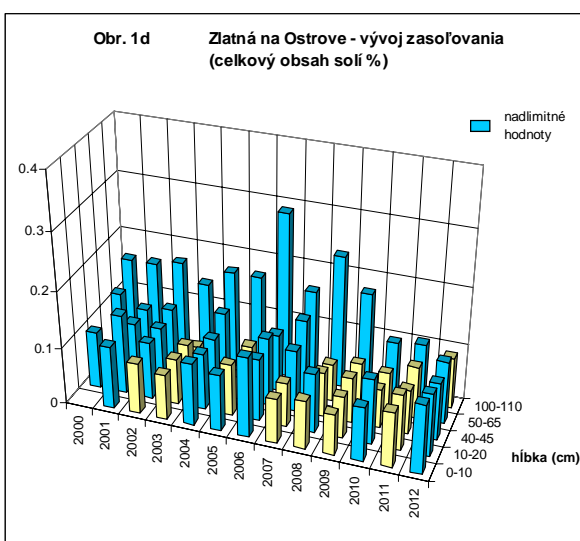
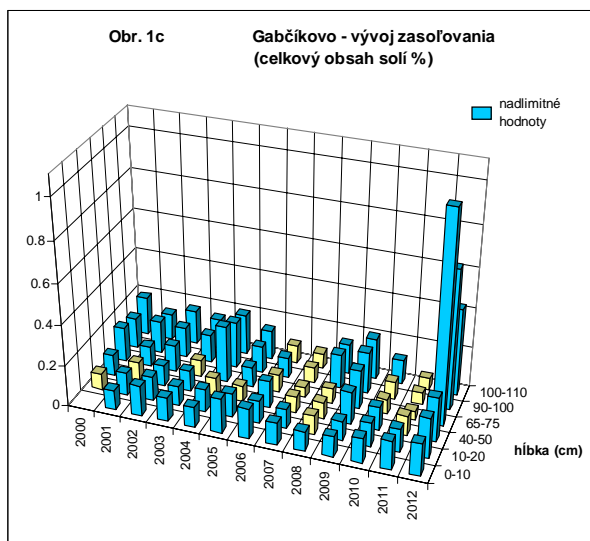
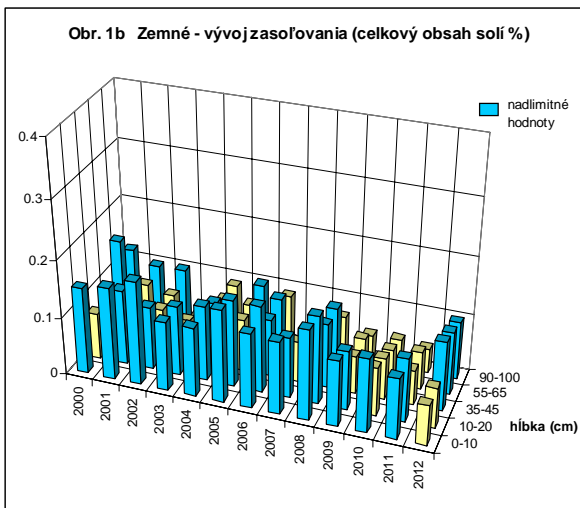
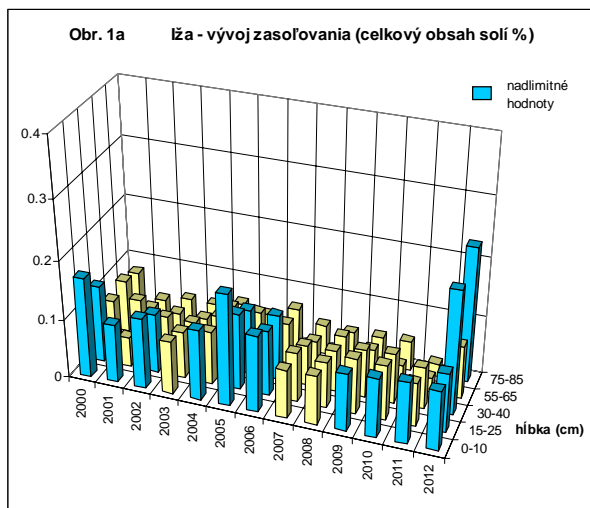
ESP – obsah výmenného sodíka

Elektrická vodivosť pôdneho extraktu (ECe) v monitorovaných pôdach potvrdila prítomnosť slabej salinizácie len na lokalitách Iža a Kamenín (Tab.3).

Charakter salinizácie indikovaný obsahom iónov Cl⁻, SO₄²⁻ a HCO₃⁻ (Tab.2) potvrdzuje, že prebiehajúci proces má charakter zmiešanej a sódovej salinizácie.

Vývoj salinizácie

V priebehu posledných trinástich rokov (2000 – 2012) sme vo vývoji salinizácie pôd nezaznamenali žiadne preukazné trendy. Celkový obsah solí v pôdach s počiatočným štádiom salinizácie (Iža, Zemné, Gabčíkovo a Zlatná na Ostrove) len ojedinele v niektorých rokoch a horizontoch mierne prevyšuje hornú hranicu slabej salinizácie (0,15 %; Tab.4, Obr.1a-g) .



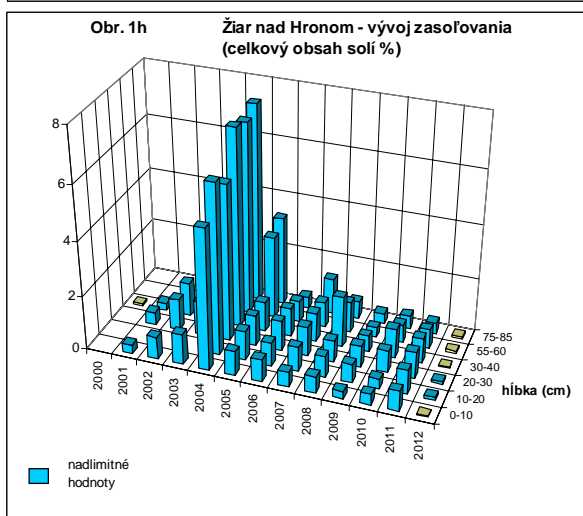
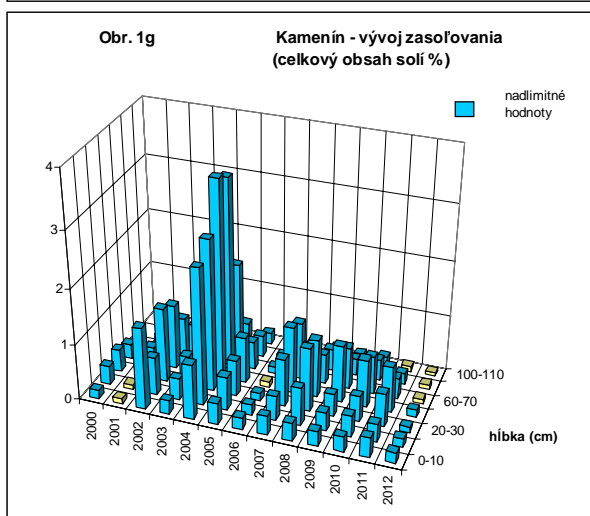
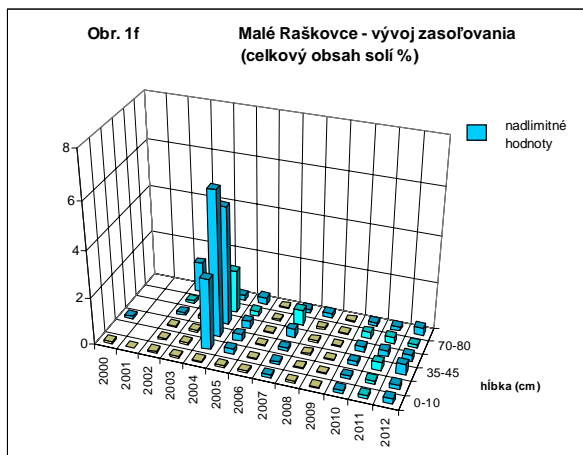
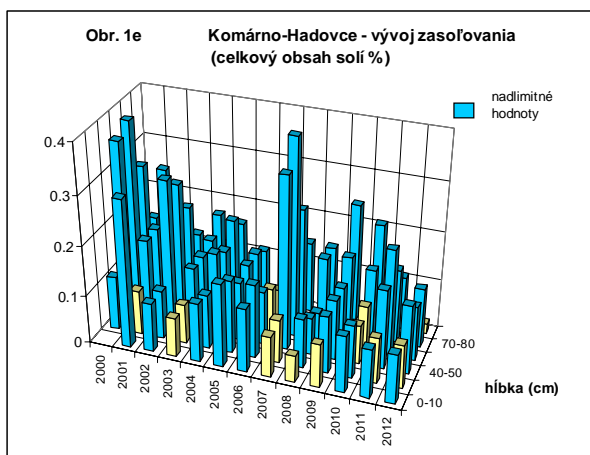
V profiloch lokalít Komárno-Hadovce a Malé Raškovce je tento proces výraznejší a prejavuje sa často vyšším obsahom solí hlavne v podornicových horizontoch a v substráte.

V pôdach lokalít Kamenín a Žiar nad Hronom je obsah solí v jednotlivých rokoch a horizontoch prevažne vysoký, indikujúci procesy silnej (0,35-0,70 %) až extrémnej salinizácie (obsah solí nad 0,70 %).

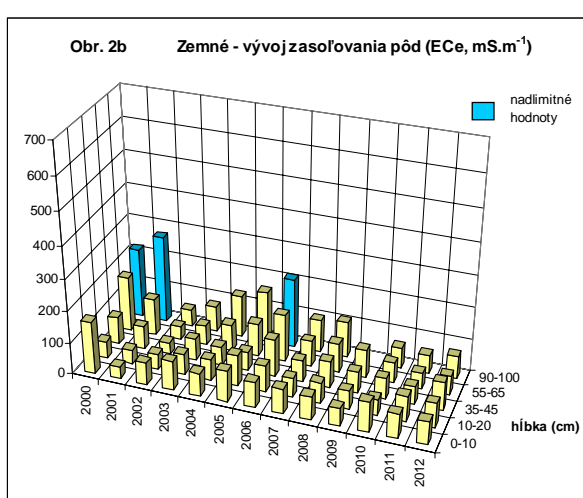
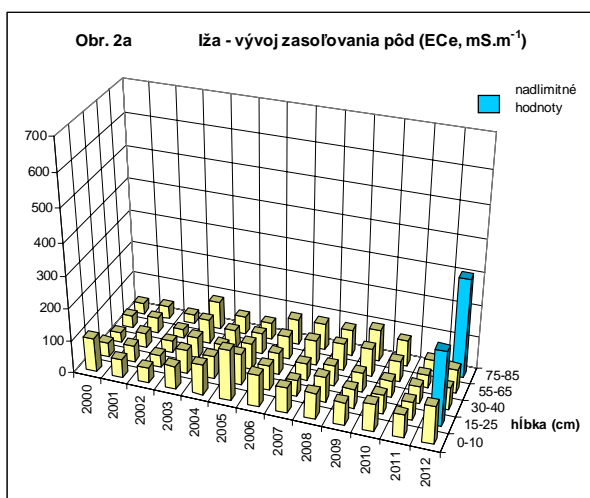
Tab. 4 Vývoj salinizácie – celkový obsah solí

Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	Celkový obsah solí v % (odparok 105°C)												
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Iža 400180	Akpc	0-10	0,17	0,10	0,12	0,09	0,12	0,19	0,13	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	0,10
	Akpc	15-25	0,13	0,05	0,10	0,08	0,09	0,13	0,11	0,08	0,08	0,09	0,09	0,07	0,10
	Amčc	30-40	0,08	0,09	0,07	0,07	0,09	0,11	0,11	0,07	0,07	0,08	0,08	0,07	0,21
	CGo	55-65	0,09	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08	0,07	0,05	0,07	0,05	0,04	0,03	0,09
	CGo(Bn)	75-85	0,08	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,23
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10	-	0,10	0,15	0,12	0,10	0,17	0,15	0,11	0,10	0,11	0,12	0,14	0,07
	Akpc	10-20	0,08	0,11	0,12	0,10	0,11	0,12	0,11	0,10	0,09	0,10	0,12	0,12	0,07
	A/CGo(Bn)	40-50	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	0,13	0,08	0,08	0,07	0,11	0,10	0,12
	CGro(Bn)	65-75	0,17	0,10	0,13	0,08	0,28	0,10	0,09	0,05	0,07	0,07	0,08	0,04	0,11
	CGr(Bn)	90-100	0,15	0,16	0,15	0,14	0,23	0,13	0,10	0,08	0,17	0,05	0,09	0,06	0,10
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	-	0,11	0,09	0,08	0,11	0,10	0,14	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,20
	Amčc	10-20	0,10	0,14	0,10	0,08	0,10	0,09	0,11	0,08	0,10	0,16	0,12	0,10	0,22
	A/CGo	40-45	0,03	0,10	0,10	0,08	0,10	0,04	0,12	0,11	0,08	0,19	0,07	0,08	1,03
	CGroc(Bn)	50-65	0,12	0,10	0,11	0,05	0,12	0,07	0,10	0,14	0,07	0,21	0,07	0,09	0,69
	CGroc(Bn)	100-110	0,16	0,16	0,17	0,14	0,17	0,17	0,29	0,16	0,23	0,20	0,10	0,10	0,43
Komárno - Hadovce 400178	Akpc	0-10	-	0,30	0,10	0,08	0,12	0,17	0,13	0,08	0,05	0,07	0,12	0,10	0,12
	Akpc	10-20	0,11	0,09	0,10	0,08	0,11	0,15	0,15	0,09	0,10	0,07	0,11	0,09	0,11
	A/CGoc(Bn)	40-50	0,36	0,17	0,30	0,13	0,17	0,12	0,11	0,35	0,07	0,08	0,08	0,16	0,10
	CGoc(Bn)	55-60	0,38	0,17	0,27	0,13	0,15	0,13	0,09	0,46	0,06	0,08	0,09	0,22	0,11
	CGoc(Bn)	70-80	0,27	0,27	0,20	0,14	0,19	0,13	0,06	0,24	0,15	0,18	0,14	0,15	0,09
Zemné 400179	Akpc	0-10	0,15	0,16	0,18	0,12	0,12	0,16	0,13	0,13	0,16	0,12	0,13	0,11	0,09
	A/CGoc(Bn)	10-20	0,08	0,13	0,11	0,12	0,13	0,15	0,15	0,11	0,15	0,12	0,08	0,11	0,14
	CGroc(Bn)	35-45	0,09	0,12	0,08	0,07	0,11	0,09	0,10	0,07	0,11	0,12	0,07	0,06	0,11
	CGroc(Bn)	55-65	0,16	0,09	0,08	0,05	0,09	0,09	0,11	0,06	0,11	0,16	0,06	0,07	0,12
	CGroc(Bn)	90-100	0,12	0,10	0,10	0,04	0,09	0,10	0,09	0,05	0,07	0,24	0,05	0,04	0,02
Kamenín 400138	Ame	0-10	0,15	0,09	1,46	0,24	0,99	0,38	0,22	0,34	0,32	0,27	0,27	0,35	0,19
	Ame	10-20	0,34	0,09	0,68	0,39	2,45	0,6	0,19	0,43	0,68	0,34	0,38	0,33	0,16
	Ame	20-30	0,40	0,14	1,34	0,55	2,72	0,65	0,14	0,86	1,14	0,41	0,46	0,60	0,10
	Ame	40-50	0,27	0,30	1,16	0,88	3,54	0,83	0,09	1,20	1,04	1,03	0,86	0,83	0,14
	Bn	60-70	0,13	0,30	0,69	0,69	3,37	0,5	0,11	1,03	0,54	0,75	0,68	0,37	0,08
Malé Raškovce 400229	Bn	80-90	-	0,34	0,26	0,36	1,63	0,38	0,1	0,34	0,39	0,29	0,37	0,20	0,09
	Bn	0-10	0,08	0,02	0,07	0,08	0,08	0,09	0,07	0,13	0,08	0,14	0,14	0,09	0,07
	Akp	20-30	-	-	0,07	0,08	3,02	0,22	0,05	0,10	0,07	0,04	0,12	0,74	0,25
	Akp	35-45	0,11	-	0,06	0,08	6,18	0,29	0,05	0,13	0,08	0,04	0,18	0,90	0,20
	Aoe	50-60	-	-	0,11	0,13	5,04	0,32	0,04	0,37	0,06	0,03	0,21	0,97	0,47
Žiar nad Hronom 400063	Bn	70-80	-	-	0,12	0,14	1,83	0,23	0,06	0,67	0,09	0,05	0,28	0,91	0,27
	Bn	120-130	-	-	1,32	0,24	0,23	0,31	0,06	0,18	0,18	0,05	0,16	0,69	0,17
	AoGo	0-10	0,00	0,31	0,82	1,13	5,16	0,9	0,83	0,57	0,61	0,04	0,40	0,41	0,34
Hronom 400063	AoGo	10-20	-	-	-	-	6,25	1,1	0,87	0,90	0,76	0,28	0,36	0,14	0,05
	AoGo	20-30	-	0,46	1,15	1,26	5,74	1,11	1,12	1,10	0,79	0,69	0,83	0,15	0,12
	Gro	30-45	0,07	0,29	1,26	0,85	7,27	1,09	1,04	1,06	1,87	0,81	1,07	0,34	0,10
	Gro	55-65	-	-	-	-	7,04	3,04	0,78	0,93	1,15	0,61	0,68	0,27	0,06
Hronom 400063	Gro	75-85	-	-	-	-	7,29	3,29	0,44	1,31	0,63	0,37	0,48	0,27	0,09

Poznámka: údaje vytlačené tučne – nadlimitné hodnoty



Elektrická vodivosť nasýteného extraktu pôdy (ECe) celkom nekoreluje s obsahom solí (Tab.5, Obr. 2a-g.). V pôdach lokalít z nízkym obsahom solí (Iža, Zemné, Gabčíkovo a Zlatná na Ostrove), ale aj na lokalite malé Raškovce len ojedinele prekračuje hodnotu 200 mS.m^{-1} a indikuje pôdy bez salinizácie. Len v pôdach a horizontoch so stredným a vysokým obsahom solí (Komárno-Hadovce, Kamenín, Žiar nad) hodnota ECe kolíše v intervale $200 - 400 \text{ mS.m}^{-1}$ a indikuje slabú salinizáciu.

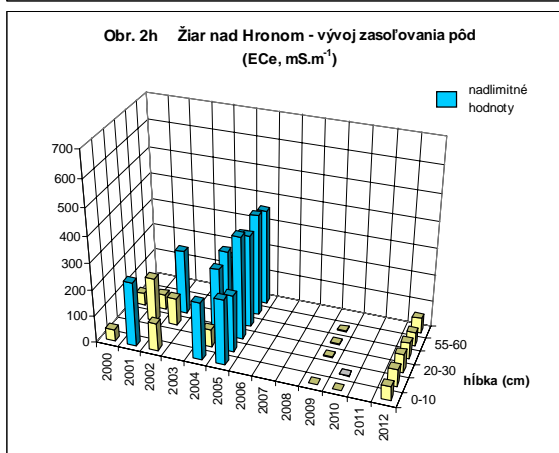
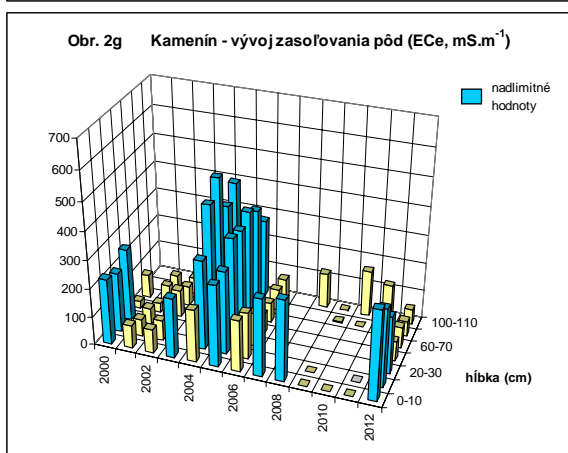
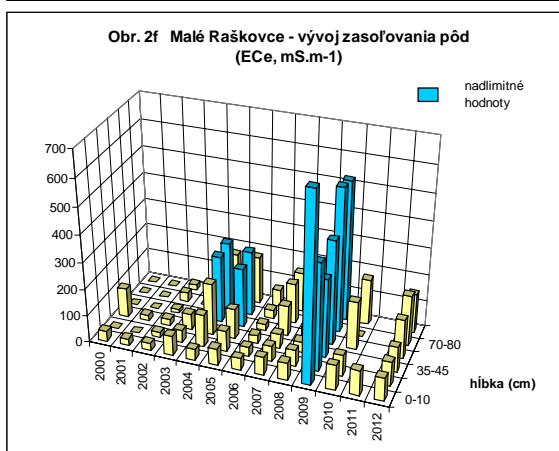
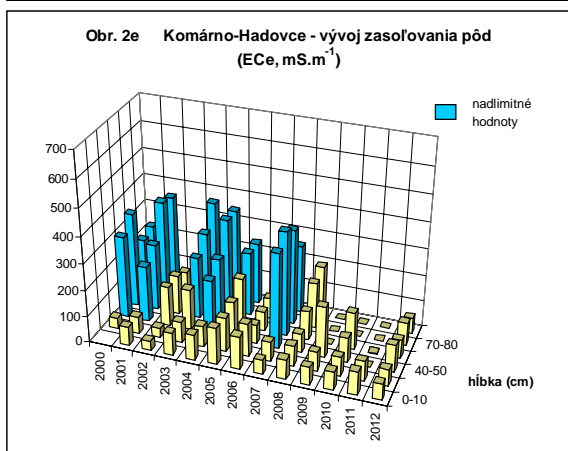
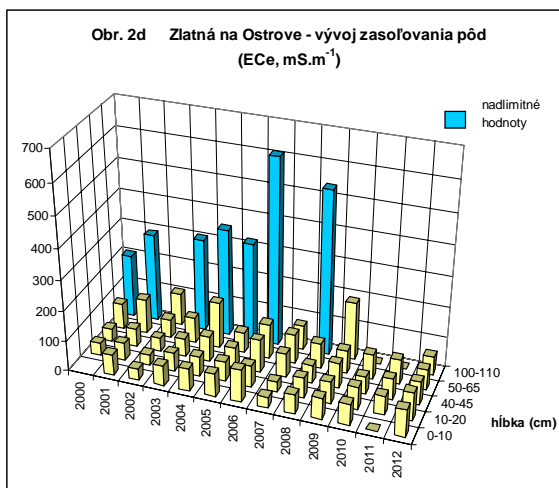
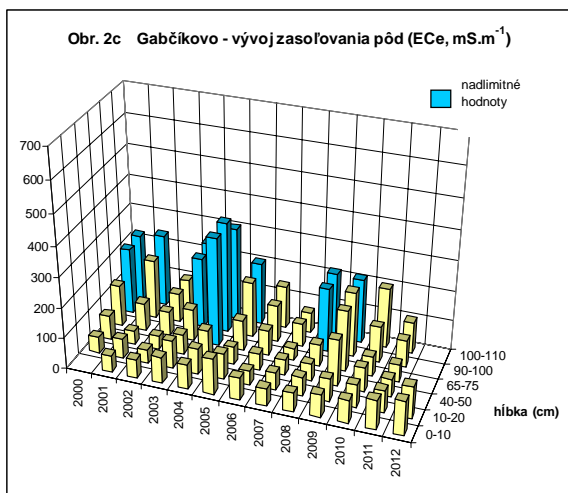


Tab. 5 Vývoj salinizácie – elektrická vodivosť (ECe)

Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	Elektrická vodivosť (mS.m ⁻¹)												
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Iža 400180	Akpc	0-10	106	57	49	71	95	158	99	77	79	70	84	70	116
	Akpc	15-25	43	51	38	72	71	95	76	50	79	59	61	57	230
	Amčc	30-40	29	45	36	65	58	79	66	52	63	60	53	54	68
	CGo	55-65	38	47	26	74	57	64	72	77	83	85	63	38	74
	CGo(Bn)	75-85	34	39	28	87	55	51	81	84	81	97	80	36	305
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10		57	60	87	80	119	75	57	62	75	77	96	72
	Akpc	10-20	53	63	46	92	83	86	48	57	62	75	75	74	75
	A/CGo(Bn)	40-50	79	43	43	66	96	58	55	51	55	155	80	60	89
	CGro(Bn)	65-75	136	92	80	105	357	101	85	41	71	200	67	58	59
	CGr(Bn)	90-100	218	195	97	233	365	182	121	76	212	216	118	89	71
	Akpc	100-110	223	238	99	241	305	205	141	68	218	212	198	102	112
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	-	67	38	65	75	75	107	35	63	71	69	-	107
	Amčc	10-20	40	58	36	59	64	67	72	36	68	72	73	63	-
	A/CGo	40-45	43	60	45	60	84	64	108	80	58	83	56	69	-
	CGroc(Bn)	50-65	83	115	62	84	152	69	113	96	82	76	81	81	-
	CGroc(Bn)	100-110	207	291	105	304	352	320	611	78	536	189	0	0	-
Komárno - Hadovce 400178	Akpc	0-10	-	73	34	85	97	139	126	55	75	66	67	88	91
	Akpc	10-20	42	63	37	79	79	128	123	73	77	71	71	75	93
	A/CGoc(Bn)	40-50	309	212	149	156	208	141	70	360	73	193	94	0	78
	CGoc(Bn)	55-60	355	252	147	233	244	186	75	394	111	0	141	0	65
	CGoc(Bn)	70-80	214	375	117	284	351	239	80	358	172	0	0	0	61
	Akpc	100-110	227	355	68	362	346	234	164	255	192	0	1	0	63
Zemné 400179	Akpc	0-10	164	39	68	92	71	98	81	77	73	55	94	77	63
	A/CGoc(Bn)	10-20	52	43	48	65	65	98	81	60	64	58	49	78	102
	CGroc(Bn)	35-45	85	73	37	66	57	58	116	67	81	66	66	57	71
	CGroc(Bn)	55-65	171	115	43	62	82	102	147	81	89	88	64	51	87
	CGroc(Bn)	90-100	218	273	53	80	129	158	215	101	111	-	63	58	57
Kamenín 400138	Ame	0-10	232	83	84	210	186	288	182	273	286	0	0	1	316
	Ame	10-20	212	59	71	-	316	293	164	-	-	0	-	1	275
	Ame	20-30	257	57	92	-	466	367	117	-	-	-	-	-	202
	Ame	40-50	25	33	97	-	520	354	71	-	-	-	-	-	71
	Bn	60-70	82	57	69	-	388	382	69	-	-	-	-	-	74
	Bn	80-90	-	54	60	-	434	349	76	-	-	3	0	-	52
Malé Raškovce 400229	Bn	0-10	39	26	27	74	42	62	44	66	65	689	94	125	52
	Akp	20-30	-	-	20	47	121	77	34	57	60	399	80	-	86
	Akp	35-45	109	22	22	61	194	113	30	53	43	294	-	-	91
	Aoe	50-60	-	-	13	-	251	221	24	114	47	390	180	-	95
	Bn	70-80	-	-	34	-	259	242	33	151	51	539	0	-	148
	Bn	120-130	-	-	21	-	174	178	65	149	59	523	172	-	190
Žiar nad Hronom 400063	AoGo	0-10	46	241	103	-	219	247	-	-	-	3	0	-	149
	AoGo	10-20	-	-	-	-	66	215	-	-	-	-	0	94	53
	AoGo	20-30	-	167	106	-	251	387	-	-	-	3	-	-	65
	Gro	30-45	46	57	244	-	273	348	-	-	-	3	-	-	68
	Gro	55-65	-	-	-	-	207	382	-	-	-	3	-	-	61
	Gro	75-85	-	-	-	-	254	359	-	-	-	-	-	50	

Poznámka: údaje vytlačené tučne – nadlimitné hodnoty

Z údajov Tab.4 ďalej vyplýva veľká priestorová a horizontálna variabilita nameraných hodnôt obsahu solí a elektrickej vodivosti. Tento jav je u nás pre vývoj a rozšírenie solných pôd typický.



Sodifikácia pôd

Sodifikácia pôd ako proces viazania výmenného sodíka na sorpčný komplex monitorovaných pôd v r. 2012 je porovnateľný s predchádzajúcimi rokmi.

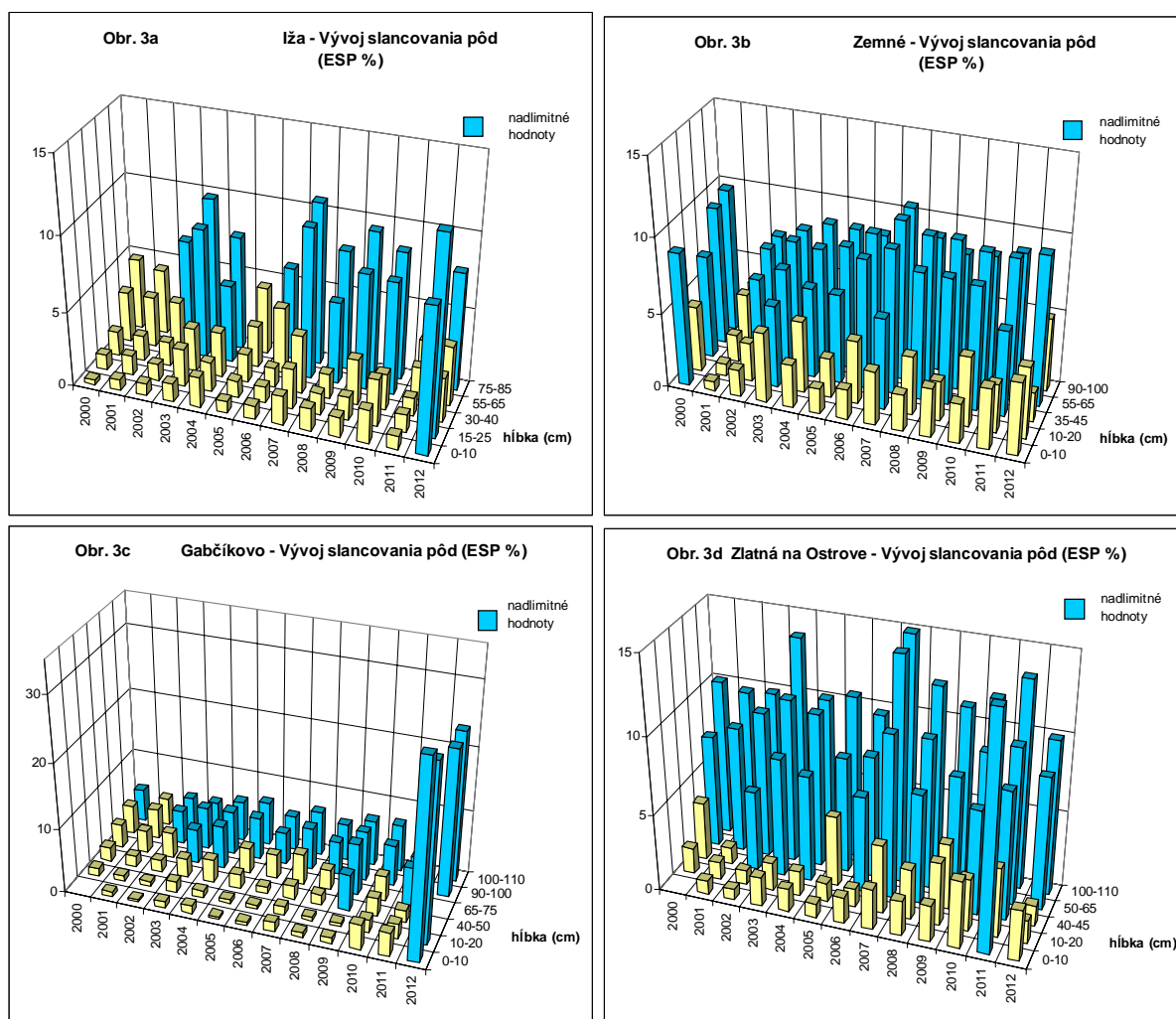
Obsah výmenného sodíka v sorpčnom komplexe v rozmedzí 5-10 % indikujúci slabú sodifikáciu bol zistený v lokalite Kamenín (Tab. 3). Na lokalitách Iža, Komárno-Hadovce a Zemné sme zaznamenali v jednotlivých horizontoch vysoký (10-20 %) a na lokalitách Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove a Malé Raškovce až veľmi vysoký (nad 20 %) obsah výmenného sodíka.

Hodnoty pôdnej reakcie (pH) ako indikátora sodifikácie pôdy potvrdzujú silne alkalickú reakciu ($\text{pH} > 7,7$) na všetkých monitorovaných lokalitách, pričom veľmi silná alkalická reakcia ($\text{pH} > 8,5$) bola zaznamenaná na lokalitách Gabčíkovo, Malé Raškovec a Komárno-Hadovce (Tab.2).

Vývoj sodifikácie pôd

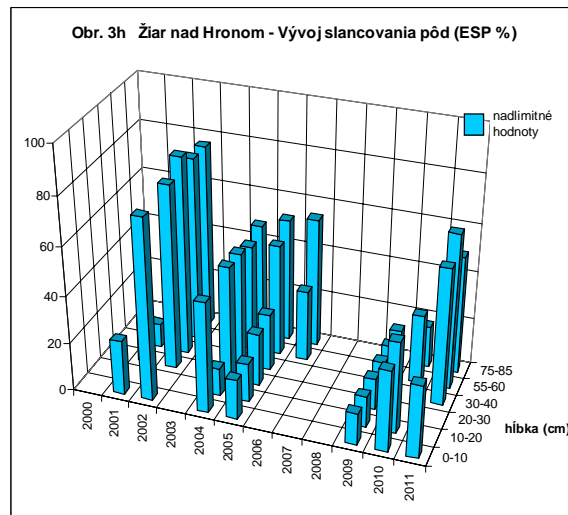
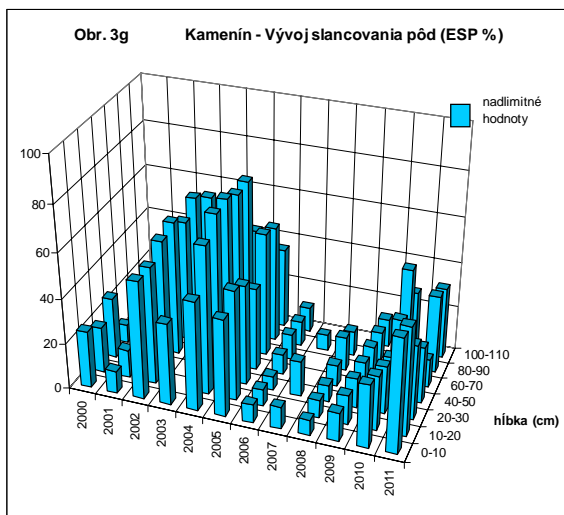
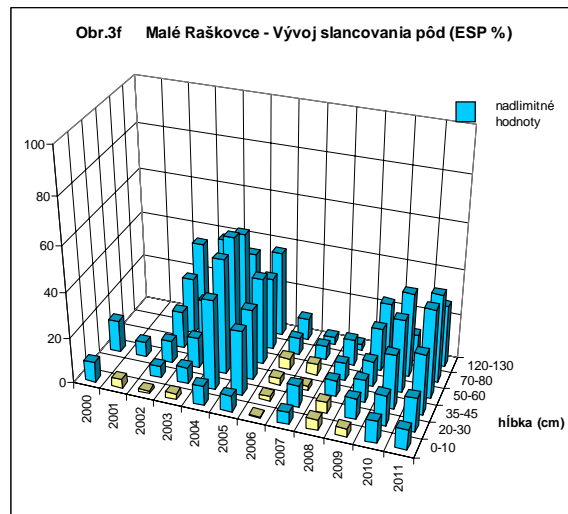
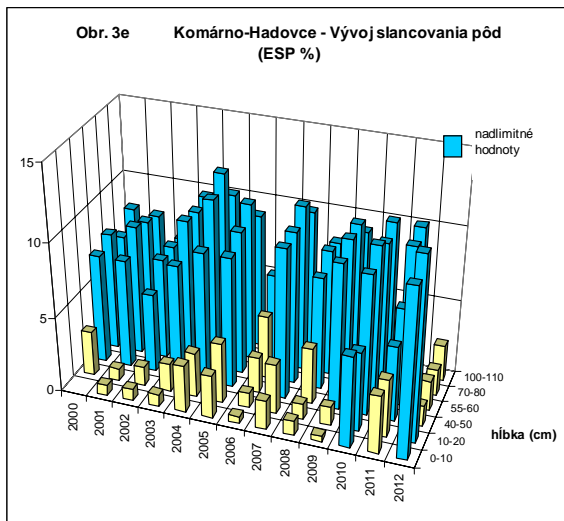
Vývoj sodifikácie pôd za obdobie posledných 13 rokov (2000-2012) hodnotíme podľa obsahu výmenného sodíka (ESP) a pôdnej reakcie (pH).

Sodifikáciu pôd definovanú obsahom výmenného sodíka nad 5 % ($\text{ESP} > 5\%$) udáva Tab.6 a Obr.3a-g. Z nameraných údajov vyplýva, že tento proces je prítomný vo všetkých monitorovaných pôdach a v porovnaní s procesom salinizácie je výraznejší – dominantný. V monitorovaných pôdach je sodifikácia prítomná v troch vývojových štádiách.

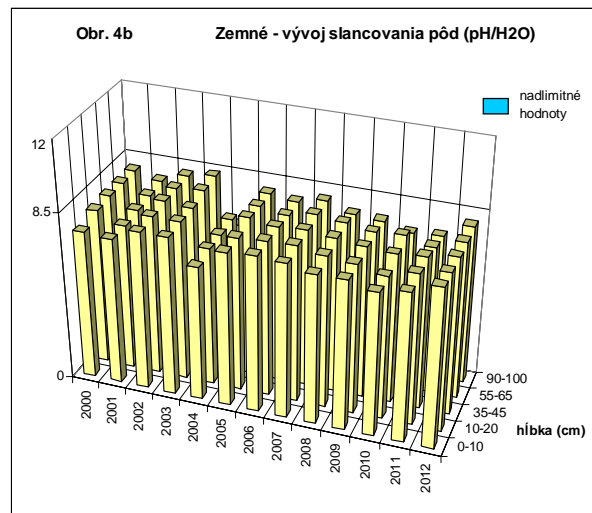
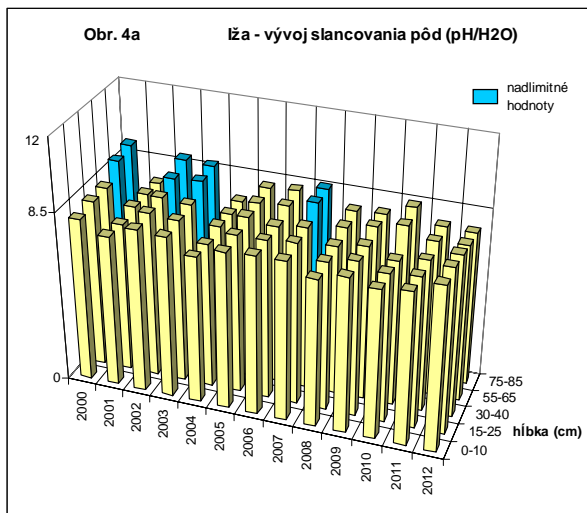


Slabá sodifikácia ($\text{ESP} 5-10\%$) prebieha v pôdach lokalít Iža, Gabčíkovo a Zemné, pričom na stanovištiach Iža a Gabčíkovo je prítomná v hĺbkach pôdneho profilu pod 0,6 m - takzvaná hlboká sodifikácia, na stanovišti Zemné je už pod ornou v hĺbke 0,35 m. Pokročilejší stupeň – sodifikácia sa začína vyvíjať na stanovištiach Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce, kde posledných 9 – 10 rokov v substrátových horizontoch zaznamenávame hodnoty ESP nad 10 %, pričom proces sodifikácie je prítomný už od hĺbky

0,4 m. Veľmi vysoké hodnoty ESP nad 20 % zaznamenávame nepravidelne v slancoch lokalít Malé Raškovce a Kamenín, ako aj v antropogénne zasolenej pôde lokality Žiar nad Hronom.



Sodifikácia pôd definovaná pôdnou reakciou $pH > 7,3$ je zhrnutá v Tab.7 a Obr.4a-g. Z nameraných hodnôt vyplýva, že pôdna reakcia monitorovaných pôd a horizontov je alkalická a silno alkalická ($pH 7,3 - 10$). Len ojedinele sme zaznamenali neutrálnu pôdnu reakciu.



Tab. 6 Vývoj sodifikácie – obsah výmenného sodíka (ESP)

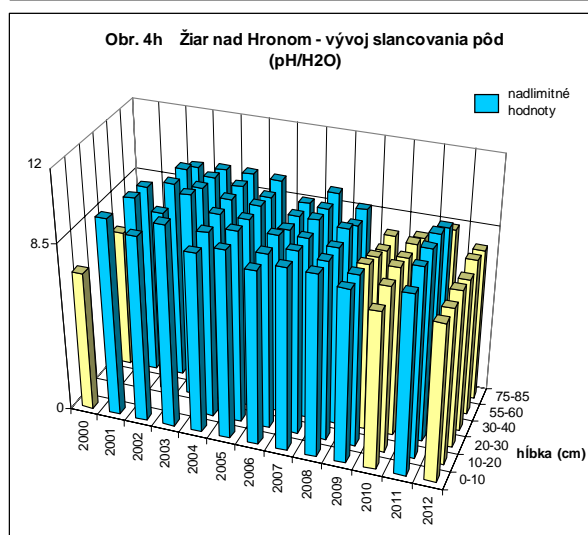
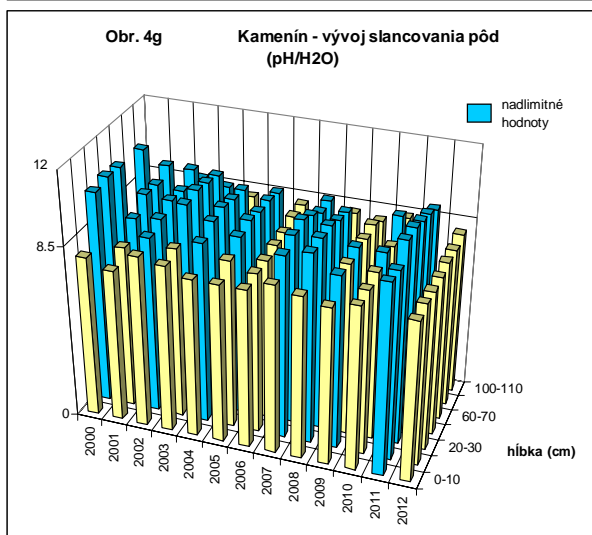
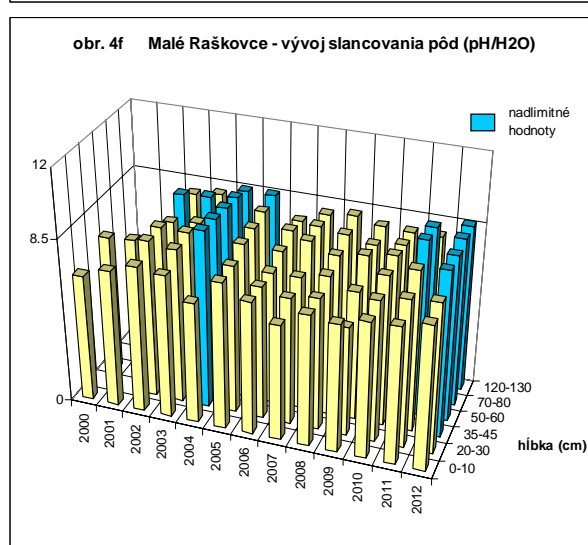
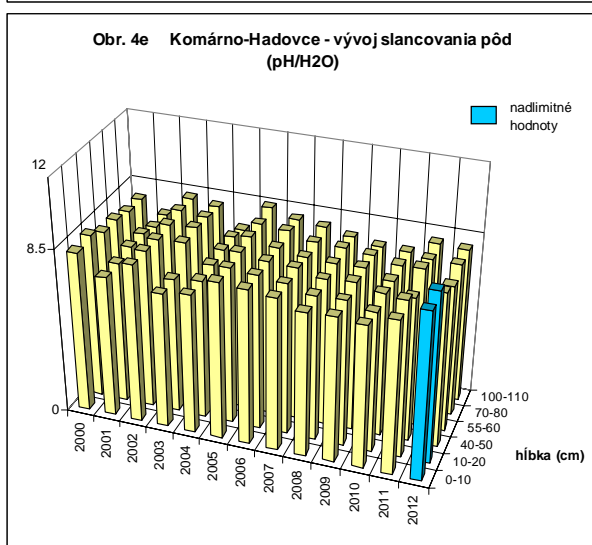
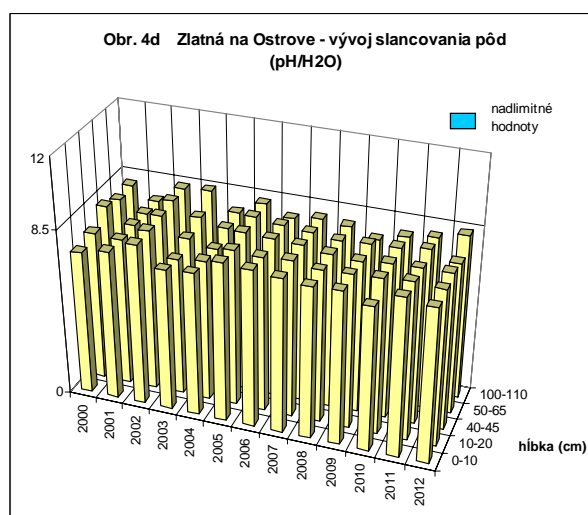
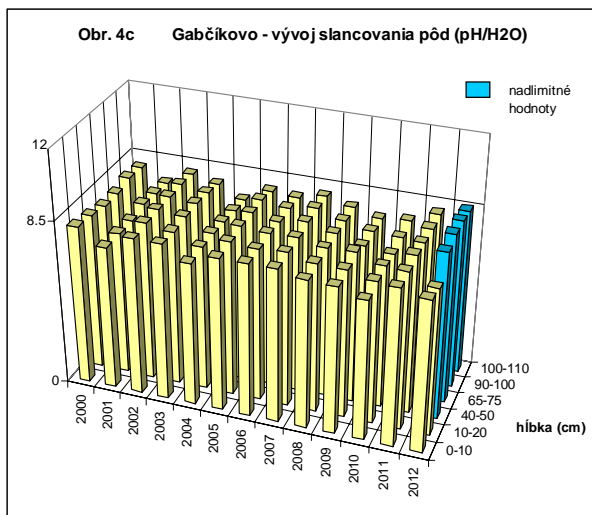
Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	Obsah výmenného sodíka (%)												
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Iža 400180	Akpc	0-10	0,3	0,7	0,8	1,2	2,0	0,8	0,9	1,9	1,5	1,3	2,2	0,9	9,6
	Akpc	15-25	1,0	1,3	1,1	2,5	2,0	1,1	1,1	2,7	1,4	1,6	3,1	1,2	13,0
	Amčc	30-40	1,6	1,7	1,6	2,9	3,0	1,9	1,3	3,9	1,7	3,0	2,4	1,2	3,0
	CGo	55-65	3,4	3,4	3,4	8,7	5,2	2,8	4,4	10,0	5,4	7,7	7,5	2,2	4,0
	CGo(Bn)	75-85	4,8	4,4	6,7	9,8	7,6	4,5	6,1	10,8	8,0	9,5	8,5	3,0	7,8
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10	-	0,7	0,4	1,0	1,2	0,4	0,5	1,4	0,8	0,9	4,0	3,6	4,9
	Akpc	10-20	1,2	0,9	0,8	1,6	1,1	0,6	0,6	1,3	0,5	0,6	2,1	2,4	4,8
	A/CGo(Bn)	40-50	2,2	1,6	1,8	2,9	3,6	2,2	1,1	2,1	1,6	5,7	2,9	1,9	2,0
	CGro(Bn)	65-75 90-	3,6	3,4	3,9	5,4	6,7	4	3,7	4,7	3,1	8,1	3,9	6,1	10,0
	CGr(Bn)	100- 100- 110	4,5	4,7	5,2	6,6	6,8	6,6	5,0	6,6	5,2	7,7	6,3	5,2	4,9
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	-	0,9	0,7	1,9	1,5	0,9	1,7	2,6	2,3	2,4	4,4	56,1	27,4
	Amčc	10-20	1,7	1,1	0,9	1,8	1,6	1,2	1,2	4,4	3,3	4,1	3,4	4,5	-
	A/CGo	40-45	3,8	1,1	5,2	7,7	6,9	4,6	6,2	10,5	7,1	4,3	6,8	8,4	-
	CGroc(Bn)	50-65 100- 110	7,3	8,2	9,5	10,6	10,0	7,5	7,9	14,5	9,7	7,6	9,5	10,1	22,9
	CGroc(Bn)	110	10,1	9,7	9,9	13,7	10,1	10,6	9,7	16,1	12,2	11,1	11,9	13,4	23,4
Komárno - Hadovce 400178	Akpc	0-10	-	0,7	0,8	0,8	3,2	2,9	0,5	2,0	1,0	0,4	6,1	3,9	3,3
	Akpc	10-20	3,0	0,8	1,3	1,9	3,0	4	1,0	3,4	1,1	1,2	5,3	3,9	1,5
	A/CGoc(Bn)	40-50	7,3	7,3	5,3	7,6	8,8	8,8	2,4	10,1	3,8	9,7	9,4	5,0	1,4
	CGoc(Bn)	55-60	7,9	8,7	6,8	9,7	11,4	9,6	4,2	10,2	7,5	10,4	10,3	6,6	8,6
	CGoc(Bn)	70-80 100- 110	6,9	8,2	6,8	9,5	12,3	10,6	6,1	11,0	8,4	10,5	9,6	9,7	10,0
Zemné 400179	Akpc	0-10	8,9	0,6	1,8	4,7	2,9	1,7	2,0	3,6	2,5	3,3	2,7	4,1	12,2
	A/CGoc(Bn)	10-20	4,4	0,8	2,6	5,5	4,8	2,7	4,3	6,1	3,9	2,7	4,7	3,2	1,4
	CGroc(Bn)	35-45	6,9	1,8	6,0	7,0	6,1	6	8,7	9,6	8,5	8,4	8,3	5,7	2,0
	CGroc(Bn)	55-65 90- 100	9,3	3,7	7,2	8,0	7,8	8,3	9,5	10,6	9,9	10,0	9,5	9,4	1,8
	CGroc(Bn)	100	9,7	3,6	7,2	7,9	8,6	8,6	8,5	10,6	8,9	8,2	8,4	8,9	2,4
Kamenín 400138	Ame	0-10	25,1	9,8	52,0	36,2	48,1	42,9	8,0	9,7	6,6	12,6	27,7	50,1	9,3
	Ame	10-20	20,1	12,4	51,6	-	65,5	48,6	7,5	-	8,0	12,8	24,1	47,9	9,7
	Ame	20-30	26,9	10,1	57,0	-	72,6	44,3	6,2	15,6	7,3	13,0	21,0	33,0	9,4
	Ame	40-50	8,0	12,1	59,1	-	73,2	36,4	8,9	-	9,3	13,1	17,8	25,0	2,1
	Bn	60-70	14,7	9,1	53,5	66,4	69,5	54,4	11,4	-	15,1	13,2	27,9	12,5	2,4
	Bn	80-90	-	6,3	58,8	-	69,9	51,4	10,8	6,9	11,1	13,0	44,0	34,1	3,1
Malé Raškovce 400229	Bn	0-10	8,8	3,7	1,3	2,6	8,8	7,2	0,5	5,3	4,7	3,5	9,79	31,2	3,8
	Akp	20-30	-	-	5,2	7,1	39,5	28,5	2,1	9,6	4,9	9,1	13,3	30,3	5,5
	Akp	35-45	14	6,7	9,7	13,7	50,4	31	3,0	2,3	7,1	10,0	23,7	-	9,9
	Aoe	50-60	-	-	16,4	23,5	53,9	38,2	4,8	4,9	7,9	11,2	31,9	-	21,0
	Bn	70-80 120- 130	-	-	24,8	-	49,4	31,9	7,1	6,0	11,5	18,9	36,9	57,0	25,1
Žiar nad Hronom 400063	AoGo	0-10	-	22,9	75,6	-	46,3	16,5	-	-	-	13,1	33,6	49,6	24,1
	AoGo	10-20	-	-	-	-	11,8	16,4	-	-	-	12,8	38,2	8,9	6,9
	AoGo	20-30	-	19,3	77,2	-	47,9	22	-	-	-	13,2	-	15,0	0,9
	Gro	30-45	-	10,0	82,9	-	47,4	23,8	-	-	-	13,1	-	26,4	1,4
	Gro	55-65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,1	28,8	38,9	1,4
	Gro	70-85	-	-	76,8	-	47,4	51,9	54,2	-	-	13,0	17,2	38,8	3,7

