

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 2013

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 2013

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:	priebežná za rok 2013
Zodpovedný riešiteľ:	prof. Ing. Jozef Kobza, CSc.
Riešiteľský kolektív:	RNDr. Gabriela Barančíková, CSc. Mgr. Rastislav Dodok, PhD. Ing. Katarína Hrivňáková RNDr. Jarmila Makovníková, CSc. RNDr. Boris Pálka, PhD. Ing. Ján Styk, PhD. Ing. Miloš Širáň, PhD.
Začiatok riešenia:	I/2013
Ukončenie riešenia:	XII/2013

OBSAH

1. Úvod (J. Kobza)	9
2. Ciele riešenia úlohy výskumu (J. Kobza)	9
3. Vecná štruktúra úlohy výskumu a vývoja (J. Kobza)	9
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. Výsledky (Kolektív)	15
6.1 Acidifikácia, salinizácia a sodifikácia (J. Makovníková, R. Dodok)	15
6.2 Kontaminácia pôd (K. Hrivňáková)	47
6.3 Obsah makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach na príklade kľúčových monitorovacích lokalít (J. Kobza)	97
6.4 Hodnotenie vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdnej organického hmoty (G. Barančíková)	113
6.5 Hodnotenie vývoja kompaktácie pôd (M. Širáň)	131
6.6 Hodnotenie vývoja erózie pôd (J. Styk)	143
6.7 Hodnotenie zmien a trendov vlastností pôd využívaných na energetické účely (J. Makovníková)	165
6.8 Hodnotenie aktuálneho stavu poľnohospodársky spustnutých pôd (J. Kobza)	175
7. Realizácia výsledkov riešenia a tvorba výstupov (J. Kobza)	183
8. Predpoklady vyriešenia úlohy v zostávajúcom čase riešenia (J. Kobza)	183
9. Čerpanie finančných zdrojov a porovnanie s plánom (J. Kobza)	184
10. Záver a prínos výsledkov pre vedu a prax (J. Kobza)	184

1. ÚVOD

Riešenie úlohy vyplýva zo schválenej výskumnej úlohy na obdobie rokov 2013 – 2015 pod názvom „Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja“. Úloha je zameraná na riešenie teoretických a odborných problémov súvisiacich s tvorbou nových poznatkov o vývoji pôdneho pokryvu SR a jeho udržateľnom využití, ktoré sú podmienkou efektívneho využívania prírodných zdrojov pri eko-sociálnom rozvoji regiónov SR. Kľúčovou oblasťou riešenia je hodnotenie degradačných procesov pôdy s postupnou identifikáciou rizikových oblastí Slovenska z hľadiska stability a produktivity tohto prírodného zdroja.

Zameranie úlohy je v súlade s Národnou stratégiou trvalo udržateľného rozvoja SR, uznesením vlády SR č. 664/2000, Štátnou pôdnou politikou, Stratégiou EU na ochranu pôdy, pripravovanou Rámcovou smernicou EU na ochranu pôdy, ako aj Poľnohospodárskou a potravinovou politikou SR na roky 2005 – 2014 s výhľadom do roku 2020 kladúcu dôraz na efektívnejšie využívanie, ochranu, regeneráciu a trvalú reprodukciu prírodných zdrojov SR.

Keďže v roku 2013 ťažisko prác spočívalo v odbere pôdných vzoriek z celej siete pôdných monitorovacích lokalít Slovenska (započatý 5. cyklus monitoringu pôd) a tieto sa budú priebežne analyzovať počas nasledovných 5-tich rokov, zamerali sme sa v tejto priebežnej správe na tzv. kľúčové monitorovacie lokality, ktoré sa odoberajú a analyzujú každoročne. Doterajšie výsledky z predchádzajúcich monitorovacích cyklov základnej monitorovacej siete boli už zhodnotené v predchádzajúcich správach, ako aj skompletizované v pripravovanej publikácii – monografii, ktorá je už pred dokončením a následným vydaním.