Poznámka: údaje vyznačené tučne signalizujú prítomnosť solných procesov

Tab. 7 Vývoj sodifikácie – pH/H₂O

Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	pH/H ₂ O (%)												
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Iža 400180	Akpc	0-10	8,1	7,5	8,1	8,0	7,3	7,8	7,9	7,9	7,3	7,7	7,4	7,6	8,2
	Akpc	15-25	8,3	7,4	8,2	8,1	7,2	7,9	7,9	8,1	7,4	7,7	7,4	7,5	8,2
	Amčc	30-40	8,3	7,6	8,3	8,2	7,4	8,1	7,9	8,1	7,4	7,7	7,3	7,5	8,1
	CGo	55-65	9,0	7,6	8,6	8,7	7,3	8,1	8,2	8,6	7,7	7,9	8,2	7,7	7,8
	CGo(Bn)	75-85	9,2	7,5	8,9	8,8	7,3	8,2	8,3	8,6	7,8	7,9	8,4	7,8	7,7
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10	8,2	7,4	8,1	8,1	7,4	7,9	7,9	7,9	7,6	7,6	7,2	8,1	8,0
	Akpc	10-20	8,1	7,4	8,2	8,0	7,5	8,0	7,9	8,0	7,7	7,7	7,4	8,1	8,0
	A/CGo(Bn)	40-50	7,9	7,4	8,2	8,1	7,5	8,1	8,0	8,0	7,8	7,8	7,4	8,2	8,0
	CGro(Bn)	65-75 90-	7,9	7,6	8,2	8,1	7,4	8,1	7,9	8,1	7,8	7,4	7,2	8,1	8,0
	CGr(Bn)	100 100-	8,1	7,5	8,2	8,0	7,3	8,1	7,9	8,1	7,7	7,5	7,4	8,1	8,0
Akpc	110	8,0	7,4	8,1	7,8	7,2	7,9	7,8	8,1	7,8	7,4	7,6	8,2	7,8	
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	7,3	7,6	8,2	7,2	7,3	8,1	8,0	7,9	7,7	7,8	7,3	8,0	7,6
	Amčc	10-20	7,6	7,5	8,2	7,0	7,2	8,0	7,9	8,0	7,8	7,8	7,9	8,0	8,6
	A/CGo	40-45	8,3	7,6	8,3	7,4	7,1	8,2	8,1	8,0	7,9	7,8	7,9	8,0	8,8
	CGroc(Bn)	50-65 100-	8,0	7,5	8,4	7,8	7,5	8,3	8,1	8,0	7,9	7,9	8,0	8,2	8,7
CGroc(Bn)	110	8,1	7,5	8,4	8,5	7,6	8,3	7,8	8,0	7,9	7,5	7,8	8,1	8,6	
Komárno - Hadovce 400178	Akpc	0-10	8,3	7,3	8,2	7,0	7,2	8,1	8,0	7,9	7,4	7,5	7,4	7,9	7,8
	Akpc	10-20	8,5	7,3	8,2	7,0	7,2	8,1	8,0	7,8	7,5	7,5	7,2	8,1	7,9
	A/CGoc(Bn)	40-50	8,0	7,5	8,1	8,2	7,3	8,2	8,0	7,9	7,6	7,7	7,4	7,5	8,0
	CGoc(Bn)	55-60	8,0	7,5	8,2	8,3	7,4	8,3	8,0	7,7	7,7	7,8	7,3	8,2	7,7
	CGoc(Bn)	70-80 100-	7,8	7,2	8,3	8,2	7,4	8,3	8,2	7,9	7,8	7,7	7,4	8,0	8,4
Akpc	110	7,8	7,2	8,3	8,1	7,1	8,5	8,1	8,0	7,7	7,4	7,4	8,1	8,6	
Zemné 400179	Akpc	0-10	7,5	7,4	8,0	8,0	6,8	7,8	7,9	7,8	7,5	7,5	7,2	7,5	8,8
	A/CGoc(Bn)	10-20	7,9	7,4	8,1	8,1	7,0	7,8	7,9	8,0	7,7	7,6	7,3	7,6	8,0
	CGroc(Bn)	35-45	8,0	7,5	8,2	8,1	7,0	8,1	7,9	8,0	7,9	7,7	7,6	7,7	7,6
	CGroc(Bn)	55-65 90-	8,0	7,6	8,2	8,3	7,1	8,0	7,8	8,1	7,9	7,7	7,8	7,5	8,0
CGroc(Bn)	100	8,0	7,7	8,2	8,4	6,1	8,0	7,8	8,1	7,7	7,6	7,2	7,3	8,0	
Kamenín 400138	Ame	0-10	7,9	7,5	8,4	8,2	7,8	7,8	7,8	8,3	8,0	7,7	8,0	9,3	7,9
	Ame	10-20	10,4	8,0	8,7	8,4	8,9	8,3	7,9	9,0	9,3	8,5	8,1	9,2	7,9
	Ame	20-30	10,6	8,8	9,0	9,9	9,3	8,8	7,9	9,3	9,4	8,4	8,3	10,0	7,8
	Ame	40-50	10,5	9,4	9,3	10,0	9,4	9,0	8,0	9,4	9,4	8,6	8,6	9,9	7,8
	Bn	60-70	-	9,3	9,2	9,8	9,2	8,8	8,0	9,1	9,0	8,4	8,2	9,6	7,9
Bn	80-90	10,3	9,7	9,7	9,6	9,1	8,8	8,2	8,6	8,8	8,5	9,1	9,4	7,9	
Malé Raškovce 400229	Bn	0-10	6,6	7,1	7,6	7,4	6,3	7,6	6,9	6,0	6,8	6,6	7,0	9,0	8,0
	Akp	20-30	-	-	8,2	8,0	9,2	7,7	6,9	6,6	6,9	5,7	7,3	9,0	7,5
	Akp	35-45	7,2	7,3	8,2	8,2	9,1	8,1	6,9	6,9	7,3	6,7	7,8	9,4	7,8
	Aoe	50-60	-	-	7,8	8,0	9,0	8,2	7,3	8,1	7,6	7,9	8,1	9,6	8,6
	Bn	70-80 120-	-	-	8,6	8,7	8,9	8,4	7,7	8,2	8,0	7,7	7,9	9,6	8,6
Bn	130	-	-	8,0	8,2	8,6	8,6	7,5	8,1	8,3	7,9	7,9	9,2	8,7	
Žiar nad Hronom 400063	AoGo	0-10	7,0	9,9	9,3	10,1	9,0	9,4	8,7	9,1	9,1	8,6	7,8	8,5	8,7
	AoGo	10-20	-	-	-	-	9,3	9,6	8,8	9,2	9,0	8,6	8,3	7,1	7,9
	AoGo	20-30	-	9,6	9,1	10,2	9,5	9,5	9,0	9,1	8,9	8,3	8,5	7,6	7,8
	Gro	30-45	7,0	9,5	9,9	9,9	9,6	9,5	8,6	9,3	9,1	8,0	8,2	8,4	7,9
Gro	55-65	-	-	10,0	9,8	9,6	9,3	8,6	9,2	8,6	7,6	8,2	9,1	7,7	

Poznámka: údaje vyznačené tučne signalizujú prítomnosť soľných procesov



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

Veľmi silná alkalická pôdna reakcia ($\text{pH} > 8,5$) potvrdzuje už prítomnosť nadbytku iónov sodíka (Na^+) a je charakteristická pre pôdy lokalít Kamenín a Žiar nad Hronom.

Z uvedených údajov vývoja salinizácie a sodifikácie (Tab.4 - 7, Obr. 1 - 4) vidieť, že celkový vývoj soľných pôd nie je v priestore a čase lineárny. Namerané hlavné charakteristiky vývoja soľných pôd (obsah solí, ECe, pH, ESP) sú v jednotlivých pôdach a horizontoch v čase a v priestore značne rozdielne a vzájomne málo korelujúce. To vyplýva jednak z ich veľkej priestorovej variability, jednak z vlastného charakteru vývoja.

Chemické zloženie podzemných vôd

Chemické zloženie mineralizovaných podzemných vôd, ktoré je hlavným zdrojom vzniku a rozvoja soľných pôd sme ako podporné analýzy v roku 2012 realizovali len na lokalitách Iža, Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce, kde sú vybudované viacúčelové hydrogeologické sondy, umožňujúce odber vzoriek podzemnej vody a meranie hĺbky jej hladiny.

Výsledky získané v roku 2012 (tabuľka 8) 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 sódovej salinizácie.

Z hľadiska hodnôt EC je riziko vzniku a rozvoja soľných pôd pomerne nízke a kritická hranica 200 mS.m^{-1} bola prekročená len na lokalite Komárno-Hadovce. Celkový obsah solí (RL_2) presiahol rizikovú hodnotu 1000 mg.l^{-1} na lokalitách Komárno-Hadovce a Zlatná na Ostrove, teda v dolnej časti Žitného ostrova.

Tab. 8 Chemické vlastnosti podzemných vôd významné pre vznik a vývoj soľných pôd v roku 2012

Lokalita	mesiac merania	pH	EC	RL_1	RL_2	CO_3^-	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	SAR
			mS.m^{-1}											
Iža 400180	V	8.1	232	903	642	<3,0	460	102	341	109	64	120	1.5	2.3
	IX	7.7	118	981	703	<3,0	519	112	310	152	59	102	1.7	1.8
Zemné 400179	V	8.2	60	402	273	<3,0	330	23	63	95	17	15	0.7	0.4
	IX	7.6	60	547	373	<3,0	367	33	119	137	19	17	1.1	0.4
Gabčíkovo 400176	V	7.6	110	940	651	<3,0	286	55	470	173	46	11	1.9	0.2
	IX	7.5	68	704	460	<3,0	230	36	243	140	32	9	1.9	0.2
Zlatná na Ostrove 400177	V	7.7	174	1104	854	<3,0	649	104	478	109	50	263	1.9	5.2
	IX	7.9	149	1242	1061	<3,0	610	116	391	146	49	226	2.2	4.1
Komárno-Hadovce 400178	V	7.8	203	1430	991	<3,0	641	152	734	166	100	252	2.4	3.8
	IX	7.4	171	1501	1228	<3,0	746	143	491	184	82	211	3.0	3.3

Zhodnotenie výsledkov

Pre rok 2012 je tak isto ako pre celé monitorovacie obdobie charakteristická veľká priestorová a horizontálna variabilita nameraných hodnôt, ako aj nepravidelný výskyt extrémnych hodnôt jednotlivých sledovaných ukazovateľov.

Na monitorovanom území súčasne prebieha proces salinizácie aj proces sodifikácie, pričom sodifikácia je výraznejšia a dominantná. Významne to potvrdzujú hodnoty ESP nad 10 % namerané v slabo slancových pôdach. Opakovane sme tu zaznamenali zreteľnú zmenu slabo slancovej pôdy na slancovú resp. zmenu prvého stupňa sodifikácie na jeho stredný stupeň.

Z hľadiska rizikovosti vzniku, rozširovania a rozvoja solných pôd, charakterizovaného chemickým zložením podzemných vôd je takéto riziko najreálnejšie na dolnej časti Žitného ostrova v úseku Zlatná na Ostrove – Komárno. Svedčia o tom vyššie hodnoty elektrickej vodivosti a vysoká mineralizácia podzemných vôd.

Literatúra

- Fulajtár, E., 1996: prognóza zasoľovania pôd Podunajskej roviny. VÚPU, Bratislava
Hraško, J. a kol., 1962: Rozbory pôd. Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, Bratislava
Sotáková, S., a kol., 1988: Návody na cvičenie z pôdoznanectva, Príroda, Bratislava
Valla, M., a kol., 1983: Cvičení z půdoznalství II., SPN, Praha.

6.2 Kontaminácia pôd

6.2.1 Hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja kontaminácie pôd v základnej sieti

V roku 2012 boli spracované a analyzované pôdne vzorky odobraté v 4. odberovom cykle (rok odberu 2007). V decembri 2012 boli ukončené chemické analýzy monitorovaných pôd pre skupiny (TTP aj OP).

Nakoľko v 4. odberovom cykle (rok odberu 2007) sa prvý krát analyzujú skupiny pôd podľa súčasne platnej legislatívy (Zákon 220/2004), nie je zatiaľ možné zhodnotiť stav prírastku – úbytku emisnej (difúznej) kontaminácie pre konkrétnu monitorovanú sondu.

Materiál a metódy

V monitoringu pôd SR bol sledovaný obsah rizikových prvkov rozkladom lúčavkou kráľovskou (pre As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn), pri ktorých boli vyhodnotené určené základné štatistické parametre (Xmin- minimálna hodnota, Xmax- maximálna hodnota, Xp- priemerná hodnota) za 4. odberový cyklus skupín monitorovaných pôd:

1. Fluvizeme a fluvizeme glejové na karbonátových fluviálnych sedimentoch (prevažne OP) – **S19**
2. Fluvizeme a fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch (prevažne OP) – **S20**

Dosiahnuté výsledky

Obsahy určených rizikových prvkov pre hodnotené lokality za sledované obdobie sú uvedené v tab. 2-4.

Tab. 1 Základné ukazovatele znečistenia poľnohospodárskych pôd rizikovými prvkami stanovené v závislosti od pôdneho druhu a hodnoty pôdnej reakcie

Ukazovateľ znečistenia	Hodnota prípustného znečistenia rizikového prvku v mg.kg ⁻¹ suchej hmoty				
	Limitné hodnoty			Kritické hodnoty	
Rizikové prvky	Hg stanovená ako celkový obsah, ostatné ťažké kovy po rozklade v lúčavke kráľovskej a fluór (F) po rozklade tavením s NaOH			Extrakt 1 mol.dm ⁻³ NH ₄ NO ₃ Extrakcia vodou	
	piesočnatá, hlinito-piesočnatá pôda	piesočnato-hlinitá, hlinitá pôda	ílovito-hlinitá, ílovitá pôda, íl		
Arzén (As)	10	25	30	0,4	
Kadmium (Cd)	0,4	0,7 (0,4)*	1 (0,7)*	0,1	
Kobalt (Co)	15	15	20		
Chróm (Cr)	50	70	90		
Meď (Cu)	30	60	70	1	
Ortuť (Hg)	0,15	0,5	0,75		
Nikel (Ni)	40	50 (40)*	60 (50)*	1,5	
Olovo (Pb)	25 (70)*	70	115 (70)**	0,1	
Selén (Se)	0,25	0,4	0,6		
Zinok (Zn)	100	150 (100)*	200 (150)*	2	
Fluor (F)	400	550	600		5

* ak pH(KCl) je menšie ako 6

** ak pH(KCl) je menšie ako 5

Poznámka: Uvedené údaje platia pre pôdne vzorky získané na orných pôdach z hornej vrstvy hrúbky 0,2 m vysušenej na vzduchu do konštantnej hmotnosti.

Vyhodnotenie súčasného hygienického stavu ČMS - pôda pre analyzované skupiny pôd za 4. odberový cyklus (odber v roku 2007) tab.2-4

Tab. 2 Zastúpenie As, Cd, Co (v mg.kg⁻¹ v lúčavke kráľovskej) vo vybraných pôdach v 4. odberovom cykle (rok odberu 2007)

Skupina	Kultúra	Hĺbka odberu	As			Cd			Co		
			Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp
S19	OP	0-10	5,7	35,4	13,9	0,2	1,1	0,34	2,0	16,5	9,1
		20-30	12,1	19,3	15,7	0,3	0,3	0,3	8,9	9,7	9,3
		35-45	2,6	45,0	12,8	0,10	0,85	0,25	2,0	19,2	8,21
S20	OP	0-10	2,5	34,6	9,8	0,08	9,9	0,86	2,0	19,40	10,12
		20-30	1,4	21,0	11,2	0,1	1,7	0,4	2,0	17,6	7,6
		35-45	2,3	33,8	9,4	0,05	9,89	0,66	2,0	27,90	10,91

Tab. 3 Zastúpenie Cr, Cu, Ni (v mg.kg⁻¹ v lúčavke kráľovskej) vo vybraných pôdach v 4. odberovom cykle (rok odberu 2007)

Skupina	Kultúra	Hĺbka odberu	Cr			Cu			Ni		
			Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp
S19	OP	0-10	5,0	155	33,5	12,2	131	33,79	21,7	52,1	36,2
		20-30	20,1	27,6	23,9	20,7	60,3	40,5	25,6	44,4	35,0
		35-45	5,0	67,7	23,86	5,1	148,0	31,92	11,8	59,1	33,3
S20	OP	0-10	5,0	135	45,5	5,58	136	33,5	5,3	66,4	37,3
		20-30	7,5	125	62,0	3,0	50,0	22,4	8,7	61,4	33,7
		35-45	6,86	78,20	41,71	4,04	137,0	32,45	5,4	92,4	41,2

Tab. 4 Zastúpenie Pb, Zn, (v mg.kg⁻¹ v lúčavke kráľovskej) Hg v mg.kg⁻¹ vo vybraných pôdach v 4. odberovom cykle (rok odberu 2007)

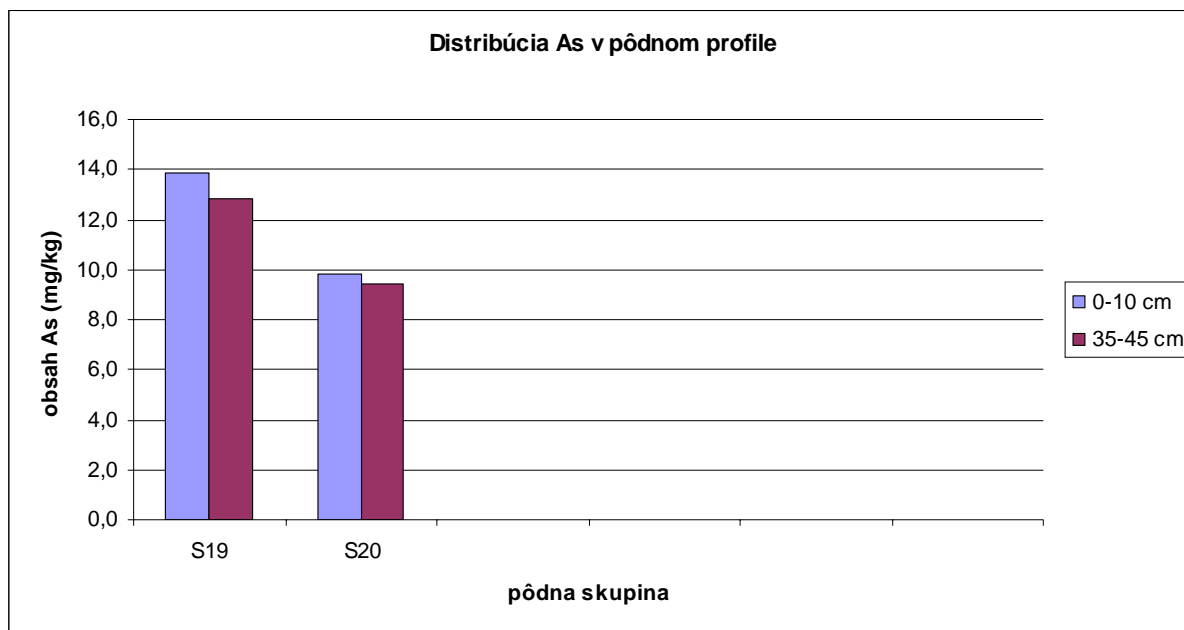
Skupina	Kultúra	Hĺbka odberu	Pb			Zn			Hg		
			Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp
S19	OP	0-10	7,0	105	22,4	44,5	252	91,6	0,026	1,01	0,194
		20-30	13,1	30,3	21,7	68,9	86,0	77,5	0,1	0,8	0,4
		35-45	7,0	107,0	19,1	24,1	204,0	75,5	0,02	0,92	0,147
S20	OP	0-10	9,1	1238	72,0	52,8	1191	140,7	0,05	0,5350	0,1043
		20-30	8,4	27,9	16,0	68,2	182,0	100,9	0,04	0,21	0,08
		35-45	7,0	1941	90,8	41,5	1340,0	146	0,028	0,548	0,080

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

Porovnanie vývoja obsahu ťažkých kovov v pôdnom profile pre hodnotené jednotlivé skupiny pôd
Arzén

Obsah arzénu pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 35-45 cm je obsah arzénu nižší ako vo vrchnom profile.

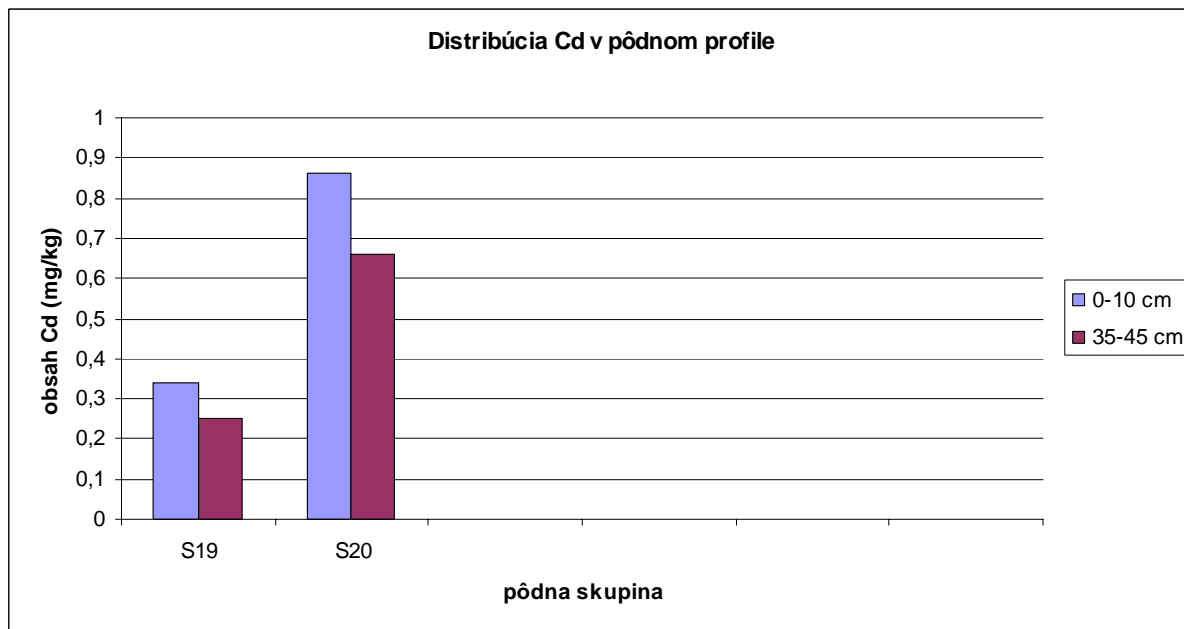
Obr. 1 Porovnanie distribúcie As v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Kadmium

Obsah kadmia pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 35-45 cm sa nachádza menší obsah kadmia ako vo vrchnom profile.

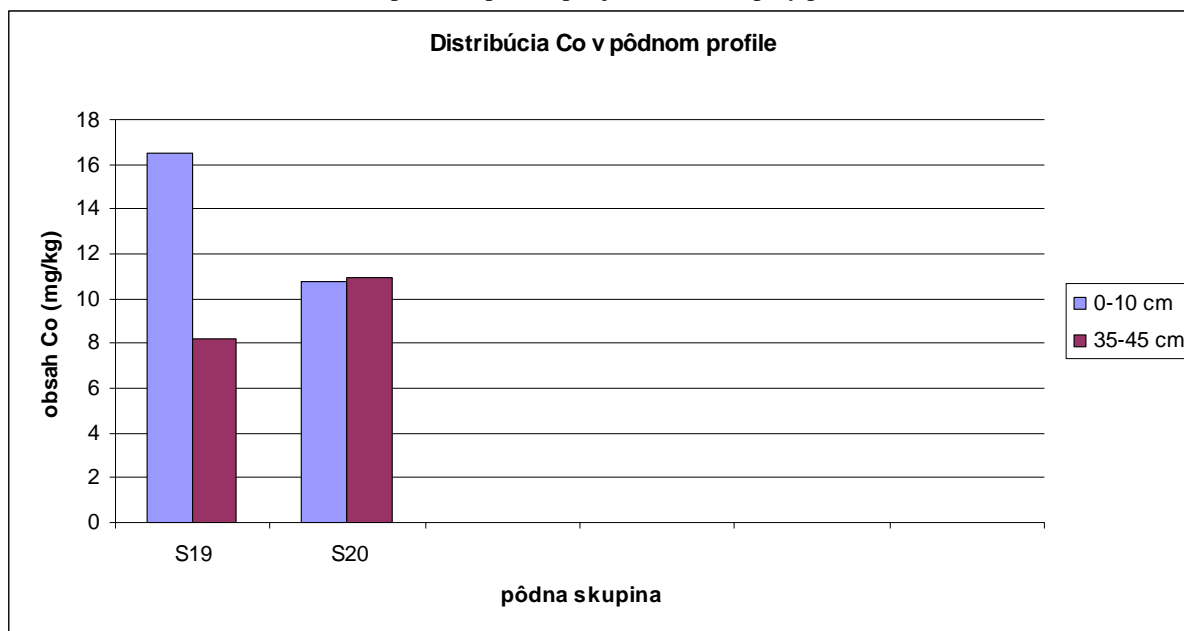
Obr. 2 Porovnanie distribúcie Cd v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Kobalt

Obsah kobaltu pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 35-45 cm je nižší obsah kobaltu, v skupine S 20 je obsah približne rovnaký (obr. 3).

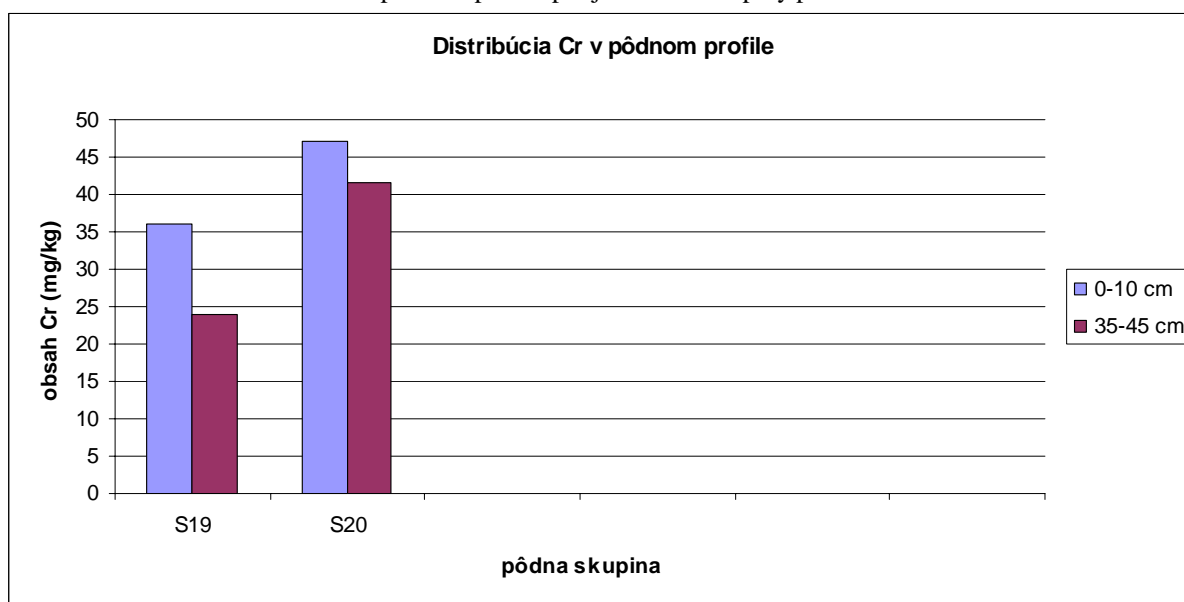
Obr. 3 Porovnanie distribúcie Co v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Chróm

Obsah chrómu pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 35-45 cm sa nachádza menší obsah chrómu ako vo vrchnom profile (obr. 4).

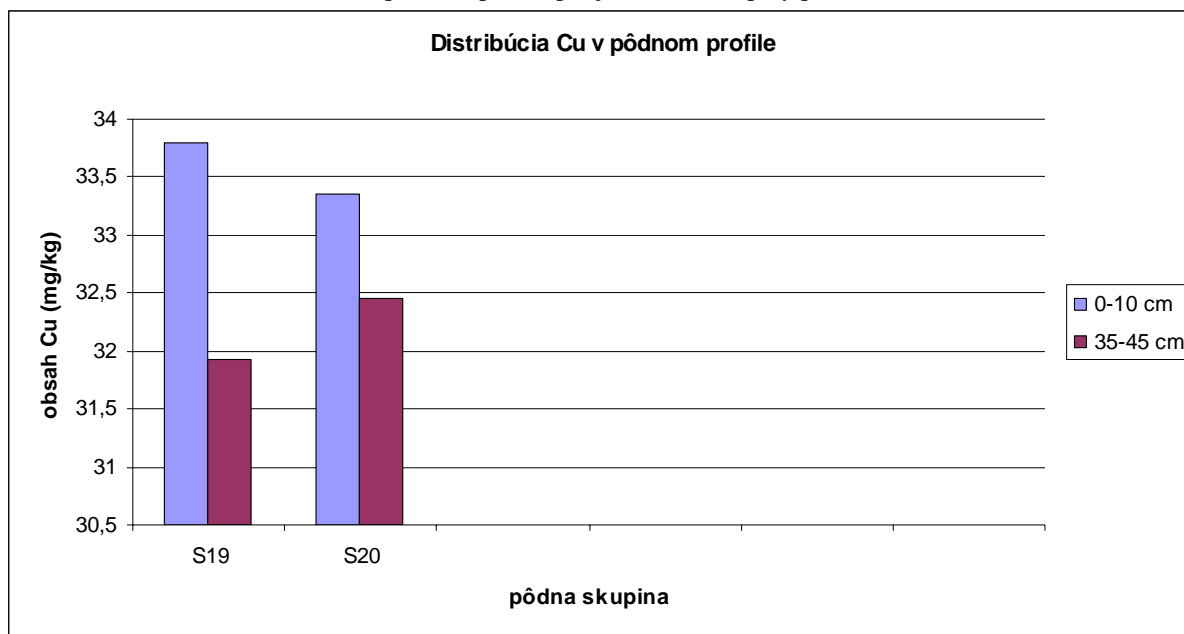
Obr. 4 Porovnanie distribúcie Cr v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Med'

Obsah medi pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 35-45 cm sa nachádza menší obsah medi ako vo vrchnom profile (obr. 5).

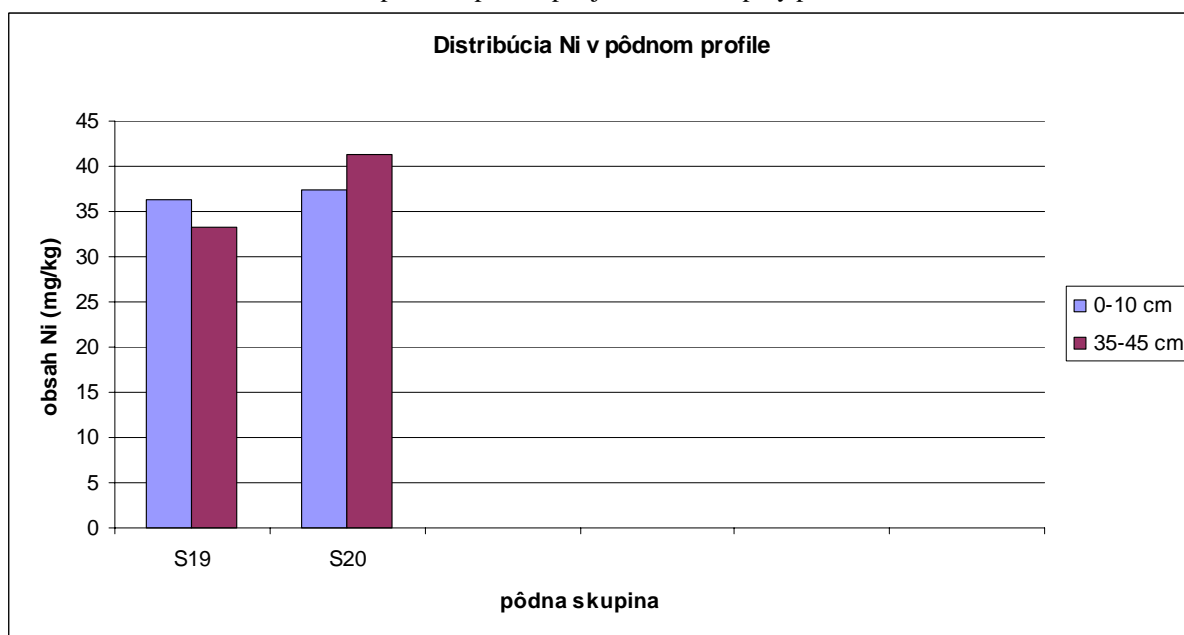
Obr. 5 Porovnanie distribúcie Cu v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Nikel

Obsah niklu je pre skupinu pôd S19 vyšší vo vrchnom profile a pre skupinu pôd S20 je v hĺbke 35-45 cm vyšší čo poukazuje na vertikálnu migráciu (obr. 6).

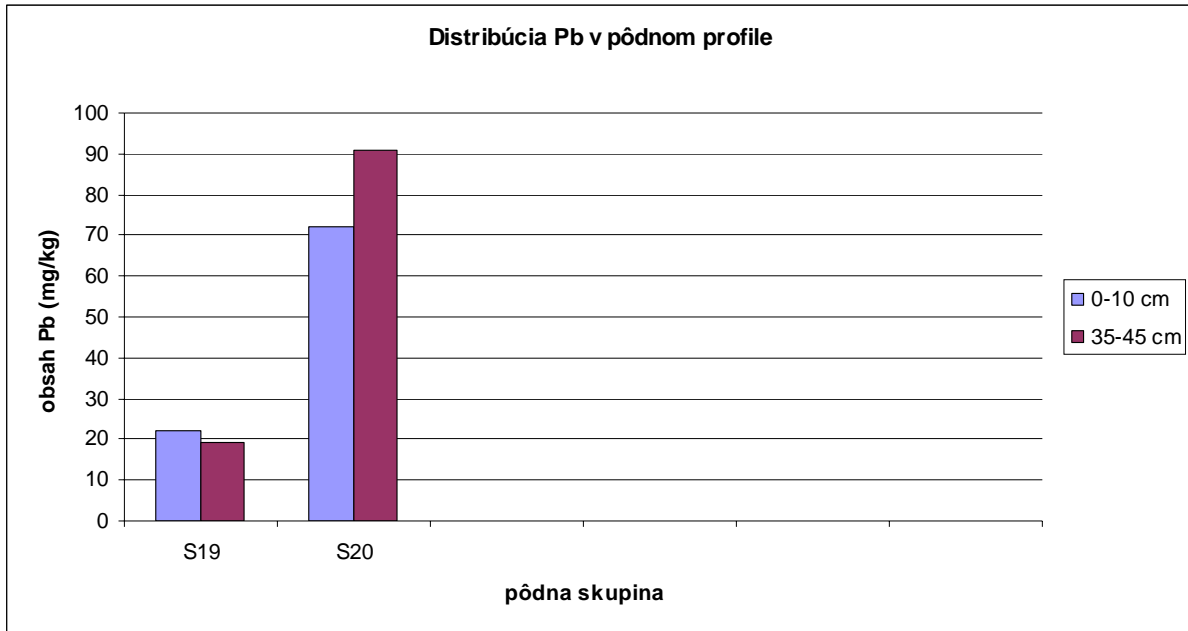
Obr. 6 Porovnanie distribúcie Ni v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Olovo

Obsah olova pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 35-45 cm je výrazne vyšší obsah olova pre S20 a pre skupinu pôd S 19 je mierne vyšší vo vrchnom profile 17(obr. 7).

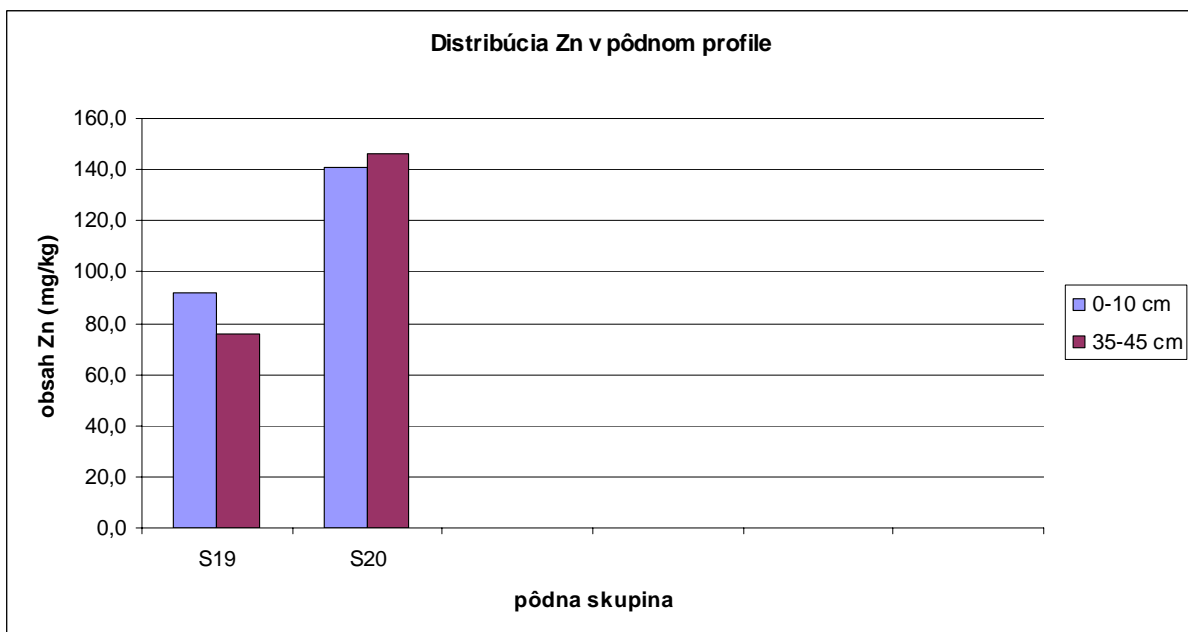
Obr. 7 Porovnanie distribúcie Pb v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Zinok

Obsah zinku pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 0-10cm sa nachádza o niečo vyšší obsah zinku ako v hĺbke 35-45 cm pre skupinu S19 a pre skupinu S20 je len o niečo vyšší v hĺbke 35-45 cm(obr. 8).

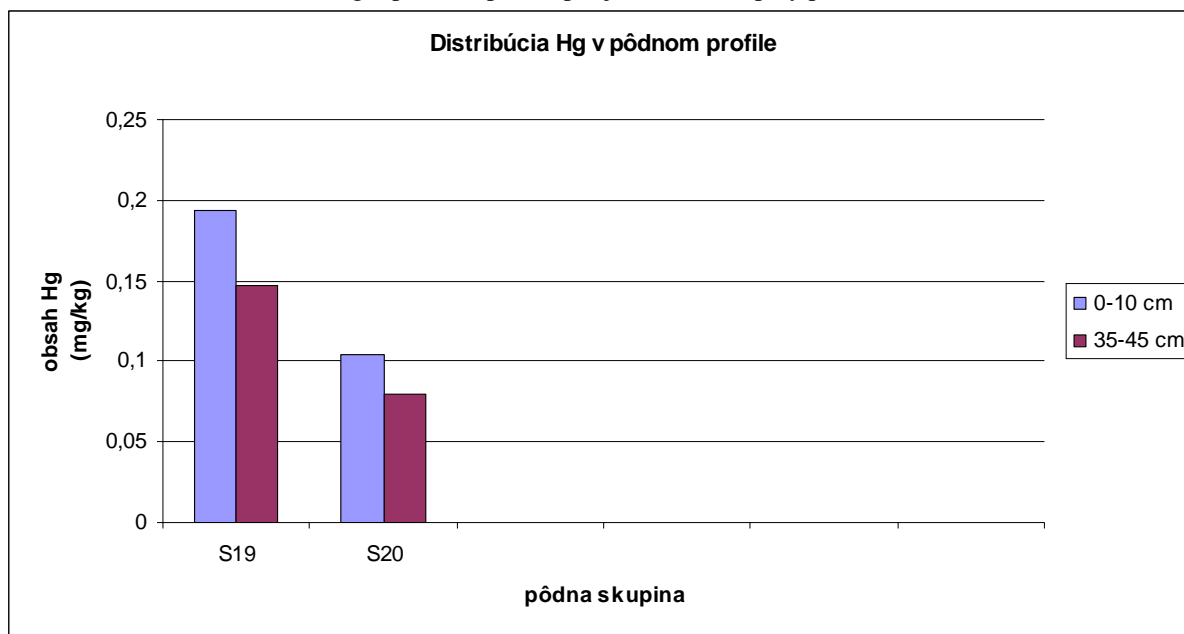
Obr. 8 Porovnanie distribúcie Zn v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Ortuť

Obsah ortuti pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 0-10cm sa nachádza výrazne vyšší obsah ortuti ako v hĺbke 35-45 cm (obr. 9).

Obr. 9 Porovnanie distribúcie Hg v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Zákon 220/2004 popisuje parameter vertikálnej distribúcie prvku v monitorovaných pôdných sondách z hľadiska hodnotenia hygienického stavu pôdneho fondu.

Pretože v 4. odberovom cykle (rok odberu 2007) sa prvý krát analyzujú skupiny pôd podľa súčasne platnej legislatívy (Zákon 220/2004), nie je zatiaľ možné zhodnotiť stav prírastku – úbytku emisnej (difúznej) kontaminácie pre konkrétnu monitorovanú sondu.

6.2.2 Hodnotenie kontaminácie pôd na príklade kľúčových lokalít

V roku 2012 boli odobrané, spracované, analyzované a vyhodnotené pôdne vzorky kľúčových lokalít

Topoľníky (400 100), Dvorníky (400 023), Nacina Ves (400 223), zo Základnej siete ČMS – pôda.

Na týchto lokalitách je každoročne vyhodnocovaný obsah určených ťažkých kovov v pôdnom profile (v lúčavke kráľovskej).

Stručná charakteristika monitorovaných sond

Topoľníky (400 100) - na monitorovanom mieste je vyvinutá fluvizem kultizemná karbonátová na fluviaálnych sedimentoch.

Dvorníky (400 023) - na monitorovanom mieste je vyvinutá fluvizem kultizemná nekarbonátová na fluviaálnych sedimentoch. Pôdna sonda má prekročený hygienický limit v lúčavke kráľovskej pre Cd, Cu, Pb a Zn

Nacina Ves (400 223) - na monitorovanom mieste je vyvinutá fluvizem glejová nekarbonátová na fluviaálnych sedimentoch.

V monitorovanom systéme ČMS - pôda bol vyhodnotený vývojový trend hygienického stavu pôd pre obsah rizikových prvkov As, Cd, Co, Cr Cu, Ni, Pb, Zn (v lúčavke kráľovskej) na určených kľúčových lokalitách za rok 2012.

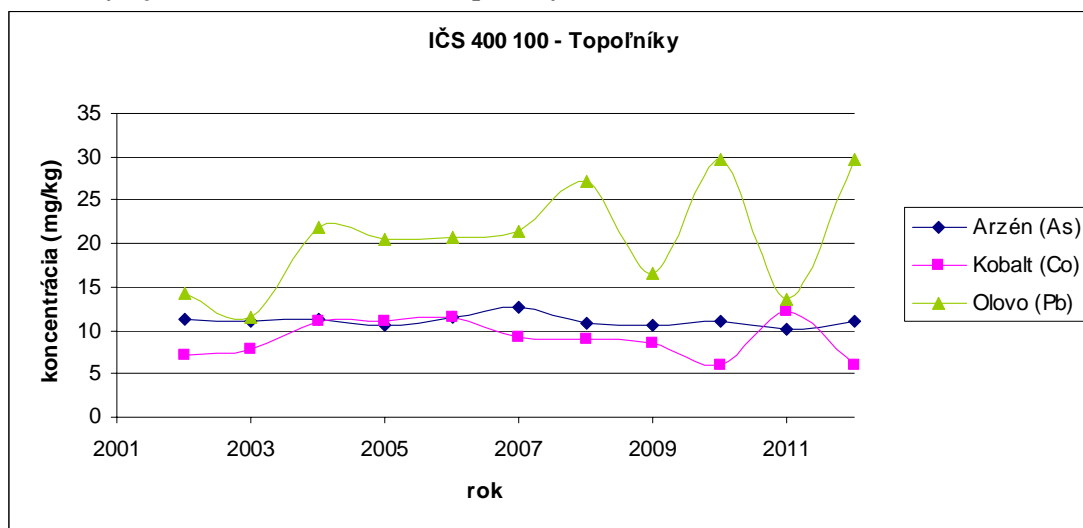
Vyhodnotenie vybraných kľúčových lokalít za rok 2012

Vo vybranej kľúčovej lokalite Topoľníky sme sledovali zmenu obsahu určených rizikových prvkov v hĺbke odberu 0-10cm a v hĺbke 35-45 cm za časové obdobie 2002 až 2012 v lúčavke kráľovskej. Stanovili sme priemernú (Xp), minimálnu (Xmin) a maximálnu hodnotu (Xmax) obsahu rizikového prvku a koeficient variácie za sledované obdobie 2002 – 2011

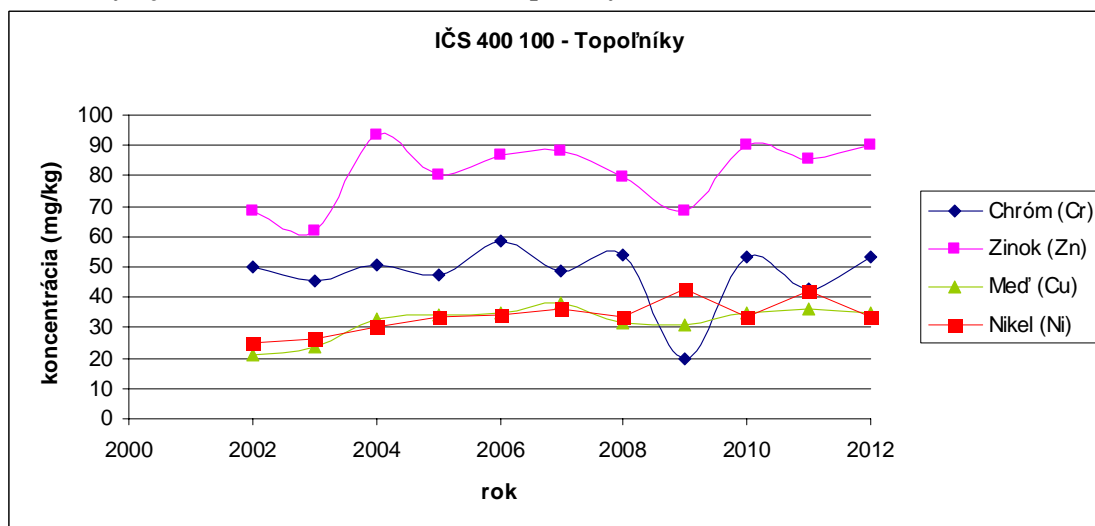
Tab. 5 Základná popisná štatistika na lokalite Topoľníky 400 336 za roky 2002 – 2012

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,69	0,10	2,15	10,16	5,23	5,53	6,30	10,49
Priemerný obsah	11,10	0,30	9,02	47,54	32,17	33,74	20,61	81,16
Koeficient variability %	6,17	33,33	23,82	21,37	16,26	16,40	30,56	12,92
Minimálna hodnota	10,10	0,15	6,09	19,90	21,10	25,00	11,50	61,95
Maximálna hodnota	12,77	0,41	12,10	58,37	37,99	42,60	29,60	93,52

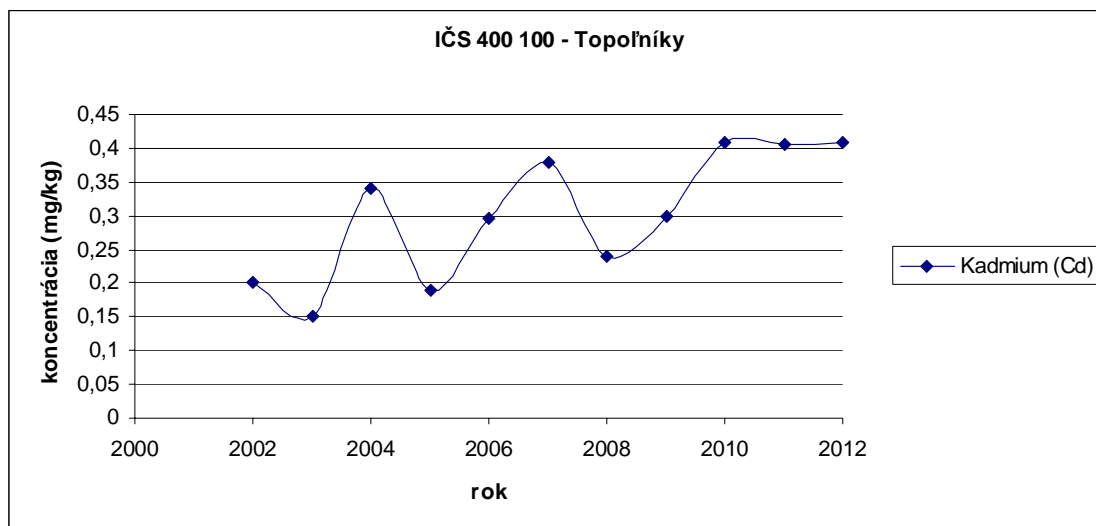
Obr. 9 Vývoj As, Co, Pb na lokalite – Topoľníky



Obr. 10 Vývoj Cr, Zn, Cu, Ni na lokalite – Topoľníky



Obr. 11 Vývoj Cd na lokalite – Topoľníky

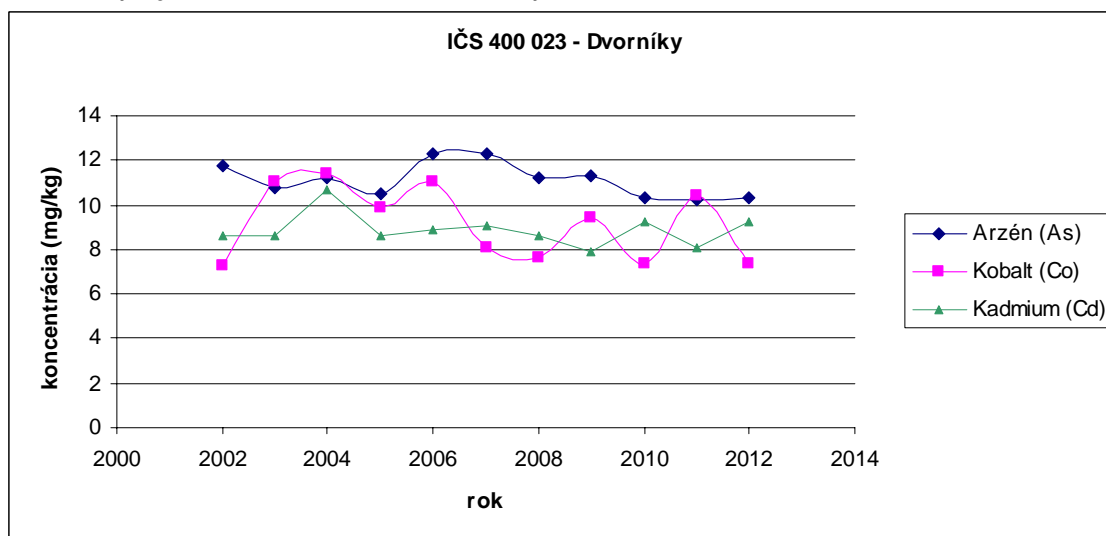


Vo vybranej kľúčovej lokalite Dvorníky sme sledovali zmenu obsahu určených rizikových prvkov v hĺbke odberu 0-10cm a v hĺbke 35-45 cm za časové obdobie 2002 až 2012 v lúčavke kráľovskej. Stanovili sme priemernú (X_p), minimálnu (X_{min}) a maximálnu hodnotu (X_{max}) obsahu rizikového prvku a koeficient variácie za sledované obdobie 2002 – 2012

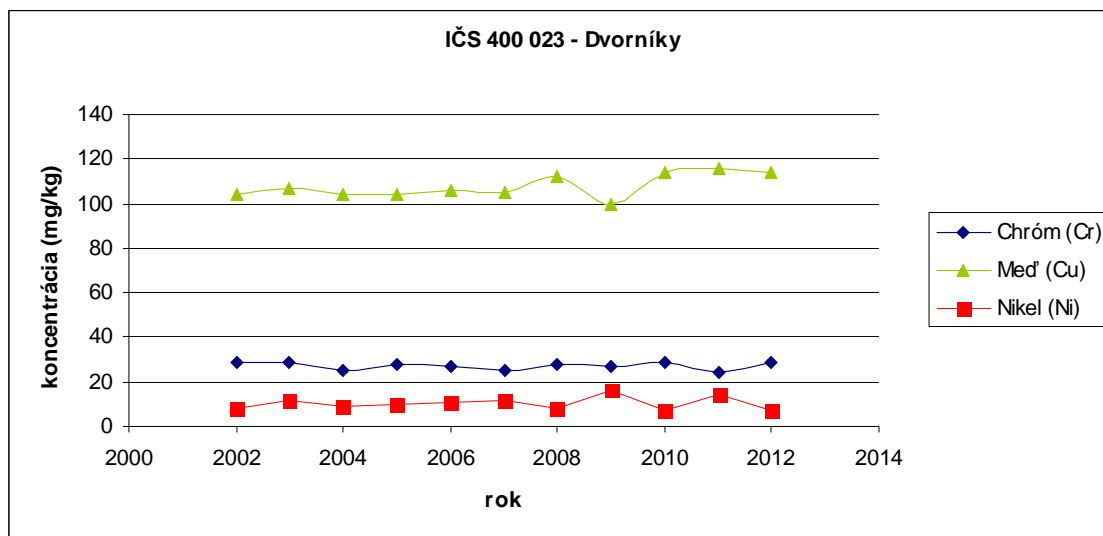
Tab. 6 Základná popisná štatistika na lokalite Dvorníky 400 337 za roky 2002 – 2012

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,77	0,73	1,69	1,75	5,20	2,88	81,44	82,54
Priemerný obsah	11,10	8,87	9,16	27,13	107,87	10,45	1140,82	1123,51
Koeficient variability %	6,93	8,22	18,45	6,43	4,82	27,59	7,14	7,35
Minimálna hodnota	10,20	7,90	7,25	24,30	100,00	7,21	996,00	906,00
Maximálna hodnota	12,27	10,67	11,43	28,70	116,00	16,30	1277,41	1233,93

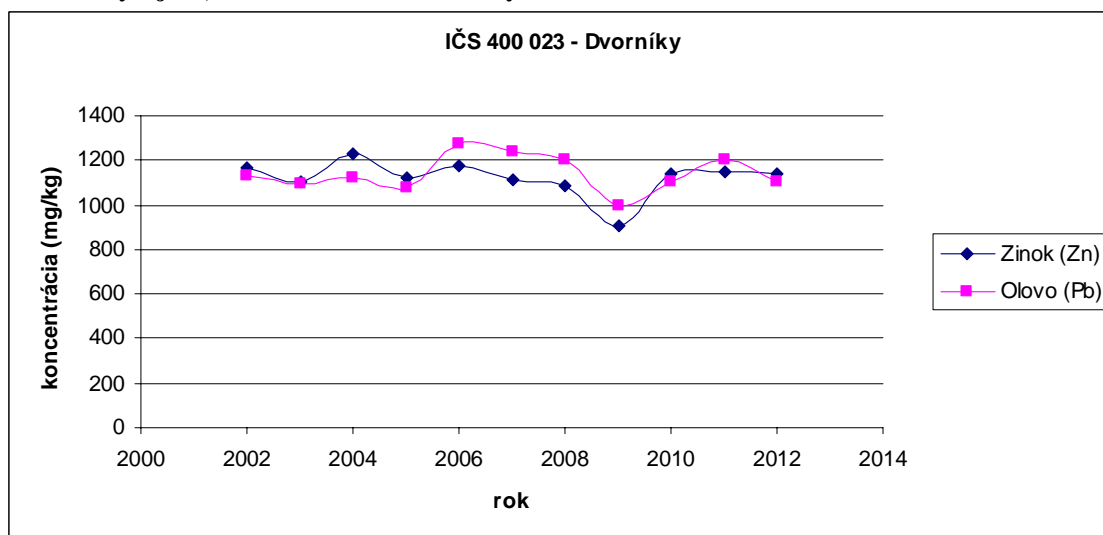
Obr. 12 Vývoj As, Co, Cd na lokalite Dvorníky



Obr. 13 Vývoj Cr, Cu, Ni na lokalite Dvorníky



Obr. 14 Vývoj Pb, Zn na lokalite – Dvorníky

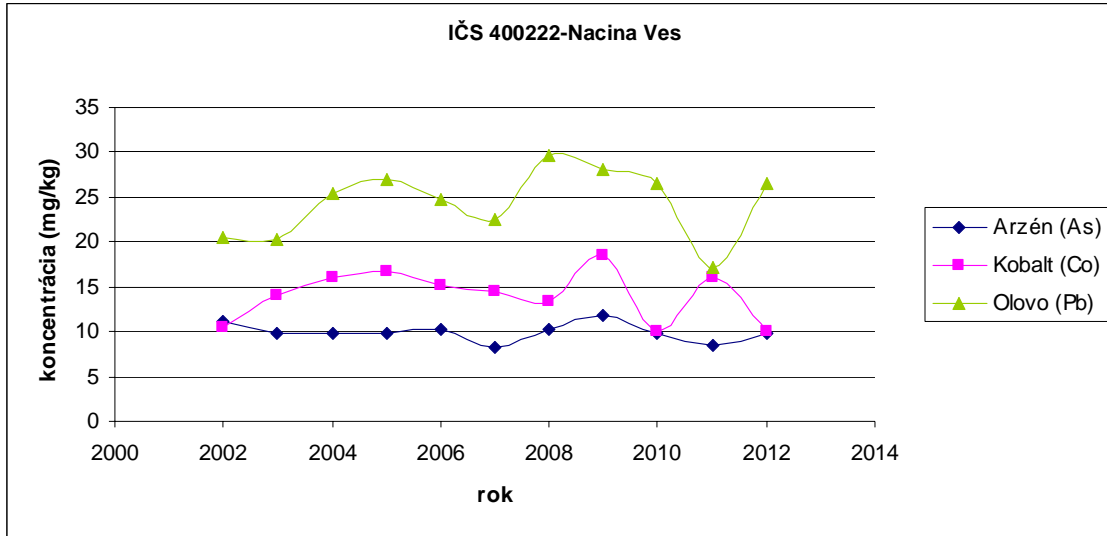


Vo vybranej kľúčovej lokalite Dvorníky sme sledovali zmenu obsahu určených rizikových prvkov v hĺbke odberu 0-10cm a v hĺbke 35-45 cm za časové obdobie 2002 až 2012 v lúčavke kráľovskej. Stanovili sme priemernú (X_p), minimálnu (X_{min}) a maximálnu hodnotu (X_{max}) obsahu rizikového prvku a koeficient variácie za sledované obdobie 2002 – 2012.

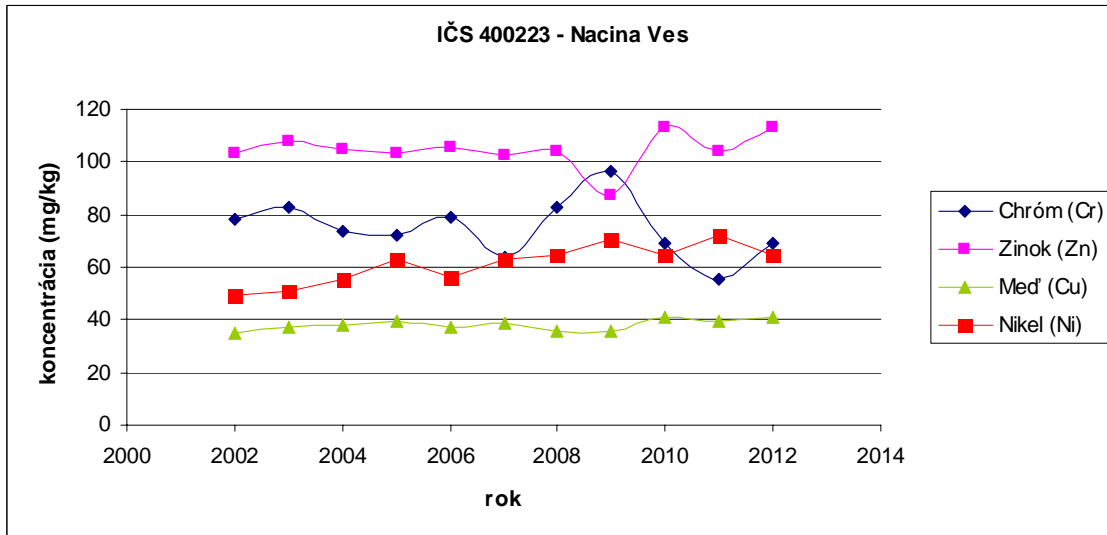
Tab.7 Základná popisná štatistika na lokalite Nacina Ves 400 322 za roky 2002 – 2012

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	1,01	0,15	2,83	10,94	2,08	7,33	3,81	6,80
Priemerný obsah	9,93	0,40	14,11	74,74	38,09	61,35	24,36	104,45
Koeficient variability %	10,17	38,62	20,03	14,64	5,46	11,95	15,61	6,51
Minimálna hodnota	8,28	0,20	10,10	55,50	35,10	49,70	17,10	87,30
Maximálna hodnota	11,18	0,63	18,40	96,60	40,90	72,10	29,57	113,00

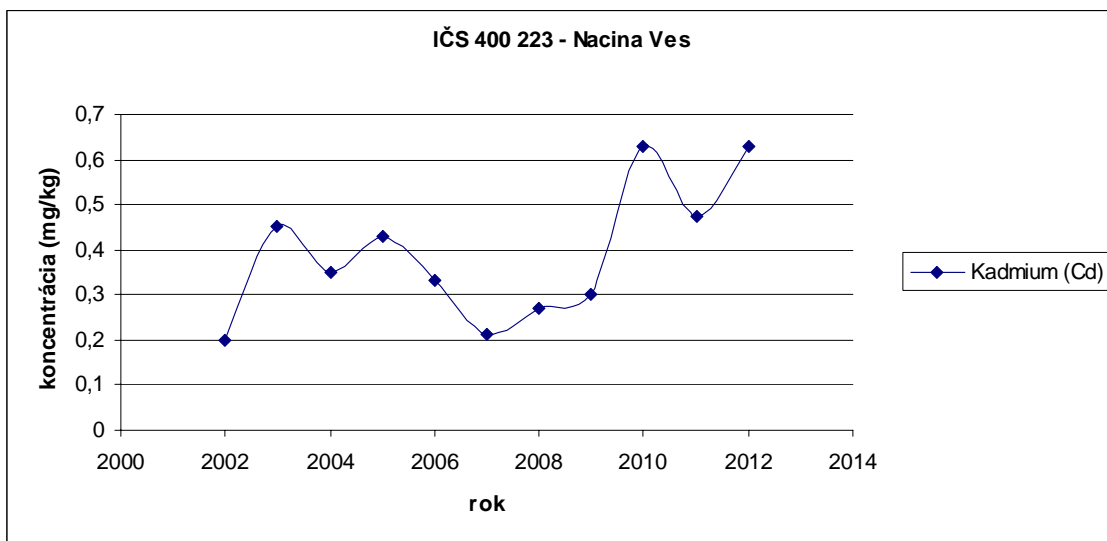
Obr. 15 Vývoj As, Co, Pb na lokalite – Nacina Ves



Obr. 16 Vývoj Cr, Zn, Cu, Ni na lokalite Nacina Ves



Obr. 17 Vývoj Cd na lokalite – Nacina Ves



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

- nerovnomerný heterogénny výskyt rizikového prvku v pôdnom profile
- odľahlá hodnota stanovenia

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

Záver

Kľúčové lokality sú súčasťou základnej monitorovacej siete a hodnotené rizikové prvky z hľadiska možnej kontaminácie pôd vo vybraných sondách sú informáciou o potenciálnom hygienickom poškodení.

Z nameraných výsledkov (tab. č. 5-7 a obr. 9-17) je možné konštatovať, že na analyzovaných kľúčových lokalitách nedochádza k štatisticky významnému posunu hygienického stavu, či k prekročeniu limitných hodnôt z hľadiska kontaminácie podľa Zákona 220/2004 .

Literatúra

MP SR 2004. Zákon 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy.

6.3 Obsah makro- a mikroelementov

6.3.1 Makroelementy

V tejto časti hodnotíme aktuálny stav a vývoj makroelementov – prístupných živín P, K, Mg v monitorovacej sieti poľnohospodárskych pôd Slovenska. V prvých troch cykloch monitorovania pôd sme prístupný fosfor stanovovali podľa Egnera, prístupný draslík podľa Schachtschabela a prístupný horčík podľa Mehlicha II (tento sme začali monitorovať len od 2. cyklu). V štvrtom monitorovacom cykle sme prístupný fosfor, draslík a horčík začali stanovovať podľa Mehlicha III. Kvôli porovnaniu zmien v obsahu v obsahu prístupných živín P, K, Mg bolo preto potrebné urobiť prepočet na základe už zistených regresných rovníc pre každý makroelement separátne, ako už bolo publikované v predchádzajúcej práci (Kobza, Gáborík, 2008).

V tab. 1 je uvedené základné štatistické vyhodnotenie obsahu základných makroelementov (podľa Mehlicha III.) vo vybraných pôdach základnej monitorovacej siete pôd, ktoré sme analyzovali a hodnotili v roku 2012.

Tab. 1 Obsah makroelementov P,K,Mg (Mehlich III.) v ornici (0-10 cm) poľnohospodárskych pôd SR (4. monitorovací cyklus)

Pôdy	Druh pozemku	P (mg.kg ⁻¹)			K (mg.kg ⁻¹)			Mg (mg.kg ⁻¹)		
		X _{min}	X _{max}	X	X _{min}	X _{max}	X	X _{min}	X _{max}	X
FM na karb. fluv. sed.	OP	8,3	225,0	80,0	19,4	442,0	165,0	114,0	817,0	426,1
FM na nekarb. fluv. sed.	OP	9,1	206,0	77,0	28,6	257,0	160,5	61,1	946,0	380,2

FM – fluvizem, X_{min}. – minimálna hodnota, X_{max}. – maximálna hodnota, X – aritmetický priemer, OP – orná pôda

Fosfor

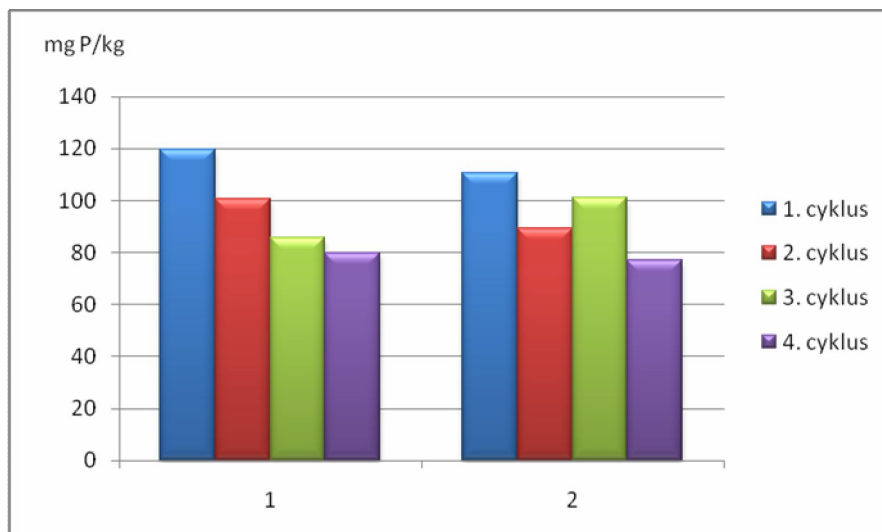
Obsah prístupného fosforu v pôde závisí hlavne od konkrétnej pôdy, pôdotvorného substrátu, ako aj spôsobu využívania. Obsah prístupného fosforu je dôležitým ukazovateľom stavu výživy rastlín. Jeho dôležitá a nezastupiteľná úloha v rastlinách spočíva v účasti na energetických a stavebných procesoch, ako je proces fotosyntézy, dýchania, metabolizmu cukrov a bielkovín. Obsah fosforu v pôdach je hlavne výsledkom intenzity hnojenia a vlastností pôd, pretože prirodzené zásoby tohto prvku v našich pôdach sú nízke. Pri prvom komplexnom pôdoznaleckom prieskume poľnohospodárskych pôd (1961 – 1970) bol obsah prístupného fosforu nízky, v ornici sa jeho obsah pohyboval v rozpätí 7,6 – 38,7 mg.kg⁻¹ (Kobza, Styk, 1997), priemerne 22,3 mg.kg⁻¹ (stanoveného prístupného fosforu podľa Egnera). V súčasnosti v rámci permanentného sledovania vlastností poľnohospodárskych pôd sme od 4. monitorovacieho cyklu (t.j. od roku 2007) začali hodnotiť obsah prístupného fosforu v pôdach podľa Mehlicha III. (túto formu fosforu analyzuje aj ÚKSUP v rámci ASP - agrochemického skúšania pôd). Prepočet obsahu prístupného fosforu podľa Egnera a Mehlicha III. je uvedený v publikácii Kobza a Gáborík, 2008.

Obsah prístupného fosforu sa v hodnotených pôdach pohybuje v rozpätí 8,3 – 225 mg.kg⁻¹, priemerne v rozpätí 77 – 80 mg.kg⁻¹, čo je obsah vyhovujúci pre prevládajúce zrnitostne stredne ťažké pôdy (Kobza, Gáborík, 2008). Nižšie hodnoty prístupného fosforu boli zistené s nižšou úrovňou kultivácie poľnohospodárskej výroby, najmä pod trvalými

trávnymi porastami (TTP), ako aj spustnutými pôdami, kde úroveň hnojenia bola aj v minulosti pomerne nízka.

Doterajší vývoj obsahu prístupného fosforu (podľa Mehlicha III.) vo vybraných poľnohospodárskych pôdach je znázornený na obr. 1.

Obr. 1 Vývoj obsahu prístupného P (Mehlich III.) v ornici poľnohospodárskych pôd



Vývoj obsahu prístupného fosforu má mierne klesajúci trend, čo súvisí so znižujúcimi sa dávkami fosforečných hnojív. Zistené rozdiely medzi 1. a 4. cyklom sú však štatisticky nepreukazné (tab. 2). Vyššie hodnoty obsahu prístupného fosforu na orných pôdach sú odrazom P-hnojenia, kde je obsah vyhovujúci, v niektorých prípadoch až vysoký.

Tab. 2 Hodnotenie preukaznosti rozdielov makroelementov (P, K, Mg) medzi 1. a 4. cyklom uvedených pôd pomocou F-testu

Pôdy F-test	1			2		
	P	K	Mg*	P	K	Mg*
Vypočít.	1,0 ⁻	2,17 ⁺	1,36 ⁻	1,5 ⁻	9,9 ⁺⁺	1,35 ⁻
P _{0,05}	2,1	2,0	2,3	2,1	2,1	3,9
P _{0,01}	2,8	2,7	3,4	2,8	2,8	4,9

1 – fluvizeme na karbonátových fluvialných sedimentoch, 2 – fluvizeme na nekarbonátových fluvialných sedimentoch, ⁻ - štatisticky nepreukazný rozdiel, ⁺ - štatisticky preukazný rozdiel, ⁺⁺ - štatisticky vysoko preukazný rozdiel, pri Mg – test medzi 2. a 4. cyklom (v 1. cykle nebol sledovaný)

Draslík

Draslík pozitívne vplýva na reguláciu vodného režimu v rastlinách a vytváranie priaznivého napätia (turgoru) v bunkách. Zúčastňuje sa a v mnohých prípadoch priamo aktivuje enzymatické reakcie prostredníctvom ktorých napomáha syntéze bielkovín, cukrov, tukov, škrobu a celulózy.

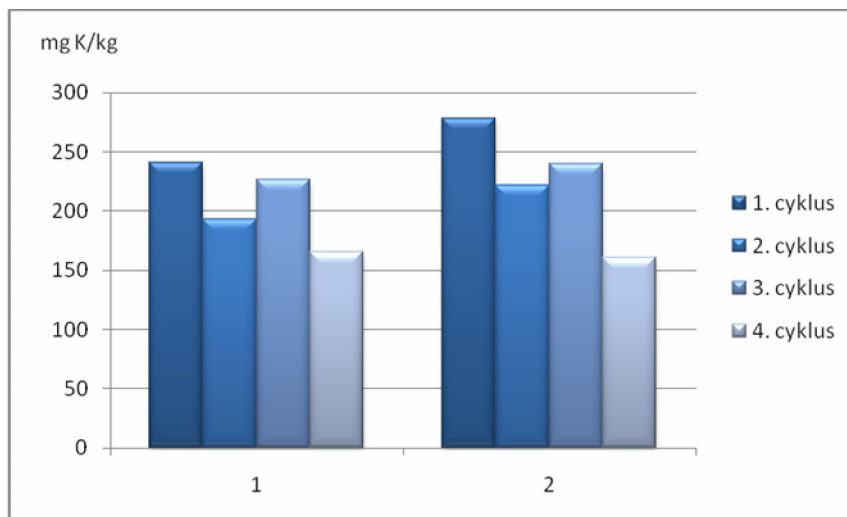
Zásobenosť našich pôd draslíkom je oproti fosforu lepšia, čo pramení z pomerne dobrých prirodzených zdrojov minerálneho zloženia pôdy. Zvetrávaním pôdotvornej horniny vznikajú druhotné silikáty, predovšetkým ílové minerály, ktoré zachytávajú podstatnú časť uvoľneného draslíka z primárnych horninových minerálov (Torma, 1999).

Obsah prístupného draslíka (Mehlich III.) sa v hodnotených pôdach pohybuje v rozpätí 19,4 – 442 mg.kg⁻¹, priemerne 160 – 165 mg.kg⁻¹ (tab. 1), čo je obsah vyhovujúci pre

prevažujúce stredne ťažké pôdy. Vyššie priemerné hodnoty obsahu prístupného draslíka boli zistené na intenzívne obhospodarovaných orných pôdach, ako vplyv draselného hnojenia.

Vývoj obsahu prístupného draslíka za posledné obdobie je znázornený na obr. 2.

Obr. 2 Vývoj obsahu prístupného K (Mehlich III.) v ornici poľnohospodárskych pôd



Vývoj prístupného draslíka je v hodnotených pôdach za posledné obdobie má klesajúcu tendenciu, zistený rozdiel medzi 1. a 4. monitorovacím cyklom je štatisticky preukazný (fluvizeme karbonátové) až vysoko preukazný (fluvizeme nekarbonátové). Poukazuje to na výrazne nižšiu úroveň draselného hnojenia v porovnaní so začiatkom monitorovania v roku 1993.

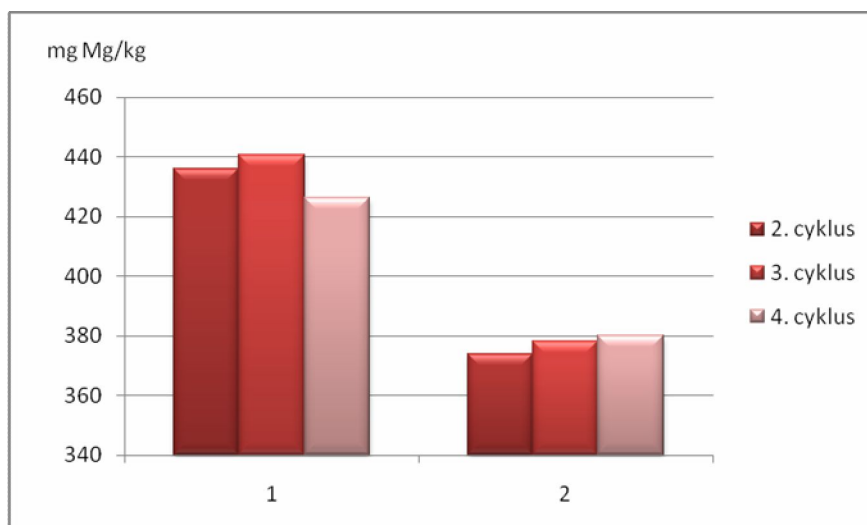
Horčík

Horčík má značný vplyv na kvalitu rastlinných produktov, má veľký význam pre tvorbu bielkovín. Nemenej dôležitý je jeho význam pre človeka. Konzumácia rastlinných produktov s dostatkom horčíka priaznivo vplýva voči tzv. „civilizačným chorobám“, t.j. choroby krvného obehu a rakovine.

Obsah horčíka v poľnohospodárskych pôdach Slovenska nie je deficitný, čo sme konštatovali už v predchádzajúcej práci (Kobza a kol., 2009). Hodnoty prístupného horčíka v hodnotených pôdach sa pohybujú v rozpätí 61,1 – 946 mg.kg⁻¹, priemerne v hodnotených pôdach sa pohybujú medzi 380 – 426 mg.kg⁻¹, čo je obsah veľmi vysoký (Kobza, Gáborík, 2008). Medzi 2. a 4. monitorovacím cyklom (Mg sa v 1. cykle nestanovoval) nebol zistený výraznejší rozdiel (štatisticky nepreukazný) v obsahu prístupného horčíka, čo dokumentuje prirodzene dobrú zásobu tohto prvku v našich pôdach, pretože Mg-hnojenie sa v súčasných podmienkach v praxi nepraktizuje.

Vývoj obsahu prístupného horčíka za posledné obdobie je znázornený na obr. 3.

Obr. 3 Vývoj obsahu prístupného Mg (Mehlich III.) v ornici poľnohospodárskych pôd



Obsah prístupného horčíka je za posledné obdobie v hodnotených pôdach pomerne vyrovnaný, čo je pre tento prvok charakteristické.

V období rokov 2010 – 2012 sme zistili aj pri ostatných pôdach zníženie obsahu prístupných živín (najmä fosforu a draslíka) v priemere o 10 – 30% v porovnaní so začiatkom monitorovania poľnohospodárskych pôd na Slovensku v roku 1993 (viď predchádzajúce správy Kobza a kol., 2010 a Kobza a kol. 2011).

6.3.2 Mikroelementy

Meď

Meď je jedným z dôležitých mikroelementov, ktorej nedostatok obmedzuje rast koreňov niektorých rastlín (najmä viniča) a spôsobuje chlorózu listov. Na nedostatok medi citlivo reaguje šalát a špenát, ale aj repa cviklová, cibuľa a struková zelenina (Demo a kol., 2002). Obsah mikroelementov v hodnotených pôdach je uvedený v tab. 3.

Tab. 3 Obsah mikroelementov Cu, Zn, Mn (DTPA) v ornici (0-10 cm) poľnohospodárskych pôd SR (4. monitorovací cyklus)

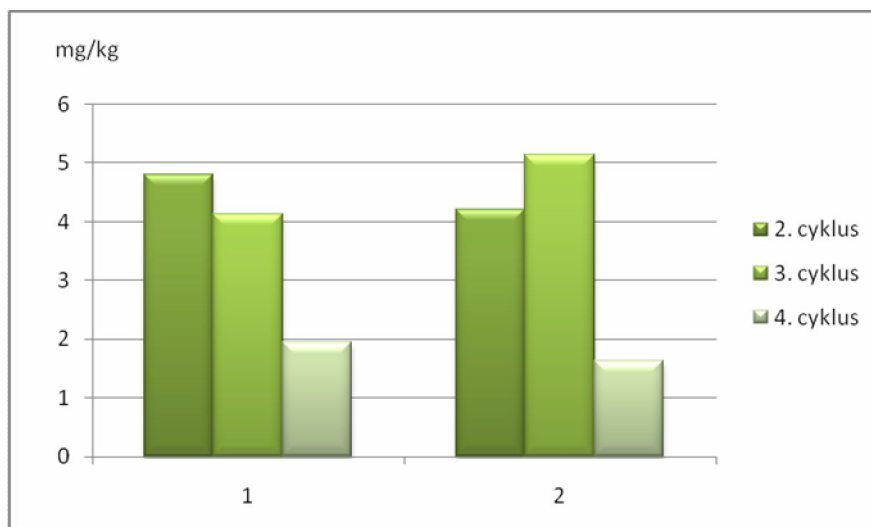
Pôdy	Druh pozemku	Cu (mg.kg ⁻¹)			Zn (mg.kg ⁻¹)			Mn (mg.kg ⁻¹)		
		Xmin	Xmax	X	Xmin	Xmax	X	Xmin	Xmax	X
FM na karb. fluv. sed.	OP	0,46	10,40	1,94	0,10	8,92	1,13	3,48	49,10	15,57
FM na nekarb. fluv. sed.	OP	0,02	9,45	1,64	0,22	46,90	3,22	7,55	73,50	32,05

FM – fluvizem, Xmin. – minimálna hodnota, Xmax. – maximálna hodnota, X – aritmetický priemer, OP – orná pôda

Obsah medi (v extrakte DTPA) sa v hodnotených pôdach pohybuje priemerne v rozpätí 1,64 – 1,94 mg.kg⁻¹, čo je obsah stredný, čo len potvrdzuje, že hodnotené pôdy nemajú deficit tejto mikroživiny.

Vývoj obsahu Cu v hodnotených pôdach je znázornený na obr. 4.

Obr. 4 Vývoj obsahu Cu (DTPA) v ornici poľnohospodárskych pôd



1 – FM na karbonátových fluvialných sedimentoch, 2 – FM na nekarbonátových fluvialných sedimentoch

V poslednom monitorovacom cykle sme zaznamenali výrazný pokles obsahu Cu, a to ako na karbonátových, tak aj na nekarbonátových fluvizemiach, pričom jej obsah v týchto pôdach stále nie je deficitný. Hodnotenie preukaznosti rozdielov medzi 2. a 4. monitorovacím cyklom je vysoko preukazný (tab. 4).

Tab. 4 Hodnotenie preukaznosti rozdielov mikroelementov (Cu, Zn, Mn) medzi 2. a 4. monitorovacím cyklom hodnotených pôd

Pôdy F-test	1			2		
	Cu	Zn	Mn	Cu	Zn	Mn
Vypočít.	4,7 ⁺⁺	4,26 ⁺⁺	1,26 ⁻	11,48 ⁺⁺	7,83 ⁺⁺	2,27 ⁺
P _{0,05}	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0
P _{0,01}	2,9	2,9	2,9	2,7	2,7	2,7

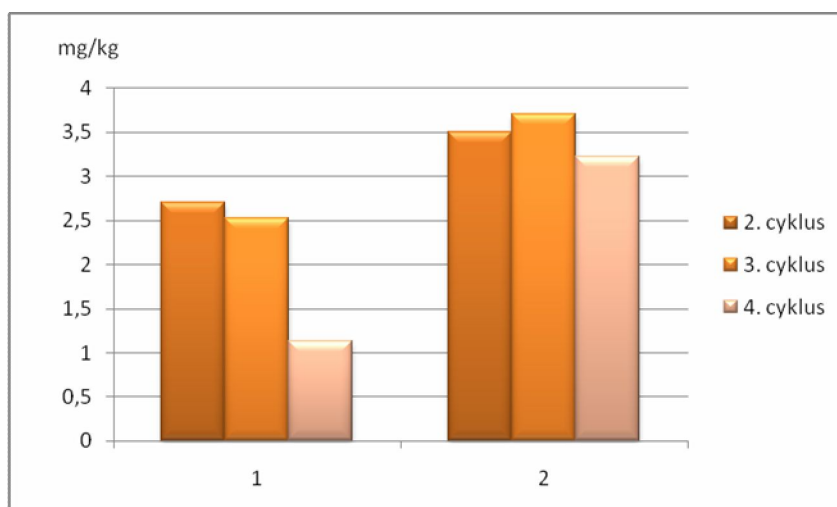
1 – fluvizeme na karbonátových fluvialných sedimentoch, 2 – fluvizeme na nekarbonátových fluvialných sedimentoch, ⁻ - štatisticky nepreukazný rozdiel, ⁺ - štatisticky preukazný rozdiel, ⁺⁺ - štatisticky vysoko preukazný rozdiel

Zinok

Zinok je aktivátorom a stabilizátorom enzýmov, riadiacich metabolizmus rastlín. Pri jeho nedostatku sa znižuje syntéza RNK, bielkovín, škrobu a je porušená tvorba chlorofylu (Fecenko, Ložek, 2000).

Obsah zinku (v extrakte DTPA) v hodnotených pôdach sa pohybuje priemerne v rozpätí 1,13 – 3,22 mg.kg⁻¹ (tab. 3), čo je obsah stredný až vysoký. Potvrdila sa dobrá zásobenosť našich pôd zinkom, čo sme už konštatovali aj v niektorých našich predchádzajúcich prácach (Kobza, Gáborík, 2008., Kobza a kol., 2009). Vývoj obsahu Zn v hodnotených pôdach je znázornený na obr. 5.

Obr. 5 Vývoj obsahu Zn (DTPA) v ornici poľnohospodárskych pôd



1 – FM na karbonátových fluvialných sedimentoch, 2 – FM na nekarbonátových fluvialných sedimentoch

Vývoj obsahu zinku je mierne variabilný, výraznejší pokles sme zaznamenali v poslednom monitorovacom cykle len pri karbonátových fluvizemiach s vysoko preukazným rozdielom (tab. 4). Podobne ako pri medi, ani pri zinku nezaznamenávame deficit tohto prvku v hodnotených pôdach.

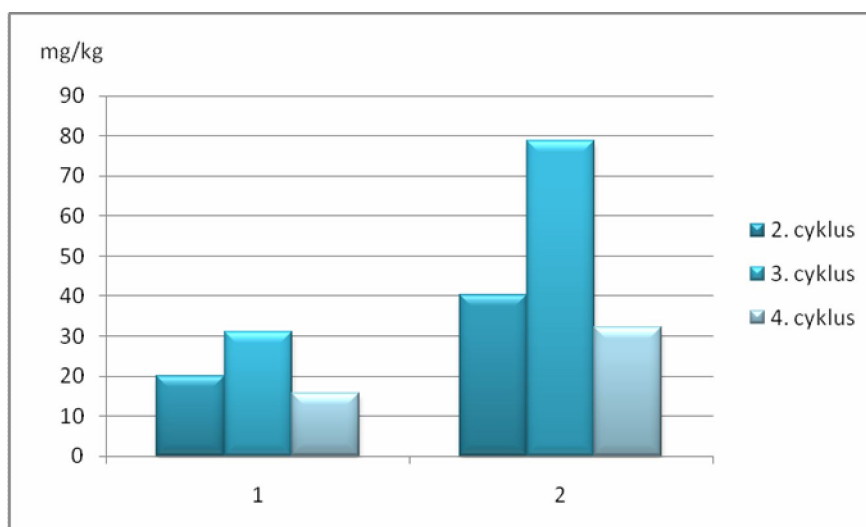
Mangán

Pôsobnosť mangánu v rastlinách je v aktivizovaní enzýmov, účasti pri fosforylačných reakciách a oxidačných a dekarboxilačných procesoch organických kyselín trikarbonátového cyklu. Je všeobecne známe, že mangánu je v našich pôdach relatívny dostatok. Prípadný nedostatok mangánu vzniká skôr nevhodnými stanovištnými podmienkami, ako jeho neprítomnosťou v pôde (Demo a kol., 2002).

Obsah mangánu sa v hodnotených pôdach pohybuje v rozpätí 15,57 – 32,05 mg.kg⁻¹ (tab. 3), čo je obsah stredný. Môžeme teda konštatovať, že podobne ako pri Cu a Zn, ani pri mangáne nevykazujeme jeho deficit v hodnotených, ale aj ostatných pôdach, čo sme potvrdili už aj v predchádzajúcej práci (Kobza a kol., 2009).

Vývoj obsahu mangánu v hodnotených pôdach za posledné obdobie je znázornený na obr. 6.

Obr. 6 Vývoj obsahu Mn (DTPA) v ornici poľnohospodárskych pôd



1 – FM na karbonátových fluviálnych sedimentoch, 2 – FM na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch

Vývoj obsahu v hodnotených pôdach počas posledného obdobia je značne variabilný, čo je pre tento prvok charakteristické a potvrdilo sa nám to aj pri iných pôdach (Kobza a kol., 2009). Prebieha skôr v smere jeho poklesu na rozdiel od jeho predchádzajúceho nárastu. Namerané hodnoty mangánu v doterajších cykloch sledovania sa však pohybujú prevažne v rozpätí 10 – 100 mg.kg⁻¹, čo predstavuje stále stredný obsah mangánu v pôdach.

V období rokov 2010 – 2012 v poľnohospodárskych pôdach zisťujeme stále prevažne stredný až vysoký obsah mikroelementov (Cu, Zn, Mn). Možno teda konštatovať, že v našich pôdach nevykazujeme deficit hodnotených mikroelementov v pôdach, čo sme už dokumentovali aj v predchádzajúcej práci (Kobza a kol., 2009), ako aj v predchádzajúcich správach monitoringu pôd za roky 2010 a 2011 (Kobza a kol. 2010, 2011). Z tohto pohľadu nevyvstáva v súčasnosti potreba vykonávať nejaké špeciálne regulačné opatrenia na zvýšenie obsahu mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach. Lokálne zvýšené hodnoty mikroelementov nachádzame v oblastiach vplyvu tzv. geochemických anomálií, resp. pri pestovaní niektorých špeciálnych plodín (napr. zvýšené hodnoty Cu v niektorých viniciach, ako výsledok vplyvu aplikácie meďnatých postrekov). Naopak, príp. lokálne deficity, prejavované určitými karenčnými poruchami poľných plodín je možné napraviť formou foliárneho postreku príslušnou mikroživinou, ako ekonomicky najpriateľnejší spôsob.

Literatúra

- Demo, M., Hričovský, I., Bielek, P., Fehér, A., Frančáková, H., Ginterová, A., Hanáčková, E., Hraška, Š., Hronský, Š., Húska, D., Jureková, Z., Landa, Z., Pospíšil, R., Reháč, Š., Rózová, Z., Sýkorová, Z., Valšíková, M. 2002. Trvalo udržateľné technológie v záhradníctve. SPU Nitra, 581 s.
- Fecenko, J., Ložek, O. 2000. Výživa a hnojenie poľných plodín. SPU Nitra a Duslo Šaľa, a.s., 2000, 442 s., ISBN 80-7137-777-5.
- Kobza, J., Styk, J. 1997. Phosphorus and potassium retrospective monitoring in main soils of Slovakia. Proceedings of SFRI Bratislava, 20/II., pp. 167-174.
- Kobza, J., Gáborík, Š. 2008. Súčasný stav a vývoj obsahu makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. VÚPOP Bratislava, 58 s., ISBN 978-80-89128-47-1.

- Kobza, J., Barančíková, G., Čumová, L., Dodok, R., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Náčiniaková-Bezáková, Z., Pálka, B., Pavlenda, P., Schlosserová, J., Styk, J., Širáň, M., Tóthová, G. 2009. Monitoring pôd SR. Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu. VÚPOP Bratislava, 2009, 200s., ISBN 978-80-89128-54-9.
- Torma, S. 1999. Draslík – dôležitá živina v pôde a v rastline. VÚPOP Bratislava, 1999, 72 s., ISBN 80-85361-51-5.

6.4 Hodnotenie vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdnej organickej hmoty

Jedným z najdôležitejších pôdnych parametrov je obsah a kvalita pôdnej organickej hmoty (POH). POH reprezentuje viac ako 95% celkového uhlíka akumulovaného v pastvinách a trvalých trávnych porastoch a takmer 100% celkového uhlíka akumulovaného v orných pôdach (Stolbovoy a Montanarella, 2008). POH je jedným z najdôležitejších parametrov pôdnej kvality, nakoľko vo veľkej miere ovplyvňuje všetky biologické, chemické ale aj fyzikálne pôdne procesy. Ovplyvňuje nielen úrodotvornú schopnosť pôdy, ale aj mimoprodukčné, predovšetkým environmentálne pôdne funkcie a je súčasťou všetkých minimálnych súborov indikátorov komplexne hodnotiacich kvalitu pôdy na základe pôdnych funkcií (Brejda a kol. 2000). V súčasnosti, v dôsledku klimatických zmien a intenzívnych zmien vo využívaní pôdy sa zásoba organického uhlíka v pôdach (POC) pomerne rýchlo mení a na komplexnú charakteristiku stavu POC sa zavádzajú tzv. Indikátory stavu pôdneho organického uhlíka – Soil Organic Carbon Status Indicators (SOCSI), ktoré sú kombináciou statických (maximálna, minimálna a aktuálna hodnota POC) a dynamických (rýchlosť zmien POC) pôdnych charakteristík (Stolbovoy a Montanarella, 2008). Hodnoty SOCSI na slovenských poľnohospodárskych pôdach sa dajú zistiť z výsledkov projektu Monitoring pôdy, ktorým sa od roku 1993 pravidelne monitoruje aj obsah a kvalita pôdnej organickej hmoty. Okrem základnej monitorovacej siete, kde sa obsah a kvalita POH monitoruje v 5-ročných intervaloch, na vybraných kľúčových lokalitách, ktoré charakterizujú hlavné pôdne typy poľnohospodárskych pôd Slovenska sa pôdna organická hmota monitoruje v pravidelných ročných intervaloch. Okrem základných kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov POH akými sú koncentrácia organického uhlíka (POC), celkového dusíka (Nt), ich vzájomný pomer (C/N) a frakčné zloženie humusu (pomer uhlíka humínových a fulvokyselín (Chk/Cfk) a optický parameter Q_6^4) sa v pravidelných intervaloch (v minulosti 3, v súčasnosti 5-ročných) izolujú aj humínové kyseliny (HK) a sledujú sa zmeny v ich chemickej štruktúre.

V predkladanej správe uvádzame výsledky predovšetkým statických charakteristík SOCSI (maximálna, minimálna a aktuálna hodnota POC), na základe ktorých sa však dajú odhadnúť aj ich dynamické parametre (rýchlosť zmien POC) na fluvizemiach karbonátových a nekarbonátových v základnej sieti a tiež na kľúčových lokalitách, ktoré zodpovedajú hodnoteným pôdnym skupinám. V správe je tiež uvedený vývoj kvalitatívnych parametrov POH (Chk/Cfk, Q_6^4) na hodnotených skupinách pôdnych typoch ako aj zmeny v chemickom zložení humínových kyselín na kľúčových lokalitách 100 (FM^c) a 223 Nacina Ves (FM).

Materiál a metódy

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

- 1 – Fluvizeme a fluvizeme glejové na karbonátových fluviaálnych sedimentoch predovšetkým na OP - FM^c
- 2 – Fluvizeme, fluvizeme glejové a gleje na nekarbonátových fluviaálnych sedimentoch predovšetkým na OP - FM

V základnej monitorovacej sieti bol obsah pôdneho organického uhlíka – POC, ako aj celkového dusíka Nt vo štvrtom monitorovacom cykle (odber v roku 2007) stanovený v hĺbkach: 0-10 a 35-45 cm. POC aj Nt boli stanovené na CN analyzátore (STN ISO 10694, Barančíková a kol., 2011). V hĺbke 0-10 cm bolo stanovené aj frakčné zloženie humusu podľa Kononovej a Beľčikovej (Barančíková a kol., 2011). Na hodnotenie kvality humusu boli

vybrané parametre - Chk/Cfk (pomer uhlíka humínových a fulvokyselín) a farebný kvocient Q_6^4 (pomer absorbancií meraných v roztoku humínových kyselín pri vlnových dĺžkach 465 a 650 nm). Obsah POC a Nt v orníčnom horizonte ako aj základné kvalitatívne parametre humusu boli stanovené aj na troch kľúčových lokalitách fluvizemí : Dvorníky (FM 023), Topoľníky (FM^c 100) a Nacina Ves (FM 223). Na kľúčových lokalitách FM^c 100 a FM 223 bola zrealizovaná aj izolácia humínových kyselín (HK) a stanovená detailná štruktúra HK na základe týchto parametrov: elementárne stanovenie uhlíka, dusíka, vodíka a kyslíka (CHN analýza), optický parameter $E_{6}^{1\%}$, karboxylová kyslosť HK a spektrá nukleárnej magnetickej rezonancie ¹³C NMR, z ktorých sa vypočítalo percentuálne zastúpenie aromatického (Car) a alifatického (Calif) uhlíka a stupeň aromaticity – α . Izolácia humínových kyselín ako aj metódy stanovenia všetkých sledovaných parametrov sú uvedené v Jednotných pracovných postupov rozborov pôd (Barančíková a kol.,2011).

Výsledky a diskusia

Hodnotenie súčasného stavu a vývojového trendu vybraných skupín základnej siete (porovnanie I. – IV. monitorovacieho cyklu)

Fluvizeme sú na Slovensku pomerne rozšírené, nakoľko zaberajú takmer 13% z celkovej plochy poľnohospodárskych pôd (Vilček, 2011). Nachádzajú sa na nivách riek, predovšetkým na Východoslovenskej a čiastočne aj Podunajskej nížine. Ich produkčný potenciál je v rozsahu 33 – 90 bodov (zo 100 bodovej stupnice), takže zahŕňajú ako vysoko produkčné tak aj menej produkčné pôdy (Bielek a kol. 1998). Priemerné hodnoty pôdneho organického uhlíka v orniciach oboch hodnotených pôdnych skupín fluvizemí na karbonátových FM^c (1,87% POC) i nekarbonátových FM (2,2 % POC) sedimentoch sú charakteristické pre väčšinu intenzívne obrábaných orných pôd, nakoľko priemerné hodnoty POC v ornici OP na Slovensku sa pohybujú v rozpätí 1 – 2.5 % (Barančíková, 2009). V podorníčnom horizonte sú hodnoty POC na fluvizemiach omnoho nižšie. Pri porovnaní hodnôt POC v orníčnom horizonte zatiaľ posledného monitorovacieho cyklu (2007) vidíme, že priemerná hodnota organického uhlíka je vyššia na fluvizemiach na nekarbonátových sedimentoch v porovnaní s fluvizemami na karbonátových sedimentoch (Tabuľka 1). Vyššiu priemernú hodnotu POC na FM je možné vysvetliť tým, že do tejto pôdnej skupiny sú zaradené aj gleje s vysokým obsahom ílovej frakcie, a tým aj vyšším obsahom POC v porovnaní s ľahšími pôdami v skupine FM^c. Vyššie priemerné hodnoty pôdneho organického uhlíka v orníčnom horizonte na fluvizemiach na nekarbonátových sedimentoch v porovnaní s fluvizemami na karbonátových sedimentoch boli zistené v priebehu celého monitorovacieho obdobia (Barančíková, 2009). V podorníčnom horizonte je situácia opačná a vyššie hodnoty POC boli zistené na FM^c v porovnaní s FM (Tabuľka 1).

Tab. 1 Hodnoty POC (%) vo 4. monitorovacom cykle na hodnotených pôdnych typoch. Rok odberu: 2007

pôdny typ	kultúra	hĺbka (cm)	Xmin	Xmax	X
Fluvizem na karbonátových sedimentoch FM ^c	OP	0-10	1.04	2.83	1.87
		35-45	0.32	2.73	1.15
Fluvizem na nekarbonátových sedimentoch FM	OP	0-10	1.21	6.56	2.22
		35-45	0.21	1.44	0.88

Hodnoty celkového dusíka (Nt) sú v signifikantnej závislosti s hodnotami POC (korelačný koeficient $R=0,94^{**}$ ($n=50$)). Podobne ako v prípade organického uhlíka, priemerné hodnoty Nt sú vyššie na FM v porovnaní s FM^c (Tabuľka 2). Zásobenosť organickej hmoty dusíkom sa hodnotí na základe pomeru C/N (Sotáková, 1982), pričom čím nižšia je hodnota C/N, tým je zásoba dusíka v POH vyššia. Priemerné hodnoty pomeru C/N,

ktorý je jedným z hlavných ukazovateľov kvality humusu (Sotáková, 1982) a zároveň môže byť aj dobrým indikátorom dynamiky pôdnej kvality (Franzluebbers, 2002), sú v prípade fluvizemí takmer identické a indikujú strednú zásobenosť pôdnej organickej hmoty dusíkom (Tabuľka 2).

Tab. 2 Hodnoty Nt (mg/kg) a C/N vo 4. monitorovacom cykle na hodnotených pôdnych typoch. Rok odberu: 2007

pôdny typ	kultúra	hĺbka (cm)	N (mg/kg)			C/N		
			Xmin	Xmax	X	Xmin	Xmax	X
Fluvizem na karbonátových sedimentoch FM ^c	OP	0-10	1260	3050	2054	7.93	12	9.18
Fluvizem na nekarbonátových sedimentoch FM	OP	0-10	1360	5250	2417	7.93	12.50	9

Kvalitatívne parametre pôdnej organickej hmoty na orných pôdach vo väčšej miere odrážajú genézu pôdneho typu ako hodnoty pôdneho organického uhlíka. Základným kvalitatívnym parametrom je pomer humínových a fulvo kyselín (Chk/Cfk). Prevládanie humínových kyselín nad fulvokyselinami je charakteristické pre vyzretejšiu, viac humifikovanú pôdnu organickú hmotu (Sotáková, 1982). V prípade hodnotených fluvizemí, vyššia priemerná hodnota Chk/Cfk bola zistená na fluvizemiach karbonátových v porovnaní s fluvizemiach na nekarbonátových sedimentoch (Tabuľka 3). Uvedené hodnoty tohto parametra sú charakteristické pre hodnotené skupiny fluvizemí a sú v súlade s predchádzajúcimi údajmi Chk/Cfk na hodnotenom pôdnom type (Barančíková, 2009).

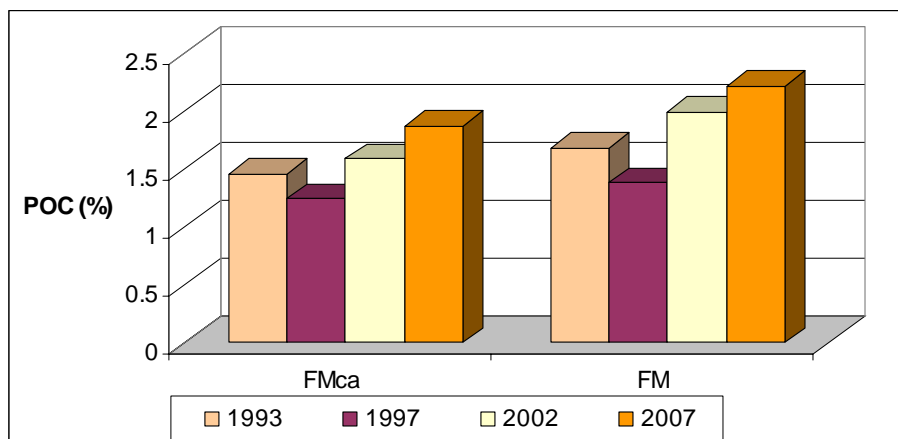
Tab. 3 Hodnoty pomeru $C_{HK/FK}$ a optického parametra Q_6^4 vo 4. monitorovacom cykle na hodnotených pôdnych typoch. Rok odberu: 2007

pôdny typ	kultúra	hĺbka (cm)	$C_{HK/FK}$			Q_6^4		
			Xmin	Xmax	X	Xmin	Xmax	X
Fluvizem na karbonátových sedimentoch FM ^{ca}	OP	0-10	0.32	2.00	0.98	4.04	5.72	4.88
Fluvizem na nekarbonátových sedimentoch FM	OP	0-10	0.28	1.15	0.65	4.22	6.85	5.14

Ďalším dôležitým kvalitatívnym parametrom je optický kvocient Q_6^4 , pričom nižšie hodnoty tohto parametra sú charakteristické pre stabilnejšiu POH (Sotáková, 1982). V prípade hodnotených fluvizemí nižšie hodnoty Q_6^4 boli zistené na fluvizemiach karbonátových, čo indikuje spolu s vyššou hodnotou pomeru Chk/Cfk stabilnejšiu organickú hmotu na fluvizemiach na karbonátových sedimentoch v porovnaní s fluvizemiach na nekarbonátových sedimentoch.

V priebehu 15-ročného monitorovacieho obdobia v hodnotách sledovaných kvantitatívnych i kvalitatívnych parametroch POH boli zaznamenané určité zmeny. V prípade pôdneho organického uhlíka na oboch sledovaných skupinách fluvizemí sme zaznamenali takmer identický vývoj POC (Obr. 1). Na sledovaných fluvizemiach bola najnižšia hodnota POC zaznamenaná v r. 1997 v prvom 5-ročnom cykle, podobne ako v ostatných sledovaných pôdnych typoch (Barančíková, 2009). Príčin poklesu obsahu organického uhlíka v prvom monitorovacom cykle (2007) môže byť viacero, napr. intenzívne konvenčné obrábanie pôdy (Schnitzer a kol. 2006, Aranda a kol., 2011), hlboká orba (Dou a Hons, 2006, Caurasano a kol. 2006), nesprávny oševný postup (Machado a kol. 2006), nedostatočný prísun kvalitnej organickej hmoty (Bayer a kol. 2000, Sheston a kol., 2012) a aplikácia minerálnych živín (Ševcova, 2003, Lul a kol., 2012).

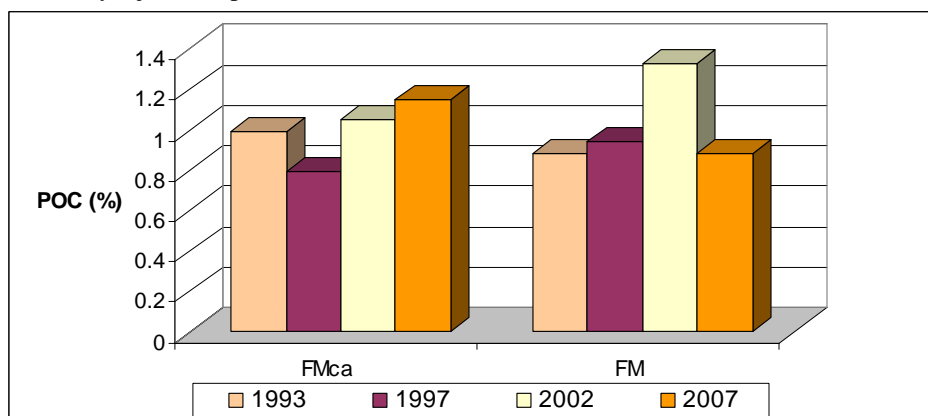
Obr. 1 Vývoj POC v orničnom horizonte fluvizemí



V slovenskom poľnohospodárstve došlo po roku 1989 k pomerne prudkému 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 posledných 10 rokov množstvo organického uhlíka v orničnom horizonte sledovaných fluvizemí postupne vzrastá. Jednou z technológií, ktoré majú potenciál zvyšovať množstvo POC na intenzívne obrábaných orných pôdach, ako ukazujú aj naše výsledky na modelovom podniku Selice (Barančíková a kol., 2011) je pôdochranná technológia, ktorá zahŕňa aj zaorávanie pozberových zvyškov a dôslednú aplikáciu organického hnojiva (Kováč a kol., 2010, Sanju a kol., 2012). Vyššia koncentrácia POC je charakteristická aj pre organické hospodárenie (Aranda a kol., 2011).

Zmeny v podorničnom horizonte sledovaných skupín fluvizemí na rozdiel od orničného horizontu sú podstatne nižšie a značne rozdielne. Pomerne vyššie hodnoty POC v hĺbke 35-45 cm sú charakteristické pre FM^c v porovnaní s FM (Obr.2). Na fluvizemiach karbonátových podobne ako v orničnom horizonte hodnota POC bola najnižšia v r. 2007 a v nasledujúcom období sa hodnota organického uhlíka mierne zvyšuje. V prípade FM bola najvyššia hodnota tohto parametra zistená v r. 2007, v ostatných sledovaných odberoch je hodnota POC v podornici FM pomerne ustálená (Obr.2). Je potrebné poznamenať, že na rozdiel od orničného horizontu, ktorý je podstatne viac ovplyvnený zmenami v hospodárení na pôde, zmeny v hodnotách POC v podorničnom horizonte neboli významné.

Obr. 2 Vývoj POC v podorničnom horizonte fluvizemí.

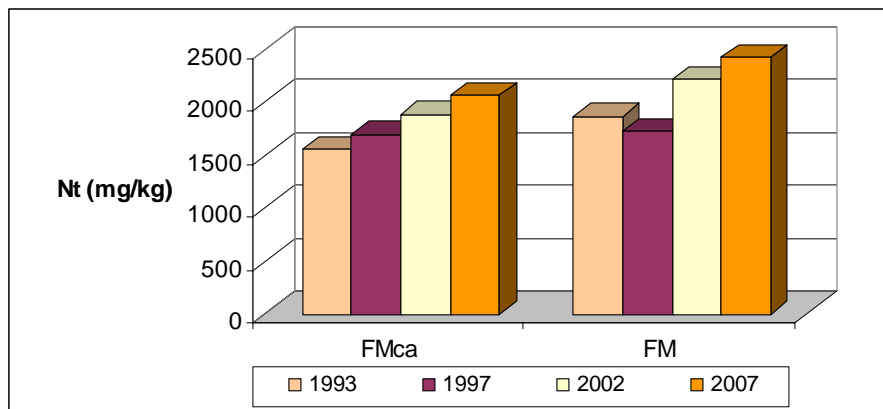


Nakoľko medzi hodnotami celkového dusíka a organického uhlíka existuje signifikantná závislosť, vývoj hodnôt celkového dusíka na fluvizemiach je podobný vývoju

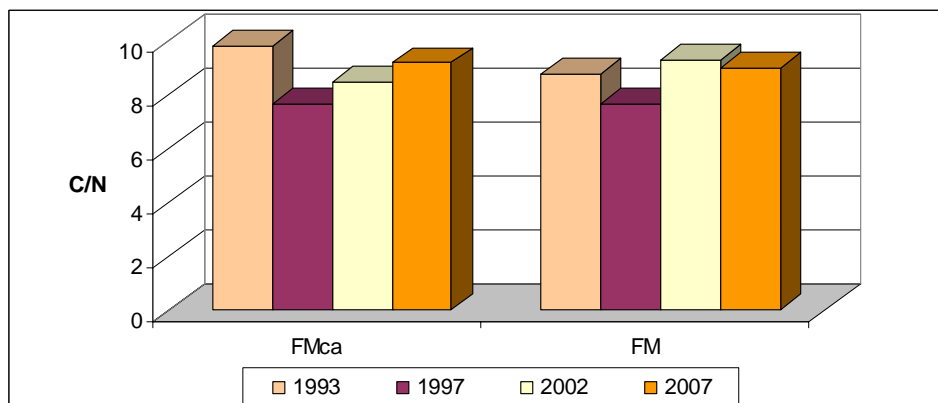
organického uhlíka a v prípade fluvizemí na nekarbonátových sedimentoch je tento vývoj takmer identický (Obr.3).

Zmeny v hodnotách pomeru C/N, ktorý charakterizuje zásobenosť pôdnej organickej hmoty dusíkom, na sledovaných skupinách fluvizemí sú minimálne a pohybujú sa v rozmedzí hodnôt 8-10, čo charakterizuje strednú zásobenosť POH dusíkom na oboch sledovaných pôdnych skupinách (Obr.4)

Obr. 3 Vývoj Nt na fluvizemiach



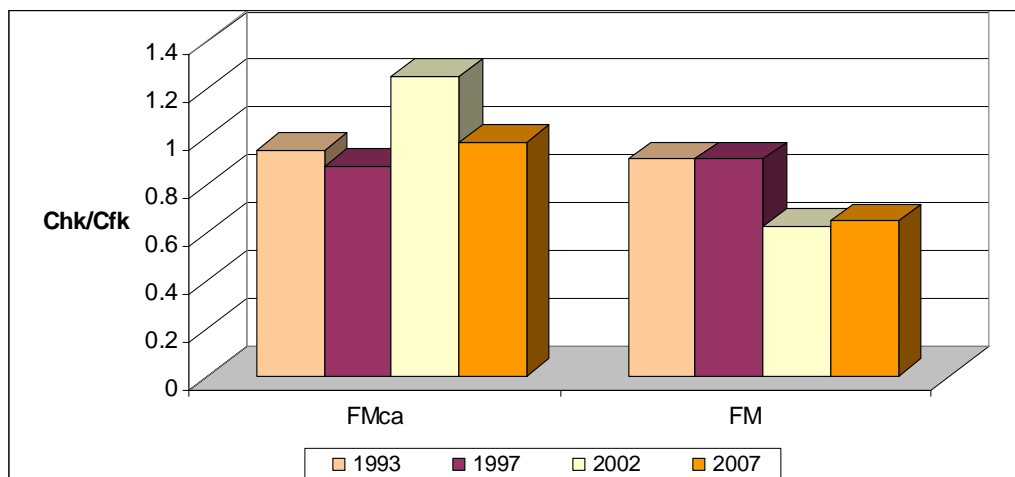
Obr. 4 Vývoj C/N na fluvizemiach



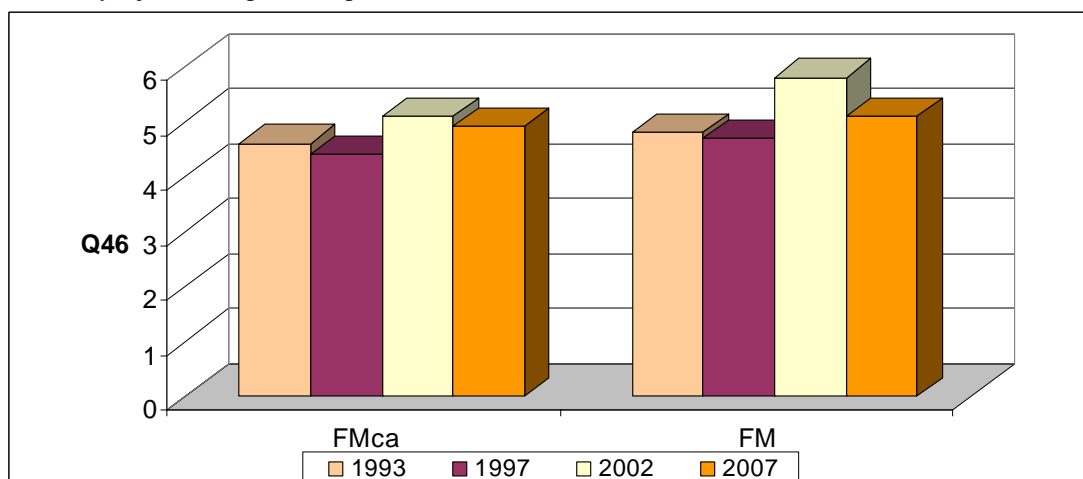
Hodnoty kvalitatívneho parametra humusu pomer Ch_k/C_fk sú na fluvizemiach na karbonátových sedimentoch podstatne vyššie ako v prípade fluvizemí na nekarbonátových sedimentoch (Obr.5), čo indikuje kvalitnejšiu a stabilnejšiu POH na FM^c oproti FM. Ako je zrejmé v obr. 5, pomer humínových kyselín a fulvo kyselín je v prípade FM^c pomerne vyrovnaný a hodnoty tohto parametra sa pohybujú okolo hodnoty 1, v prípade FM sú hodnoty podstatne nižšie, predovšetkým v posledných 10 rokoch (Obr.5).

Aj hodnoty ďalšieho sledovaného parametra, optického kvocientu Q^4_6 , indikujú podstatne stabilnejšiu pôdnu organickú hmotu na skupine fluvizemí na karbonátových sedimentoch, nakoľko hodnota tohto parametra je na tejto pôdnej skupine o niečo nižšia ako v prípade fluvizemí na nekarbonátových sedimentoch, čo indikuje kvalitnejšiu a vyzretejšiu POH na FM^c oproti FM (Obr.6). Zmeny v hodnotách optického parametra Q^4_6 sú v priebehu sledovaného monitorovacieho obdobia minimálne.

Obr. 5 Vývoj hodnôt pomeru Chk/Cfk na fluvizemiach



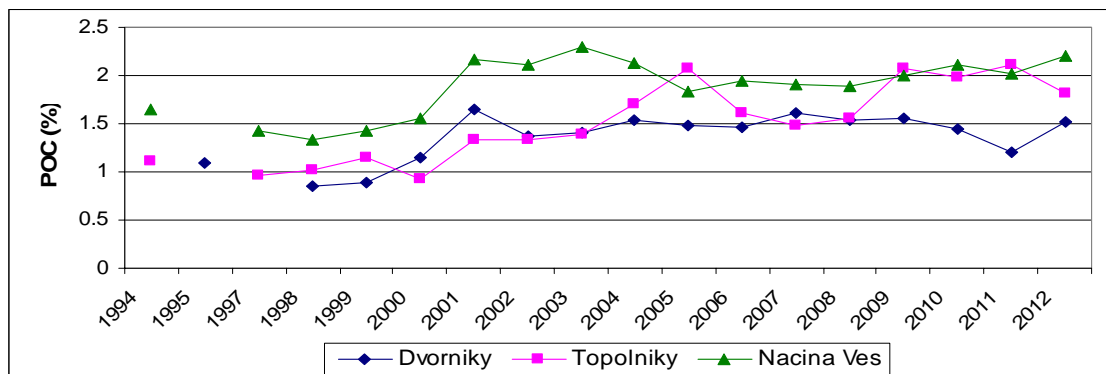
Obr. 6 Vývoj hodnôt optického parametra Q^4_{66} na fluvizemiach



Zmeny základných parametrov obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty na kľúčových lokalitách fluvizemí (1994-2012)

Každoročné zmeny vo vývoji pôdneho organického uhlíka sledujeme na troch kľúčových lokalitách. Na lokalite Topoľníky je fluvizem na karbonátových sedimentoch, na lokalite Dvorníky je fluvizem glejová kultizemná a na lokalite Nacina Ves je fluvizem kultizemná. Podobne ako v prípade základnej siete, na začiatku monitorovacieho obdobia bol zaznamenaný mierny pokles POC na všetkých sledovaných kľúčových lokalitách (Obr. 7). V nasledujúcom období došlo k zvýšeniu obsahu POC. Nárast organického uhlíka na sledovaných kľúčových lokalitách fluvizemí je v súlade so stúpajúcim trendom na fluvizemiach základnej monitorovacej siete. Postupné zvyšovanie hodnôt POC môže byť spôsobené aplikáciou pôdoochrannej technológie, ktorá zahŕňa aj zaorávanie pozberových zvyškov a dôslednú aplikáciu organického hnojiva.

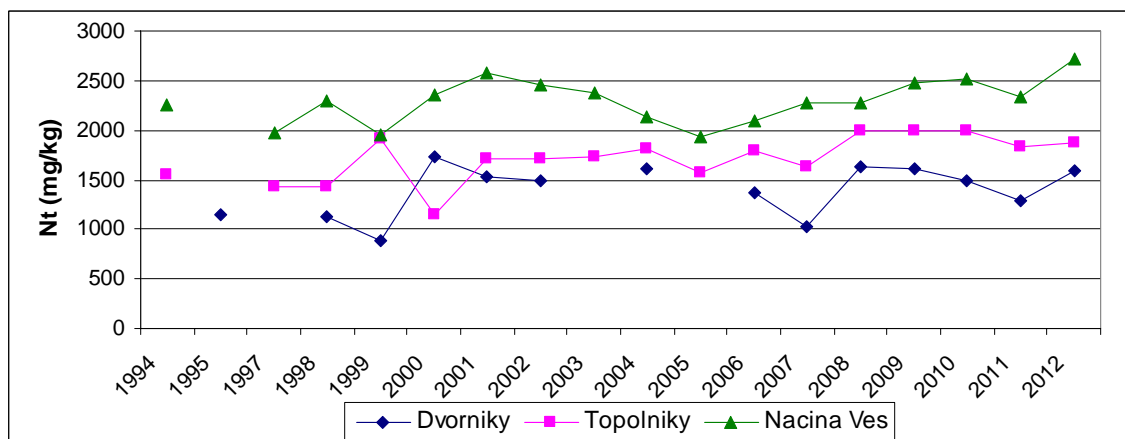
Obr. 7 Vývoj hodnôt POC na kľúčových lokalitách



V súčasnosti sa hodnoty pôdneho organického uhlíka udržuujú približne na rovnakej úrovni Topolníky a Nacina Ves, na lokalite Dvorníky je hodnota POC zo sledovaných fluvizemí relatívne najnižšia (Obr.7).

Vývoj hodnôt celkového dusíka je v súlade s vývojovým trendom POC. Mierny pokles v počiatočnom období vystriedal postupný nárast hodnôt Nt (Obr. 8). Podobne ako v prípade organického uhlíka, najnižšie hodnoty celkového dusíka v priebehu monitorovacieho obdobia boli zaznamenané na lokalite Dvorníky (Obr. 8).

Obr. 8 Vývoj hodnôt Nt na kľúčových lokalitách, pričom vyššie hodnoty POC sú na lokalitách

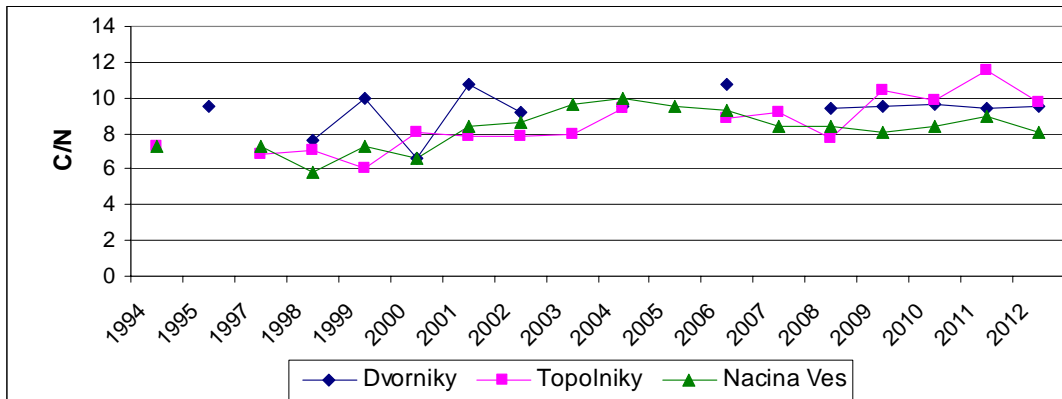


Hodnoty pomeru C/N na sledovaných kľúčových lokalitách fluvizemí sa pohybujú v rozpätí 6 – 12, čo indikuje dobrú až strednú zásobenosť dusíkom (Obr. 8). V priebehu sledovaného obdobia bol zaznamenaný značne kolísavý trend tohto parametra (Obr.8). V posledných rokoch sú najvyššie hodnoty C/N, teda najnižšia zásobenosť dusíkom na lokalite Topolníky a najnižšie hodnoty C/N, teda relatívne najvyššia zásobenosť dusíkom zo sledovaných kľúčových lokalít bola zistená na lokalite Nacina Ves (Obr.9).

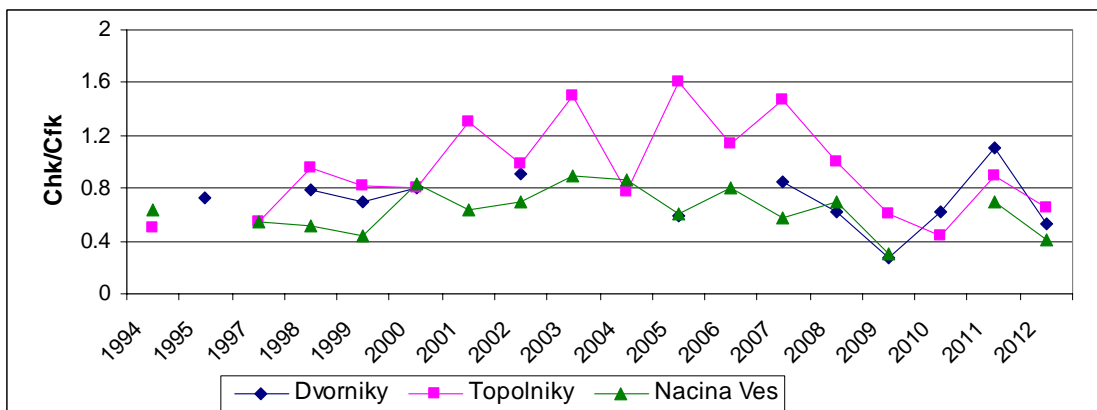
Značné zmeny v priebehu sledovaného obdobia boli zaznamenané v hodnotách kvalitatívneho parametra Chk/Cfk. Najvyššie hodnoty tohto parametra, predovšetkým v období rokov 2000-2007 boli zaznamenané na lokalite na fluvizemi na karbonátových sedimentoch (Topolníky), čo je v súlade s hodnotami Chk/Cfk základnej monitorovacej siete. V poslednom období však došlo k pomerne značnému poklesu tohto parametra predovšetkým na lokalite Topolníky (Obr.10). Zvýšenie podielu fulvokyselín na tejto lokalite môže súvisieť s osevným postupom, nakoľko Tobiášová (Tobiášová a kol., 2012) uvádza, že olejiny a viacročné krmoviny znižujú podiel humínových kyselín a zvyšujú podiel fulvokyselín, a teda znižujú pomer Chk/Cfk.

Zmeny v hodnotách optického parametra nie sú také výrazné ako v prípade pomeru Chk/Cfk . V súlade s hodnotami Q_6^4 fluvizemí základnej siete, boli najnižšie hodnoty tohto parametra v priebehu celého monitorovacieho obdobia zistené na fluvizemi na karbonátových sedimentoch (Topolníky), čo indikuje stabilnejšiu pôdnu organickú hmotu na tejto lokalite v porovnaní s ostatnými sledovanými kľúčovými lokalitami fluvizemí (Obr.11).

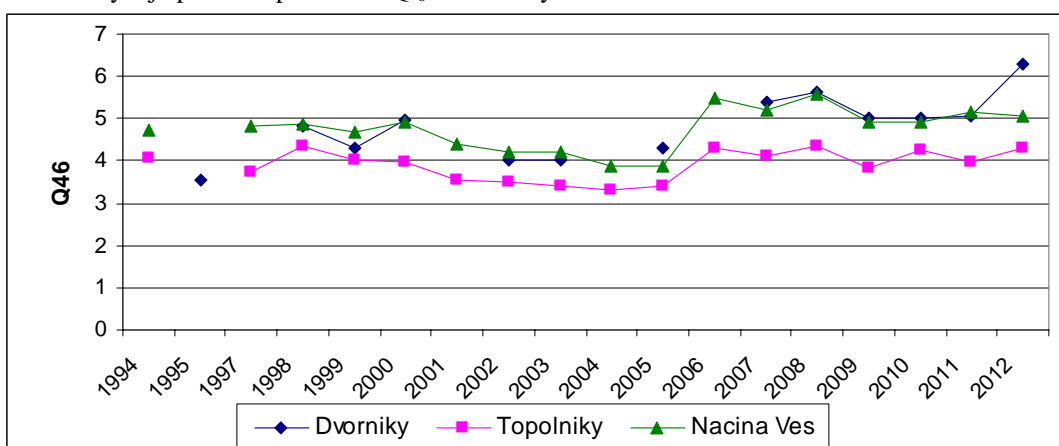
Obr. 9 Vývoj hodnôt C/N na kľúčových lokalitách



Obr. 10 Vývoj parametra Chk/Cfk na kľúčových lokalitách



Obr. 11 Vývoj optického parametra Q_6^4 na kľúčových lokalitách



Zmeny v chemickom zložení humínových kyselín fluvizemí

Kvalita pôdnej organickej hmoty predovšetkým na orných pôdach s nízkymi hodnotami celkového množstva POC zohráva pri viacerých procesoch (inaktivácia kontaminantov, transformácia organických polutantov) dôležitejšiu úlohu ako jej celkové množstvo. Z hľadiska úrodnosti, ale aj mimoprodukčných funkcií pôdy dôležitú úlohu zohrávajú humínové kyseliny (HK), ktoré spolu s fulvo kyselinami (FK) a humínom reprezentujú tri základné frakcie humusu. Humínové kyseliny sa považujú za najdôležitejšiu frakciu humusových látok, nakoľko, na rozdiel od fulvokyselín a humínu, sa najväčšou mierou podieľajú na uhlíkovom cykle (Doane a kol. 2003) a nezastupiteľnú úlohu zohrávajú aj pri imobilizácii polutanov (Than, 2003). Pre poznanie detailnej chemickej štruktúry je vhodné izolovať humínové kyseliny a monitorovaním ich základných chemických parametrov sledovať humifikačné, resp. mineralizačné trendy POH. Z uvedeného dôvodu sa na vybraných kľúčových lokalitách v trojročných monitorovacích cykloch izolovali HK a zmeny ich chemickej štruktúry sa sledujú stanovením vybraných chemických a fyzikálno-chemických parametrov.

V tejto práci hodnotíme zmeny v chemickej štruktúre humínových kyselín fluvizeme na karbonátových sedimentoch, kľúčová lokalita Topoľníky, IČS 100 a fluvizeme na kľúčovej lokalite Naciná Ves, IČS 223.

Základným parametrom stanovenia štruktúry HK je elementárna analýza C H N O, ktorá odráža dominantné charakteristiky pôdnej humifikácie. Vyššie množstvo uhlíka a nižšie percento vodíka je charakteristické pre vyšší stupeň humifikácie HK. V porovnaní s kambizemiami je percentuálne zastúpenie uhlíka značne vysoké a predovšetkým %C fluvizeme na karbonátových sedimentoch (100) dosahuje podobných hodnôt ako na čiernici na nekarbonátových sedimentoch (Barančíková, 2009, 2011). Pri porovnaní elementárneho zloženia HK fluvizeme na karbonátových fluviálnych sedimentoch (100) a fluvizeme na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch (223) vidíme určité rozdiely. V prípade fluvizeme na karbonátových sedimentoch (100) sú hodnoty percentuálneho zastúpenia uhlíka značne vyššie a hodnoty vodíka pomerne nižšie ako v prípade fluvizeme na nekarbonátových sedimentoch (223) (Tabuľka 4). Na základe značne rozdielného zastúpenia % C a H môžeme konštatovať, že fluvizem na karbonátových sedimentoch (100) disponuje vyšším stupňom humifikácie ako fluvizem nekarbonátová (223). V priebehu sledovaného obdobia zmeny v elementárnom zložení HK boli minimálne a mali značne kolísavý charakter (Tabuľka 4).

Veľký prínos pri poznávaní chemickej podstaty HK predstavujú spektrálne metódy vo viditeľnej oblasti spektra. Kumada (1987) na hodnotenie optických vlastností doporučuje optický parameter $E^{1\%}_6$, ktorý reprezentuje extinciu roztoku HK nameranú pri vlnovej dĺžke 600 nm. Uvedený optický parameter $E^{1\%}_6$ Kumada nazýva stupeň humifikácie. Nízke hodnoty tohto parametra indikujú slabo humifikovateľnú pôdnu organickú hmotu. Výrazne vyššie hodnoty optického parametra $E^{1\%}_6$ humínovej kyseliny fluvizeme na karbonátových sedimentoch (100) v porovnaní s HK 223 sú v súlade s hodnotami elementárneho zloženia a indikujú značne vyšší humifikačný stupeň HK 100 v porovnaní s HK 223 (Tabuľka 4).

Ďalším dôležitým parametrom pri posudzovaní kvality HK je obsah karboxylových funkčných skupín, nakoľko postupujúci priebeh humifikácie je charakterizovaný karboxyláciou periférnych častí HK (Ševcova, Sidorina, 1988). COOH skupiny hrajú dôležitú úlohu aj z environmentálneho hľadiska. Väzba HK s ťažkými kovmi cez COOH skupiny významným spôsobom znižuje ich mobilitu (Than, 2003). Vyššie hodnoty COOH charakterizujú vyzretejšiu POH s vyšším stupňom humifikácie a nízke hodnoty tohto parametra nízky humifikačný stupeň HK (Rossel a kol. 1989). Podstatne vyššie hodnoty karboxylovej kyslosti HK fluvizeme na karbonátových substrátoch (100) v porovnaní s HK na fluvizemi na lokalite 223 sú v súlade s hodnotami elementárneho zloženia a optickým

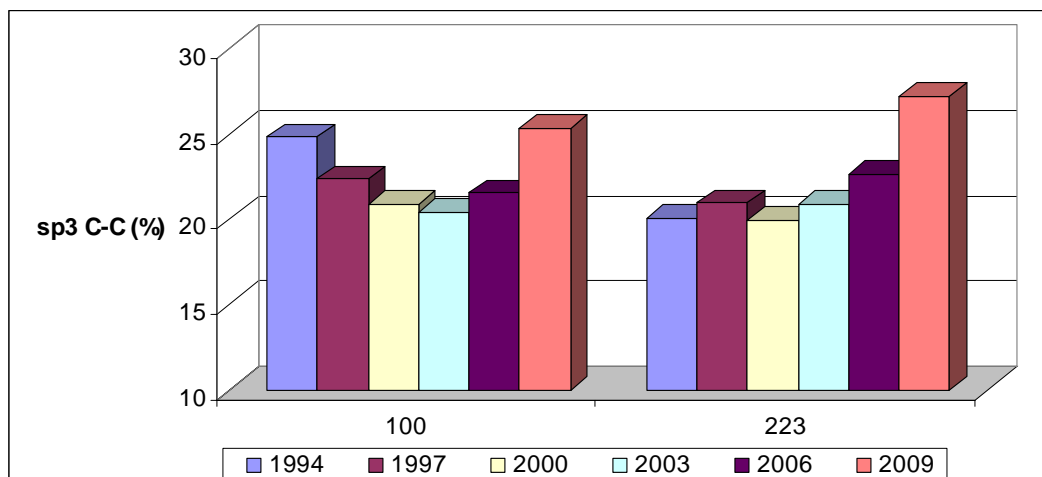
parametrom a indikujú vyšší stupeň humifikácie POH na fluvizemi karbonátovej (Tabuľka 4). V priebehu sledovaného obdobia bol na oboch sledovaných lokalitách pozorovaný nepatrný nárast hodnoty karboxylovej kyslosti (Tabuľka 4).

Tab. 4 Hodnoty elementárnej analýzy (atómové %), optického parametra $E^{1\%}_6$, karboxylových skupín COOH (meq/1g HK) a vybraných parametrov ^{13}C NMR spektier Calif (%), Car (%) a stupňa humifikácie α (%) humínových kyselín fluvizemí

lokalita/rok	C	H	N	H/C	Calif	Car	alfa	COOH	$E^{1\%}_6$
100/94	41.82	37.93	3.74	0.910	46.52	34.1	42.92	3.87	21.8
100/97	43.04	36.42	3.70	0.846	43.85	34.98	43.75	3.93	21
100/00	42.18	36.35	3.59	0.862	41.37	35.92	46.5	4.04	20
100/03	44.16	35.16	3.73	0.796	41.35	37.66	47.7	4.15	25.1
100/06	42.94	35.46	3.87	0.907	44.36	38.34	46.4	3.95	34.8
100/09	44.18	35.50	3.82	0.804	53.66	34.85	40	4.26	34.5
223/94	39.11	41.19	2.93	1.053	49.08	33.09	42.55	2.56	8.96
223/97	40.07	40.97	3.23	1.023	48.53	36.35	40.54	2.16	9
223/00	39.62	40.91	3.24	1.033	48.3	33.17	40.7	2.57	8
223/03	42.51	38.3	3.37	0.901	47.15	33.83	41.8	2.86	9.5
223/06	39.96	39.57	3.67	1.053	52.69	33.24	38.68	2.67	14.7
223/09	41.86	38.71	3.66	0.925	56.36	34.19	37.76	2.97	13.0

Pri štúdiu štruktúry humínových kyselín (HK) je v súčasnosti jednou z najpoužívanejších spektrálnych techník nukleárna magnetická rezonancia uhlíka ^{13}C , ktorá umožňuje kvantitatívne stanovenie jednotlivých typov uhlíka v štruktúre pôdnej organickej hmoty (Mathers a kol. 2000). Z parametrov ^{13}C NMR spektier je z hľadiska chemickej štruktúry HK najdôležitejšie percentuálne zastúpenie alifatického (Calif) a aromatického uhlíka (Car), z ktorých sa stanovuje stupeň aromaticity α . Vyššie hodnoty stupňa aromatizácie α , ktoré vyplývajú z nižšieho zastúpenia alifatického a vyššieho zastúpenia aromatického uhlíka boli zistené na fluvizemi karbonátovej na lokalite Topoľníky v porovnaní s fluvizemou na lokalite Nacina Ves (Tabuľka 4). Uvedené hodnoty parametrov ^{13}C NMR spektier sú v súlade s hodnotami elementárneho zloženia a optického parametra, čo dokazuje aj signifikantná korelácia medzi $E^{1\%}_6$ a Car ($R = 0,83^{**}$, $n=12$). Zmeny parametrov ^{13}C NMR spektier v priebehu hodnoteného obdobia neboli veľmi výrazné, ale v zatiaľ poslednom odbere bolo na oboch sledovaných lokalitách zaznamenané pomerne značné zníženie stupňa aromatizácie α , spôsobeného predovšetkým podstatným zvýšením alifatického uhlíka na oboch sledovaných lokalitách (Tabuľka 4). Pri detailnejšom pohľade na Calif vidíme výrazný nárast predovšetkým sp^3 C-C viazaného alkylového uhlíka v zatiaľ poslednom odbere v roku 2009 (Obr.12). Podobný trend, zvýšenie alkylového uhlíka v poslednom odbere bolo zistené aj v prípade humínových kyselín čierníc (Barančíková, 2011). Zníženie stupňa aromaticity v dôsledku inkorporácie alkylových zlúčenín spontánnej vegetácie uvádza Aranda (Aranda a kol., 2011) v prípade organického hospodárenia v porovnaní s konvenčným hospodárením.

Obr. 12 Zmeny v hodnotách alifatického uhlíka C-C v chemickej štruktúre HK fluvizemí



Uvedená práca podáva komplexné hodnotenie vývoja pôdnej organickej hmoty fluvizemí v priebehu rokov 1993-2007 základnej monitorovacej siete, vývoj POH na vybraných kľúčových lokalitách fluvizemí v období 1994-2012 a zmeny v chemickej štruktúre HK na fluvizemi karbonátovej a nekarbonátovej.

Indikátory stavu pôdneho organického uhlíka (SOCSI) ukazujú, že v zatiaľ poslednom odbere v rámci základnej monitorovacej siete je zásoba POC v orníčnom horizonte vyššia na FM^c v porovnaní s FM. Vývoj stavu POC na fluvizemiach je podobný ako na ostatných pôdnych skupinách. Na začiatku monitorovacieho obdobia bol zaznamenaný mierny pokles organického uhlíka ornice (rok odberu 1997), ktorý sa môže vzťahovať na komplexné zmeny, ktorými prešlo slovenské poľnohospodárstvo v uvedenom období. V druhom cykle sme zaznamenali nárast tohto parametra, ktorý pokračuje aj v ďalšom monitorovacom cykle z roku 2007. Nakoľko medzi hodnotami celkového dusíka a POC je významná korelácia, vývoj Nt bol podobný ako v prípade POC. Kvalitatívne parametre stavu POH, Chk/Cfk a Q₆⁴ indikujú kvalitnejšiu a stabilnejšiu organickú hmotu na FM^c v porovnaní s FM. V priebehu sledovaného obdobia boli zmeny v hodnotách optického parametra minimálne a v prípade Chk/Cfk došlo k zníženiu tohto parametra, čo môže indikovať zlabilnenie stavu POH.

Chemická štruktúra humínových kyselín, podobne ako ostatné kvalitatívne parametre POH je úzko spätá s pôdnym typom. V priebehu monitorovacieho obdobia mali zmeny v štruktúre HK pomerne malý kolísavý charakter, ale v poslednom odbere parametre ¹³C NMR spektier indikujú mierne zlabilnenie štruktúry HK fluvizemí.

Hodnotenie vývoja POH na všetkých pôdnych typoch v priebehu monitorovacieho obdobia

Priemerné hodnoty POC v orníčnom horizonte jednotlivých pôdnych typov orných pôd Slovenska sa v zatiaľ poslednom monitorovacom cykle pohybujú v intervale 1 – 2.5 %, pričom najvyššími hodnotami disponujú čiernice a najnižšími regozeme. V priebehu monitorovacieho obdobia najnižšie hodnoty POC boli zaznamenané v roku 1997, čo môže vyplývať z komplexných zmien, ktorými prešlo slovenské poľnohospodárstvo v uvedenom období. V nasledujúcom období bol zaznamenaný trend nárastu POC v orniciach všetkých pôdnych typov. V zatiaľ poslednom odbere (rok odberu 2007) sme na niektorých pôdnych typoch (pseudogleje, čiernice) zaznamenali stabilizáciu stavu POC, na niektorých (rendziny, čiernice, fluvizeme) pokračovanie nárastu, ale na niektorých pôdnych typoch (predovšetkým na kambizemiach a regozemiach) sme v poslednom monitorovacom cykle zaznamenali pokles stavu pôdneho organického uhlíka.

Na trvalých trávnych porastoch sa v prípade obsahu organického uhlíka viac prejavuje charakter pôdneho typu a hodnoty POC sú podstatne vyššie v porovnaní s ornými pôdami aj v prípade toho istého pôdneho typu. Najvyššie hodnoty POC boli zaznamenané na pôdach nad hornou hranicou lesa (rankre, podzoly a litozeme). Uvedené pôdne typy, podobne ako andozeme, patria medzi veľmi silne humózne pôdy. Medzi silne humózne pôdy sa radia tiež rendziny, pseudogleje a kambizeme na TTP. V priebehu sledovaného obdobia majú hodnoty POC kolísavý charakter, ale v zatiaľ poslednom odbere, okrem pseudoglejoch sme na TTP zaznamenali zníženie hodnôt organického uhlíka oproti predchádzajúcemu obdobiu.

Hodnota organického uhlíka s hĺbkou postupne klesá a hodnoty POC v podorničnom horizonte (35-45 cm) sú na rozdiel od ornice charakteristické pre konkrétny pôdny typ a nie sú ovplyvnené manažmentom pôdy. Na väčšine sledovaných pôdnych typov sa hodnoty POC v podorničnom horizonte pohybujú v intervale 0,5 -1,5 %, výrazne vyššie hodnoty tohto parametra boli zaznamenané iba v prípade pôd nad hornou hranicou lesa (rankre, podzoly a litozeme) a andozemí. Zmeny POC v podorničnom horizonte sú podstatne nižšie ako v ornici. Zatiaľ najvyššie hodnoty POC boli zaznamenané v roku 2002, v poslednom odbere na viacerých pôdnych typoch bol zaznamenaný nepatrný pokles. Klesajúci trend POC v podorničnom horizonte v priebehu sledovaného obdobia je charakteristický predovšetkým pre regozeme.

Priemerné hodnoty celkového dusíka na jednotlivých pôdnych typoch sú v úzkej korelácii s hodnotami organického uhlíka, čo potvrdzujú aj významné lineárne korelácie medzi Nt a POC v jednotlivých odberoch. V súlade s hodnotami POC, najvyššou hodnotou Nt disponujú podzoly a rankre nad hornou hranicou lesa. Vo všeobecnosti môžeme konštatovať, že hodnoty celkového dusíka, podobne ako organického uhlíka sú podstatne vyššie na trvalých trávnych porastoch ako na orných pôdach.

Literatúra

- Aranda, V., Ayora-Canada, M.J., Dominguez-Vidal, A., Martín-García, J.M., Calero, J., Delgado, R., verdejo, T., Gonzáles-Vila, F.J., 2011: Effect of soil type and management (organic vs. conventional) on soil organic mater quality in olive groves in a semi-arid environment in Sierra Mágina Natural Park (Spain). *Geoderma*, vol. 164, str. 54-63.
- Barančíková, G., 2009: Monitoring kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdneho humusu. In: Kobza, J., Barančíková, G., Čumová, L., Dodok, R., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Náčiniaková-Bezáková, Z., Pálka, B., Pavlenda, P., Styk, J., Širáň, M., Tóthová, G.: Monitoring pôd SR. Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu. Bratislava, str. 55 – 79, ISBN 978-80-89128-54-9.
- Barančíková, G., 2011: Hodnotenie vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdnej organickej hmoty. In: Kobza a kol. Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja. Priebežná správa za rok 2011, Bratislava, VÚPOP, str. 64-78.
- Barančíková, G., Halas, J., Koco, Š., Gutteková, M., 2011: Influence of soil protection system on development of organic carbon stock. *Soil Science Agrochemistry and Ecology*, vol. XLV, č.1-4, str. 27-31.
- Barančíková, G., Bezák, P., Dodok, P., Chlpík, J., Kobza, J., Makovníková, J., 2011: Metódy stanovenia ukazovateľov agrochemických vlastností pôdy. In: Hrivňáková, K. a kol: Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. (Výstup z výskumnej úlohy „Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja“). Bratislava, str: 51-117, ISBN 978-80-89128-89-1.
- Bayer, C., Martin-Neto, L., Mielniczuk, J., Ceretta, A. ,2000: Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from Southern Brazil

- monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. *Soil & Tillage Research*, vol. 53, str. 95-104.
- Bielek, P., Šurina, B., Ilavská, B., Vilček, J., 1998: Naše pôdy. Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, Bratislava, 80 pp.
- Brejda, J.J., Moortman, T.B., Karlen, D.L., Dao, T.H., 2000: Identification of regional soil quality factors and Indicators: I. Central and Southern High Plains. *Soil. Sci. Soc. Am.J.* vol.64, str. 2115-2124.
- Causarano, H.J., Franzluebbers, A.J., Reeves, D.W., Shaw, J.N., 2006: Soil organic carbon sequestration in cotton production systems of the southeastern united states. *J. Environ. Qual.*, vol. 35, str. 1374-1383.
- Doane, T.A., Deveau, O.C., Horwath, W.R.: Short-term soil carbon dynamics of humic fractions in low-input and organic cropping systems. *Geoderma*, 2003, vol. 114, str. 319-33.
- Dou, F., Hons, F.M., 2006: Tillage and nitrogen effects on soil organic matter fractions in wheat-based systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 70, str. 1896-1905.
- Franzluebbers, A.J.: Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil. Till. Res.*, 2002, vol. 66, str. 95-106.
- Jurčová, O.: Treba skoncovať s korisníckym vzťahom k živiteľke. *Roľnícke noviny, BESEDA*, (6.11.1996), str. 1-6.
- Kováč, K., L. Nozdrovický, M. Macák et al. 2010 Minimalizačné a pôdochranné technológie. *Agroinštitút Nita, Nitra*, 2010, 142 p.
- Kumada, K., 1987.: *Chemistry of soil organic matter*. Tokyo, Elsevier, str. 17-30
- Machado, S., Rhinart, K., Petrie, S., 2006: *J. Environ. Qual.*, vol. 35, str. 1548-1553.
- Mathers, N.J., Mao, X.A., Xu, Z.H., Saffigna, P.G., Berners-Price, S.J., Perera, M.C.S.: Recent advances in the application of ^{13}C and ^{15}N NMR spectroscopy to soil organic matter studies. *Aust. J. Soil Res.*, 2000, vol. 38, str. 769-787.
- Rosell, R.A., Andriulo, A.E., Schnitzer, M., Crespo, M.B., Migliarina, A.M.: Humic acids properties of an Argiudoll soil under two tillage systems. *Sci. Tot. Envir. Vol. 81/82*, 1989, str. 391-400.
- Sainju, U.M., Lessen, A.W., Caesar-TonThat, T., Jabro, J.D., Lartey, R.T., Evans, R.G., Allen, B.L., 2012: Tillage, Crop Rotation, and Cultural Practice Effects on Dryland Soil Carbon Fractions. *Open Journal of Soil Science*, vol. 2, str. 242-255.
- Schnitzer, M., McArthur, D.F.E., Schulten, H.-R., Kozak, L.M., Huang, P.M., 2006: Long-term cultivation effects on the quantity and quality of organic matter in selected Canadian prairie soils. *Geoderma*, vol. 130, str. 141-156.
- Sotáková, S., 1982: *Organická hmota a úrodnosť pôdy*. Bratislava, *Príroda*, 234 str.
- Srinivasarao, Ch., B., Lal, R., Singh, A.K., Vittal, K.P.R., Kundu, S., Singh, S.R., Singh, S.P., 2012. Long-Term Effects of Soil Fertility Management on Carbon Sequestration in a Rice-Lentil Cropping System of the Indo-Gangetic Plains. *SSSAJ*, vol. 76, str. 168-178.
- Stetson, S.J., Osborne, S., Schumaucher, T.E., Eynard, A., Chilom., G., Rice, J., Nichols, A.K., Pikul, J.L., 2012: Corn residue removal Impact on Topsoil Organic Carbon in a Corn-Soybean Rotation. *SSSAJ*, vol. 76, str. 1399-1406.
- Stolbovoy, V., Montanarella, L., 2008: Application of Soil organic carbon status indicators for policy-decision making in the EU. In: *Threats to soil quality in Europe* (eds. Toth, G., Montanarella, L., Rusco, E. JRC Scientific and Technical Reports, str. 87-99, ISBN 978-92-79-09529-0.
- Ševcova, L.K., Sidorina, S.J., 1988: Vlijanije dlitel'novo promenenija udobrenij na termografičeskije karakteristiky gumusovych kyslot. *Počvovedenije*, č.6, str. 130-136.

- Ševcova, L., Romanenko, V., Sirotenko, O., Smith, P., Smith, J.U., Leech, P., Kanzyvaa, S., Rodionova, V.: Effect of natural and agricultural factors on long-term soil organic matter dynamics in arable soddy-podzolic soil-modeling and observation. *Geoderma*, 2003, vol. 116, str. 165-189.
- Than, H.,K.2003: *Humic Matter in Soil and the Environment*. New York, 386 str.
- Tobiašová, E., Kováčik, P., Šimanský, V., Polláková, N., Špaňo, M., Miškolczi, J., 2012: Frakčné zloženie humusových látok pri rôznom zastúpení pestovaných plodín. *Vedecké práce VÚPOP*, vol. 34, str.
- Vilček., J., 2011: Potenciály a parametre kvality poľnohospodárskych pôd Slovenska. *Geografický časopis*, vol. 63, str. 133-154. ISSN 0016-7193.

6.5 Hodnotenie vývoja kompaktie pôd

Úvod

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

Materiál a metódy

V prvej časti správy sú hodnotené výsledky štvrtého odberového cyklu monitoringu fyzikálnych vlastností pôd Slovenska v rámci tzv. základnej siete (odoberané len na orných pôdach), týkajúce sa pôdných typov *fluvizeme na karbonátových (FMc)*, resp. *na nekarbonátových (FM) sedimentoch*. Odbery vzoriek v rámci štvrtého cyklu boli uskutočnené v roku 2007, pričom predchádzajúce cykly odberu sa realizovali v rokoch 1993, 1997 a 2002. Výsledky posledného cyklu sú vyhodnotené štatisticky a porovnané s hodnotami príslušných parametrov zistených v predchádzajúcich odberoch. V rámci uvedených štyroch odberových cyklov bol vyhodnotený trend vývoja sledovaných fyzikálnych parametrov fluvizemí.

V druhej časti správy sú hodnotené fyzikálne vlastnosti fluvizemí v rámci *klúčových lokalít*. Predmetné lokality sú:

- Dvorníky - Fluvizem kultizemná (FMa), stredne ťažká, piesčito-hlinitá
- Topoľníky - Fluvizem kultizemná karbonátová (FMac), stredne ťažká, hlinitá
- Nacina Ves - Fluvizem kultizemná (FMa), 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 bola použitá metóda popisnej štatistiky a grafické znázornenie. Vyhodnotenie fyzikálnych vlastností sledovaných pôd zo základnej siete a z klúčových lokalít bolo urobené vo vzťahu k limitom zhutnenia pôdy pre jednotlivé pôdne druhy v zmysle zákona 220/2004 Z. z. (tab.1).

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

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

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

Výsledky a diskusia

6.5.1 Vyhodnotenie súčasného stavu a trendu vývoja fyzikálnych vlastností fluvizemí zo základnej monitorovacej siete

Vyhodnotenie súčasného stavu zo 4. odberového cyklu

Sledovaný pôdny typ je zastúpený ľahkými, hlinito-piesčitými až ťažkými, ílovitými pôdami (ďalej budeme uvádzať v texte len ako „stredne ťažké resp. ťažké“ pôdne typy). Všetkými zrnitostnými kategóriami sú zastúpené FMc a tromi FM (H, IH, IV). Pretože kritické hranice zhutnenia sú závislé od pôdneho druhu, bolo vyhodnotenie urobené podľa tohto členenia.

Zrnitostne ľahké pôdy

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

Tab. 2 Štvrtý odberový cyklus (rok 2007) – ľahké, hlinito-piesčité pôdy.

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	pd	PC	PN	MKK	VzK
			g.cm-3	objemové %			
FMc na karbonátových fluviálnych sedimentoch hlinito-piesčité	0-0,10 m	x	1,562	41,7	19,7	33,5	8,2
		xmin	1,557	41,3	3,7	30,9	5,9
		xmax	1,567	42,1	35,6	36,1	10,4
	0,30-0,40 m	x	1,513	43,7	21,4	28,2	15,5
		xmin	1,506	43,1	8,4	23,6	11,6
		xmax	1,520	44,4	34,4	32,7	19,4

Vysvetlivky: FM – fluvizem, pd – objemová hmotnosť, MKK – maximálna kapilárna kapacita, P – pórovitosť nekapilárna (N), celková (C), VzK – minimálna vzdušná kapacita, x – aritm. priemer, xmin (max) – minimum (maximum)

Zrnitostne stredne ťažké pôdy

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

Piesčito-hlinité pôdy

V rámci danej zrnitostnej kategórie sú hodnotené FM i FMc. Ornice daných pôdnych typov neboli zhutnené ani v prípade krajných hodnôt (tab. 3, obr. 1). V podornici bol stav mierne zhoršený v prípade FMc, keď extrémne hodnoty (maximá objemovej hmotnosti

a MKK, príp. minimá celkovej pórovitosti a min. vzdušnej kapacity) sledovaných parametrov boli za hranicou limitov zhutnenia. Niektoré lokality na FMc sa v hlbších častiach pôdneho profilu vyznačujú nízkou prevzdušnosťou pravdepodobne v dôsledku vyššej pôdnej vlhkosti (vyššia hladina podzemnej vody pri FMc), pričom podliehajú intenzívnejšiemu uľahňaniu, príp. zhutňovaniu pôdy po prejazdoch poľnohospodárskych strojov.

Tab. 3 Štvrtý odberový cyklus (rok 2007) – stredne ťažké, piesčito-hlinité pôdy.

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	pd	PC	PN	MKK	VzK
			g.cm-3	objemové %			
FMc na karbonátových fluviálnych sedimentoch piesčito-hlinité	0-0,10 m	x	1,308	50,7	9,3	36,8	13,9
		xmin	1,234	49,3	4,5	33,1	9,6
		xmax	1,352	53,4	16,5	39,8	20,3
	0,30-0,40 m	x	1,519	43,4	9,0	31,7	11,7
		xmin	1,315	39,9	3,6	27,5	5,4
		xmax	1,630	50,8	14,0	35,9	18,0
FM na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch piesčito-hlinité	0-0,10 m	x	1,300	50,3	9,7	37,4	12,9
		xmin	1,221	47,3	8,9	34,4	12,9
		xmax	1,379	53,3	10,4	40,4	12,9
	0,30-0,40 m	x	1,439	46,4	12,1	32,2	14,2
		xmin	1,407	45,2	8,6	28,3	11,5
		xmax	1,470	47,5	15,5	36,1	16,9

Vysvetlivky ako v tabuľke 1.

Hlinité pôdy

V danej zrnitostnej kategórii majú zastúpenie oba sledované pôdne typy. Ich ornice sú na základe priemerov sledovaných parametrov v dobrom fyzikálnom stave. Krajnými hodnotami sú prekročené limity v rámci FMc (aj v podornici). Pri FM sú podornice zhutnené už i podľa priemerných hodnôt pôdnych parametrov. Čo sa týka minimálnej vzdušnej kapacity je nevyhovujúca v podorniciach oboch pôdnych typov.

Tab. 4 Štvrtý odberový cyklus (rok 2007) – stredne ťažké, hlinité pôdy.

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	pd	PC	PN	MKK	VzK
			g.cm-3	objemové %			
FMc na karbonátových fluviálnych sedimentoch hlinité	0-0,10 m	x	1,361	47,3	13,3	34,9	12,4
		xmin	1,213	27,5	0,4	25,1	2,4
		xmax	1,641	54,6	41,0	39,2	19,4
	0,30-0,40 m	x	1,393	47,8	11,2	39,0	8,7
		xmin	1,174	44,7	2,6	32,9	4,4
		xmax	1,470	55,7	41,8	46,3	12,9
FM na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch hlinité	0-0,10 m	x	1,298	50,8	12,7	34,9	15,9
		xmin	1,220	46,2	3,8	31,3	6,6
		xmax	1,424	53,6	20,4	39,6	22,3
	0,30-0,40 m	x	1,545	42,1	6,1	34,4	7,6
		xmin	1,430	40,6	3,4	33,1	4,3
		xmax	1,587	46,3	11,4	36,6	13,2

Vysvetlivky ako v tabuľke 1.

Zrnitostne ťažké pôdy

Zastúpené sú ílovito-hlinitými a ílovitými pôdami. Pre obe kategórie platí podľa zákona rovnaký limit (tab.1), preto sú hodnotené spoločne.

Ílovito-hlinité a ílovité pôdy

V rámci ílovito-hlinitých pôd sú hodnotené FMc aj FM. Ornice týchto pôd sú v priemere nezhutnené, limity však presahujú svojimi krajnými hodnotami. Opačný stav je pri podorniciach, ktoré sú už strednými hodnotami v kritickom intervale.

Tab. 5 Štvrtý odberový cyklus (rok 2007) – ťažká, ílovito-hlinitá a ílovitá pôda.

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	pd	PC	PN	MKK	VzK
			g.cm-3	objemové %			
FMc na karbonátových fluviálnych sedimentoch ílovito -hlinité	0-0,10 m	x	1,329	50,2	9,2	38,6	11,6
		xmin	1,207	44,9	4,3	37,9	6,5
		xmax	1,486	54,2	12,7	39,7	14,6
	0,30-0,40 m	x	1,458	45,3	4,9	38,6	6,7
		xmin	1,330	41,2	0,2	37,0	2,6
		xmax	1,541	49,3	8,9	41,5	10,7
FM na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch ílovito -hlinité	0-0,10 m	x	1,198	54,7	16,7	35,5	19,3
		xmin	1,010	45,6	5,4	32,0	7,7
		xmax	1,446	60,4	25,4	38,0	28,2
	0,30-0,40 m	x	1,452	45,9	6,2	38,7	7,2
		xmin	1,321	40,5	1,9	35,9	3,4
		xmax	1,581	50,4	11,6	45,1	13,6

Vysvetlivky ako v tabuľke 1.

Ak zhrnieme výsledky posledného odberového cyklu za fluvizeme, fyzikálny stav sledovaných pôd v zmysle limitov zhutnenia sa zhoršoval v smere od zrnitostne ľahších ku ťažším pôdam, keď pri hlinito-piesčitých sú hodnoty meraných parametrov pod limitom, podornice piesčito-hlinitých ho už dosahujú prípadne mierne prekračujú krajnými hodnotami, rovnako ako ornice hlinitých až ílovitých pôdných druhov. Podornice hlinitých až ílovitých pôd sú už zhutnené s výnimkou hlinitých FMc.

Vyhodnotenie vývojového trendu sledovaných pôdných typov v základnej sieti za 4 odberové cykly (1993, 1997, 2002, 2007)

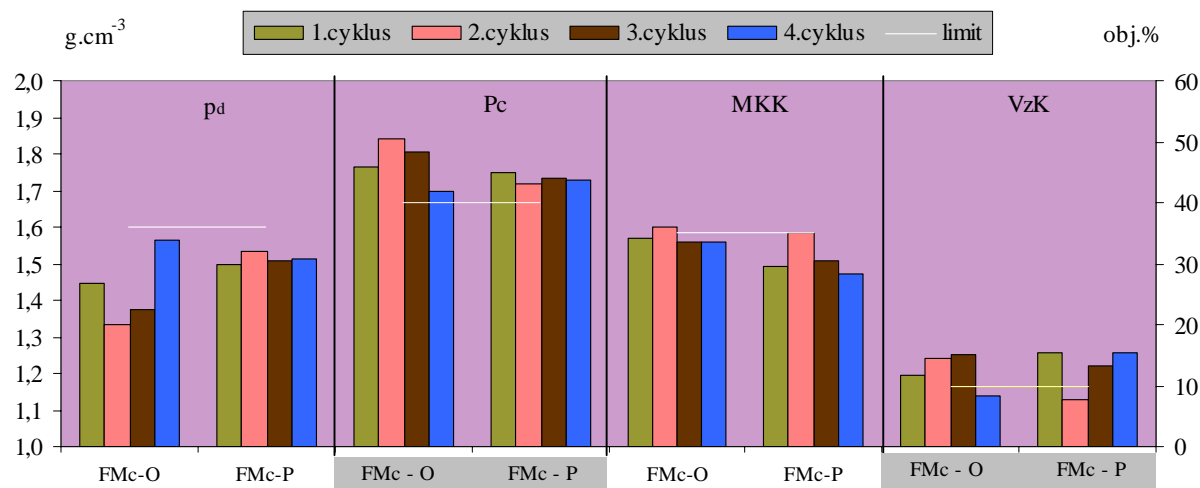
Ak porovnáme aktuálny fyzikálny stav predmetných pôd z ich stavom v predchádzajúcich odberových cykloch (obr. 1 až 7), môžeme pozorovať určitý trend. Predovšetkým v ornici sú hodnoty objemovej hmotnosti nižšie a medzi odberovými cyklami viac rozkolísané (väčšie výkyvy), kým naopak v podornici sú vyššie a relatívne vyrovnané.

Zrnitostne ľahké pôdy

Hlinito-piesčité pôdy

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

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



Vysvetlivky:

FMc-O – fluvizeme na karbonátových sedimentoch - ornica

FMc-P – fluvizeme na karbonátových sedimentoch - podornica

limit – kritická hodnota zhutnenia

1., 2., 3., 4. cyklus – odberové cykly v zákl. sieti v r. 1993, 1997, 2002, 2007

pd – objemová hmotnosť (g.cm⁻³)

Pc – celková pórovitosť (%)

MKK – maxim. kapilárna kapacita (%)

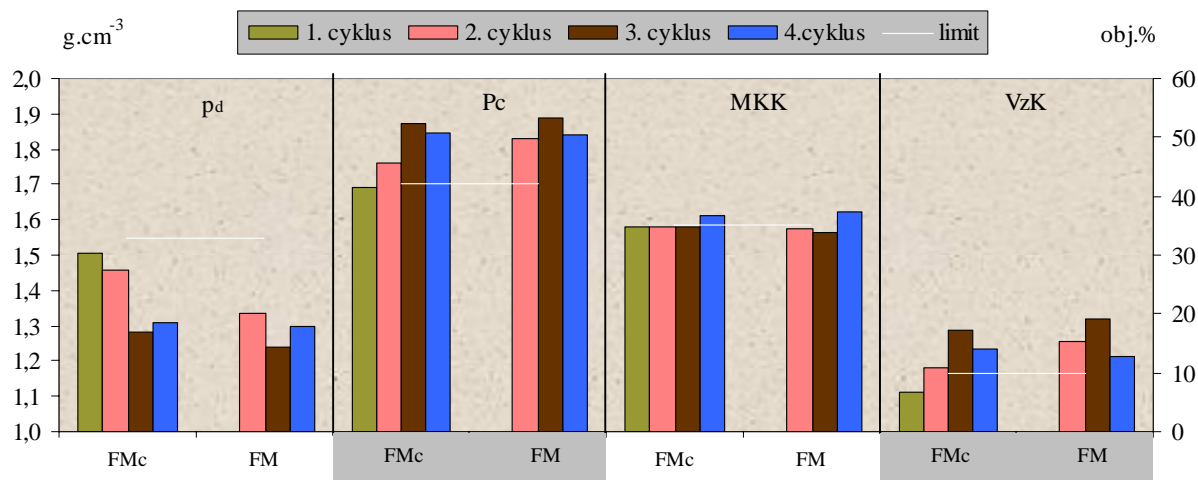
VzK – minimálna vzdušná kapacita (%)

Zrnitostne stredne ťažké pôdy

Piesčito-hlinité pôdy

V rámci tejto kategórie pôd sú ornice hodnotených pôdnych typov mimo kritického intervalu počas celého sledovaného obdobia i napriek tomu, že oproti predchádzajúcemu cyklu došlo k miernemu zhoršeniu fyzikálneho stavu.

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

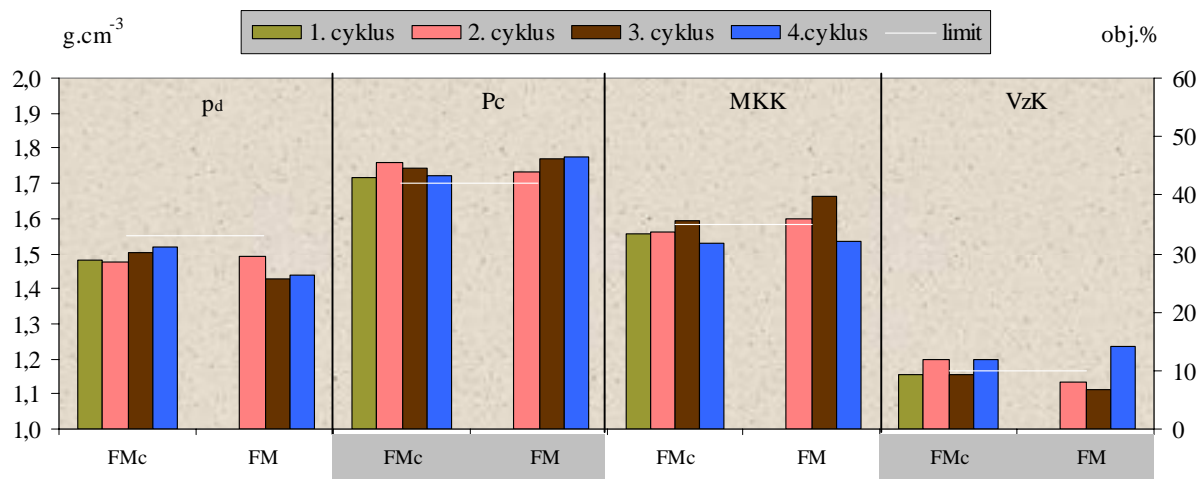


Vysvetlivky:

FMc – fluvizeme na karbonátových sedimentoch, FM – fluvizeme na nekarbonátových sedimentoch, ostatné ako pri obr. 1

Pri podorniciach je situácia horšia, no priemerné hodnoty parametrov sú stále pod limitom. Podobne ako pri podorniciach v poslednom cykle oproti predchádzajúcemu bol zaznamenaný mierne negatívny trend. FMc si zachovávajú trvalo priaznivé fyzikálne vlastnosti vo všetkých parametroch, kým FM v 2 prípadoch (2. a 3. cyklus odberu) mali zníženú min. vzdušnú kapacitu.

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



Vysvetlivky ako pre obr. 2

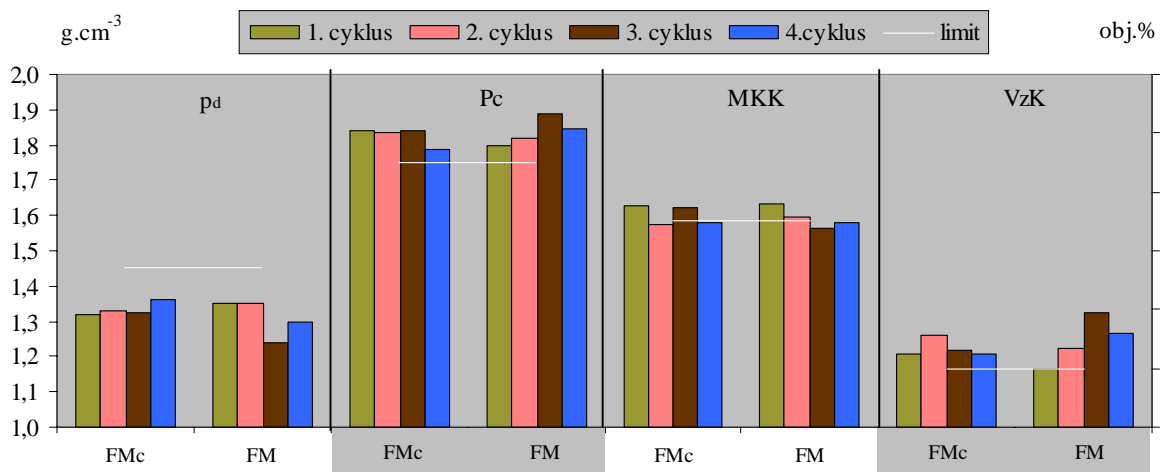
Hlinité pôdy

Sú to naše najrozšírenejšie pôdy a s najoptimálnejšou textúrou, ale zároveň aj najintenzívnejšie využívané. Potvrdzujú to aj hodnoty fyzikálnych charakteristík. V pravidelne kyprenej ornici (obr.4) sú ich hodnoty podlimitné, kým v podornici (obr.5) sa

pohybujú okolo kritickej hranice, keďže pôsobenie tlakov na pôdu má kumulatívny charakter (každým prejazdom sa utlačenie zvýši vždy o menšiu časť až do vytvorenia rovnovážneho stavu v závislosti od miery záťaže). Z hľadiska pôdných typov je fyzikálny stav orníc relatívne vyrovnaný. Podornice sú vo všetkých štyroch cykloch zhutnené pri FM, v jednom pri FMc.

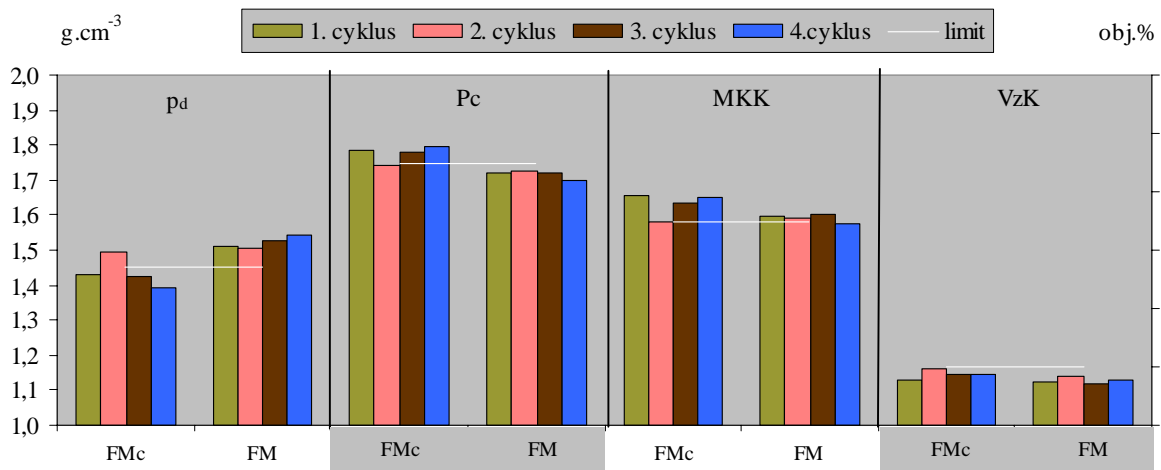
Celkovo došlo k miernemu zhoršeniu fyzikálnych charakteristík v celom pôdnom profile v poslednom odberovom cykle oproti predchádzajúcemu s výnimkou podornice FMc (mierne pozitívny trend).

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



Vysvetlivky ako pre obr. 2

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



Vysvetlivky ako pre obr. 2

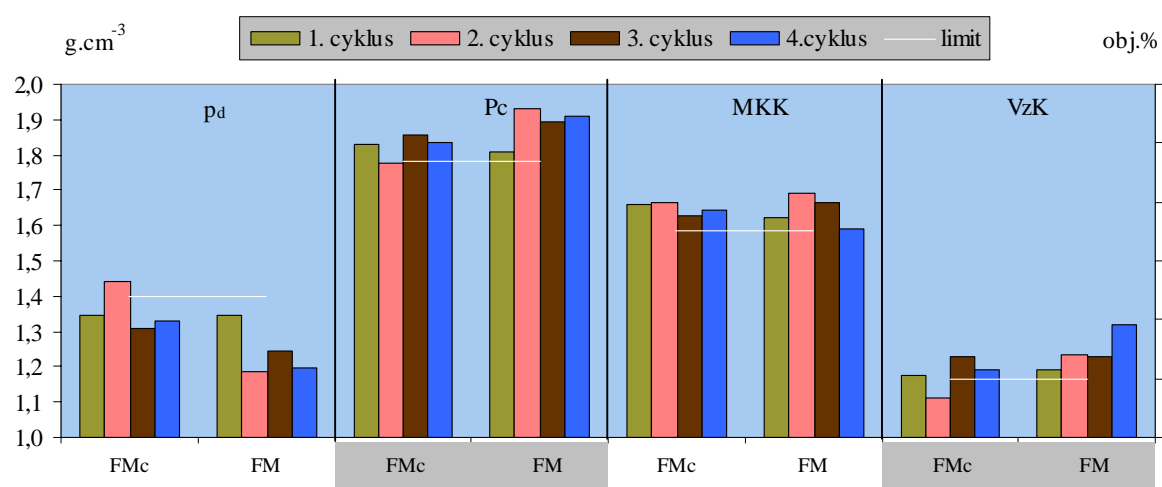
Zrnitostne ťažké pôdy

Ílovito-hlinité pôdy

Tieto naše druhé najrozľahlejšie pôdy nie sú v ornici zhutnené až na malé výnimky ako FM v druhom cykle odberu. Okrem nich v rámci pôdnych typov je stav relatívne vyrovnaný. Je zaznamenané zlepšenie fyzikálneho stavu v poslednom odberovom cykle oproti predchádzajúcemu pri FM a naopak mierne zhoršenie pri FMc.

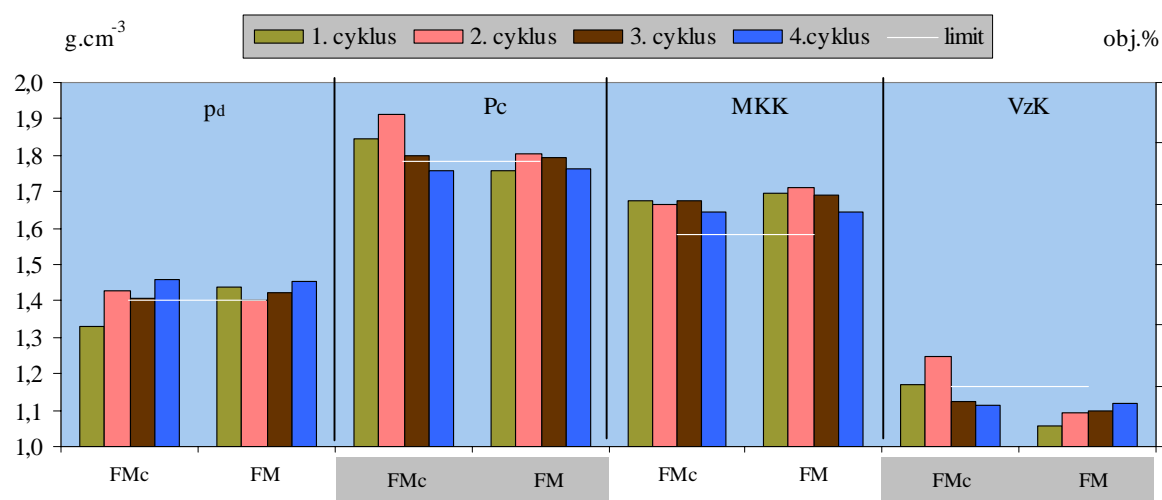
Podornice daných pôdnych typov sú mimo prípadu FMc v prvom cykle nad limitom zhutnenia podľa všetkých sledovaných parametrov. Pri oboch sledovaných typoch bol zaznamenaný mierne negatívny trend vývoja sledovaných pôdnych parametrov.

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



Vysvetlivky ako v obr. 2

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



Vysvetlivky ako v obr. 2

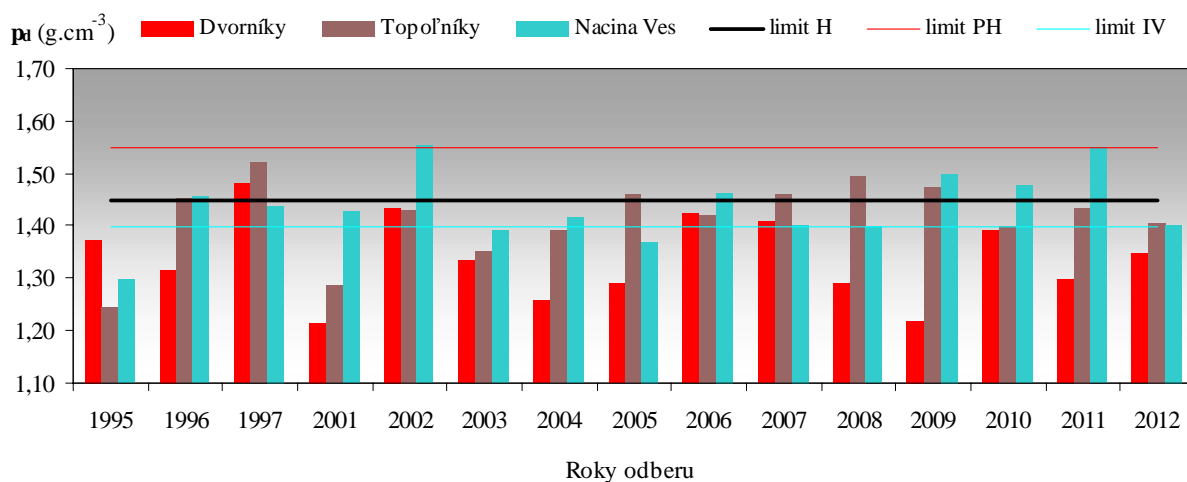
6.5.2 Vyhodnotenie fyzikálnych vlastností podornice v rámci kľúčových lokalít

V tejto časti správy je detailnejšie zhodnotený fyzikálny stav vybraných pôdnych zástupcov v rámci sledovaných pôdnych typov oproti jej 1. časti. Analyzovaná je len podornica, ktorá je viac náchylná na zhutnenie, keďže je mimo bežných agrotechnických kypriacich opatrení. Každoročné odbery na týchto lokalitách umožňujú získanie údajov ovplyvnených pestovateľskými technológiami viacerých poľnohospodárskych plodín. Fluvizeme sú reprezentované lokalitami Dvorníky, Topoľníky a Nacina Ves.

V prípade kompaktie treba brať do úvahy pôsobenie viacerých pôdnych charakteristík ako sú zrnitosť, obsah organickej hmoty (Houšková 2002, Širáň 2004, Heuscher, Brandt, Jardine 2005), príp. obsah karbonátov. Z hľadiska zrnitosti ide o pôdy stredne ťažké, piesčito-hlinité (Dvorníky), hlinité (lokalita Topoľníky) ako aj ťažké, ílovité (lokalita Nacina Ves). Rozdiely sú medzi danými pôdami v obsahu pôdnej organickej hmoty (časť Pôdna organická hmota) ako aj v obsahu karbonátov (časť Acidifikácia pôd).

Hodnoty objemovej hmotnosti a ostatných sledovaných parametrov v podornici v rámci predmetných kľúčových lokalít až na malé výnimky potvrdzujú výsledky z prvej časti správy, kde boli vyhodnotené síce len v hlavných odberových cykloch (každých 5 rokov), no zato na viacerých lokalitách, pričom sú tu zohľadnené rôzne plodiny, klíma, príp. heterogenita pôdnych vlastností na území SR. Údaje z kľúčových lokalít poukazujú hlavne na vplyv pestovateľských technológií uplatňovaných pri pestovaní určitých plodín na kompaktiu pôdy, keďže základné pôdne parametre sa nemenia a poskytujú informácie aj o stave kompaktie mimo hlavných odberových cyklov.

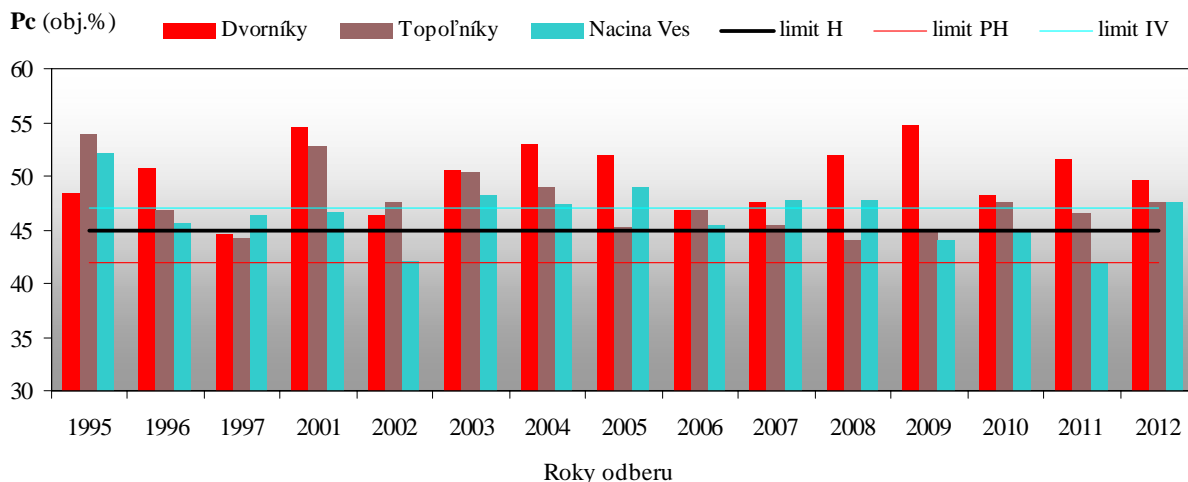
Obr. 8 Objemová hmotnosť (pd) podornice fluvizemí v rámci kľúčových lokalít



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

Limity objemovej hmotnosti (obr. 8) a celkovej pórovitosti (obr. 9) v rámci boli najmenej krát prekročené v rámci piesčito-hlinitých pôd (lokalita Dvorníky – 0 % prípadov), nasledovali hlinité pôdy (lokalita Topoľníky - 33 % prípadov) a najviac nadlimitných prípadov bolo v rámci ílovitých pôd (60 % prípadov). Tu môžeme vidieť vplyv zrnitosti na kompaktiu pôdy.

Obr. 9 Celková pórovitosť (Pc) podornice fluvizemí v rámci kľúčových lokalít

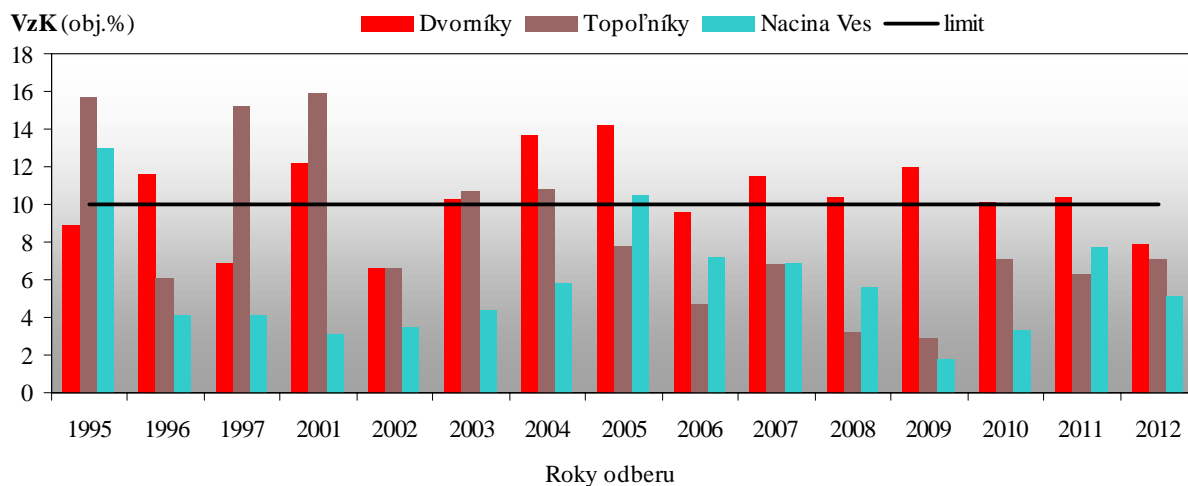


Vysvetlivky ako pre obr. 8

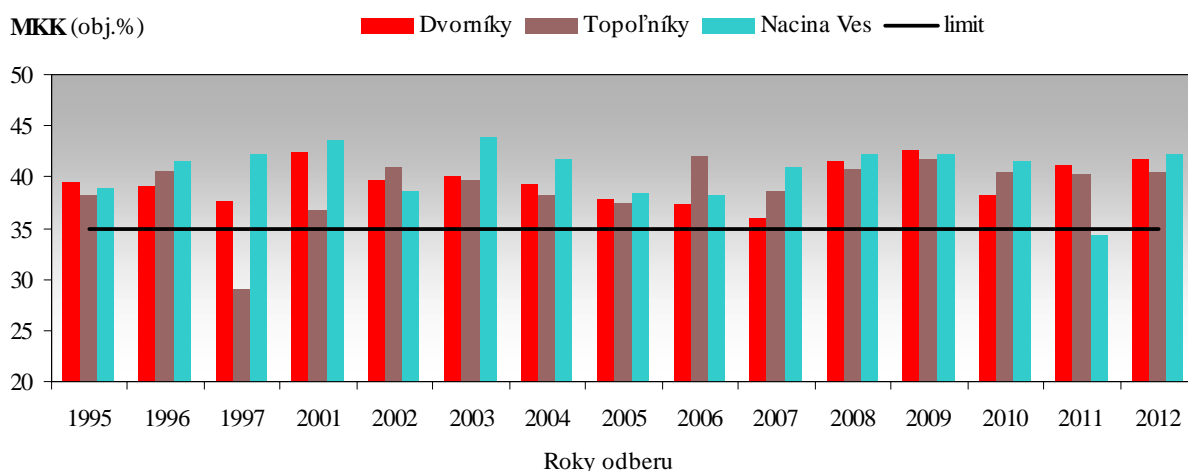
Čo sa týka minimálnej vzdušnej kapacity (obr. 10) sú rozdiely medzi sledovanými lokalitami podobne ako pri objemovej hmotnosti, príp. celkovej pórovitosti. Najlepší stav prevzdušnenia je na piesčito-hlinitej pôde v Dvorníkoch (20 % v kritickom intervale) na rozdiel od hlinitej (Topoľníky - 40 %), príp. ílovitej pôdy (Nacina Ves - 88 %). Tento stav je pravdepodobne dôsledok rozdielu v obsahu organickej hmoty, príp. obsahu karbonátov v podornici medzi sledovanými lokalitami (Barančíková 2002), čím je ovplyvnená štruktúra pôdy (Hlušičková, Lhotský 1994).

Hodnoty MKK fluvizemí (obr. 11) sú vysoké v porovnaní s inými pôdnymi typmi, mimo dvoch odberových rokov všetky nad limitom, čo možno pripísať vplyvu podzemnej vody, kedy sú tvarované póry v procese jej vztlínania.

Obr. 10 Vzdušná kapacita (VzK) podornice fluvizemí v rámci kľúčových lokalít



Obr. 11 Maximálna kapilárna kapacita (MKK) podornice fluvizemí v rámci kľúčových lokalít



Záver

Fyzikálny stav sledovaných fluvizemí v zmysle limitov zhutnenia sa v poslednom cykle zhoršoval v smere od zrnitostne ľahších ku ťažším pôdam, keď pri hlinito-piesčitých sú hodnoty meraných parametrov pod limitom, podornice piesčito-hlinitých ho už dosahujú prípadne mierne prekračujú (FMc) krajnými hodnotami, rovnako ako ornice hlinitých až ílovitých pôdných druhov. Podornice hlinitých až ílovitých pôd sú už zhutnené s výnimkou hlinitých FMc. Kompakcia zasahuje hlavne podornice sledovaných pôd.

V prípade vývoja kompaktie na sledovaných pôdných typoch došlo v prevažnej väčšine k miernemu zhoršeniu fyzikálneho stavu v poslednom odberovom cykle v porovnaní s predchádzajúcim cyklom.

Hodnoty MKK fluvizemí sú vysoké v porovnaní s inými pôdnymi typmi, mimo dvoch odberových rokov sú všetky nad limitom a to bez ohľadu na textúru pôdy, čo možno pripísať vplyvu podzemnej vody, kedy sú tvarované póry v procese jej vzliňania.

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

Ak zhrnieme výsledky za všetky hlavné pôdne typy (černozeme, fluvizeme, čiernice, hnedozeme, regozeme, kambizeme, rendziny, pseudogleje), ktoré boli doteraz hodnotené za posledný odberový cyklus, v princípe môžeme konštatovať, že ich fyzikálny stav v zmysle limitov zhutnenia sa v poslednom cykle zhoršoval v smere od zrnitostne ľahších ku ťažším pôdam, keď pri piesčitých a hlinito-piesčitých pôdach sú hodnoty meraných parametrov v celom pôdnom profile príp. pri piesčito-hlinitých v ornici pod limitom, podornice piesčito-hlinitých ho už dosahujú prípadne mierne prekračujú krajnými hodnotami (maximá resp. minimá) sledovaných pôdných parametrov (s výnimkou hnedozemí prekračujúcimi limit už na úrovni priemeru), rovnako ako ornice hlinitých príp. ílovito-hlinitých pôdných druhov (výnimka: ornica ílovito-hlinitej čiernice na karbonátových substrátoch dosahuje limit na úrovni priemeru). Podornice hlinitých až ílovitých pôd sú už zhutnené na úrovni priemeru s výnimkou hlinitých fluvizemí a čiernic na karbonátových substrátoch príp. černozemí presahujúcimi limit len krajnými hodnotami. Kompakcia teda zasahuje hlavne podornice sledovaných pôd, ktoré sú obyčajne mimo dosahu bežných agrotechnických kypriacich zásahov uplatňovaných pri príprave pôdy.

Ak by sme zoradili jednotlivé pôdne typy do poradia podľa veľkosti hodnôt objemovej hmotnosti od najmenej po najväčšiu v rámci kategórií pôdných druhov, príp. s ohľadom na časť pôdneho profilu (ornica, podornica), vo všetkých prípadoch sa striedajú na začiatku radu

fluvizeme, čiernice a černoze mimo prípadu ornice hlinitých černozemí (v druhej polovici radu) a uzatvárajú ho pseudogleje a hnedozeme. Nie veľmi pozitívny stav hlinitých černozemí príp. hnedozemí môže byť spôsobené väčšou vyťaženosťou daných pôd.

Z hľadiska vývoja kompaktie vo väčšine prípadov sme zaznamenali mierne zhoršenie fyzikálneho stavu pôdy v poslednom cykle oproti predchádzajúcemu. K miernemu zlepšeniu došlo v ornici piesčito-hlinitých hnedozemí, hlinitých nekarbonátových čiernic príp. kyslých kambizemí a ílovito-hlinitých čiernic príp. nekarbonátových fluvizemí, kambizemí a černozemí. Mierny pozitívny trend v rámci podornice bol zistený pri hlinitých nekarbonátových čierniciach, karbonátových fluvizemiach, kyslých kambizemiach a rendzinách, príp. pri ílovito-hlinitých kambizemiach na flyši.

Zoznam použitej literatúry

- Barančíková, G. 2002. Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty. In: Kobza, J. a kol.: Monitoring pôd SR. Výsledky ČMS – pôda za obdobie 1997-2001 (2. cyklus). Bratislava: VÚPOP, 2002, s. 54-73
- Eckelmann, W., Baritz, R., Bialousz, S., Bielek, P., Carré, F., Houková, B., Jones, R.J.A., Kibblewhite, M., Kozak, J., Le Bas, C., Tóth, G., Tóth, T., Várallyay, G., Halla, M., Y., Zupan, M. 2006. Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats. European Soil Bureau Research Report No.20, EUR 22185 EN, 94 s. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
- Heuscher, A. S., Brandt, C. C., Jardine, M. P. 2005. Using Soil Physical and Chemical Properties to Estimate Bulk Density Data. Soil Sci. Soc. of America Journal 69, 2005, s. 51-56
- Hlušíčková, J., Lhotský, J. 1994. Ochrana půdní struktury před technogenní degradací. Metodika ÚVTIZ. Praha, 1994, 40 s.
- Houšková, B. 2002. Vývoj fyzikálních vlastností poľnohospodárskych pôd. In: Kobza, J. a kol.: Monitoring pôd SR. Výsledky ČMS – pôda za obdobie 1997-2001 (2. cyklus). Bratislava: VÚPOP, 2002, s. 131-141
- MPSR, 2004. Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene a doplnení niektorých zákonov, 2004
- Širáň, M. 2004. Zhutnenie pôdy a jeho vývoj. Tretie pôdoznalecké dni na Slovensku, 22.-24. jún 2004, poster. Mojmírovce, 2004

6.6 Hodnotenie vývoja erózie poľnohospodárskej pôdy

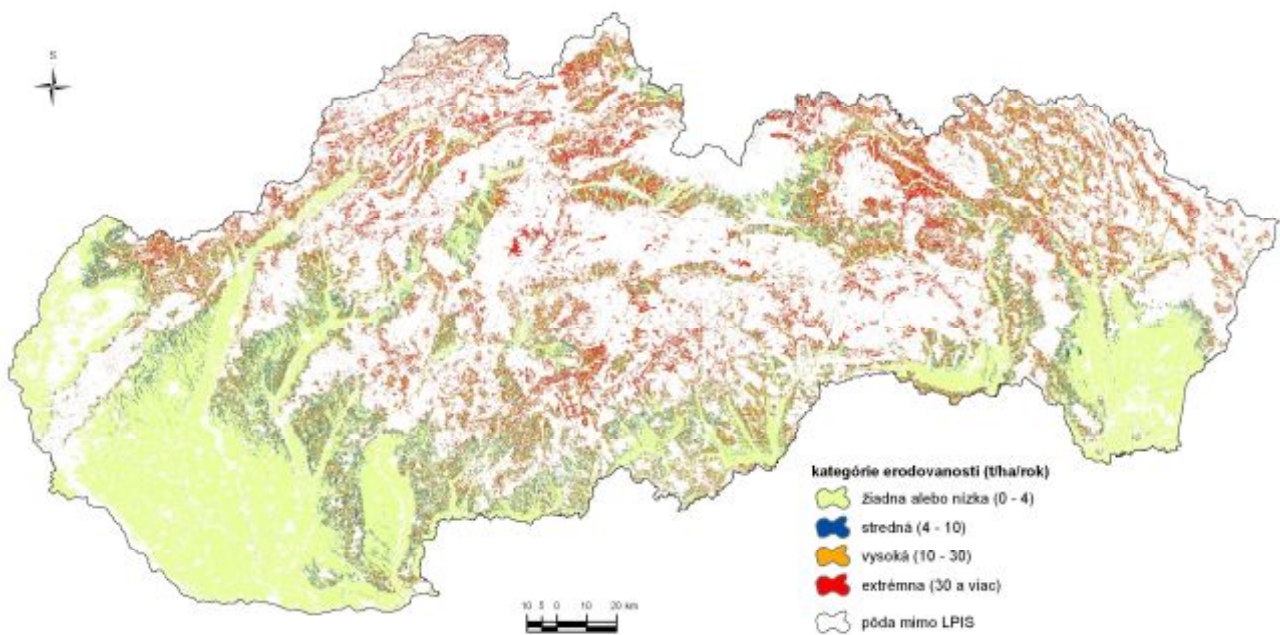
Úvod

Sledovanie intenzity priebehu a plošnej distribúcie erózie pôdy, ktoré je súčasťou monitoringu pôd, sa dlhodobo vykonáva na 20-tich záujmových lokalitách tzv. erózných transektoch v päťročných cykloch (každý rok na štyroch transektoch). Transekty boli rozmiestnené v erózne senzitívnych lokalitách na prevládajúcich pôdnych typoch Slovenska. Monitoring erózie z pohľadu jej intenzity ako aj negatívneho vplyvu na zmeny základných pôdnych parametrov má význam z pohľadu predikcie jej účinku na hlavných pôdnych typoch, ako aj pre výber a realizáciu vhodných protieróznych opatrení v konkrétnych pôdno-klimatických a geomorfologických podmienkach monitorovacej lokality.

Protierózna ochrana pôdy je jedna z dôležitých súčastí zákona 220/2004 Z.z., pretože intenzifikáciou poľnohospodárskej výroby v posledných dekádach sa síce dosahujú vyššie hektárové výnosy, avšak zabezpečenie protieróznej ochrany pôdy je väčšinou v nedostatočnej miere. Dlhodobé neriešenie problematiky erózie vedie k nevratným negatívnym zmenám základných pôdnych parametrov, výsledkom čoho môže byť znižovanie produkčnej schopnosti pôdy (pokles úrodnosti), ale v konečnom dôsledku môže byť hlavnou príčinou znižovania celkového potenciálu územia a zhoršovania kvality života v ňom (zanášanie vodných zdrojov splaveninami, kontaminácia pôdy, eutrofizácia atď.).

Potenciálna vodná erózia vyjadruje potenciál pôdy podliehať procesom erózie v závislosti od konkrétnych vlastností lokality (pôdno-klimatické a geomorfologické charakteristiky) v prípade ak sa neberie do úvahy pôdoochranná účinnosť vegetačného pokryvu a protieróznych opatrení. V pôdno-klimatických a geomorfologických podmienkach Slovenska je potenciálne ovplyvnených (rôznou intenzitou erózie) 955 887 ha poľnohospodárskych pôd (tab. 1, obr. 1).

Obr. 1 Potenciálna vodná erózia na poľnohospodárskej pôde SR



Tab. 1 Výmery kategórií potenciálnej vodnej erózie

Kategórie erodovanosti (strata pôdy)	Výmera v ha
Žiadna, alebo nízka (0 – 4 t/ha/rok)	1 454 925
Stredná (4 – 10 t/ha/rok)	245 420
Vysoká (10 – 30 t/ha/rok)	356 318
Extrémna (viac ako 30 t/ha/rok)	354 149
Spolu	2 410 812

Ciele riešenia pre rok 2012

- stanovenie intenzity recentnej erózie (za posledných približne 40 rokov) na 4 vybraných erózných transektoch na základe vyhodnotenia profilovej distribúcie rádioaktívneho izotopu cézia (^{137}Cs) v jednotlivých častiach transektov
- sledovanie vplyvu vodnej erózie na kvantitatívne zmeny sledovaných pôdných parametrov (obsah humusu, pH/KCl, zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti, prístupný fosfor a draslík) na štyroch erózných transektoch, ktoré sú charakterizované radom troch sond lokalizovaných po spádnicí svahu v priestore (priestorová heterogenita) a v čase (časová dynamika počas päťročného odberového cyklu)
- modelovanie vodnej erózie na poľnohospodárskych pôdach využitím predikčného erózneho modelu univerzálnej rovnice straty pôdy (USLE)

Materiál a metódy

Tretí päťročný cyklus monitoringu erózie pôdy pokračoval v roku 2012 na transektoch pri Rišňovciach (okr. Nitra), Voderadoch (okr. Trnava), Zacharovciach (okr. Rimavská Sobota) a Plavých Vozokanoch (okr. Levice). Zaujímavé lokality boli už v prvom cykle charakterizované z pohľadu intenzity erózie, priestorovej variability a časovej dynamiky zmien monitorovaných pôdných parametrov. Po piatich rokoch sa na transekty vraciame z dôvodu porovnania výsledkov zo všetkých troch cyklov monitorovania.

Všetky erózne transekty monitorované v tomto roku sa z pohľadu intenzity zrážok, erodovateľnosti pôdy, svahovitosti nachádzajú v erózne senzitivných oblastiach Slovenska na intenzívne obhospodarovaných orných pôdach. V rámci každého transektu sú lokalizované tri pedologické sondy po spádnicí svahu, teda v smere najväčšieho vplyvu povrchového odtoku na pôdu. Vrcholová, eróziou minimálne ovplyvnená časť svahu (*plošina*) je charakterizovaná referenčnou sondou, erózna časť transektu (*svah*) eróznou sondou a úpätie svahu (*báza*), kde dochádza k akumulácii pôdnej hmoty je charakterizované akumuláčnou sondou.

V pôdných vzorkách odobratých v rámci pôdných profilov jednotlivých častí erózných transektov sledujeme vplyv erózie na kvantitatívne zmeny fyzikálnych vlastností (objemová hmotnosť, pórovitosť, KN, MKK, RVK), obsahu humusu (Cox x 1,724, mokrý spôsob metóda Ľurin, modifikácia Nikitin), prístupného fosforu (Égner), prístupného draslíka (Schachtschabel), pH/KCl (0,2 mol.dm⁻³ KCl), zrnitostné zloženie (FAO) v priestore a v čase. Sledované pôdne parametre boli stanovené podľa jednotných pracovných postupov rozborov pôd (kolektív autorov, 2011) v laboratóriách VÚPOP Bratislava. Preferované hĺbky odberu boli 0-10, 25-30, 30-35, 35-40, 40-45 cm.

Recentnú eróziu (počas obdobia intenzifikácie poľnohospodárskej výroby) určujeme pomocou metódy, ktorá využíva rádioaktívny izotop ^{137}Cs ako značkovací prvok. V roku 1963 bol zaznamenaný najväčší spád tohto rádioaktívneho izotopu (Walling, Quine, 1993), ktorý má schopnosť pevne sa viazať na častice jemného podielu pôdnej hmoty. Pri transporte a následnom akumulovaní týchto častíc dochádza aj k transportu a akumulovaniu izotopu

cézia. Podrobnejšie sa vo svojich prácach touto metódou v podmienkach Slovenska zaoberali Linkeš, Lehotský, Stankoviansky (1992), Slávik a kol. (2000), Fulajtár, Janský (2001), Styk (2007). Analýzy pôdnych vzoriek na rádioaktívny izotop cézia (^{137}Cs) boli urobené využitím polovodičového gamaspektrometrického systému vo Výskumnom ústave jadrových elektrární v Trnave.

Pre vyčíslenie *potenciálnej* (nezohľadňuje vplyv rastlinného pokryvu a spôsobu obhospodarovania) a *aktuálnej* erózie v rámci konkrétnych erózných transektov používame predikčný erózný model, v ktorého štruktúre je zakomponovaná Univerzálna rovnica straty pôdy (Wischmeier, Smith, 1978):

$$A = R.K.L.S.C.P$$

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

R – erózna účinnosť dažďa

K – erodovateľnosť pôdy

L – vplyv dĺžky svahu

S – vplyv svahovitosti

C – vplyv rastlinného pokryvu

P – spôsob obhospodarovania

Dosiahnuté výsledky

Transekt pri Rišňovciach

Erózný transekt bol lokalizovaný v mierne členitom reliéfe Nitrianskej prolúviálno-eolickej pahorkatiny, ktorá je charakteristická výskytom spraší a viatych pieskov. Na týchto pôdotvorných substrátoch sa vyvinuli stredne ťažké pôdy väčšinou černoziemného a hnedozemného typu. Transekt sa nachádza na intenzívne obhospodarovanej ornej pôde pri obci Rišňovce (okr. Nitra). Vrcholová a erózna časť záujmového územia je charakteristická černoziemou kultizemnou, resp černoziemou hnedozemnou kultizemnou (svah). V akumuláčnej časti (báza) sa nachádza černozem čiernicová kultizemná (Šály a kol., 2000). Celková dĺžka transektu je 185 m a jeho svahovitosť sa pohybuje v rozmedzí od 7 do 10°. Priemerný ročný úhrn zrážok je v tejto lokalite 600 mm (Hrnčiarová a kol., 2002). Priebeh hĺbky humusového horizontu je nasledovný: plošina (referenčná časť) – Akp: 0,30m, svah (erózna časť) – Akp: 0,28 m, akumuláčná časť (báza) – Akp: 0,45 m; A m: 0,90m

Využitím empirickej rovnice USLE (Wischmeier, Smith, 1978) sme vypočítali potenciálnu a aktuálnu ročnú stratu pôdy z plochy jedného hektára.

Potenciálna strata pôdy:

$$R - 24,62 \quad K - 0,28 \quad L - 2,89 \quad S - 2,89$$

$$A_p = R \cdot K \cdot L \cdot S = 57,58 \text{ t/ha/rok}$$

Aktuálna strata pôdy (kukurica na zrno):

$$R - 24,62 \quad K - 0,28 \quad L - 2,89 \quad S - 2,89 \quad C - 0,61 \quad P - 1$$

$$A_a = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P = 35,12 \text{ t/ha/rok}$$

Vypočítanými hodnotami sa pôda záujmovej lokality zaraďuje do kategórie s extrémnou erodovanosťou (potenciálna aj aktuálna). Hodnoty straty pôdy prekračujú limit uvedený v zákone 220/2004 Z.z. pre hlbokú pôdu, ktorý je 30t/ha/rok. V aktuálnom odberovom roku sa na lokalite pestovala kukurica na zrno, ktorá sa zaraďuje medzi plodiny so

slabým protieróznym účinkom, ktoré nedostatočne chránia pôdu pred kinetickou energiou dažďových kvapiek a povrchového odtoku.

Prítomnosť recentnej erózie (erózia v období intenzifikácie poľnohospodárstva) na transekte sme identifikovali na základe aktivity rádioaktívneho izotopu ^{137}Cs v pôdných profiloch jednotlivých častí záujmovej lokality. Vysoké koncentrácie cézia boli namerané v pôdnom profile akumuláčnej časti transektu ešte v hĺbke 0,50 m, pričom v profile eróznej časti na rozhraní ornice s podornicou je koncentrácia izotopu cézia na prahu merateľnosti (tab. 2).

Tab. 2 Namerané koncentrácie ^{137}Cs v pôdných profiloch transektu pri Rišňovciach

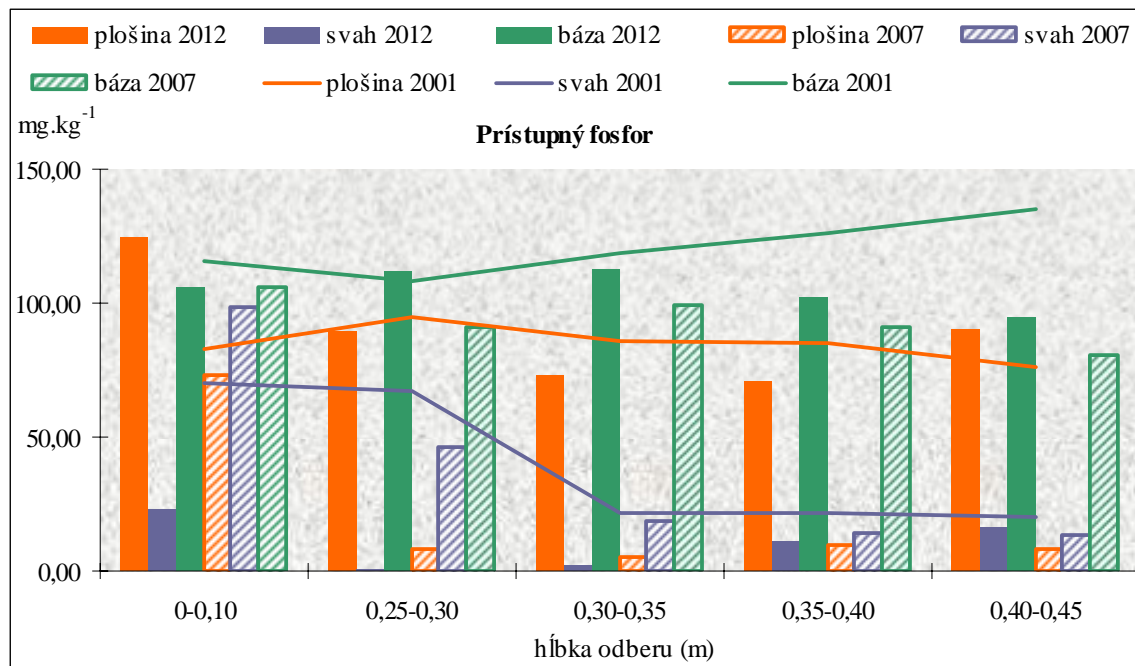
Transekt	^{137}Cs (Bq.kg ⁻¹)				
	0-0,10m	0,30-0,35m	0,35-0,40 cm	0,40-0,45m	0,45-0,50m
plošina	5,1	0,6	0,6	-	-
svah	9,3	0,9	0,2	-	-
báza	13,5	13,5	13,9	5,3	2,7

Erózia v poslednom období (recentná) sa posudzuje na základe rozdielu hĺbky merateľnej koncentrácie izotopu cézia v pôdných profiloch sond akumuláčnej a referenčnej časti transektu. V tomto prípade sa jedná o vrstvu hrubú približne 200 mm. Od obdobia kedy bol datovaný najvyšší spád cézia (1963) po súčasnosť bola priemerná ročná akumulácia pretransportovanej pôdnej hmoty v báze svahu vo výške vrstvy 4,1 mm, čo pri aktuálnej objemovej hmotnosti ornice (1,36 g.cm⁻³) predstavuje priemernú ročnú akumuláciu pôdy 55,8 t/ha. Hodnoty recentnej erózie vyjadrujú dlhodobý ročný priemer za sledované obdobie (cca 49 rokov) v konkrétnych podmienkach lokality, kedy v jednotlivých rokoch vôbec nemuselo dochádzať k odnosu pôdy a naopak pri výrazných erózných udalostiach mohla byť vrstva pretransportovanej pôdy oveľa väčšia ako priemer.

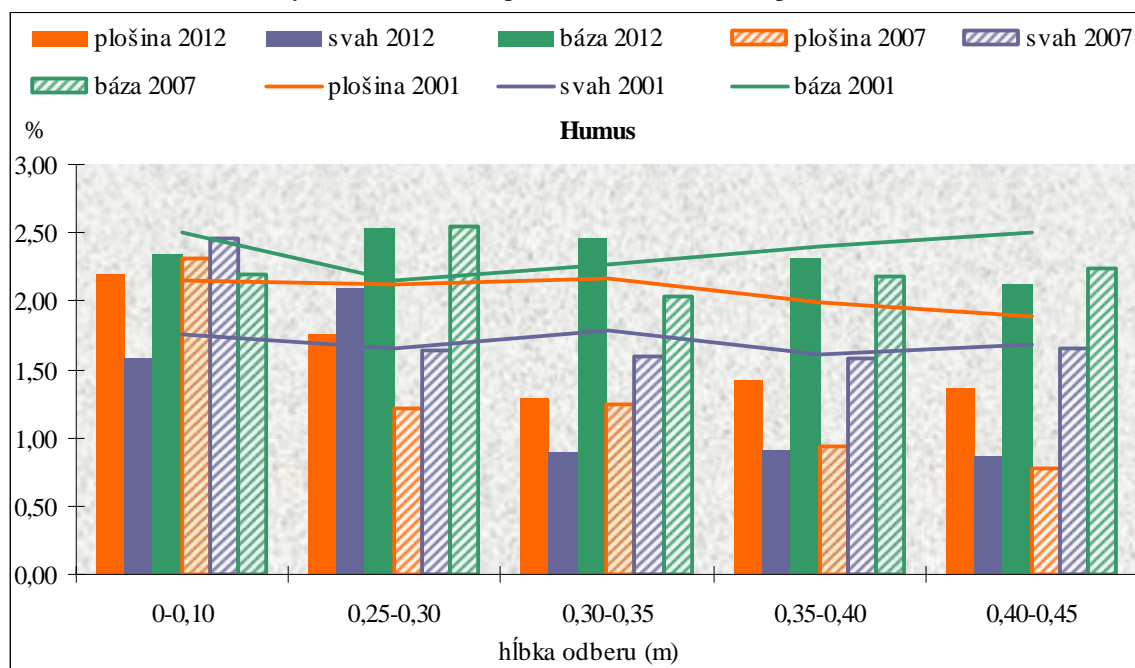
Vplyv vodnej erózie na pôdu sa prejavuje okrem straty pôdnej hmoty aj kvantitatívnymi zmenami obsahov tých parametrov, ktoré sú relatívne pevne viazané na jemnú pôdnu frakciu. V tomto prípade sme v rokoch 2001 až 2012 zaznamenali významnú priestorovú heterogenitu obsahov prístupného fosforu a humusu v jednotlivých pôdných profiloch umiestnených na transekte. Najvyššie hodnoty sme stanovili v rámci celého pôdneho profilu v báze svahu kde dochádza k akumulácii pretransportovanej pôdnej hmoty. Naopak v eróziou ovplyvnenej časti záujmovej územia (svah), kde sa na povrch dostáva na živiny a organickú hmotu chudobná podornica, sú hodnoty najnižšie, pričom s rastúcou hĺbkou pôdneho profilu klesajú.

Časová dynamika zmien sledovaných pôdných parametrov za obdobie rokov 2001 až 2012 sa prejavila predovšetkým v eróznej časti transektu, kde je vplyv erózie na pôdu najintenzívnejší. V porovnaní s rokom 2001 došlo k výraznému zníženiu obsahov prístupného fosforu a humusu v rámci celého pôdneho profilu, pričom ich obsah v celom profile akumuláčnej časti transektu (báza) sa prakticky nemení. Na sledovanom úseku sa dlhodobo prejavuje negatívny vplyv vodnej erózie na pôdu, čo je dôsledok nevyužívania vhodnej agrotechniky a odporúčaných protierózných opatrení.

Obr. 2 Kvantitatívne zmeny obsahu prístupného fosforu v priestore a čase (transekt pri Rišňovciach)

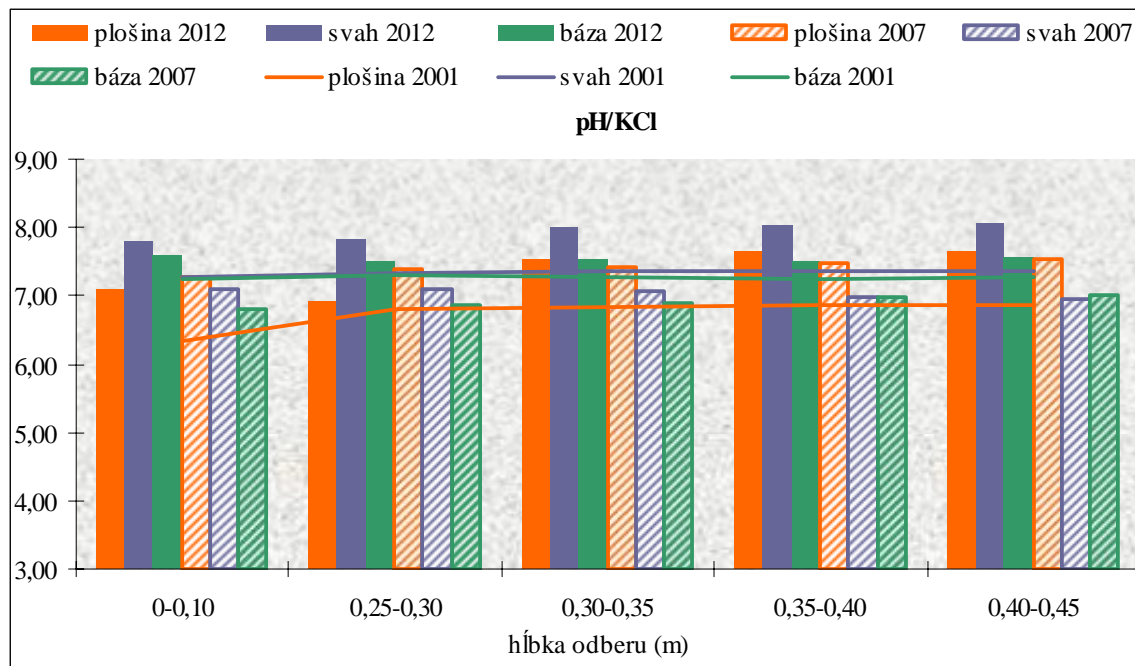


Obr. 3 Kvantitatívne zmeny obsahu humusu v priestore a čase (transekt pri Rišňovciach)



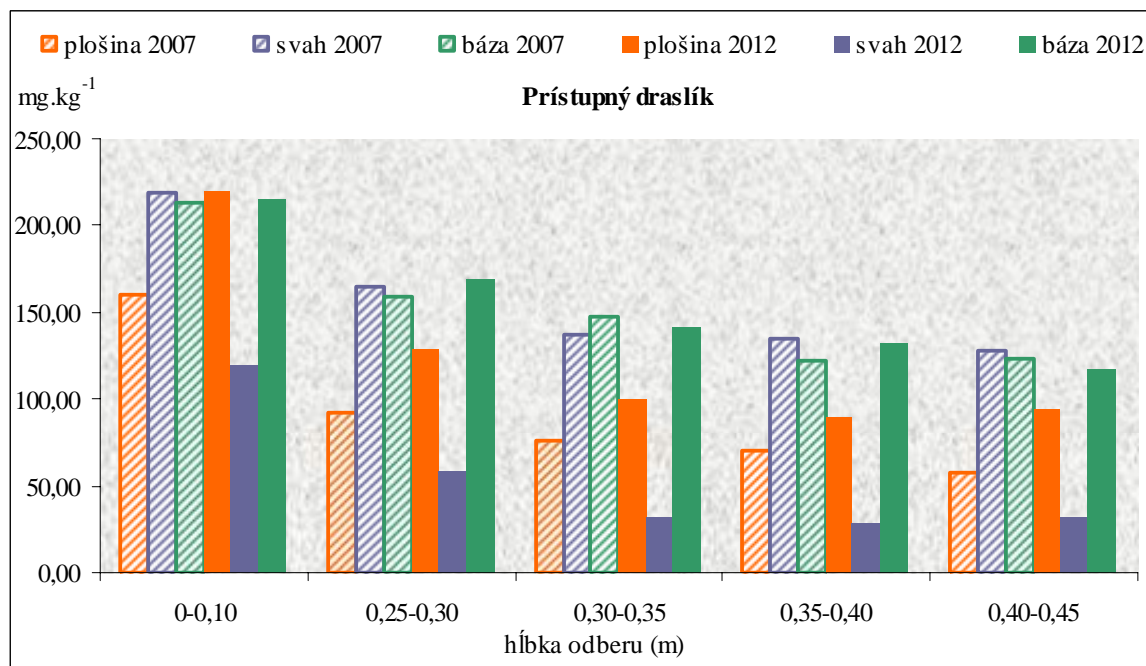
Pôdna reakcia na celom záujmovom transekte zaraďuje pôdu do kategórie neutrálna až slabo alkalická. Vplyv erózie sa prejavil predovšetkým na svahu, kde sa na povrch dostávajú spraoidné sedimenty, čo je výsledok straty vrchných častí pôdneho profilu. Pôdna reakcia tu dosahuje až slabo alkalické hodnoty. Časová dynamika zmien tohto parametra v rámci jednotlivých pôdnych profilov nie je významná, nakoľko pôda vznikla na karbonátovej spraši a aj pri odnose pôdnej hmoty z eróznej časti transektu sa k ornici prioráva karbonátové podložie (obr. 4).

Obr. 4 Zmeny pôdnej reakcie v priestore a čase (transekt pri Rišňovciach)



Podobne ako v prípade prístupného fosforu tak aj pri draslíku dochádza vplyvom erózie k zníženiu obsahu tejto makroživiny v celom pôdnom profile eróznej časti svahu, kde sa na povrch dostáva na živiny chudobná podornica. Časová dynamika zmien potvrdzuje dlhodobú prítomnosť eróznno-akumulačných procesov kedy v roku 2012 (v porovnaní s rokom 2007) môžeme pozorovať zníženie obsahu draslíka v celom pôdnom profile eróznej časti (obr. 5).

Obr. 5 Kvantitatívne zmeny obsahu prístupného draslíka v priestore a čase (transekt pri Rišňovciach)



V eróznej časti svahu dochádza vplyvom erózie k transportu najmenších a najľahších pôdných častíc (prachová a ílová frakcia pôdy), ktoré sú vodnou eróziou najľahšie ovplyvniteľné. Na povrch sa dostáva piesčito-hlinité podložie (tab. 3)

Tab. 3 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Rišňovciach

Transekt Rišňovce	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)			
		< 0,002 mm íl	0,002-0,05 mm prach	0,05-2,0 mm piesok	pôdny druh
plošina	0-0,10	21,13	44,95	33,92	hlinitá
	0,25-0,30	20,74	23,71	55,55	piesčito-ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	21,76	41,26	36,98	hlinitá
	0,35-0,40	21,03	34,78	44,19	hlinitá
	0,40-0,45	20,81	35,84	43,35	hlinitá
svah	0-0,10	18,35	26,37	55,28	piesčito-hlinitá
	0,25-0,30	18,18	19,70	62,12	piesčito-hlinitá
	0,30-0,35	10,44	25,11	64,45	piesčito-hlinitá
	0,35-0,40	10,60	26,68	62,72	piesčito-hlinitá
	0,40-0,45	10,01	27,22	62,77	piesčito-hlinitá
báza	0-0,10	20,52	27,18	52,30	piesčito-ílovito-hlinitá
	0,25-0,30	20,59	27,99	51,42	piesčito-ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	21,47	28,35	50,18	hlinitá
	0,35-0,40	19,69	21,91	58,40	piesčito-hlinitá
	0,40-0,45	20,65	38,57	40,78	hlinitá

Sledované fyzikálne parametre sa v rámci sledovaného úseku výrazne nemenia v priestore ani v čase. Prekroenie limitov zhutnenia sme zaznamenali v roku 2007 v podorničnej vrstve akumuláčnej časti transektu, čo mohlo byť spôsobené častým prejazdom ťažkých poľnohospodárskych strojov v tom období (tab. 4). Hraničné hodnoty pre zhutnenie sme v roku 2012 namerali v ornici eróznej časti svahu ($>1,55 \text{ g.cm}^{-3}$, $< 42\%$ pre piesčito-hlinité pôdy), čo už môže byť dôsledok vplyvu vodnej erózie, kedy dochádza k strate prachových a ílových častíc, ktoré sú veľmi dôležité pri tvorbe pôdnej štruktúry.

Tab. 4 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Rišňovciach

Transekt Rišňovce	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť' (g.cm^{-3})			PO (obj. %)		
		2001	2007	2012	2001	2007	2012
plošina	0-0,10	1,46	1,47	1,36	44,95	44,68	48,90
	0,30-0,35	1,56	1,44	1,49	41,93	46,52	44,11
svah	0-0,10	1,39	1,51	1,55	51,29	43,08	41,83
	0,30-0,35	1,57	1,56	1,55	41,16	41,31	42,59
báza	0-0,10	1,35	1,49	1,40	52,26	43,66	46,92
	0,30-0,35	1,55	1,65	1,51	41,32	37,94	43,38

PO - celková pórovitosť

Transekt pri Voderadoch

Záujmová lokalita sa nachádza v mierne členitom reliéfe pahorkatiny Podunajskej nížiny pri obci Voderady v okrese Trnava (intenzívne obhospodarovaná orná pôda). Na spraoidnom pôdotvornom substráte sa vyvinuli stredne ťažké pôdy černoziemného typu. Na celom sledovanom eróznom transekte sa nachádza černoziem kultizemná, len pre akumuláčnú časť (báza) je charakteristická černoziem čiernicová kultizemná (Šály a kol., 2000). Dĺžka transektu je 171 metrov, pričom jeho svahovitosť sa pohybuje v rozmedzí od 7 do 10°.

Priemerný ročný úhrn zrážok je v tejto lokalite 550 mm (Hrnčiarová a kol., 2002). Priebeh hĺbky humusového horizontu je nasledovný: plošina (referenčná časť) – Akp: 0,27m, svah (erózna časť) – Akp: 0,25 m, akumulčná časť (báza) – Akp: 0,25 m; Am1: 0,50 m Am2: 1,30 m.

Numerické vyjadrenie potenciálneho a aktuálneho priemerného ročného odnosu pôdy z plochy jedného hektára sme vypočítali využitím empirickej rovnice USLE. V tomto odberovom cykle sa na lokalite nachádzala pšenica letná forma ozimná.

Potenciálna strata pôdy:

$$R - 20,41 \quad K - 0,30 \quad L - 2,78 \quad S - 2,41$$

$$A_p = R \cdot K \cdot L \cdot S = 41,02 \text{ t/ha/rok}$$

Aktuálna strata pôdy (pšenica letná forma ozimná):

$$R - 20,41 \quad K - 0,30 \quad L - 2,78 \quad S - 2,41 \quad C - 0,11 \quad P - 1$$

$$A_a = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P = 4,51 \text{ t/ha/rok}$$

Pôda na záujmovej lokalite je potenciálne extrémne ohrozená eróžno-akumulačnými procesmi, nakoľko priemerná ročná strata pôdy z hektára predstavuje 41,02 ton, pričom táto hodnota potenciálnej straty pôdy prekračuje limit stanovený zákonom č. 220/2004 (hlboká pôda – 30 t/ha/rok). Pri zohľadnení aktuálneho rastlinného pokryvu, ktorým bola ozimná pšenica, poklesne vypočítaná hodnota aktuálnej erózie na 4,51 t/ha/rok (kategória erodovanosti: stredná). Hustosiate obilniny majú relatívne dobrý protierózny účinok, preto hodnota aktuálnej erózie je v porovnaní s potenciálnou eróziou oveľa nižšia.

Rádioaktívny izotop cézia bol v akumuláčnom časti transektu (báza) identifikovaný ešte aj v hĺbke 0,50 m, kde je jeho koncentrácia niekoľkonásobne vyššia v porovnaní s pôdnymi profilmi ostatných častí záujmovej územia. Je to spôsobené akumuláciou pôdnej hmoty pretransportovanej vplyvom vodnej erózie z erózných častí svahu (tab. 5).

Tab. 5 Namerané koncentrácie ¹³⁷Cs v pôdných profiloch transektu pri Voderadoch

Transekt	¹³⁷ Cs (Bq.kg ⁻¹)				
	0-0,10m	0,30-0,35m	0,35-0,40 cm	0,40-0,45m	0,45-0,50m
plošina	9,0	2,7	0,6	-	-
svah	6,6	1,4	0,6	-	-
báza	8,5	6,9	6,4	5,8	7,0

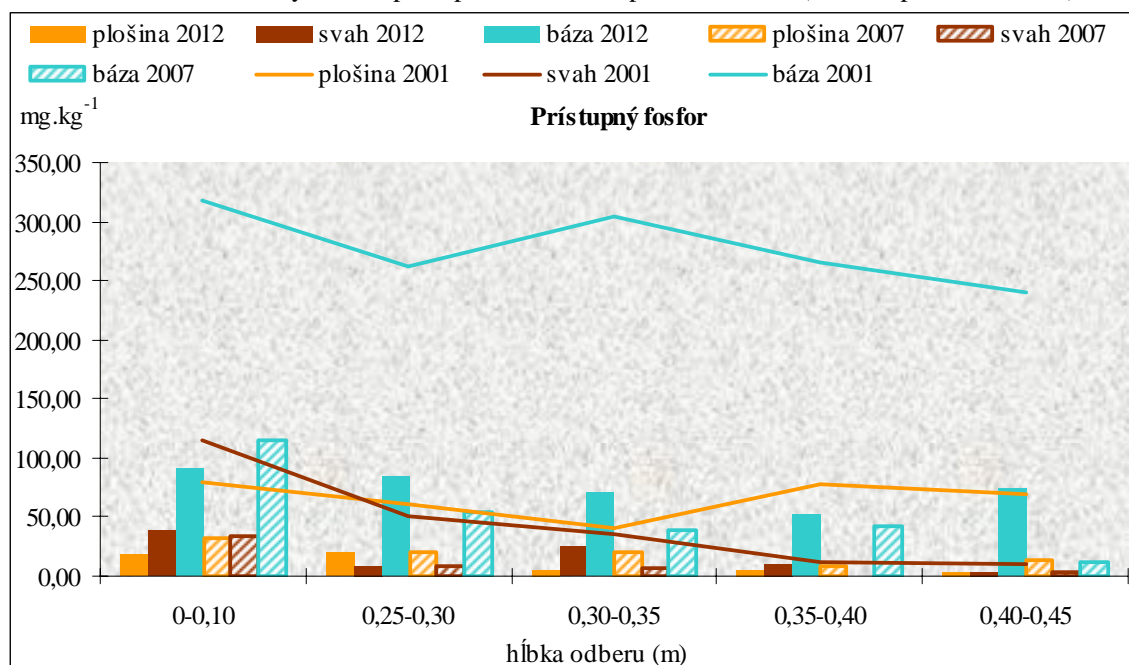
Schéma profilovej distribúcie rádioaktívneho izotopu cézia v jednotlivých častiach eróznej katény potvrdzuje prítomnosť intenzívnej vodnej erózie prebiehajúcej v posledných dekádach (recentná erózia). Klasickú schému distribúcie cézia, kedy sa tento izotop nachádza iba v ornícovom orbou premiešanom horizonte a pod ním sú jeho hodnoty na prahu merateľnosti, sme zaznamenali na plošine a v eróznej časti svahu.

Priemernú stratu (resp. akumuláciu) pôdnej hmoty za obdobie od najvyššieho spádu cézia (1963) posudzujeme na základe rozdielu hĺbky kde je ešte merateľná jeho koncentrácia v pôdných profiloch bázy (akumulčná časť) a plošiny (referenčná časť) transektu. V tomto prípade sa jedná o priemernú ročnú akumuláciu pôdnej hmoty vo výška vrstvy pretransportovaného materiálu 3,1 mm. Pri aktuálnej objemovej hmotnosti ornice v báze svahu (1,43 g.cm⁻³) to predstavuje priemernú ročnú stratu (resp. akumuláciu) pôdnej hmoty 44,3 t/ha. Táto hodnota recentnej erózie je vyššia v porovnaní s vypočítanou hodnotou aktuálnej straty pôdy podľa USLE. Musíme si však uvedomiť, že sa jedná o priemer za pomerne dlhé obdobie (49 rokov), kedy v jednotlivých rokoch pri výrazných erózných udalostiach mohla byť vrstva pretransportovanej pôdy oveľa väčšia ako vypočítaný priemer.

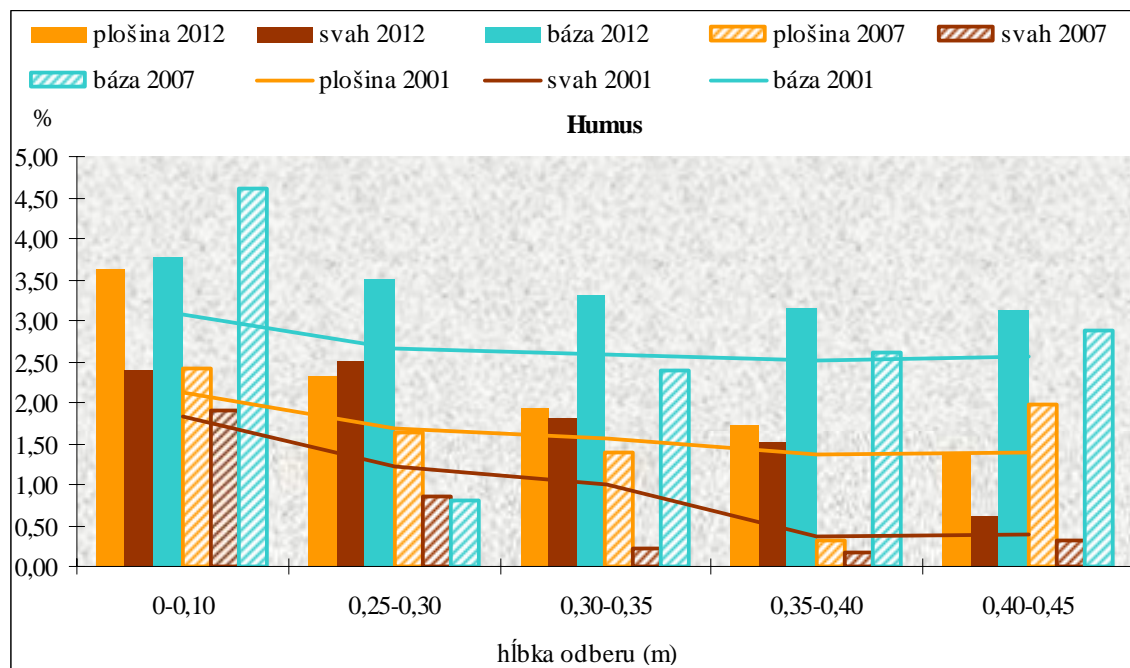
Vplyv vodnej erózie na pôdu sa prejavil kvantitatívnymi zmenami obsahov prístupného fosforu a humusu v rámci pôdnych profilov jednotlivých častí monitorovaného erózneho transektu (obr. 6, 7). Výrazná priestorová variabilita fosforu a humusu je spôsobená ich schopnosťou pomerne pevne sa viazať na povrchy koloidného podielu pôdnej hmoty. Pri jej translukácii v smere pôsobenia vodnej erózie sa premiestňujú spolu s ňou. Najvyššie obsahy týchto parametrov boli namerané v akumuláčnej časti záujmového územia, kde dochádza k akumulácii eróziou pretransportovanej pôdnej hmoty (predovšetkým z orníčného horizontu) z eróznej časti monitorovaného územia. Obsah fosforu aj humusu je v báze svahu ešte aj v hĺbke 0,40-0,45 m vyšší ako v ornici eróznej časti transektu.

Nízke obsahy fosforu v ornici referenčného profilu (plošina) dokazujú prítomnosť orbovej erózie, ktorou je pravdepodobne ovplyvnená vrcholová časť záujmovej lokality. Orbou bola postupne pretransportovaná ornica do nižších častí svahu. Môže dochádzať k priorávaniu na živiny chudobnej podornice, čoho výsledkom je zníženie obsahov prístupného fosforu v tejto časti monitorovanej lokality.

Obr. 6 Kvantitatívne zmeny obsahu prístupného fosforu v priestore a čase (transekt pri Voderadoch)



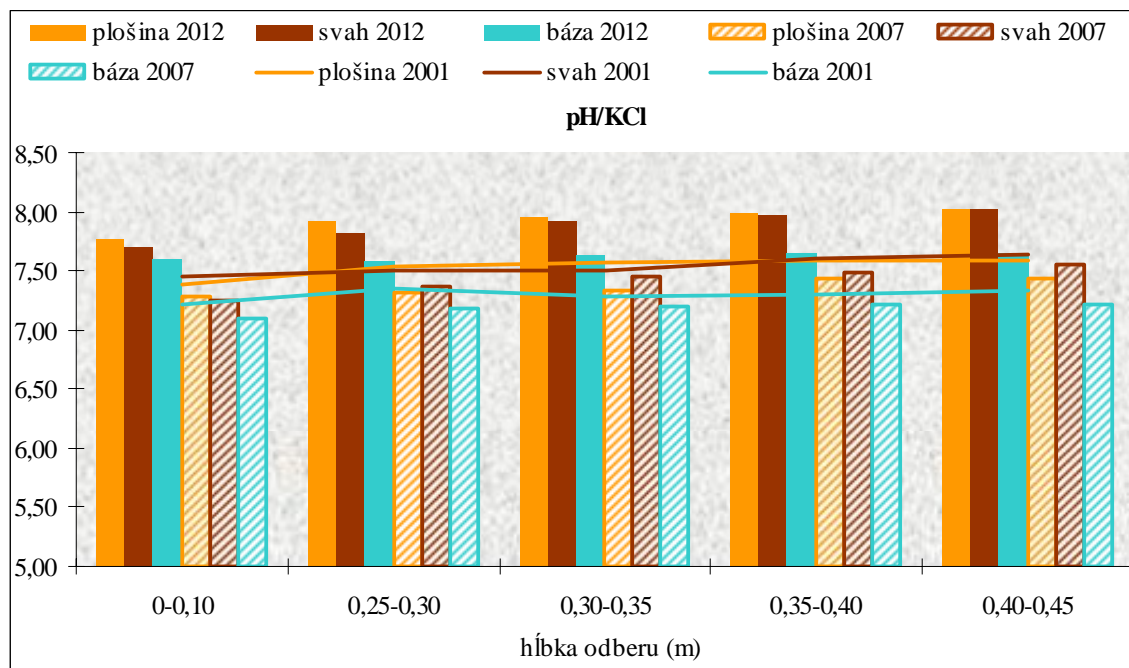
Obr. 7 Kvantitatívne zmeny obsahu humusu v priestore a čase (transekt pri Voderadoch)



Výraznejšie zmeny sledovaných pôdných parametrov v čase sa za obdobie rokov 2007 až 2012 prejavila len v prípade fosforu kedy v porovnaní s rokom 2007 došlo k výraznému zníženiu obsahov tohto makroprvku v pôdných profiloch plošiny a bázy transektu, pričom jeho obsah v profile akumuláčnej časti transektu (báza) sa prakticky nemení. Obsah fosforu v pôde je ovplyvnený aj jeho prísunom do pôdy vo forme priemyselných hnojív a spotrebou rastlinami. V súčasnej dobe sa nepoužívajú priemyselné hnojivá v takej miere ako v minulosti, preto jeho nízke hodnoty v pôde môžu byť aj výsledkom odčerpávania poľnohospodárskymi rastlinami.

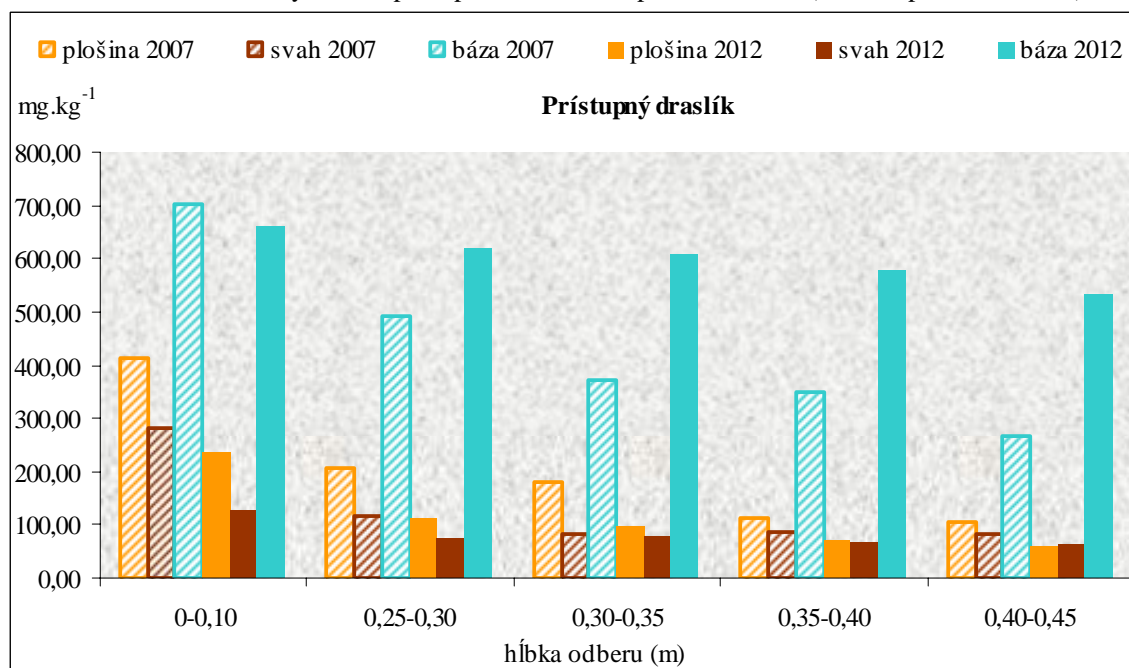
Podobne ako v prípade transektu pri Rišňovciach, tak aj tu sa hodnotami pH zaraďuje pôda do kategórie neutrálna až slabo alkalická (pôda vznikla na karbonátových sprašiach). Vplyv erózie sa prejavil predovšetkým na plošine a svahu, kde sa na povrch dostávajú sprašoidné sedimenty, čo je výsledok priorávania spodných častí pôdneho profilu (v prípade plošiny vplyvom orbovej erózie). Pôdna reakcia tu dosahuje až slabo alkalické hodnoty. Časová dynamika zmien pH v pôdných profiloch na transekte nie je významná, nakoľko pôda vznikla na karbonátovej spraši. Pri strate pôdy z eróznej časti transektu sa k ornici prioráva karbonátové podložie (obr. 8).

Obr. 8 Zmeny pôdnej reakcie v priestore a čase (transekt pri Voderadoch)



V prípade prístupného draslíka dochádza vplyvom erózie k zníženiu jeho obsahov v celom pôdnom profile eróznej časti svahu (v porovnaní s ostatnými časťami erózneho transektu) kde sa na povrch dostáva na živiny chudobná podornica. Naopak dochádza k jeho akumulácii (zvýšeniu obsahov) v pôdnom profile bázy erózneho transektu. Časová dynamika zmien potvrdzuje dlhodobú prítomnosť eróžno-akumulačných procesov, kedy v roku 2012 (v porovnaní s rokom 2007) môžeme pozorovať zníženie obsahu draslíka v ornici plošiny aj eróznej časti transektu a naopak zvýšenie jeho obsahov aj v hlbších častiach pôdneho profilu akumulačnej časti svahu (obr. 9).

Obr. 9 Kvantitatívne zmeny obsahu prístupného draslíka v priestore a čase (transekt pri Voderadoch)



Vo všetkých pôdnych profiloch na eróznom transekte je dominantná prachová frakcia (tab. 6), čo je výsledkom vzniku pôdy na karbonátovej spraši. V akumuláčnej časti transektu však môžeme pozorovať aj zvýšenie podielu ílovej frakcie, ktorá spolu s prachovými časticami najľahšie podliehajú vplyvu vodnej erózie (Fulajtár, Janský, 2000).

Tab. 6 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Voderadoch

Transekt Voderady	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)			
		< 0,002 mm íl	0,002-0,05 mm prach	0,05-2,0 mm piesok	pôdny druh
plošina	0-0,10	19,73	57,10	23,17	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	21,54	63,41	15,05	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	20,18	71,01	8,81	prachovito-hlinitá
	0,35-0,40	21,14	64,71	14,15	prachovito-hlinitá
	0,40-0,45	17,81	55,09	27,10	prachovito-hlinitá
svah	0-0,10	20,92	61,08	18,00	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	19,08	65,34	15,58	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	17,93	64,89	17,18	prachovito-hlinitá
	0,35-0,40	18,51	65,57	15,92	prachovito-hlinitá
	0,40-0,45	16,63	65,20	18,17	prachovito-hlinitá
báza	0-0,10	25,69	60,25	14,06	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	24,40	58,38	17,22	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	25,27	62,76	11,97	prachovito-hlinitá
	0,35-0,40	26,10	59,89	14,01	prachovito-hlinitá
	0,40-0,45	25,34	51,14	23,52	prachovito-hlinitá

Sledovaná fyzikálne vlastnosti sa v rámci monitorovaného úseku výrazne nemenia v priestore ani v čase (tab. 7). V podornici akumuláčnej časti transektu sme zaznamenali prekročenie limitov zhutnenia (zvýšená objemová hmotnosť, znížená celková pórovitosť) ($>1,45 \text{ g.cm}^{-3}$, $< 45\%$ pre hlinité pôdy) v rokoch 2007 aj 2012, čo môže byť výsledok častého prejazdu ťažkých poľnohospodárskych strojov v tejto časti sledovanej lokality.

Tab. 7 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Voderadoch

Transekt Voderady	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť (g.cm^{-3})			PO (obj. %)		
		2001	2007	2012	2001	2007	2012
plošina	0-0,10	1,33	1,26	1,33	49,80	52,48	50,48
	0,30-0,35	1,38	1,41	1,37	49,95	46,21	49,15
svah	0-0,10	1,22	1,16	1,34	54,30	56,68	49,93
	0,30-0,35	1,28	1,31	1,31	53,77	51,72	51,10
báza	0-0,10	1,30	1,23	1,43	49,17	53,16	46,28
	0,30-0,35	1,45	1,55	1,53	44,72	41,8	42,64

PO - celková pórovitosť

Transekt pri Zacharovciach

Erózný transekt bol umiestnený v pomerne členitom reliéfe Rimavskej kotliny pri obci Zacharovce okres Rimavská Sobota na svahu so sklonom od 7 do 12°. Lokalita je intenzívne obhospodarovaná poľnohospodárskou činnosťou (orná pôda). Celková dĺžka transektu je 115 m. Na sprašových hlinách sa vyvinuli stredne ťažké až ťažké pôdy hnedozemného typu. V referenčnej a eróznej časti transektu sa nachádza hnedozem luvizemná kultizemná a v akumuláčnej časti sa nachádza veľmi hlboká čiernica kultizemná (Šály a kol., 2000). Priemerný ročný úhrn zrážok je v tejto lokalite 650 mm (Hrnčiarová a kol., 2002). Priebeh

hĺbky humusového horizontu v rámci transektu je nasledovný: plošina (referenčná časť) – Akp: 0,30 m, svah (erózna časť) - Akp 0,30, akumulčná časť (báza) – Akp: 0,30 m; Amč1: 1,00m; Amč2: >1,00 m. V tomto odberovom roku sa na transekte nachádzala kukurica na zrno.

V konkrétnych podmienkach záujmovej lokality sme vypočítali potenciálnu a aktuálnu priemernú ročnú stratu pôdnej hmoty využitím empirickej rovnice USLE.

Potenciálna strata pôdy:

$$R - 20,20 \quad K - 0,16 \quad L - 2,28 \quad S - 3,40$$

$$A_p = R \cdot K \cdot L \cdot S = 25,05 \text{ t/ha/rok}$$

Aktuálna strata pôdy (kukurica na zrno):

$$R - 20,20 \quad K - 0,16 \quad L - 2,28 \quad S - 3,40 \quad C - 0,61 \quad P - 1$$

$$A_a = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C = 15,28 \text{ t/ha/rok}$$

Napriek našim predpokladom vypočítané hodnoty potenciálnej a aktuálnej erózie ani v jednom prípade neprekračujú limit pre stratu pôdy uvedený v zákone č. 220/2004. Podľa hodnôt potenciálnej erózie sa pôda na transekte sa síce zaraďuje do kategórie s vysokou erodovanosťou, ale na základe reliéfu lokality sme predpokladali oveľa vyššie hodnoty straty pôdy. Je to výsledok pomerne dobrej schopnosti týchto pôd odolávať negatívnym vplyvom vodnej erózie (čím je nižšia hodnota K-faktora tým má pôda nižšiu erodovateľnosť). Pri zohľadnení aktuálneho rastlinného pokryvu (kukurica na zrno) hodnota straty pôdy poklesla na 15,28 t/ha/rok (vysoká erodovanosť).

Podľa klasickej schémy distribúcie rádioaktívneho izotopu cézia v pôdnom profile, by sa mal tento prvok nachádzať len v ornici. V tomto prípade to platí pre referenčnú eróziou neovplyvnenú časť transektu (plošina). V akumulčnej časti záujmovej lokality sme jeho merateľné koncentrácie stanovili do hĺbky 0,45 m, čo je výsledok dlhodobého vplyvu vodnej erózie na pôdu (tab. 8).

Tab. 8 Namerané koncentrácie ¹³⁷Cs v pôdnych profiloch transektu pri Zacharovciach

Transekt	¹³⁷ Cs (Bq.kg ⁻¹)				
	0-0,10m	0,30-0,35m	0,35-0,40 cm	0,40-0,45m	0,45-0,50m
plošina	11,4	3,1	0,6	-	-
svah	15,8	0,9	0,3	-	-
báza	15,9	1,7	1,1	1,0	0,6

Na základe rozdielu hĺbky výskytu merateľnej koncentrácie ¹³⁷Cs v pôdnych profiloch akumulčnej a referenčnej časti záujmovej lokality sme zistili, že za obdobie od najväčšieho spádu tohto izotopu po súčasnosť bola v báze transektu akumulovaná vrstva pôdy vo výške 100 mm. Priemerná ročná akumulácia pôdnej hmoty v báze svahu za toto obdobie (cca 49 rokov) predstavuje 2,04 mm. Pri zohľadnení aktuálnej objemovej hmotnosti ornice (1,19 g.cm⁻³) akumulčnej časti transektu dostaneme hodnotu priemernej ročnej straty pôdy (resp. akumulácie), ktorá je 24,3 ton z hektára plochy.

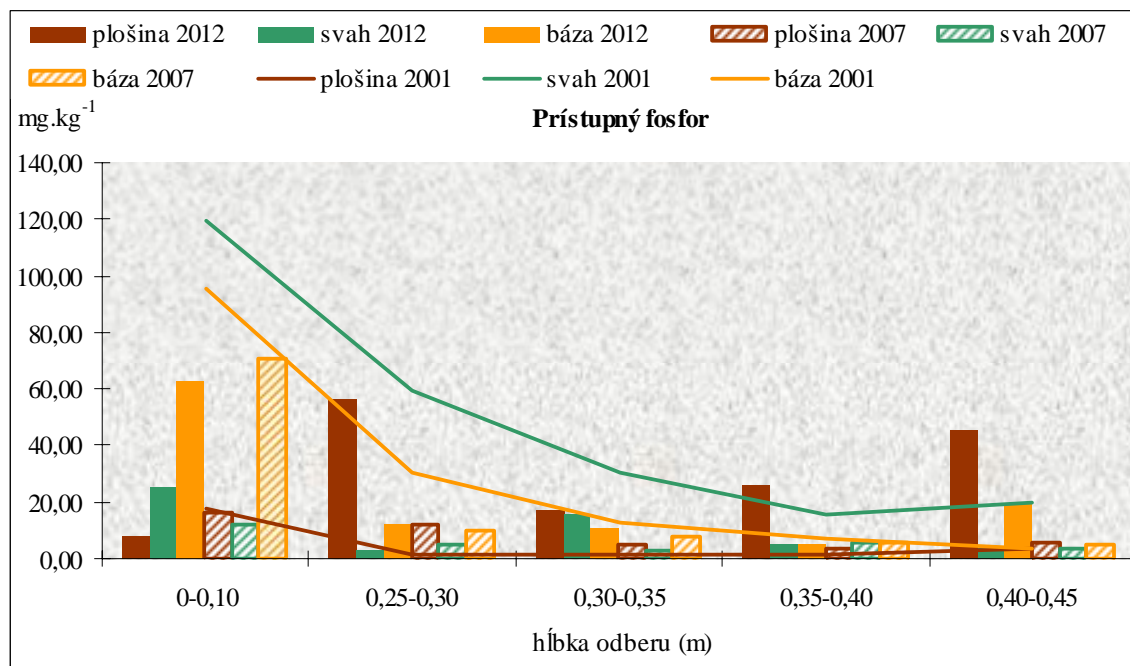
V porovnaní s vypočítanou aktuálnou stratou pôdy pre kukuricu na zrno je táto hodnota o niečo vyššia, nakoľko ide o ročný priemer za pomerne dlhé obdobie. Počas jednotlivých rokov mohlo v závislosti od pestovanej plodiny a intenzity a množstva zrážok dochádzať k rôznemu odnosu pôdnej hmoty (od nízkeho až po extrémny).

Vplyv erózie na priestorovú variabilitu obsahov prístupného fosforu a najmä humusu v rámci jednotlivých častí eróznej katény môžeme vidieť na obrázkoch 10 a 11. V rámci jednotlivých pôdnych profilov môžeme pozorovať výraznejšiu priestorovú variabilitu humusu v porovnaní s variabilitou fosforu, nakoľko pôda na záujmovej lokalite je relatívne slabou

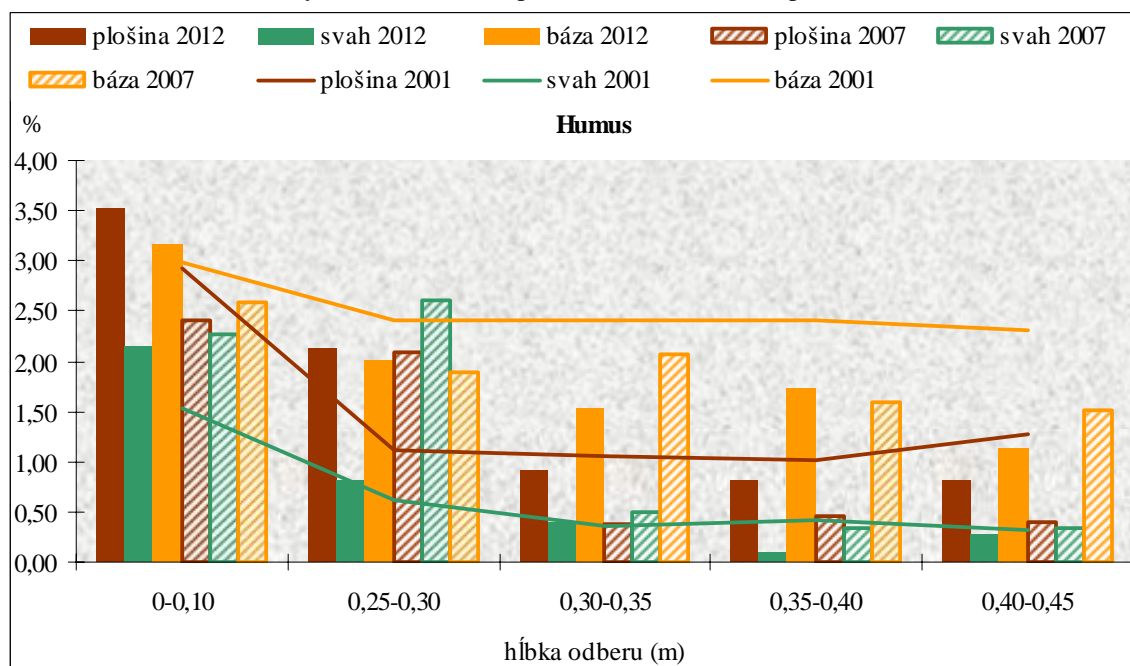
zásobená touto makroživinou. V báze záujmovej lokality (kde dochádza k akumulácii translokovanej pôdy) sú obsahy humusu v podornici oveľa vyššie ako v eróznej časti svahu a na plošine.

Časovú dynamiku zmien môžeme pozorovať v prípade fosforu, kedy k jeho výraznému úbytku (v porovnaní s rokom 2001) došlo najmä v orníčovom horizonte na svahu a v báze. Nakoľko je bilancia fosforu ovplyvnená jeho prísunom do pôdy vo forme hnojív a odčerpávaním rastlinami je pravdepodobné, že na tejto lokalite dlhodobo (cca od roku 2001) neboli použité priemyselné hnojivá a preto dochádza k jeho úbytku, čo môže byť spôsobené vplyvom vodnej erózie, ako aj odčerpávaním rastlinami.

Obr. 10 Kvantitatívne zmeny obsahu prístupného fosforu v priestore a čase (transekt pri Zacharovciach)

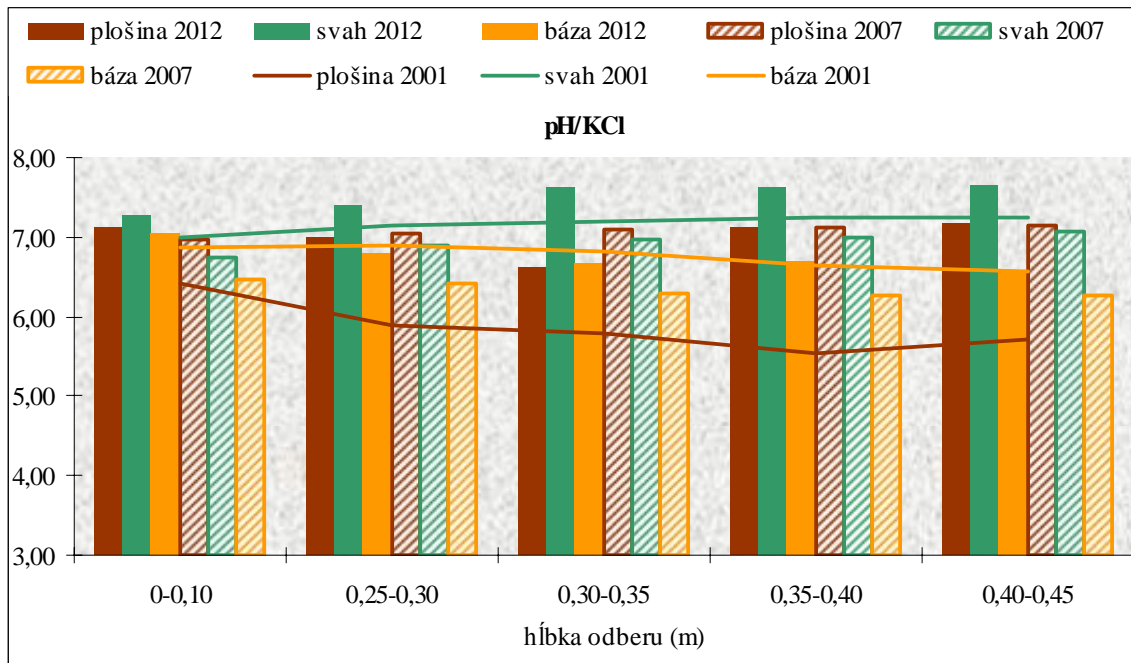


Obr. 11 Kvantitatívne zmeny obsahu humusu v priestore a čase (transekt pri Zacharovciach)



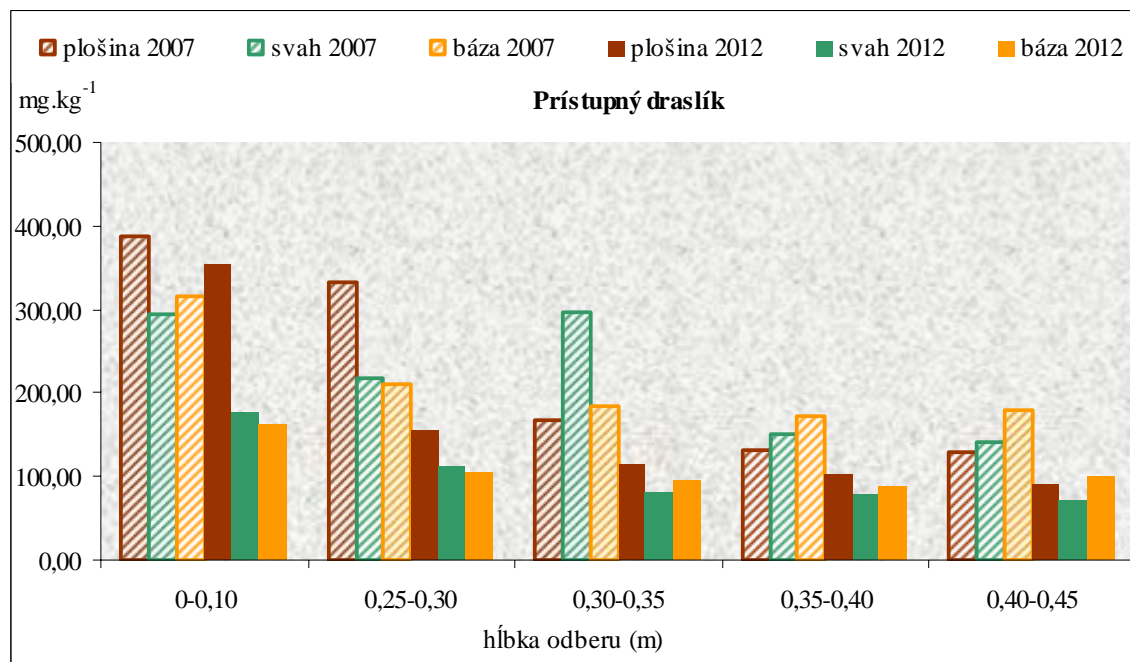
Nakoľko genéza pôdy prebehla na sprašových hlinách je pôdna reakcia takmer vo všetkých častiach sledovaného erózneho transektu neutrálna (obr. 12). Vyššie hodnoty pH v eróznej časti transektu môžu byť výsledkom straty pôdnej hmoty vplyvom erózie a následného priorávania podorničnej vrstvy, ktorá je charakteristická vyšším obsahom uhličitanov. Časová dynamika zmien tohto parametra bola v tomto prípade nevýznamná.

Obr. 12 Zmeny pôdnej reakcie v priestore a čase (transekt pri Zacharovciach)



Priestorová distribúcia prístupného draslíka v pôdnych profiloch jednotlivých častí transektu je zaujímavá z hľadiska referenčného profilu (plošina) kde je v ornici jeho obsah výrazne vyšší v porovnaní s akumuláčnou časťou (obr. 13). V tomto prípade sa vplyv erózie na jeho priestorovú distribúciu hodnotí nie celkom jednoducho, pretože jeho hodnoty v akumuláčnej časti sú nižšie ako v eróznej. Časová dynamika zmien tohto parametra vykazuje pokles hodnôt v eróznej ako aj v akumuláčnej časti transektu, čo môže byť spôsobené nielen vplyvom vodnej erózie, ale aj odčerpávaním tohto makroprvku poľnohospodárskymi rastlinami.

Ob. 13 Kvantitatívne zmeny obsahu prístupného draslíka v priestore a čase (transekt pri Zacharovciach)



Erózný transekt je zaujímavý vysokým percentuálnym zastúpením ílovej frakcie v pôdnom profile referenčnej časti erózneho transektu (tab. 9). Pôda tejto časti záujmového územia patrí do kategórie ťažká. V eróznej a akumuláčnej časti transektu sa zvyšuje podiel prachovej frakcie (pôda je stredne ťažká). Vplyv erózie na priestorovú diferenciáciu jednotlivých frakcií pôdy je v tomto prípade nevýrazný.

Tab. 9 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Zacharovciach

Transekt Zacharovce	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)			pôdny druh
		< 0,002 mm íl	0,002-0,05 mm prach	0,05-2,0 mm piesok	
plošina	0-0,10	48,47	41,26	10,27	prachovito-ílovitá
	0,25-0,30	47,86	39,03	13,11	ílovitá
	0,30-0,35	47,79	40,31	11,90	prachovito-ílovitá
	0,35-0,40	46,88	34,83	18,29	ílovitá
	0,40-0,45	45,12	37,71	17,17	ílovitá
svah	0-0,10	39,62	44,16	16,22	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,25-0,30	32,11	51,19	16,70	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	26,73	53,89	19,38	prachovito-hlinitá
	0,35-0,40	25,71	56,11	18,18	prachovito-hlinitá
	0,40-0,45	28,61	53,19	18,20	prachovito-hlinitá
báza	0-0,10	40,51	41,97	17,52	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,25-0,30	33,35	43,55	23,10	ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	35,30	48,07	16,63	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	31,07	44,67	24,26	ílovito-hlinitá
	0,40-0,45	34,45	43,72	21,83	ílovito-hlinitá

Pórovitosť a objemová hmotnosť ornice sa v jednotlivých pôdnych profiloch v rámci erózneho transektu výrazne nemení v čase ani v priestore. Vyššie hodnoty objemovej hmotnosti (a nižšie hodnoty pórovitosti) v podornici (v porovnaní s orniceou) sú výsledkom nepreorávania tejto časti pôdneho profilu. Prekročenie limitnej hodnoty objemovej hmotnosti

a pórovitosti vzťahujúcej sa k zhutneniu ($>1,40 \text{ g.cm}^{-3}$, $< 47\%$ pre ílovito-hlinité pôdy) sme zaznamenali len v podornici bázy svahu, čo je pravdepodobne ovplyvnené zvýšeným prejazdom ťažkej poľnohospodárskej techniky.

Tab. 7 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Zacharovciach

Transekt Zacharovce	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť' (g.cm^{-3})			PO (obj. %)		
		2001	2007	2012	2001	2007	2012
plošina	0-0,10	1,10	1,11	1,28	59,70	58,25	51,40
	0,30-0,35	1,45	1,39	1,42	46,70	48,49	47,35
svah	0-0,10	1,12	1,39	1,46	59,30	46,98	45,79
	0,30-0,35	1,35	1,48	1,46	51,30	46,35	46,67
báza	0-0,10	1,10	1,14	1,19	60,44	56,82	54,88
	0,30-0,35	1,45	1,51	1,48	46,15	42,54	44,48

PO - celková pórovitosť

Transekt pri Plavých Vozokanoch

Záujmová lokalita na ktorej sme vytýčili erózný transekt sa nachádza pri obci Plavé Vozokany (okr. Levice) v relatívne členitom reliéfe Podunajskej pahorkatiny. Pôdotvorným substrátom, na ktorom sa vyvinuli stredne ťažké až ťažké pôdy sú polygenetické hliny. Pre monitorované územie sú charakteristické pôdy hnedozemného typu s viditeľnými znakmi iluviálnej akumulácie translokovaných zložiek - hnedozem luvizemná, kultizemná (Šály a kol., 2000). Erózný transekt je intenzívne obhospodarovaný a má dĺžku 645 m a svahovitosť od 7 do 10°. Hodnota priemerného ročného úhrnu zrážok je v tejto lokalite 600 mm (Hrnčiarová a kol., 2002). Mocnosť orbou premiešaného orniceového humusového horizontu v rámci eróznej katény je variabilná (referenčný profil – Akp: 0,25 m, erózný profil – Akp: 0,25 m, akumulčný profil – Akp: 0,25 m; Ao: 0,45 m).

Využitím empirického rovnice USLE v konkrétnych podmienkach záujmovej lokality sme vypočítali potenciálnu a aktuálnu (kukurica na zrno) stratu pôdnej hmoty:

Potenciálna strata pôdy:

$$R - 17,64 \quad K - 0,30 \quad L - 5,40 \quad S - 2,41$$

$$A_p = R \cdot K \cdot L \cdot S = 68,87 \text{ t/ha/rok}$$

Aktuálna strata pôdy (kukurica na zrno):

$$R - 17,64 \quad K - 0,30 \quad L - 5,40 \quad S - 2,41 \quad C - 0,61 \quad P - 1$$

$$A_a = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C = 42,01 \text{ t/ha/rok}$$

Vypočítané numerické hodnoty potenciálnej a aktuálnej straty pôdy zaraďujú pôdu záujmovej lokality do kategórie extrémne ohrozená vodnou eróziou (extrémna erodovanosť). Hodnota aktuálnej straty pôdy prekračuje limit stanovený zákonom č. 220/2004 (hlboká pôda - 30t/ha/rok) čo svedčí o tom, že pestovaná plodina (kukurica na zrno), ktorá sa radí medzi plodiny so slabou protieróznou schopnosťou, nedokáže bez využitia účinnej protieróznej agrotechniky dostatočne chrániť pôdu pred eróziou.

Aktivita rádioaktívneho izotopu cézia v pôdnom profile akumuláčnej časti eróznej katény bola zaznamenaná až do hĺbky 0,50 m. Naopak v referenčnej a eróznej časti transektu sú jeho koncentrácie na rozhraní ornice a podornice prakticky na hranici merateľnosti. Je to vplyvom recentnej erózie, ktorej výsledkom je odnos pôdnej hmoty zo svahu a jej následnej akumulácii v báze transektu (tab. 8).

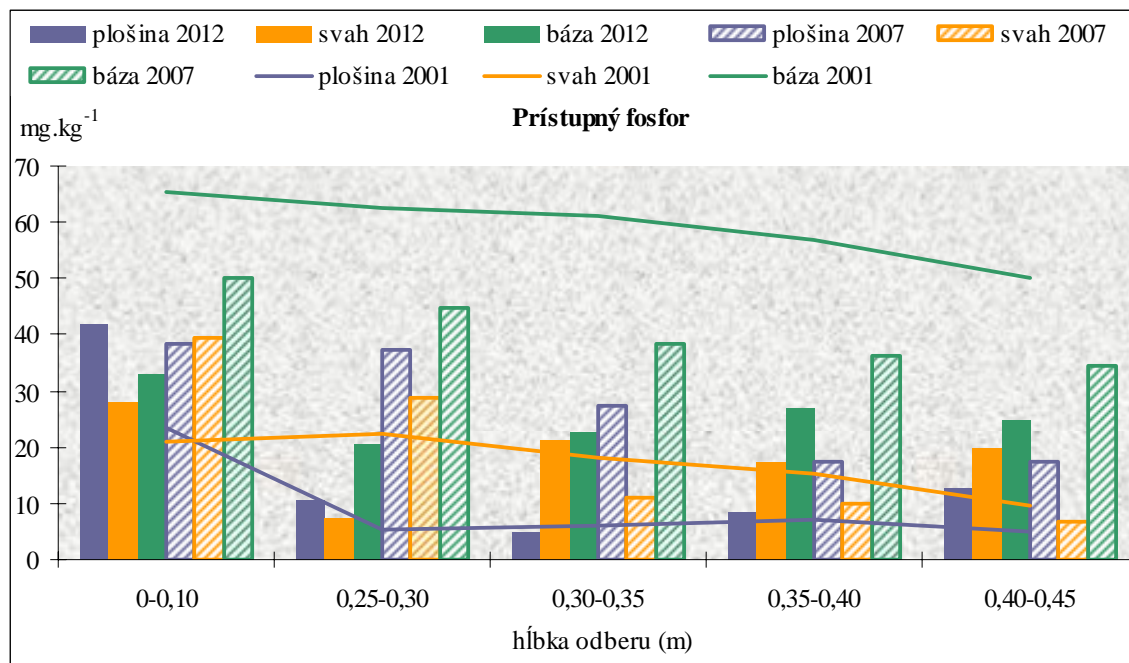
Tab. 8 Namerané koncentrácie ^{137}Cs v pôdnych profiloch transektu pri Plavých Vozokanoch

Transekt	^{137}Cs ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$)				
	0-0,10m	0,30-0,35m	0,35-0,40 cm	0,40-0,45m	0,45-0,50m
plošina	10,4	0,7	0,3	-	-
svah	6,5	0,4	0,4	-	-
báza	7,8	6,8	8,4	5,4	4,9

Recentnú eróziu za posledných približne 49 rokov sme posudzovali na základe priestorovej aktivity rádioaktívneho cézia v pôdnom profile akumuláčnej a referenčnej časti záujmovej lokality (rozdiel hĺbok v ktorých bolo cézium ešte merateľné). V tomto prípade ide o vrstvu hrubú 200 mm. (priemerná ročná akumulácia pôdnej hmoty je vo výške vrstvy 4,08 mm). Pri zohľadnení aktuálnej objemovej hmotnosti ornice v báze svahu ($1,24 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) to predstavuje priemernú ročnú akumuláciu pôdnej hmoty 50,6 t/ha. Priemerná ročná akumulácia (resp. strata) pôdy v období od najvyššieho spádu cézia (rok 1963) sa približne zhoduje s aktuálnou ročnou eróziou (pre kukuricu na zrna) vypočítanou podľa USLE. Avšak v prípade ak by sa na transekte pestovali napr. hustosiate obilniny, tak hodnota aktuálnej erózie by bola oveľa nižšia.

Pôda záujmovej lokality je slabo zásobená prístupným fosforom, ale aj napriek tomu sme zaznamenali priestorovú variabilitu tejto makroživiny v rámci pôdnych profilov jednotlivých častí záujmovej lokality, čo potvrdzuje prítomnosť intenzívnej erózie (obr. 14). V báze svahu boli zaznamenané najvyššie hodnoty vo všetkých sledovaných rokoch, pričom v eróznej časti (svah) sú jeho obsahy najnižšie. Časová dynamika zmien bola významná len v báze transektu, kedy od roku 2001 sa obsahy prístupného fosforu znížil. Keďže je fosfor považovaný za pomerne variabilný parameter, pri jeho nízkych (alebo žiadnych) dávkach do pôdy vo forme priemyselných hnojív môže dochádzať k jeho odčerpávaniu rastlinami (zvlášť keď jeho zásoba v pôde je nízka ako v tomto prípade).

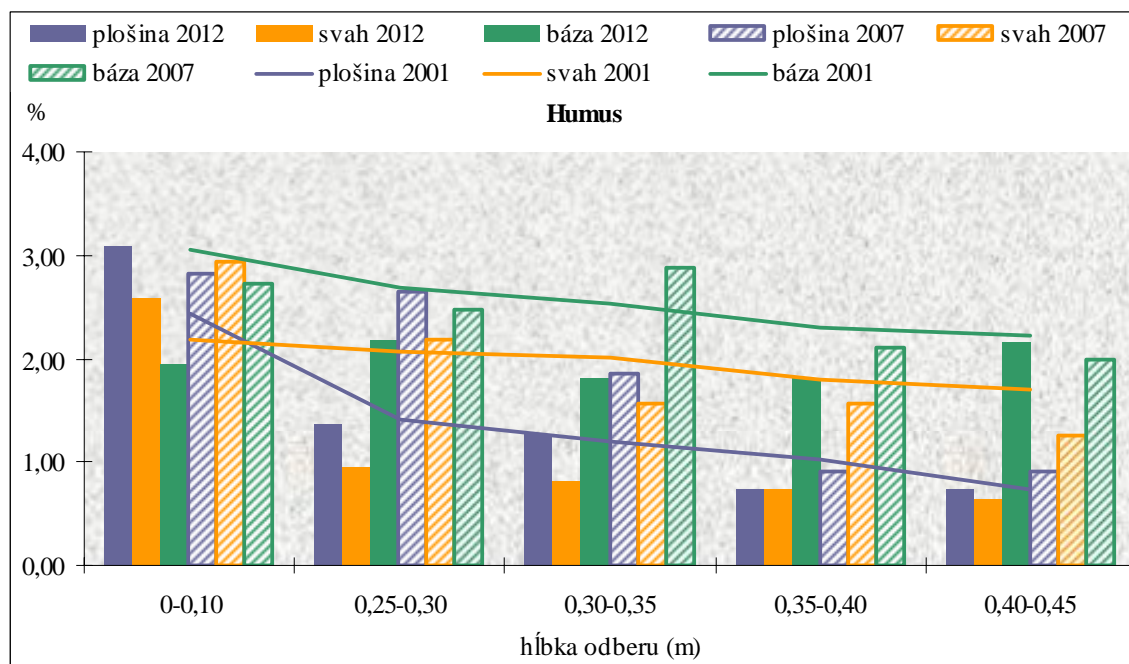
Obr. 14 Kvantitatívne zmeny obsahu prístupného fosforu v priestore a čase (transekt pri Plavých Vozokanoch)



V prípade humusu platí podobná schéma (ako pri prístupnom fosfore) profilovej distribúcie v rámci sledovaných častí záujmovej lokality, kedy jeho najvyššie koncentrácie boli namerané v pôdnom profile bázy svahu (vplyv vodnej erózie, kedy dochádza k transportu

pôdnych častíc spolu s organickou hmotou a ich následná akumulácia v báze svahu. Čo sa týka časovej dynamiky (vývoja) nebol pozorovaný výraznejší trend zmien (obr. 15)

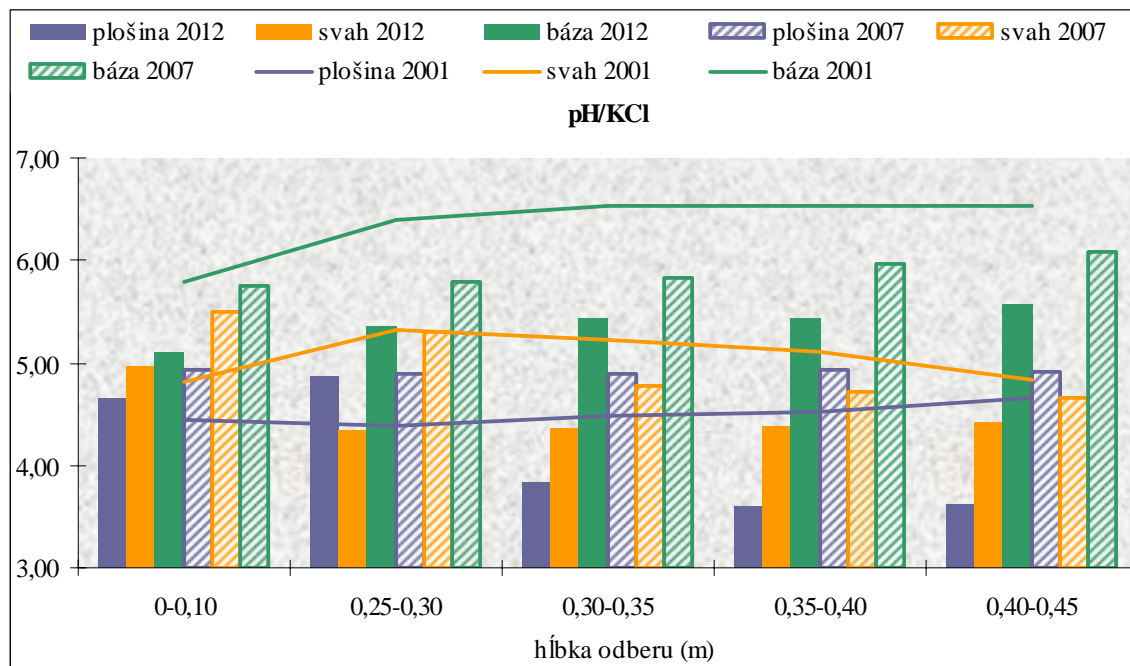
Obr. 15 Kvantitatívne zmeny obsahu humusu v priestore a čase (transekt pri Plavých Vozokanoch)



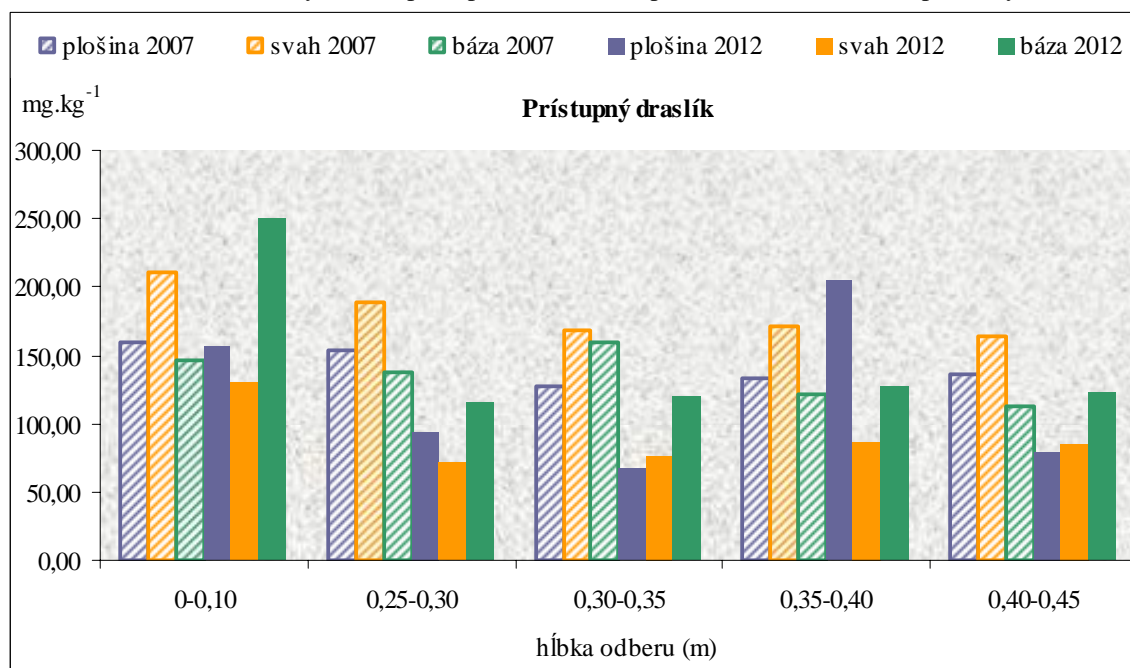
Hodnotami pôdnej reakcie sa pôda na transekte zaraďuje do kategórie kyslá. Vplyv pôdotvorného substrátu, ktorým sú polygenetické hliny, sa prejavuje predovšetkým v eróznej časti svahu, kde boli zaznamenané najnižšie hodnoty pH. Je to spôsobené stratou vrchných vrstiev pôdneho profilu a následným priorávaním kyslejšieho podorničia. Výsledkom akumulovania pôdnej hmoty (z orníčnej vrstvy eróziou ovplyvnenej časti svahu) v báze sú mierne zvýšené hodnoty pH v tejto časti transektu (obr. 16). Časová dynamika zmien pH sa prejavila postupným znižovaním hodnôt pH od roku 2001 na celom monitorovanom transekte, čo je bežný trend na pôdach, ktoré vznikli na kyslejších substrátoch a keď sa dlhodobo nepoužívajú účinné opatrenia na zvýšenie pH pôdy.

Priebeh grafu profilovej distribúcie prístupného draslíka na eróznom transekte v roku 2012 potvrdzuje prítomnosť eróznno-akumulačných procesov, kedy jeho najvyššie hodnoty boli namerané v celom profile akumulačnej časti lokality (báza) naopak v eróznej časti sú jeho hodnoty najnižšie (v dôsledku straty pôdnej hmoty) a s pribúdajúcou hĺbkou pôdneho profilu ešte klesajú (obr. 17). Je zaujímavé, že v roku 2007 profilová variabilita prístupného draslíka nenasvedčovala tomu, že tento parameter je ovplyvnený vodnou eróziou. Najvyššie hodnoty boli namerané v pôdnom profile eróziou ovplyvnenej časti transektu.

Obr. 16 Zmeny pôdnej reakcie v priestore a čase (transekt pri Plavých Vozokoch)



Obr. 17 Kvantitatívne zmeny obsahu prístupného draslíka v priestore a čase (transekt pri Plavých Vozokoch)



Pôda vznikla na polygenetických hlinách výsledkom čoho je výrazné zastúpenie ílovej a prachovej frakcie vo všetkých pôdnych profiloch nachádzajúcich sa na eróznom transekte. Výrazný vplyv erózie na priestorovú variabilitu, ako aj na časovú dynamiku zmien nebol pozorovaný (tab. 9).

Tab. 9 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Plavých Vozokanoch

Transekt Plavé Vozokany	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)			
		< 0,002 mm íl	0,002-0,05 mm prach	0,05-2,0 mm piesok	pôdny druh
plošina	0-0,10	22,27	56,55	21,18	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	25,23	44,71	30,06	hlinitá
	0,30-0,35	30,51	51,87	17,62	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	30,90	58,43	10,67	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,40-0,45	31,41	50,70	17,89	prachovito-ílovito-hlinitá
svah	0-0,10	22,34	60,43	17,23	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	24,89	49,65	25,46	hlinitá
	0,30-0,35	27,56	43,72	28,72	ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	31,10	53,28	15,62	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,40-0,45	27,65	51,37	20,98	ílovito-hlinitá
báza	0-0,10	14,92	46,28	38,80	hlinitá
	0,25-0,30	17,81	54,74	27,45	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	20,14	45,72	34,16	hlinitá
	0,35-0,40	19,44	46,78	33,78	hlinitá
	0,40-0,45	19,49	55,85	24,66	prachovito-hlinitá

V podornici všetkých častí záujmového územia sme zaznamenali vyššie hodnoty objemovej hmotnosti (a nižšie hodnoty pórovitosti), kedy dochádza až k prekročeniu limitu zhutnenia pre ílovito-hlinité pôdy pôdy (obj. hmotnosť: >1,40 g.cm⁻³, pórovitosť: <47%). Je to spôsobené vysokým podielom ílovej frakcie, ako aj nepreorávania tejto časti pôdneho profilu (tab. 10).

Tab. 10 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Plavých Vozokanoch

Transekt Plavé Vozokany	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť (g.cm ⁻³)			PO (obj. %)		
		2001	2007	2012	2001	2007	2012
plošina	0-0,10	1,30	1,30	1,36	52,90	50,93	48,22
	0,30-0,35	1,47	1,58	1,47	47,80	39,82	45,00
svah	0-0,10	1,50	1,32	1,30	48,60	49,25	51,14
	0,30-0,35	1,47	1,56	1,53	46,75	42,87	43,49
báza	0-0,10	1,38	1,35	1,24	50,52	49,47	53,76
	0,30-0,35	1,46	1,53	1,52	48,53	42,88	43,39

PO - celková pórovitosť

Záver

V konkrétnych pôdno-klimatických a geomorfologických podmienkach monitorovaných lokalít (Rišňovce, Voderady, Zacharovce, Plavé Vozokany) sme v zhode s cieľmi čiastkovej úlohy sledovali negatívny vplyv vodnej erózie na kvantitatívne zmeny pôdnych parametrov v priestore (priestorová variabilita) a v čase (časová dynamika).

Pre numerický výpočet potenciálnej erózie, kedy sa nezohľadňuje ochranný vplyv vegetačného krytu a použitej agrotechniky a aktuálnej vodnej erózie sme využili empirickú rovnicu USLE. Na všetkých záujmových lokalitách (okrem transektu pri Zacharovciach) dosiahnuté výsledky potenciálnej erózie potvrdzujú extrémna erodovanosť pôdy. Hodnoty straty pôdnej hmoty prekračujú limity, ktoré sú uvedené v zákone 220/2004 Zz. Pri zohľadnení konkrétnej pestovanej plodiny, hodnoty aktuálnej erózie poklesli pod limit len v prípade transektu vo Voderadoch kde sa pestovala pšenica letná forma ozimná, ktorá má

dobrý protierózný účinok. V ostatných prípadoch (na transekte bola kukurica na zrno) nedošlo k poklesu strát pôdy, tak aby neboli prekročené limity uvedené v zákone. Môžeme konštatovať, že ani na jednom transekte sa dlhodobo nepoužíva protierózna agrotechnika a plodiny so slabšou protieróznou účinnosťou nedokážu dostatočne chrániť pôdu pred negatívnym vplyvom vodnej erózie.

Na zhodnotenie recentnej erózie (erózia, ktorá prebieha na lokalite v posledných dekádach) sme využili metódu stanovenia aktivity ^{137}Cs v jednotlivých pôdnych profiloch erózných transektov. Týmto spôsobom sme zistili priemernú ročnú stratu (resp. akumuláciu) pôdnej hmoty od roku 1963, kedy bol zaznamenaný najvyšší spád tohto rádioaktívneho izotopu. Získané hodnoty recentnej erózie sú v porovnaní s aktuálnou eróziou vo všetkých prípadoch vyššie. Musíme si však uvedomiť, že ide o priemer za obdobie približne 49, rokov kedy aktuálna erózia môže byť jeden rok vysoká až extrémna, ale na druhý rok nemusí byť vôbec pozorovaná (v závislosti množstva a intenzity zrážok, pestovanej plodiny, použitej agrotechniky atď.).

Fosfor a humus majú tendenciu sa pomerne pevne naviazať na povrchy jemného koloidného podielu pôdy a pri odnose a následnej akumulácii pôdnej hmoty dochádza aj k ich translokácii preto ich vnímame ako relatívne vhodné indikátory sledovania vplyvu erózie na pôdu. Klasickú schému vplyvu vodnej erózie na priestorovú distribúciu prístupného fosforu a humusu v pôdnych profiloch jednotlivých častí eróznej katény, kedy dochádza k výraznému poklesu ich obsahov v pôde eróznej časti a naopak k ich akumulácii v pôdnych profiloch v báze svahu, sme zaznamenali na všetkých monitorovaných transektoch.

Významnejšiu časovú dynamiku zmien obsahov fosforu a humusu za obdobie rokov 2001 - 2012 sme zaznamenali na transektoch pri Rišňovciach a Zacharovciach, kedy došlo k výraznejšiemu zníženiu (v porovnaní s rokom 2001) ich obsahov predovšetkým pôdnym profile eróznej časti transektu a naopak k ich nárastu v báze sledovaného úseku. Na transekte pri Voderadoch sa prejavuje aj vplyv erózie z orania, kedy je orbou po svahu ovplyvnená predovšetkým vrcholová časť lokality (nižšie obsahy fosforu v ornici v porovnaní s eróznou časťou).

Vplyv vodnej erózie na priestorovú distribúciu prístupného draslíka sa prejavil jeho výraznou akumuláciou v báze svahu na lokalitách Rišňovce, Voderady a Plavé Vozokany. Dlhodobý vplyv vodnej erózie na pôdu potvrdzuje aj časová dynamika zmien za sledované obdobie rokov 2001-2017, kedy predovšetkým na transektoch pri Rišňovciach a Voderadoch došlo k zníženiu obsahu prístupného draslík v celom pôdnom profile erózných častiach.

Zmeny pôdnej reakcie na záujmových lokalitách sú ovplyvnené predovšetkým pôdotvorným substrátom na ktorom pôda vznikla. Na transektoch kde sa pôda vyvinula na sprašoidných substrátoch (Rišňovce, Voderady, Zacharovce) sa hodnoty pH pohybujú len v malom rozpätí. Nevýrazné zmeny pH v čase môžeme pripísať skôr prirodzenej priestorovej variabilite tohto parametra ako vplyvu eróznno-akumulačných procesov. Na transekte pri Plavých Vozokanoch kde pôda vznikla na polygenetických hlinách, sme v eróznej časti svahu zaznamenali najnižšie hodnoty pH čo je to spôsobené stratou vrchných vrstiev pôdneho profilu a následným priorávaním kyslejšieho podorničia. Časová dynamika zmien pH sa tu prejavila postupným znižovaním hodnôt pH od roku 2001 na celom monitorovanom transekte, čo je bežný trend na pôdach, ktoré vznikli na kyslejších substrátoch a keď sa dlhodobo nepoužívajú účinné opatrenia na zvýšenie pH pôdy.

Fyzikálne vlastnosti pôdy (objemová hmotnosť a pórovitosť) sa v rámci všetkých záujmových lokalít výrazne nemenia. Vyššie hodnoty objemovej hmotnosti a nižšie hodnoty pórovitosti (kedy dochádza až k prekročeniu limitu zhutnenia) v podornici erózných častí transektov sú výsledkom častých prejazdov ťažkej poľnohospodárskej techniky a nepreorávania tejto časti pôdneho profilu.

Záverom môžeme konštatovať, že na všetkých monitorovaných lokalitách dlhodobo intenzívne prebiehajú eróznno-akumulačné procesy, čo potvrdzujú ako analýzy rádioaktívneho izotopu cézia (recentná erózia), tak aj výrazné kvantitatívne zmeny sledovaných pôdných parametrov. Na sledovaných transektoch sa nevyužívajú štandardné protierózne opatrenia a ak sa táto situácia v blízkej budúcnosti nezmení, môžu byť straty pôdnej hmoty ešte výraznejšie, čo môže v konečnom dôsledku viesť až k nezvratnej degradácii pôdy.

Mapa potenciálnej vodnej erózie na poľnohospodárskych pôdach SR slúži ako podklad pre plošné vyjadrenie jednotlivých kategórií eróznej ohrozenosti (erodovanosti pôdy). V pôdno-klimatických a geomorfologických podmienkach Slovenska je potenciálne ovplyvnených (rôznou intenzitou erózie) 955 887 ha poľnohospodárskych pôd.

Použitá literatúra

- Fulajtár, E., Janský, L., 2001: Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana. VÚPOP Bratislava, 2001, 310 s.
- Hanes, J., Zaujec, A., Sisák, P., Linkeš, V., Mucha, V., Čurlík, J., 1996: Pedológia, SPU Nitra, 1996, 119 s.
- Hrnčiarová, T. a kol., 2002.: Atlas krajiny Slovenskej republiky (Landscape atlas of the Slovak Republic). Bratislava: Ministry of Environment of the Slovak Rep., 2002, 344 p. ISBN 80-88833-27-2
- Kobza, J., Barančíková, G., Bezák, P., Bezáková, Z., Dodok, R., Hrivňáková, K., Chlpík, J., Lištjak, M., Makovníková, J., Mališ, J., Píš, V., Schlosserová, J., Slávik, O., Styk, J., Širáň, M. 2011: Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. Monografia. VÚPOP Bratislava, s. 139-141, ISBN 978-80-89128-89-1.
- Linkeš, V., Lehotský, M., Stankoviansky, M., 1992: Príspevok k poznaniu vývoja vodnej erózie pôd na pahorkatinách Podunajskej nížiny s využitím ¹³⁷Cs. Vedecské práce č. 17. VÚPÚ Bratislava, 1992, s. 111-120
- MPSR, 2004: Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- Slávik, O., den Besten, J.W., Cebecauer, T., Fulajtár, E., Hofierka, J., Horňák, M., Lehotský, M., van der Perk, M., Šúri, M., Walling, D.E., Wielinga, A., Zhang, Y.S., 2000: Radiocaesium redistribution in the Mochovce catchment, Slovakia. In: Perk M., et al.: Spatial redistribution of radionuclides within catchments: Development of GIS-based models for decision support systems. Final Report. Spartacus, EC Contract No. IC15-CT98-0215 Utrecht Centre for Environmental and Landscape Dynamics (UCEL) Faculty of Geographical Sciences Utrecht University, 2000, 93-125.
- Styk, J., 2007: Indication of erosive-accumulative processes intensity at using ¹³⁷Cs profile distribution on selected soil transect. Agriculture (Poľnohospodárstvo), Journal for agriculture sciences, 53, 2007 (1), Istia Nitra, p. 23-30
- Šály, R., a kol. 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. VÚPOP Bratislava, 2000, 76 s., ISBN – 80-85361-70-1
- Walling, D.E., Quine, T.A., 1993: Use of caesium-137 as a tracer of erosion an 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., 1978: Predicting rainfall erosion losses – Guide to conservation planning, Agricultural Handbook 537, USDA, 1978

6.7 Hodnotenie zmien a trendov vlastností pôd využívaných na energetické účely

Využívanie obnoviteľných zdrojov energie má veľký význam nielen v oblasti ochrany životného prostredia, ale aj v oblasti ekonomickej a strategickej (PIERCE, LAL, 1991, PIERCE, LARSON, 1993). K primárnej funkcii poľnohospodárstva, ktorou je zabezpečenie výživy ľudí pribudla nová, ktorou je využívanie poľnohospodárskych výstupov pre energetické účely. Táto funkcia poľnohospodárstva je integrovaná v spracovaných výhladoch a prognózach ďalšieho rozvoja poľnohospodárstva, stáva sa súčasťou koncepčných, strategických a legislatívnych nástrojov štátu a EÚ (KRIŠŠÁK A I., 2006, ÚRADNÝ VESTNÍK EU, 2009).

Cieľom trvalo udržateľného rozvoja spojeného s efektívnym využívaním prírodných zdrojov je zabezpečiť, aby využívanie prírodných zdrojov a s tým súvisiaci dopad na životné prostredie, teda aj na kvalitu pôdy, nepresiahol únosnú kapacitu. Rýchlorastúce dreviny sú energetické rastliny drevinového charakteru s krátkou dobou obrastania a hmotnostným prírastkom prevyšujúcim priemerný prírastok hmoty ostatných drevín. V súčasnosti nie je metodicky podložený spôsob kontroly kvality pôdy v priebehu a po ukončení pestovania rýchlorastúcich drevín po uskutočnení spätnej rekultivácie. Pri pestovaní rýchlorastúcich drevín môže dôjsť k značným zmenám vlastností pôdy, a to vplyvom rastúcich drevín na živinový potenciál, na vodný režim pôdy, pod zemou sa vytvára veľká hmota koreňového systému, môže dôjsť ku kompácii pôdy, zmene fyzikálnych vlastností. Hodnotenie indikátorov kvality pôdy pri novom spôsobe využívania poľnohospodárskych pôd je nevyhnutnou súčasťou ich správneho využívania na energetické účely.

Materiál a metóda

Rýchlorastúce dreviny sú energetické rastliny drevinového charakteru s krátkou dobou obrastania a hmotnostným prírastkom prevyšujúcim priemerný prírastok hmoty ostatných drevín. Pri stanovení vplyvu pestovania rýchlorastúcich drevín na kvalitu pôdy sa zameriavame okrem produkčnej funkcie na akumuláciu, filtračnú a transportnú funkciu pôdy. Z hľadiska ochrany hydrosféry a rastlinnej produkcie patrí práve schopnosť pôdy filtrovať potenciálne rizikové prvky k najdôležitejším funkciám pôdy (DEMO A I., 1998). Monitorovanie vybraných dynamických indikátorov kvality pôdy (indikátorov produkčnej funkcie - makroživiny, obsah a kvalita orgnickej hmoty v pôde, indikátorov pufráčnej funkcie – hodnoty pH (aktívnej a výmennej) a filtračnej funkcie – potenciál anorganických polutantov a potenciál sorpcie pôdy) prebieha v špeciálnej sieti lokalít na pôdach, využívaných na energetické účely.

Monitorovacia lokalita je kruhového tvaru o polomere 10 m a celkovej ploche 314 m² (FIALA A I., 1999) Každá monitorovacia plocha je v strede charakterizovaná pedologickou sondou. Stredy monitorovacích lokalít sú geodeticky zamerané a zdokumentované súradnicami X, Y vo WGS 84. Pôdne vzorky sme odobrali z 5-tich miest z hĺbky 0-10 cm a 35-45 cm. Pôdne vzorky sa odoberajú tak, aby nedošlo k zmiešaniu dvoch rozdielnych pôdnych horizontov. Ojedinele sa totiž môže v uvedených rozpätiach nachádzať ostrá hranica medzi pôdnymi horizontami. V takýchto prípadoch sa hĺbka odberu posúva pod alebo nad hranicu medzi horizontami. Monitorujeme dve lokality, lokalitu lokalizovanú v oblasti Záhorskej nížiny (čiernica) a lokalitu lokalizovanú v oblasti Oravskej kotliny (fluvizem).

Výsledky a diskusia

Od roku 2010 monitorujeme lokalitu Kuchyňa (obr.1). Monitorovacia lokalita je lokalizovaná v oblasti Záhorskej nížiny, ČA^x, podľa Metodického usmernenia MP SR č. 3187/2007-430 patrí k pôdam vhodným na pestovanie rýchlorastúcich drevín. Na ploche je od

roku 2006 porast rýchlorastúcej vrby (*Salix viminalis*) pestovanej na energetické účely. V prvom roku výsadby bolo aplikované organominerálne kvapalné hnojivo Darina.



Obr. 1 Lokalita Kuchyňa, čiernica modálna, kontaminovaná, na nekarbonátových substrátoch

Lokalita Kuchyňa sa nachádza v teplej pahorkatinovej klimatickej oblasti. Patrí k stredne ťažkým pôdam, hlinitým. Obsah skeletu v pôde sa výrazne zvyšuje s hĺbkou, a to od 5 % v hĺbke 0 – 10 cm do 80 % v hĺbke 35 – 45 cm.

Lokalita Kuchyňa patrí k pôdam so slabo kyslou až kyslou hodnotou pôdnej reakcie, predovšetkým v hĺbke 0 – 10 cm, pričom hodnota pôdnej reakcie len mierne stúpa s rastúcou hĺbkou odberu a aj v substráte patrí do slabo kyslej oblasti. Vyšší obsah organickej hmoty nižšej kvality v celom profile spolu s hodnotou pôdnej reakcie a stredným obsahom prístupných živín zaraďujú túto lokalitu k stredne rezistentným pôdam vzhľadom k acidifikácii (MAKOVNÍKOVÁ, 2007).

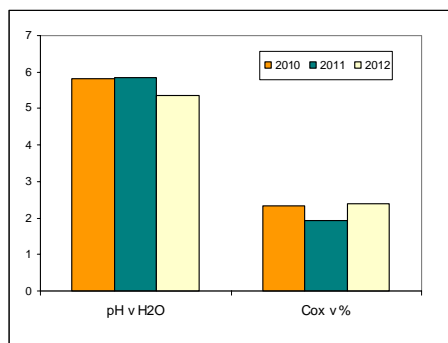
Celkový obsah anorganických polutantov na danej lokalite sme hodnotili v súlade so zákonom 220/2004 Z.z. Obsah As je podlimitný a mierne stúpa smerom k substrátu. Obsah Cd je najvyšší v hĺbke 0 – 10 cm a smerom k substrátu klesá, výrazne však prekračuje limitnú hodnotu v hĺbke 0 – 10 cm, 20 – 30 cm aj 35 – 45 cm, lokalita Kuchyňa patrí medzi kontaminované lokality. Obsah Co je bez výrazných profilových trendov, avšak v hĺbke 20 – 30 cm a 35 – 45 cm je obsah tohto prvku nad limitnou hodnotou stanovenou pre tento prvok. Obsah Cr je bez výrazných profilových trendov. Obsahy Cu, Pb aj Hg sú podlimitné v celom profile s miernym stúpaním s rastúcou hĺbkou. Opačný trend pozorujeme v prípade Ni a Zn, ktoré v celom profile výrazne prekračujú nadlimitné hodnoty. V nasledujúcom monitorovacom období sme analyzovali len obsahy nadlimitných prvkov Cd, Zn a Ni.

Tab. 1 Indikátory kvality pôdy

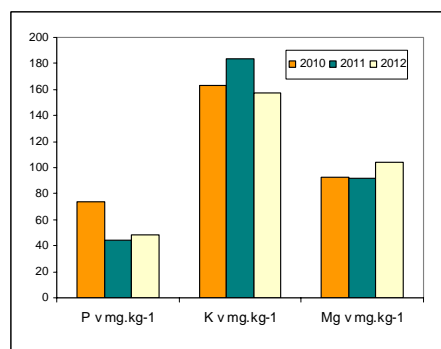
parameter	hĺbka 0 – 10 cm		hĺbka 35 – 45 cm	
	rok 2010	rok 2012	rok 2010	rok 2012
pH v H ₂ O	5,81	5,35	5,80	5,59
pH v KCl	5,21	4,83	5,21	5,04
pH v CaCl ₂	5,23	5,12	5,31	5,31
výmenné katióny v cmol(p+).kg ⁻¹	Na ⁺	0,150	0,200	-
	K ⁺	0,506	1,000	-
	Ca ²⁺	11,230	11,080	-
	Mg ²⁺	0,890	0,930	-
Cox v %	2,318	2,39	1,958	2,32
makroživiny v mg.kg ⁻¹ (Mehlich III.)	P	73,70	48,70	43,50
	K	163,00	157,00	106,00
	Mg	92,70	104,00	119,00
stopové prvky v pôde v mg.kg ⁻¹ (celkový obsah v lúčavke kráľovskej)	Cd	1,016	0,670	0,822
	Zn	199,000	164,170	287,000
	Ni	51,500	44,070	69,600
stopové prvky v pôde v mg.kg ⁻¹ (vo výluhu 1 M NH ₄ NO ₃)	Cd	0,009	0,008	-
	Zn	0,320	0,240	-
	Ni	0,176	0,098	-
stopové prvky v rastlinách v mg.kg ⁻¹	Cd	7,154	9,520	-
	Zn	250,000	432,00	-

V hĺbke 0 – 10 cm (tab. 1) došlo v porovnaní rokov 2010 a 2012 k poklesu hodnoty aktívnej pôdnej reakcie o 0,46 jednotiek (obr. 2a), čo sa prejavilo zvýšením obsahu výmenného sodíka o 33 %. Výrazne sa zvýšil obsah výmenného draslíka (97 %) (obr. 2b). V treťom roku sledovania sa neprejavilo zníženie obsahu organickej hmoty v pôde pri jej využívaní na pestovanie rýchlorastúcich drevín, ktoré uvádza vo svojej práci aj MCCLEAN GARY (2012). V prípade makroživín sa výrazne znížil obsah fosforu a to o 36 % (obr. 2b). Pozitívne zmeny sme zaznamenali pri celkovom obsahu rizikových prvkov, znížil sa obsah kadmia o 34 % (obr. 2c), obsah zinku o 17 % ako aj obsah niklu a to o 20 % v porovnaní s rokom 2010 (obr. 2d). Celkový obsah kadmia ako aj celkový obsah niklu sa dostali tesne pod limitnú hodnotu, v prípade zinku sa naďalej jedná o nadlimitný obsah tohto prvku podľa Zákona o pôde 220/2004 Z.z.. Zmeny indikátorov kvality pôdy sú na obr. 2a- 2d.

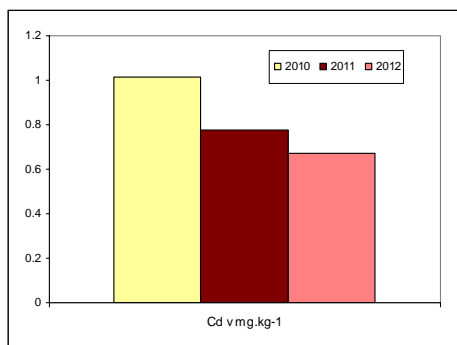
V hĺbke 35 – 45 cm v priebehu troch rokov sledovania došlo k poklesu hodnoty pôdnej reakcie a k zníženiu obsahu makroživín v prípade fosforu. Zmeny v obsahu rizikových prvkov sme zaznamenali aj v hĺbke 35 – 45 cm a to zníženie celkového obsahu zinku o 23 % a celkového obsahu niklu o 16 %.



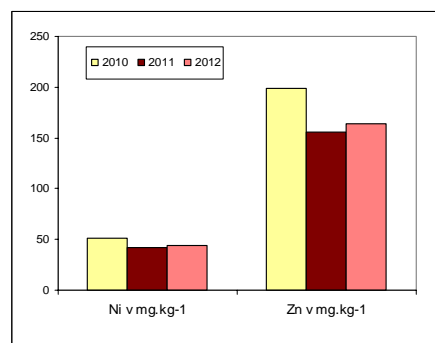
Obr. 2a Zmeny hodnoty pH v H₂O a Cox



Obr. 2b Zmeny v obsahu makroživín P, K, Mg



Obr. 2c Zmeny stopových prvkov v pôde - Cd



Obr. 2d Zmeny stopových prvkov v pôde- Ni, Zn

V priebehu monitorovania poľnohospodárskej pôdy využívanej na pestovanie energetických plodín pozorujeme negatívny trend vo vývoji hodnoty pôdnej reakcie v pôde a pozitívny trend vo vývoji celkového obsahu rizikových prvkov v pôde. Remedialná schopnosť vŕby vzhľadom k rizikovým prvkom sa prejavila výrazným znížením obsahu kadmia a zinku na danej lokalite. Vŕba patrí k potenciálne rezistentným plodinám vzhľadom k vysokým obsahom rizikových prvkov. Obsahy niklu a zinku vo výluhu 1 M NH_4NO_3 boli v sledovanom období nižšie ako kritické limitné hodnoty vo vzťahu pôda – rastlina podľa Zákona 220/2004.

Od roku 2011 monitorujeme lokalitu Krivá – Liesek. Lokalita Krivá-Liesek (obr. 3) sa nachádza v Oravskej kotline v Podhoľno-Magurskej oblasti v mierne chladnej a mierne vlhkej klimatickej oblasti v nadmorskej výške 551 m n.m.. Na monitorovacej lokalite je fluvizem kultizemná, v čase odberu bola hladina podzemnej vody v hĺbke 165 cm. Na lokalite je od roku 2004 porast rýchlorastúcej vŕby, odrody Sven, Tora, Gudrun, Sherwood. Porasty sú každoročne hnojené dusíkom v dávke $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ s delením 30 kg na jar, 30 kg koncom mája a 30 kg v polovici júla a jednorázovo fosforom v dávke $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a draslíkom v dávke $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, ktoré sú aplikované s prvou dávkou dusíka. Dusík je vo forme liadku vápenato-amónneho 27% N, fosfor vo forme hyperkornu 26 % P_2O_5 a draslík vo forme draselnej soli 58 % K_2O . Pri správnom obhospodarovaní je možné vŕbový porast zberať každé štyri roky pričom celková produkčná schopnosť porastu je okolo 30 rokov. V podmienkach strednej Oravy sa celkový prírastok drevnej hmoty za štvorročné obdobie pohyboval od 23 do 26 ton na hektár (DANIEL, HABOVŠTIAK, 2011).

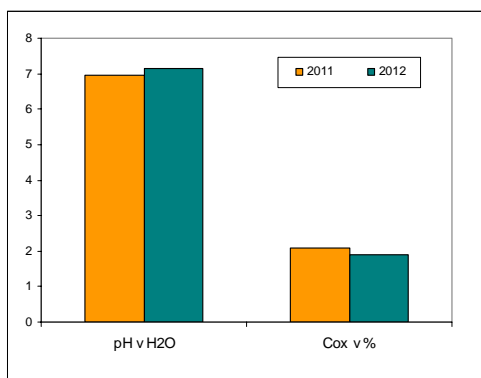


Obr. 3 Lokalita Krivá-Liesek, fluvizem kultizemná

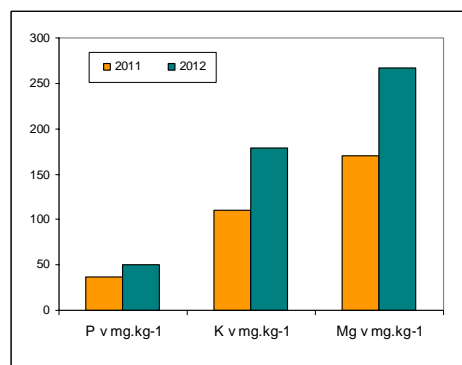
Lokalita Krivá-Liesek (tab. 2) patrí k pôdam s neutrálnou hodnotou pôdnej reakcie. Vyšší obsah organickej hmoty ale nízkej kvality v celom profile spolu s hodnotou pôdnej reakcie a stredným obsahom prístupných živín zaraďujú túto lokalitu k stredne rezistentným pôdam vzhľadom k acidifikácii (MAKOVNÍKOVÁ, 2007, KOBZA A I., 2011). Celkový obsah anorganických polutantov na danej lokalite sme hodnotili v súlade so zákonom 220/2004 Z.z. Obsah všetkých sledovaných prvkov je podlimitný. V prípade As, Se a Zn ich celkový obsah len mierne vertikálne stúpa, výraznejší pokles s hĺbkou sme zaznamenali len v prípade celkového obsahu Cu. Distribúcia ostatných rizikových prvkov v oboch hĺbkach je porovnateľná a nezaznamenali sme výrazné rozdiely. Hodnota pH v slabo kyslej až neutrálnej oblasti, stredný obsah organickej hmoty v pôde nízkej kvality spolu s podlimitným celkovým obsahom anorganických polutantov radia túto lokalitu k pôdam s vysokým potenciálom imobilizácie a s nízkym potenciálom transportu vzhľadom na anorganické polutanty (MAKOVNÍKOVÁ A I., 2007, KOBZA A I., 2011). V roku 2012 sme monitorovali z rizikových prvkov kadmium a olovo, keďže v prípade olova sme aj napriek podlimitným celkovým obsahom stanovili v roku 2011 (MAKOVNÍKOVÁ, 2012) nadlimitný obsah tohto prvku vo výluhu 1 M NH_4NO_3 .

Tab. 2 Indikátory kvality pôdy

parameter		hĺbka 0 – 10 cm		hĺbka 35 – 45 cm	
		rok 2011	rok 2012	rok 2011	rok 2012
pH v H_2O		6,96	7,14	6,93	7,30
pH v KCl		6,47	6,75	6,68	6,99
pH v CaCl_2		6,80	6,83	6,84	7,10
výmenné kationy v $\text{cmol}(\text{p}^+).\text{kg}^{-1}$	Na^+	0,11	0,190	-	-
	K^+	0,31	0,830	-	-
	Ca^{2+}	12,46	9,160	-	-
	Mg^{2+}	1,86	1,080	-	-
Cox v %		2,08	1,91	1,45	1,24
makroživiny v $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ (Mehlich III.)	P	37,00	50,20	31,30	56,60
	K	110,00	179,00	82,90	62,00
	Mg	170,00	267,00	200,00	207,00
stopové prvky v pôde v $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ (celkový obsah v lúčavke kráľovskej)	Cd	0,298	0,380	0,295	0,390
	Pb	8,470	9,020	9,430	11,000
stopové prvky v pôde v $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ (vo výluhu 1 M NH_4NO_3)	Cd	0,002	0,003	-	-
	Pb	0,182	0,010	-	-

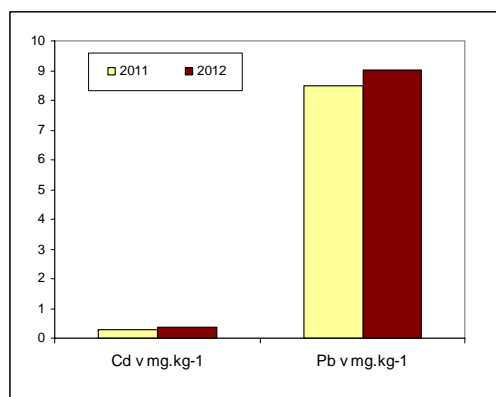


Obr. 4a Zmeny hodnoty pH v H_2O a Cox



Obr. 4b Zmeny v obsahu makroživín

Hodnota pôdnej reakcie v roku 2012 ostáva v neutrálnej až slabo alkalickéj oblasti, mierne sa znížil obsah organickej hmoty v pôde (obr. 4a). Aplikácia hnojív sa odrazila vo zvýšenom obsahu makroživín na sledovanej lokalite (obr. 4b).



Obr. 4c Zmeny v celkovom obsahu Cd a Pb

Na lokalite Krivá-Liesek, ktorá je situovaná v bezprostrednej blízkosti frekventovanej pozemnej komunikácie, došlo k miernemu zvýšeniu celkového obsahu Cd a Pb (obr. 4c), ktoré však naďalej ostávajú v podlimitnej oblasti podľa Zákona o pôde č. 220/2004 Z.z. Zvýšenie obsahu Cd môže byť spôsobené aj aplikáciou fosforečných hnojív, ktorá môže zvýšiť obsah Cd a Cr (Beneš, 1993) v pôde.

Záver

Cieľom trvalo udržateľného rozvoja spojeného s efektívnym využívaním prírodných zdrojov je zabezpečiť, aby využívanie prírodných zdrojov a s tým súvisiaci dopad na životné prostredie, teda aj na kvalitu pôdy, nepresiahol únosnú kapacitu.

V priebehu zatiaľ dvojročného sledovania využívania poľnohospodárskej pôdy na pestovanie energetických plodín na čiernici (lokalita Kuchyňa) pozorujeme pozitívny trend vo vývoji celkového obsahu rizikových prvkov v pôde. Remedialná schopnosť vrbí vzhľadom k rizikovým prvkom sa prejavila výrazným znížením obsahu kadmia, zinku a niklu na danej lokalite. Na lokalite Krivá-Liesek, ktorá je situovaná v bezprostrednej blízkosti frekventovanej pozemnej komunikácie, došlo k miernemu zvýšeniu celkového obsahu Cd a Pb, ktoré však naďalej ostávajú v podlimitnej oblasti podľa Zákona o pôde č. 220/2004 Z.z.

Hodnotenie indikátorov kvality pôdy pri novom spôsobe využívania poľnohospodárskych pôd je nevyhnutnou súčasťou ich správneho využívania na energetické účely.

Literatúra

- BENEŠ S. 1993. Obsahy a bilance prvku ve sferech ŽP. I. část. MZ ČR Praha 1. 1993, 88 str., ISBN 80-7084-051-X
- DEMO M. et al., 1998: Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine. Nitra : SPU, 1998, 302 s. ISBN 80-7137-525-X.
- FIALA K. A KOL., 1999: Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém - Pôda. VÚPOP, Bratislava 1999, 139 s., ISBN 80-85361-55-8
- DANIEL J., HABOVŠTIK, J.: 2012 Poľnohospodársky výskum v energetickom programe. In: Agrobioenergetika. [http: \[cit.2011-10-11\].](http://www.abe.sk/casopis.html) Dostupné na internete: [//www.abe.sk/casopis.html](http://www.abe.sk/casopis.html)

- GONDA, Ľ., ABRHAM, Z., ANDERT, D., GADUŠ, J., GUŠTAFÍKOVÁ, T., KANIANSKA, R., KIZEKOVÁ, M., KUNSKY, M., MAKOVNÍKOVÁ, J., MALIŠ, J., OBRČIANOVÁ, D., PEPICH, Š.: 2010: „Poľnohospodárska biomasa – obnoviteľný prírodný zdroj“, CVRV Piešťany
- KRIŠŠÁK P. – JANDAČKA, J. – MALCHO, M.: Legislatíva a podporné mechanizmy súvisiace s energetickým využitím biomasy v SR. In: Biomasa ako zdroj energie, 6. – 7. 2006, Ostravica, ČR, str. 24-32, ISBN 80-248-1180-0
- MAKOVNÍKOVÁ, J. - BARANČÍKOVÁ, G. - PÁLKA, B. 2007. Approach to the assessment of transport risk of inorganic pollutants based on the immobilisation capability of soil. In *Plant, Soil and Environment*, vol.53, 2007, č. 8, s.365 - 373
- MAKOVNÍKOVÁ J., 2007: Využitie indikátorov pri identifikácii rizikových oblastí acidifikácie pôdy. Bratislava : VÚPOP, 2007, 30 s. ISBN 978-80-89128-37-2.
- MCCLEAN GARY. 2012. The effects of land conversion to bioenergy crops on soil carbon. In Proceedings 4th international Congress Eurosoil 2012, Bari, Italy, 2 -6 July 2012, p.394
- PIERCE F., LAL R., 1991: Soil management in the 21st century. In *Lal, F.J. - Pierce, F.J. (eds.), Soil management for sustainability*. Ankeny : Soil Water Conserv. Soc., 1991, p. 175-180.
- PIERCE F., LARSON W., 1993: Developing criteria to evaluate sustainable land management. In *Kimble, J.M. (ed), Utilization of soil survey information for sustainable land use. Proc. 8th Int. Soil Management Workshop*. Lincoln : USDA-SCS, National Soil Surv. Center, 1993, p. 7-14.
- POVRAZ, P., NAŠČÁKOVÁ, J., KOTOROVÁ, D., KOVÁČ, L.: 2010 Poľné plodiny ako zdroj biomasy na energetické využitie v podmienkach Slovenska. In. Inovatívne technológie pre efektívne využitie biomasy v energetike. str. 66 – 75, Dostupné na internete: http://enersupply.euke.sk/wp-content/uploads/66-75_porvaz-nascakova-kotorova-kovac.pdf
- STRAKA Ľ.: 2009. Energetické využitie fytohmoty pestovanej na Slovensku. In. Biom.Cz . [on-line] [cit.2010-04-06]. Dostupné na internete: <http://biom.cz/cz-pestovani-biomasy/odborne-clanky>, ISSN 1801-2655
- Akčný plán využívania biomasy na roky 2008-2013. Bratislava : MPSR SR, 2008, 21s. [on-line] [cit.2010-04-06]. Dostupné na internete: <http://www.land.gov.sk/sk/index.php?navID=2&navID2=2&sID=26&id=1214>
- Úradný vestník Európskej únie. *Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2009/28/ES, z 23. apríla 2009 o podpore využívania energie z obnoviteľných zdrojov energie a o zmene a doplnení a následnom zrušení smerníc 2001/77/ES a 2003/30/ES*. [on-line] [cit.2010-04-06]. Dostupné na internete : < <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:sk:PDF>>
- Zákon o pôde č.220 (2004). Zbierka zákonov, 220/2004, 2290-2292

6.8 Hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja poľnohospodársky spustnutých pôd

V priebehu posledného obdobia rokov 2010-2012 sme sa začali venovať aj problematike spustnutých pôd, najmä tých, ktoré sa v minulosti poľnohospodársky využívali (či už pestovaním poľnohospodárskych plodín na ornej pôde, alebo spásaním, resp. kosením trávnych porastov). Tzv. „spustnutie“ pôd môže mať rôzny pôvod. Buď ide o dlhodobu kontaminované pôdy, tiež o pôdy, ktoré sa v minulosti využívali najmä salašníckym spôsobom (niektoré vysokohorské polohy, napr. hole Nízkyh Tatier), pôdy, ktoré boli opúšťané vplyvom presídľovania najmä vidieckeho obyvateľstva z dôvodu nedostatku zamestnanosti, ale taktiež aj pôdy v oblastiach, ktoré museli byť vysídlené z dôvodu výstavby vodných diel, aby nedošlo k znečistovaniu vodných nádrží s pitnou vodou (napr. vodná nádrž Starina na východnom Slovensku).

Z týchto dôvodov bolo v priebehu riešeného obdobia rokov 2010-2012 vybraných 7 monitorovacích lokalít, na ktorých sme začali sledovať aktuálny stav a príp. i doterajší vývoj základných vlastností pôd (tam, kde to bolo možné). Jedná sa o 2 lokality v Žiarskej kotline v blízkosti hlinikárne, ďalšie lokality sa nachádzajú v rôznych oblastiach Slovenska (Malé Raškovce, Starina, Ruské, Sása a Osrblie).

6.8.1 Spustnuté pôdy vplyvom dlhodobého znečistovania pôd (na príklade Žiarskej kotliny)

Vybrané monitorovacie lokality sa nachádzajú v blízkom okolí hlinikárne v katastrálnom území Horné Opatovce. Prvá lokalita sa nachádza na rovinatých prvkoch reliéfu v blízkosti rieky Hron (fluvizem glejová). Zdrojom kontaminácie tu boli najmä silné alkalické odpady z výroby hliníka (tzv. recirkulovaná voda), ktoré boli akumulované v nádržiach na depóniách odpadu (tzv. hnedý kal pochádzajúci zo spracovania základnej suroviny – bauxitu). Tekuté alkalické odpady a dostávali z porušených nádrží cez starý drenážny systém vo vlhkých ročných obdobiach na povrch pôdy a čiastočne zriedené infiltráciou z povrchu kontaminovali a sekundárne zasolovali pôdy.

Obr. 1 Okolie skládky v Žiari nad Hronom



Základné parametre výrazného zasolenia týchto pôd sú uvedené v tab.1

Tab. 1 Vývoj parametrov zasolenia na spustnutej lokalite v blízkosti alkalických odpadov v Žiari nad Hronom na fluvizemi glejovej

Hĺbka (cm)	pH/H ₂ O			Celkový obsah solí (%)			ESP (%)		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
0-10	7,84	8,95	7,85	0,40	0,41	0,05	33,6	49,6	6,9
10-20	8,29	9,44	7,79	0,36	0,14	0,12	38,2	8,9	0,9
20-30	8,47	9,58	7,88	0,83	0,15	0,10	-	15,0	1,4
30-45	8,20	9,61	7,67	1,07	0,34	0,06	-	26,4	1,4
55-65	8,20	9,22	7,91	0,68	0,27	0,09	28,8	38,9	3,7
75-85	7,79	8,45	7,68	0,48	0,27	0,08	17,2	38,8	4,3

ESP - % výmenného sodíka

Všetky uvedené parametre dokumentujú výrazný stupeň zasolenia (celkový obsah viac ako 0,1%, ESP>5%) – ex. Fulajtár, 1996, i keď v tomto roku zisťujeme určité zlepšenie (zrejme vplyvom ukončenej stabilizácie skládky odpadov). Výrazné sú aj hodnoty pôdnej reakcie (v oblasti alkalickéj) v celom pôdnom profile. Vysoké hodnoty sodíka pôsobia veľmi nepriaznivo aj na fyzikálne vlastnosti pôd, najmä na znižovanie priepustnosti pôdy pre vodu a na peptizáciu pôdnych agregátov sodíkom.

Pôda má pre rastliny veľmi málo prístupnej vody, a tým za sucha tvrdne, za mokra sa zabahňuje, a tým je veľmi ťažko obrábatelná. V tomto prípade sa jedná o spustnutú pôdu, ktorá sa už dlhšiu dobu poľnohospodársky nevyužíva, i keď pred založením hlinikárne v Žiari nad Hronom (r.1953) sa jednalo o ornú, intenzívne obhospodarovanú pôdu. V tomto období sa parametre vlastností pôdy v danej lokalite pohybovali v oblasti nezasolenej pôdy (pH: 5,8–6,3; ESP: 0,39–0,93%; ECe: 112-236 mS.m⁻¹). Uvedená charakteristika je ešte z roku 1961, keď tieto pôdy ešte neboli zasolené a kontaminované (Linkeš, 1986).

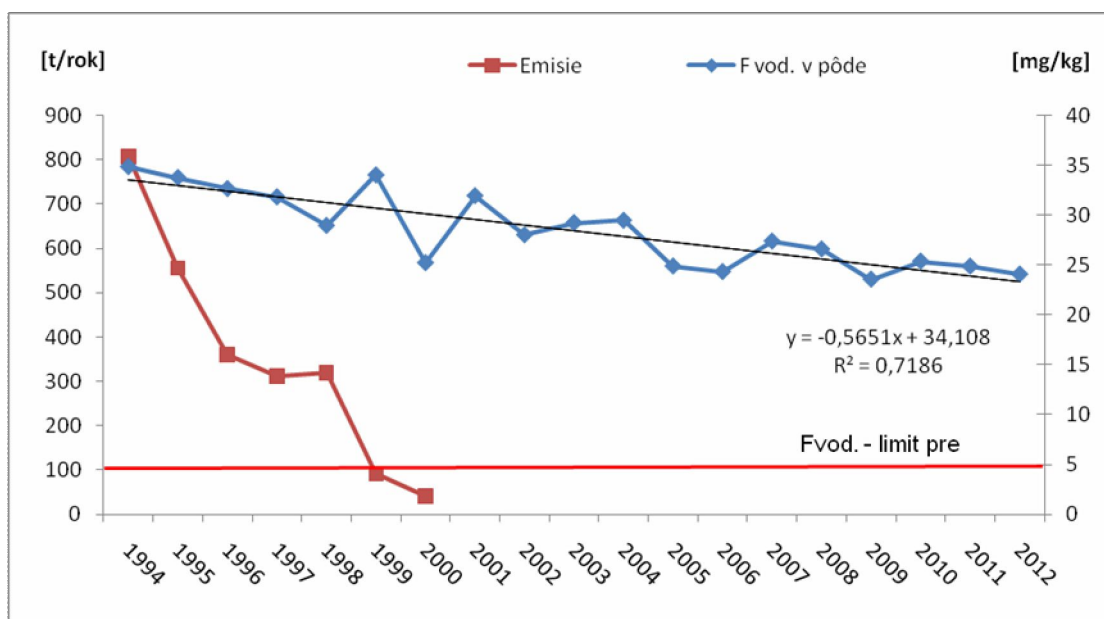
Druhá lokalita spustnutej pôdy sa nachádza oproti hlinikárni na polygenetických sprašových a svahových hlinách (pseudoglej luvizemný)

Obr.2 Spustnutá pôda (foto lokality oproti hlinikárni)



Oblasť Žiarskej kotliny sa spomína predovšetkým v súvislosti s fluórom, ktorý počas výroby hliníka emitoval do ovzdušia, a teda aj do okolitého prostredia. Na obr. 3 je uvedený vývoj fluóru, ako v emisiách, tak aj v pôde na danej lokalite. Napriek tomu, že obsah vodorozpustného fluóru sa v emisiách výrazne zlepšil a od roku 2000 je už prakticky v norme, obsah fluóru v pôde len veľmi pozvoľne klesá a v súčasnosti dosahujú jeho hodnoty takmer 5-násobok platného hygienického limitu (MPSR, 2004) Uvedená lokalita sa od roku 1994 poľnohospodársky nevyužíva (predtým orná pôda) a zostala spustnutou pôdou.

Obr. 3 Vývoj fluoru v okolí hlinikárne v Žiari nad Hronom



6.8.2 Spustnuté pôdy vplyvom procesov zasolovania

K spustnutiu pôd dochádza aj na ďalších zasolených pôdach. Niektoré z nich sa dokonca v minulosti orali a ich nepriaznivé pôdne vlastnosti sa vylepšovali aplikáciou sádry – síranu vápenatého (CaSO_4). V súčasnosti zúrodňovanie takýchto pôd by bolo ekonomicky neefektívne najmä, keď výmera týchto pôd nie je u nás veľká (celkovo do 5 tis. ha). Takouto lokalitou sú aj Malé Raškovce na Východoslovenskej rovine.

Obr. 4 Spustnutá prirodzene zasolená pôda – Malé Raškovce



V tomto prípade dochádzalo k postupnému zasolovaniu pôd vplyvom prevládajúceho výparného režimu pôd a vysokej hladiny silne mineralizovanej podzemnej vody. Výsledkom sú menej priaznivé až nepriaznivé vlastnosti takejto pôdy pre poľnohospodárske využívanie. Porovnanie základných parametrov zasolovania pôdy v rokoch 2010 a 2012 sú uvedené v tab.2 až 4.

Tab. 2 Základné parametre zasolenej pôdy (Malé Raškovce) v roku 2010

Hĺbka (cm)	pH/H ₂ O	Celkový obsah solí (%)	ESP (%)	SAR	ECe (mS. m ⁻¹)
0-10	7,03	0,14	9,79	2,65	94
20-30	7,33	0,12	13,30	6,04	80
35-45	7,80	0,18	23,70	13,20	-
50-60	8,09	0,21	31,90	20,60	180
70-80	7,92	0,28	36,90	25,70	0
120-130	7,90	0,16	12,00	5,14	172

Tab. 3 Základné parametre zasolenej pôdy (Malé Raškovce) v roku 2011

Hĺbka (cm)	pH/H ₂ O	Celkový obsah solí (%)	ESP (%)	SAR	ECe (mS.m ⁻¹)
0-10	7,10	0,14	8,91	1,96	94
20-30	7,63	0,15	15	7,27	-
35-45	8,35	0,34	26,4	15,50	-
50-60	9,11	0,27	38,9	27,80	-
70-80	9,04	0,27	38,8	27,70	-
120-130	7,93	0,17	27,2	16,30	-

Tab. 4 Základné parametre zasolenej pôdy (Malé Raškovce) v roku 2012

Hĺbka (cm)	pH/H ₂ O	Celkový obsah Solí (%)	ESP (%)	SAR	ECe (mS.m ⁻¹)
0-10	7,45	0,07	5,5	0,76	52
20-30	7,78	0,25	9,9	2,71	86
35-45	8,57	0,20	21,0	10,90	91
50-60	8,58	0,47	25,1	14,40	95
70-80	8,74	0,27	23,1	12,70	148
120-130	8,68	0,17	24,1	13,60	190

Uvedená lokalita vykazovala v priebehu hodnoteného obdobia rokov 2010-2012 parametre, ktoré indikujú zasolenie v celom pôdnom profile. Na rozdiel od lokality v Žiarskej kotline sa nejedná o kontaminovanú lokalitu, táto môže skôr slúžiť pre ochranu halofytnej flóry a fauny.

6.8.3 Spustnuté pôdy po zániku špeciálnych kultúr

Úbytok plôch špeciálnych kultúr, najmä viníc je všeobecne známy, tieto plochy zostávajú často bez ďalšieho poľnohospodárskeho využívania. Keďže sa jedná o špeciálne plodiny s osobitnou agrotechnikou a výživou, bude dôležité sledovať aj v budúcnosti ďalší vývoj vlastností takýchto spustnutých pôd. V tejto súvislosti bola v riešenom období vybraná monitorovacia lokalita (Sása, okr. Galanta) na čiernici kultizemnej, var. karbonátovej. I keď ide o dosť netypickú pôdu pre pestovanie viniča hroznorodého, v praxi – najmä v minulosti, ale aj v súčasnosti nachádzame viacero podobných prípadov (napr. pestovanie viniča hroznorodého v Orechovej v okrese Michalovce pri ukrajinskej hranici na pseudogleji)

Daná lokalita (Sása) je síce zaradená v základnej monitorovacej sieti (od roku 1993), v priebehu doterajšieho obdobia po likvidácii viníc zostala spustnutá. Zaujímavé je preto porovnanie zmien pôdných vlastností uvedenej spustnutej pôdy za doterajšie obdobie (tab.5).

Tab. 5 Vývoj vlastností spustnutej pôdy po vinici (Sása, ČAa^c)

Monitorovací cyklus							
1.cyklus (1993-1997)				4.cyklus (2007-2012)			
Parametre							
pH/KCl	P(Mehlich III) mg.kg ⁻¹	K(Mehlich III.)	Humus %	pH/KCl	P(Mehlich III.) mg.kg ⁻¹	K(Mehlich III.) mg.kg ⁻¹	Humus %
7,57	63,80	312,24	3,12	7,50	40,70	220,00	3,25

Na základe dosiahnutých výsledkov na danej lokalite došlo k zníženiu obsahu prístupných živín – fosforu a draslíka. V hodnotách pôdnej reakcie nedošlo k výraznejšej zmene (čiernica var. karbonátová). Obsah humusu sa mierne zvýšil (v súčasnosti nekultivovaná pôda s výraznejším zapojením sa trávneho porastu, značne zaburinená, pričom na začiatku monitorovania išlo o rodiacu vinicu).

6.8.4 Spustnuté pôdy v dôsledku vysídlenia, resp. migrácie obyvateľstva

Tento fenomén sa najmä po roku 1990 čoraz významnejšie prejavuje prevažne v horských, ako aj podhorských oblastiach Slovenska. Taktiež sem zaraďujeme oblasti so zdrojom pitnej vody. Totiž vplyvom výstavby vodných diel na pitnú vodu v snahe zamedziť ich znečisťovaniu boli vysídľované viaceré obce, a tým došlo k postupnému pustnutiu okolitých území, ktoré sa v minulosti obhospodarovali prevažne súkromne hospodariacimi roľníkmi, ktorí často obhospodarovali len úzke pruhy pozemkov, ktoré v súčasnosti zarastajú burinou a samonáletmi drevín a kríkov. Takáto situácia nastala napr. v oblasti vodného diela Starina. Túto charakterizujú 2 vybrané monitorovacie lokality v danej oblasti, a to Starina a Ruské (Obr. 5 a 6.). V oboch prípadoch sa jedná o kambizem na flyšových substrátoch.

Obr. 5 Ruské – spustnutá pôda



Obr. 6 Starina – spustnutá pôda (v pozadí vodná nádrž)



Tab. 6 Vývoj vlastností pôd vplyvom vysídlenia

Lokalita	Monitorovací cyklus							
	1.cyklus (1993-1997)				4.cyklus (2007-2012)			
	Parametre							
	pH/KCl	P(MehlichIII.) mg.kg ⁻¹	K(MehlichIII.) mg.kg ⁻¹	Humus%	pH/KCl	P(MehlichIII.) mg.kg ⁻¹	K(MehlichIII.) mg.kg ⁻¹	Humus%
Starina (KM)	5,09	26,01	205,31	4,45	4,26	9,61	179,00	4,91
Ruské (KM)	4,80	29,03	213,27	5,93	3,83	4,47	212,00	7,55

V tejto časti hodnotíme vývoj základných vlastností pôd v okolí vodného diela Starina, a to na vybraných lokalitách v katastrálnych územiach Starina a Ruské, v súčasnosti už neexistujúcich obcí. Tieto spádové obce patrili do povodia Stariny, a preto boli v záujme udržiavania kvality pitnej vody v nádrži Starina presídlené. Okolité pozemky boli väčšinou využívané drobnými roľníkmi, pričom ešte aj v súčasnosti sa tu zachovali zvyšky úzkych terás (políčok), ktoré sa využívali na pestovanie poľnohospodárskych plodín (zemiaky, ovos, zelenina). Taktiež sa tu ešte zachovali torzá starých ovocných stromov. Pozemky drobných roľníkov ani v minulosti nepatrili k intenzívne využívaným pôdam, o čom svedčí nízky obsah prístupných živín a najmä fosforu. Tento obsah prístupných živín sa v období od začiatku monitorovania ešte znížil. Pôdna reakcia je kyslá až veľmi kyslá, čo je pre tieto pôdy na flyši s prevahou pieskovcov charakteristické, pričom tieto pôdy sa ani v minulosti intenzívne nevápnil. Ich doterajší vývoj prebieha v smere ďalšieho zakysľovania, pričom tento trend sme už potvrdili aj pri iných kyslých pôdach na kyslých substrátoch (Kobza a kol., 2009). Vyšší obsah humusu zodpovedá pôdam pod trvalými trávnyimi porastami, pričom jeho obsah v monitorovanom období sa ešte zvýšil (výraznejšie zapojený trávny porast so značným prekorením bez spásania a kosenia).

S fenoménom postupného pustnutia pôd sa stretávame vo viacerých oblastiach Slovenska v dôsledku postupnej migrácie obyvateľstva z vidieka do miest a tak zhoršovania demografickej štruktúry týchto oblastí. Ako jeden z príkladov bola vybraná lokalita v Osrblí pri Brezne na kambizemi (reprezentuje zároveň najrozšírenejší pôdny typ na Slovensku, a teda aj týchto spustnutých pôd, ktoré sa prevažne nachádzajú v horských a podhorských oblastiach).

Daná lokalita sa nachádza vo Veporských vrchoch, budovaných prevažne na litologicky pestrých metamorfovaných horninách (s dominanciou dvojsľudných až biotitických pararúl). Ide o novo otvorenú lokalitu, takže tu zatiaľ nie je možné hodnotiť vývoj vlastností pôdy, hodnotíme len súčasný, aktuálny stav. Základné pôdne vlastnosti sú uvedené v tab.7

Tab. 7 Základné pôdne vlastnosti KM(a) (lokalita Osrblie)

Hĺbka V cm	pH/H ₂ O	pH/KCl	Cox %	Nt %	P	K	Mg	Cu *	Zn *	Mn *
					mg.kg ⁻¹					
0-10	5,85	5,26	4,36	0,45	17,5	64,2	237,0	1,43	3,10	15,40
20-30	5,59	4,64	1,35	0,14	7,6	15,0	77,5	0,29	0,39	1,48
35-45	5,60	4,60	0,87	0,09	4,5	15,1	81,9	0,23	0,21	1,74
50-60	5,54	4,41	0,43	0,05	0,8	3,06	179,0	0,50	0,11	0,51

Cox – organický uhlík, Nt – celkový dusík, makroživiny P,K,Mg (Mehlich III), mikroživiny Cu, Zn, Mn (DTPA)

Na základe dosiahnutých výsledkov vidieť, že sa jedná o kyslú pôdu v nadväznosti na litologické zloženie. Pomerne vysoký obsah organického uhlíka je charakteristický pre takéto neobhospodarované pôdy s extenzívnym trávny porastom a pomerne silným prekorením, najmä vrchnej časti pôdy.

Obr. 7 Spustnutá pôda na lokalite Osrblie (pri Brezne)



Veľmi vysoký je aj obsah celkového dusíka (Nt) vo vrchnej časti pôdy (0,45%) – Bielek, 1998.

Obsah prístupných živín – fosforu a draslíka je nízky (Kobza, Gáborík, 2008), čo napokon zodpovedá súčasnému stavu „obhospodarovania“ danej lokality. Napokon ani v minulosti sa tu nepredpokladal zvýšený prísun prístupných živín vplyvom aplikácie priemyselných hnojív a ak, tak len vo forme maštalného hnoja. Obsah prístupného horčíka je dobrý, čo len dokumentuje dobrú zásobenosť našich pôd týmto prvkom, čo sme už konštatovali na základe našich zistení v predchádzajúcej práci (Kobza a kol., 2009).

Priaznivý je tu aj obsah mikroživín. Obsah Cu a Mn je stredný, obsah Zn je vysoký (Kobza, Gáborík, 2008). Uvedené zistenie len potvrdzuje už naše predchádzajúce zistenia, že obsah mikroživín v našich poľnohospodárskych pôdach zatiaľ nie je deficitný (Kobza a kol., 2009).

Na danej lokalite je aj priaznivý stav v obsahu rizikových prvkov (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, Se), kde všetky namerané hodnoty boli podlimitné (Kobza a kol. 2011).

Na základe nami dosiahnutých výsledkov pri hodnotení spustnutých pôd možno konštatovať, že tieto pôdy sa vyznačujú nízkym obsahom prístupných živín, sú často porastené extenzívnym trávny porastom často zarastenými kríkmi a samonáletom drevín. O niekdajšom poľnohospodárskom využívaní svedčia pozostatky prevažne úzkych terás.

Literatúra

- Bielek, P. 1998. Dusík v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. VÚPU Bratislava, 256 s., ISBN 80-85361-44-2.
- Fulajtár, E. 1996. Prognóza zasoľovania pôd Podunajskej roviny, VÚPU Bratislava.
- MPSR, 2004. Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy. Príloha 2 pod čiastkou 96 zo dňa 28.4.2004.
- Kobza, J. 2001. Vývoj spustnutých pôd. Ved. práce VÚPOP Bratislava č. 24, 2001, s. 33.38. ISBN 80-85361-95-7.
- Kobza, J., Barančíková, G., Dodok, R., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Náčiniaková – Bezáková, Z., Pálka, B., Styk, J., Širáň, M. 2009. Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitívneho územia Žiarskej kotliny s dopadom na riešenie pôdochranných opatrení. VÚPOP Bratislava, 2009, 86s. ISBN 978-80-89128-53-2.
- Kobza, J., Barančíková, G., Dodok, R., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Styk, J., Širáň, M. 2011. Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja. Priebežná správa za rok 2011. VÚPOP Bratislava, 123 s.
- Linkeš, V. 1986. Vznik sekundárnych slancov v okolí depónií odpadov z výroby hliníka. Poľnohospodárstvo, roč. 32, č.5, 1986, s.430-437.

7. PRÍNOSY RIEŠENIA

Dosiahnuté výsledky a získané poznatky sú významné pre posúdenie aktuálneho stavu a vývoja našich pôd v poľnohospodárskej krajine. Sú využiteľné najmä v decíznej sfére pri ďalšej ochrane a využívaní poľnohospodárskeho pôdneho fondu Slovenska. Získané poznatky sú využiteľné aj pre ďalší rozvoj vednej disciplíny a univerzitách environmentálneho zamerania, ako aj pre širokú odbornú verejnosť nielen u nás, ale aj v rámci EÚ.

8. REALIZÁCIA VÝSLEDKOV RIEŠENIA

V súlade so Zákonom č. 220/2004 Z.z. a jeho novelizáciou pod č. 219/2008 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy, predmetom celonárodného záujmu by mala byť ochrana vlastností a funkcií poľnohospodárskej pôdy v takom rozsahu, aby sa zachovala jej biologická rozmanitosť. Práve permanentné monitorovanie priebehu zmien vlastností poľnohospodárskej pôdy rozhodujúcich z hľadiska najmä jej mimoprodukčných funkcií tu má kľúčové postavenie. Poznanie intenzity a rozsahu degradačných procesov je podkladom pre ďalšiu realizáciu spôsobu ochrany a využívania poľnohospodárskych pôd. Súčasťou riešenia boli vypracované nehmotné realizačné výstupy, ktoré sú uvedené v ďalšej časti správy (kapitola 12). Svojím charakterom sa jedná o závažné materiály, ktoré už boli publikované v Edičnom stredisku pri Výskumnom ústave pôdoznavectva a ochrany pôdy (VÚPOP) v Bratislave. Súčasťou realizácie dosiahnutých výsledkov je aj ich publikovanie v našich i zahraničných periodikách, na našich i medzinárodných konferenciách a seminároch, ktoré odznali formou referátov, prednášok i posterov.

Navyše po vstupe SR do spoločenstva krajín EÚ sa získané výsledky dostávajú do nových, širších, medzinárodných dimenzií, čím sa ich spoločenská hodnota ešte zvyšuje. Svedčí o tom aj zvyšujúci sa medzinárodný dopyt po dôležitých informáciách o aktuálnom stave a vývoji pôd Slovenska so zámerom ich prepojenia do európskych štruktúr a databáz, čo napokon vyplýva aj z nášho členstva v EÚ.

9. PLNENIE ÚLOH A UZNESENÍ Z POSLEDNEJ PRIEBEŽNEJ OPONENTÚRY

Priebežná oponentúra úlohy „Tvorba a hodnotenie poznatkov o vývoji vlastností pôdneho krytu SR pre efektívnu ochranu pôdy v poľnohospodárskej krajine“ sa uskutočnila každý rok v priebehu riešenia rokov 2010 – 2012 pri VÚPOP Bratislava za účasti zástupcu MP SR Ing. Tomáša Šimútha, ktorý bol zároveň aj predsedom oponentskej rady.

Oponentská rada na svojom poslednom zasadnutí konštatovala, že:

- zameranie výskumnej úlohy „Tvorba a hodnotenie poznatkov o vývoji vlastností pôdneho krytu SR pre efektívnu ochranu pôdy v poľnohospodárskej krajine“ vychádza z materiálu „Návrh rezortných úloh výskumu a vývoja na roky 2010 – 2012“ schválenými Poradou vedenia ministerstva
- po formálnej a vecnej stránke je predložená správa v súlade s uvedeným materiálom
- riešenie projektu prebehlo v súlade so schváleným VČH

Oponentská rada súčasne schválila správu pre priebežnú oponentúru s drobnými pripomienkami.

Oponentská rada zároveň uložila koordináčnemu pracovisku:

- skompletizovať dokumentáciu zo záverečnej oponentúry vrátane podrobnému záznamu a tieto predložiť MPRV SR
- podľa osobitných pokynov Oddelenia výskumu a vzdelávania MPRV SR vypracovať podklady o riešení úlohy výskumu a vývoja do celoštátneho IS VUP

- spracovať skrátenú správu o výsledkoch, priebehu a stave čiastkového monitoringu Pôda a následne ju predložiť na rokovanie vedenia MPRV SR

Oponentská rada taktiež odporučila koordináčnemu pracovisku publikovať dosiahnuté výsledky a získané nové poznatky a zabezpečiť ich využitie v praxi.

Záverom tejto časti možno prehlásiť, že všetky požiadavky a odporúčania Oponentskej rady boli splnené.

10. ČERPANIE FINANČNÝCH ZDROJOV A POROVNANIE S PLÁNOM

Čerpanie finančných zdrojov na úlohe v rokoch 2010–2012 je uvedené v nasledujúcich tabuľkách 1 až 4.

Tab. 1 Čerpanie finančných zdrojov v EUR k 31.12.2010

Čerpanie finančných zdrojov (porovnanie)	Kalkulačná položka 2010		
	Bežné	Kapitálové	Spolu
Plán	133516,-	-	133516,-
Skutočnosť	133516,-	-	133516,-

Tab. 2 Čerpanie finančných zdrojov v EUR k 31.12.2011

Čerpanie finančných zdrojov (porovnanie)	Kalkulačná položka 2011		
	Bežné	Kapitálové	Spolu
Plán	114442,-	-	114442,-
Skutočnosť	114442,-	-	114442,-

Tab. 3 Čerpanie finančných zdrojov v EUR k 31.12.2012

Čerpanie finančných zdrojov (porovnanie)	Kalkulačná položka 2012		
	Bežné	Kapitálové	Spolu
Plán	98678,-	-	98678,-
Skutočnosť	98678,-	-	98678,-

11. SÚHRN

Vytýčené ciele sú v súlade s cieľom vecného smerovania výskumu a vývoja „Podpora trvalo udržateľného rozvoja“ a jeho treťou prioritou, zameranou na monitorovanie a analýzy produkčného potenciálu slovenskej krajiny z hľadiska očakávaných zmien a reálnych možností jej ekonomického využívania, sociálnych a environmentálnych funkcií, ako aj na nástroje pre vytváranie vhodnej štruktúry poľnohospodárskej krajiny z hľadiska jej udržateľného rozvoja. Na základe dosiahnutých výsledkov možno konštatovať, že stanovené ciele boli splnené. Metodické postupy riešenia prebiehali vo vzťahu k jednotlivým odborným okruhom v nadväznosti na publikované metodické postupy (Kolektív, 2011). Postupne boli implementované nové metódy doporučené Európskou komisiou a existujúcich ISO noriem s ohľadom na zachovanie kontinuity doterajšieho sledovania vývoja vlastností pôd.

Na základe dosiahnutých výsledkov sa v poslednom období ukazuje určitá stabilizácia pôdnej organickej hmoty po predchádzajúcom poklese najmä na orných pôdach. Zmeny v kvalitatívnych parametroch neboli preukazné. Najkvalitnejšia organická hmota sa dlhodobo udržuje na černozemiach a najmenej kvalitná predovšetkým na vysokohorských rendzinách. Mierne sa znížil pokles prístupných živín – fosforu a draslíka. Doteraz sa nepotvrdili výraznejšie zmeny v kontaminácii pôd. Mierny acidifikačný trend bol zistený na kyslých pôdach a substrátoch. Procesy salinizácie a sodifikácie prebiehajú od substrátových horizontov smerom k povrchu pôdy, pričom tento vývoj je zreteľnejší v pôdach so slabým až stredným vývojom solných pôd, pričom proces sodifikácie je dominantný. Fyzikálny stav monitorovaných pôd bol najviac ovplyvnený textúrou pôdy a zhoršoval sa v smere od

zrnitostne ľahších ku ľažším pôdam. Významný je aj proces erózie, ktorý prebieha neustále s väčšou alebo menšou intenzitou. Prejavuje sa približne na 43,3 % aktuálnej výmery poľnohospodárskej pôdy.

12. REALIZAČNÉ VÝSTUPY

Súčasťou riešenia boli aj vypracované a publikované realizačné výstupy v podobe samostatných publikácií, spojených často aj s návrhom regulačných opatrení pre zvýšenie ochrany pôdy na základe dosiahnutých výsledkov. Určité nówum bolo vydanie a kompletizácia všetkých doteraz zaužívaných analytických metód, ako aj metód doporučených Európskou komisiou pre výkon integrovaného monitoringu pôd v EU.

- Kobza, J., Barančíková, G., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Nováková, K., Pálka, B., Schlosserová, J., Styk, J., Širáň, M. 2010. Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitivných území vplyvu magnezitových závodov (Jelšava–Lubeník a Hačava) s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení. VÚPOP Bratislava, 92 s., ISBN 978-80-89128-77-8.
- Kolektív autorov. 2011. Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. VÚPOP Bratislava, 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1.
- Kobza, J., Barančíková, G., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Pálka, B., Styk, J., Širáň, M. 2012. Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitivného územia Horná Nitra s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení. VÚPOP Bratislava, 83 s., ISBN 978-80-89128-92-1.
- Kobza, J., Barančíková, G., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Pálka, B., Styk, J., Širáň, M. 2012. Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitivného územia Banská Bystrica a okolie s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení. VÚPOP Bratislava, 79 s., ISBN 978-80-89128-95-2.

13. ZOZNAM VYPRACOVANÝCH SPRÁV RIEŠITEĽSKÉHO KOLEKTÍVU K ÚLOHE ZA DOBU JEJ RIEŠENIA (2010-2012)

- Kobza, J., Barančíková, G., Bezáková, Z., Dodok, R., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Styk, J., Širáň, M. 2010. Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja. Priebežná správa za rok 2010, VÚPOP Bratislava, 142 s.
- Kobza, J., Barančíková, G., Dodok, R., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Styk, J., Širáň, M. 2011. Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja. Priebežná správa za rok 2011. VÚPOP Bratislava, 123 s.
- Kobza, J., Barančíková, G., Dodok, R., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Styk, J., Širáň, M. 2012. Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja. Záverečná správa 2012. VÚPOP Bratislava.

14. ZOZNAM PUBLIKOVANÝCH PRÁC AUTORA SPRÁVY A RIEŠITEĽSKÉHO KOLEKTÍVU K PREDMETNEJ PROBLEMATIKE ZA DOBU RIEŠENIA ÚLOHY (2010 – 2012)

Publikácie: Zodpovedný riešiteľ prof. Ing. Jozef Kobza, CSc. (2010 – 2012):

- Kobza, J.** Gáborík, Š. 2010. Aktuálny stav a vývoj obsahu fosforu, draslíka a horčíka v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. In: *Agrochémia*, roč. XIV (50), 2010, č. 1, s. 3-8. ISSN 1335 – 2415, EV 3392/09.
- Kobza, J.**, Gáborík, Š. 2009 (vyšlo v roku 2010). Aktuálny obsah a vývoj prístupného fosforu a draslíka v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. In: *Ved. práce VUPOP* č. 31, 2009, s. 76-86.
- Kobza, J.** 2010. Aktuálny hygienický stav pôd v oblastiach vplyvu magnezitového priemyslu (Jeľšava – Lubeník a Hačava). Zborník abstraktov. *Zem v pasci? Earth in a trap? Analysis of Environmental Components*. 27.-30. April 2010, Hotel Sitno, Vyhne. Slovak Republic. Referates, s.1.
- Gáborík, Š., **Kobza, J.** 2010. Súčasný obsah a vývoj obsahu mikroelementov (Cu, Zn, Mn, Fe, B) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. In: *Agrochémia*, roč. XIV (50), 2010, č.2, s. 3-8. ISSN 1335-2415, EV 3392/09.
- Kobza, J.** 2010. Some statistical aspects of monitoring of soil change in Slovakia. Zborník ref. , 19-th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 1-6. August 2010, Brisbane, Australia, Symposium 1.5.1., pp. 119-122. Published on DVD.
- Kobza, J.**, Barančíková, G., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Nováková, K., Pálka, B., Schlosserová, J., Styk, J., Širáň, M. 2010. Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitivných území vplyvu magnezitových závodov (Jeľšava-Lubeník a Hačava) s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení. *VUPOP Bratislava*, 94 s. ISBN 978-8089128-77-8.
- Kobza, J.**, Barančíková, G., Dodok, R., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Mališ, J., Pálka, B., Styk, J., Širáň, M. 2010. Monitoring pôd Slovenska. *VUPOP Bratislava*, 2010, 40s. ISBN 978-80-89128-73-0.
- Kobza, J.** a kol. 2010. Regionálne pracovisko Banská Bystrica. (propagačná publikácia k 50. výročiu ústavu), *VUPOP Bratislava*, 28 s. ISBN 978-80-89128-72-3.
- Bigalke, M., Weyer, S., **Kobza, J.**, Wilcke, W. 2010. Stable Cu and Zn isotope ratios as tracers of sources and transport of Cu and Zn in contaminated soil, *Geochimica et Cosmochimica Acta* (2010), doi: 10.1016/j.gca.2010.08.044.
- Kobza, J.** 2010. Nové trendy hodnotenia pôdných vlastností a procesov vo vzťahu k diagnostike pôd. In: *Nové trendy v diagnostike, klasifikácii a mapovaní pôd*. Zborník abstraktov 2. konf. Slov. a českej pedolog. spoločnosti, Rožňava, 29.9. – 1.10.2010, s.7, ISBN 978-80-89128-79-2.
- Kobza, J.** Bezák, P., Bielek, P., Bujnovský, R., Sobocká, J., Styk, J. 2010 (vyšlo v roku 2011). Funkcie a prioritný význam pôdy pri rozvoji vidieka a riešení regionálnych disparít. Zborník č. 69SAPV „Regionálne disparity v ekonomickom a sociálnom prostredí slovenského vidieka. Nitra 2010, s. 69-72. ISBN 978-80-89162-46-8. EAN 9788089162468.
- Kobza, J.** 2011. Soil health a basic attribution of soil conservation. Inter. conf. Soil, Plant and Food Interactions, Mendel. University, Brno, 6.-8.9.2011, Zborník abstraktov, s. 94.
- Kobza, J.** 2011. Niektoré genetické aspekty pôd formujúcich sa v (semi)hydromorfných podmienkach. *Pedolog. dny 2011*, Zborník abstraktov, s. 20, 21-22.9.2011, Chodová Planá, ČR.

- Kobza, J.** 2011. Aktuálny hygienický stav pôd v regióne Horná Nitra. Zborník príspevkov medzinárod. konf. „Znečistené územia“, Ban. Tiavnicia 28.-30. 9. 2011, s. 28-32. ISBN 978-80-969958-7-5.
- Kobza, J.** Nové trendy hodnotenia pôdných vlastností a procesov vo vzťahu k diagnostike pôd. In: Diagnostika, klasifikácia a mapovanie pôd. Monografia. VUPOP, Societas pedologica slovacica, Bratislava, 2011, s. 9-16. ISBN 978-80-89128-90-7.
- Kobza, J.** 2010 (vyšlo v roku 2011). Aktuálny stav záťaže pôd v regiónoch vplyvu magnezitového priemyslu Jelšava-Lubeník a Hačava. In: Zborník ref. „Monitorovanie a hodnotenie stavu ŽP“. TU Zvolen, 2010, s. 17-21. ISBN 978-80-228-2271-8.
- Kobza, J., Bujnovský, R., Sobocká, J.** 2011. Stratégia a priority aplikovaného výskumu pôdy v najbližšom období. Zborník ref. SAPV č. 70 „Konceptia a priority pôdohospodárskej vedy, aplikovaného výskumu a vývoja na Slovensku. Nitra 2011, s. 18-22. ISBN 978-80-89162-47-5. EAN 9788089162475.
- Kobza, J. a kol.** 2011 (vyšlo v roku 2012). Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. VUPOP Bratislava, 2011. 136.s. ISBN 978-80-89128-89-1.
- Kobza, J.** 2010 (vyšlo v roku 2012). Actual hygienic state of soils in the regions under magnesite industry influence (Jelšava-Lubeník and Hačava). Acta Facultatis Ecological. Journal of Faculty of Ecology and Environmental Sciences Technical University in Zvolen. Volume 23:83-91, 2010.
- Kobza, J.** 2012. Ochrana pôdy by mala byť stále našou prioritou. Naše pole 7/2012, s. 16-17.
- Kobza, J., Barančíková, G., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Pálka, B., Styk, J., Širáň, M.** 2012. Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitívneho územia Horná Nitra s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení. VUPOP Bratislava. Monografia. 2012, 82 s. ISBN 978-80-89128-92-1.
- Kobza, J.** 2011 (vyšlo v roku 2012). Aktuálny stav arzénu v poľnohospodárskych pôdach Slovenska – jeho zdroje a chovanie. Ved. práce VUPOP Bratislava, č. 33, s. 86-94.
- Kobza, J., Barančíková, G., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Pálka, B., Styk, J., Širáň, M.** 2012. Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitívneho územia Banská Bystrica a okolie s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení. VUPOP Bratislava. Monografia. 2012, 79 s. ISBN 978-80-89128-95-2.
- Kobza, J.** 2012. Vývoj vlastností pôd pod vplyvom hospodárskeho využívania a technológií. Pedologické dni, Snina 18.-20.9.2012. Zborník abstraktov, s. 8. ISBN 978-80-89128-96-9.
- Kobza, J.** 2012. Klenotnica Zeme. Niektoré poznatky z cesty po severovýchodnej Brazílii. Enviromagazín č. 4, roč. 17/2012, s. 24-25.

Publikácie: Spoluriešitelia (2010-2012)

- Barančíková, G.** 2010. Vývoj organického uhlíka na poľnohospodárskych pôdach Slovenska. Acta Universitatis Prešovensis, Folia Oecologica, č. 3, vol. LI, 2010, str. 62-73.
- Barančíková, G., Halás, J., Litavec, T.** 2010. Porovnanie chemických parametrov dvoch vybraných rašelinísk na Slovensku. Vedecké práce VUPOP, Bratislava, 2010, str. 14-23, ISBN 978-80-89128-59-4
- Barančíková, G.** 2010. ¹³C nukleárna magnetická rezonancia ako účinný nástroj detailnej charakteristiky humínových kyselín. In: Sobocká, J. (ed.) 2010. Zborník abstraktov: „Nové trendy v diagnostike, klasifikácii a mapovaní pôd“. 2. konferencia Slovenskej a Českej spoločnosti v Rožňave 29.9 – 1.10. 2010, Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy Bratislava, 2010, str. 12, ISBN: 978-80-89128-79-2
- Barančíková, G.** 2011. ¹³C nukleárna magnetická rezonancia ako účinný nástroj detailnej charakteristiky humínových kyselín. In: Sobocká, J. (ed.): Diagnostika, klasifikácia

- a mapovanie pôd. Monografia, VÚPOP Bratislava, 2011, str. 32-40, ISBN 978-80-89128-90-7
- Barančíková Gabriela, Ján Halas, Tadeáš Litavec, Tibor Liptaj, 2011:** Basic characterization of two different Slovak peatlands. In: (Ed: Jamroz, E., Drozd, J., Weber, J., Liczmar, M., Bekier, J.) 9th International Conference Humic Substances in Ecosystems (HSE9) – Book of abstract, PTHS Cyfra, Wroclaw, str. 33.
- Barančíková, G., Makovníková, J., 2012:** Soil organic mater and its role in inactivation of soil pollutants. In: Malina, G., Zabawa, S. (editors): Reclamation and revitalization of demoted areas. Poznaň, 2012, str. 119-135. ISBN 978-83-89696-50-9.
- Barančíková, G., Makovníková, J., Skalský, R., Koco, Š., 2012:** Approaches to estimation of soil organic carbon stock on national scale. Eurosoil 2012, Zborník abstraktov, str. 1620.
- Sobocká, J., **Dodok, R.**, Hříbik, J., Fulajtár, E., Takáč, J., Tarasovičová, Z. 2010. *Návrh adaptačných opatrení na pôde pre zmiernenie účinkov klimatickej zmeny*. VÚPOP Bratislava, 2008, s. 64, ISBN 978-8089128-64-8
- Dodok, R.** 2010. Monitorovanie poľnohospodárskych pôd v oblasti vplyvu VD Gabčíkovo v roku 2009. výročná správa. Bratislava: VÚPOP, 2010, 28 s.
- Dodok, R.**, Kusý, D. 2010. Monitoring procesov salinizácie a sodifikácie pôd územia dotknutého výstavbou a prevádzkou vodného diela Gabčíkovo. In: GEOCHÉMIA 2010 – zborník vedeckých príspevkov z konferencie. ŠGÚDŠ, Bratislava, 2010, s. 47-48.
- Dodok, R.** 2011. Monitorovanie poľnohospodárskych pôd v oblasti vplyvu VD Gabčíkovo v roku 2010. výročná správa. Bratislava: VÚPOP, 2011, 27 s.
- Dodok, R.** 2012. Monitorovanie poľnohospodárskych pôd v oblasti vplyvu VD Gabčíkovo v roku 2011. výročná správa. Bratislava: VÚPOP, 2011, 26 s.
- Makovníková, J., Širáň, M.** 2011. Modelovanie rovnovážnej objemovej hmotnosti pôdy. VUPOP Bratislava, 36 str., ISBN 978-80-89128-85-3
- Makovníková, J, Širáň, M.** 2011. Porovnanie modelov objemovej hmotnosti pôdy. VP VUPOP 33, VUPOP Bratislava, str. 101-108, ISBN 978-80-89128-91-4
- Makovníková, J, Širáň, M.** 2011. Determinácia preukazných zmien pôdnej reakcie na pseudogleji . VP VUPOP 33, VUPOP Bratislava, str. 109-115, ISBN 978-80-89128-91-4
- Širáň, M., Makovníková, J.** 2011. Priestorová variabilita a vývoj objemovej hmotnosti pôdy na pseudogleji . VP VUPOP 33, VUPOP Bratislava, str. 143-130, ISBN 978-80-89128-91-4
- Širáň, M., Makovníková, J.** 2011. Analýza databáz objemovej hmotnosti pôdy a ich použiteľnosť pri tvorbe modelov. VP VUPOP 33, VUPOP Bratislava, str. 151- 160, ISBN 978-80-89128-91-4
- Makovníková, J, Širáň, M.** 2011 Priestorová variabilita acidifikácie na monitorovacej lokalite ako podklad pre vymedzenie intervalu preukazných zmien vývojových časových radov. In: Sobocká, J. (ed.) Diagnostika, klasifikácia a mapovanie pôd. Monografia, VUPOP Bratislava, str. 330 – 335, ISBN 978-80-89128-90-7
- Širáň, M, Makovníková, J.** 2011 Priestorová variabilita objemovej hmotnosti pôdy na monitorovacej lokalite ako podklad pre vymedzenie intervalu preukazných zmien vývojových časových radov . In: Sobocká, J. (ed.) Diagnostika, klasifikácia a mapovanie pôd. Monografia, VUPOP Bratislava, str.261 – 270, ISBN 978-80-89128-90-7
- Mališ, J., Širáň, M., Makovníková, J.** 2011 Možnosti mapovania priestorovej variability fyzikálnych vlastností pôdy prostredníctvom geofyzikálnych metód In: Sobocká, J. (ed.) Diagnostika, klasifikácia a mapovanie pôd. Monografia, VUPOP Bratislava, str. 280 – 291, ISBN 978-80-89128-90-7

Styk, J., Pálka, B., 2010. Detailizácia interaktívneho erózneho modelu za účelom optimalizácie obhospodarovania poľnohospodárskej pôdy. In: Sobocká, J. (ed.). 2011. Diagnostika, klasifikácia a mapovanie pôd. Monografia. VÚPOP Bratislava, Societas pedologica slovacae, Bratislava 2011. s. 256 – 263., ISBN 978-80-89128-90-7