2. CIELE RIEŠENIA ÚLOHY VÝSKUMU

Konkrétne ciele riešenia úlohy možno zhrnúť do nasledovných bodov:

- hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja vlastností poľnohospodárskych pôd na príklade kľúčových monitorovacích lokalít a špeciálnej siete lokalít (soľné pôdy, erózia pôd, pôdy pod energetickými plodínami a drevinami, spustnuté pôdy)
- hodnotenie zmien a trendov pri novom spôsobe využívania poľnohospodárskych pôd pre energetické účely
- hodnotenie zmien a trendov vlastností poľnohospodársky spustnutých pôd

3. VECNÁ ŠTRUKTÚRA ÚLOHY VÝSKUMU A VÝVOJA

Riešenie úlohy vychádzalo zo schváleného návrhu riešenia úlohy na roky 2013 – 2015. Riešenie úlohy bolo v roku 2013 realizované podľa nasledovných odborných okruhov:

Acidifikácia, salinizácia a sodifikácia pôd

Cieľom riešenia je sledovanie stavu a vývoja indikátorov acidifikačných zmien, modelovanie potenciálnej zraniteľnosti pôd vzhľadom k acidifikácii. V odlišných pôdno-klimatických podmienkach s dominanciou výparného režimu a často s vysokou hladinou silne mineralizovanej podzemnej vody sme sa zamerali o zachytenie procesov zasoľovania v súvislosti s degradáciou pôd.

Kontaminácia pôd

Hlavným cieľom je posúdenie aktuálneho hygienického stavu poľnohospodárskych pôd Slovenska a hodnotenie jeho doterajšieho vývoja na príklade kľúčových monitorovacích lokalít a pri zohľadnení zmeny legislatívy.

Obsah a vývoj makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach

Jedným z dôležitých faktorov úrodnosti pôd je aj obsah a vývoj makroelementov (P, K, Mg) a mikroelementov (Cu, Zn, Mn), ktoré sú hodnotené v tejto správe na príklade vybraných kľúčových monitorovacích lokalít.

Hodnotenie vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdnej organickej hmoty

Kľúčovými parametrami sledovania hodnotenia sú organický uhlík (C_{org}), frakčné zloženie humusu (HK/FK) a farebný kvocient (Q₄₆). Pri hodnotení pôdnej organickej hmoty sme zohľadnili aj druh pozemku (orná pôda, resp. pôda pod trvalými trávnyimi porastami).

Hodnotenie vývoja kompaktie pôd

Náplňou riešenia je sledovanie a hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja zhutnenia orných pôd (so zohľadnením pôdnych typov a druhov).

Hodnotenie vývoja erózie pôd

Intenzita erózie pôd je sledovaná a hodnotená na základe merateľných indikátorov (hrúbka diagnostických horizontov, obsah humusu, obsah prístupných živín fosforu a draslíka, pôdna reakcia) s využitím rádioaktívneho izotopu ¹³⁷Cs, čo je medzinárodne uznávaná metóda pri sledovaní a hodnotení erózných procesov pôdy.

Hodnotenie zmien a trendov vlastností pôd využívaných na energetické účely

K primárnej funkcii poľnohospodárstva, ktorou je zabezpečenie výživy ľudí pribúda nová, ktorou je využívanie poľnohospodárskych pôd pre energetické účely. Cieľom riešenia tejto novej časti riešenej úlohy je sledovanie stavu a vývoja indikátorov kvality pôdy využívané na energetické účely, t.j. na pestovanie energetických plodín a na využívanie biomasy pôd na energetické účely.

Hodnotenie aktuálneho stavu poľnohospodársky spustených pôd

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

4. ZÁKLADNÉ METODICKÉ POSTUPY RIEŠENIA ÚLOHY

Metodické postupy boli riešené špecificky vo vzťahu k jednotlivým odborným okruhom, ktoré sú zahrnuté a popísané v predchádzajúcej štruktúre úlohy. V roku 2013 zahrňovali nasledovné práce:

4.1 Terénne práce

- bol uskutočnený odber pôdných vzoriek z celej siete pôdných monitorovacích lokalít Slovenska (5. monitorovací cyklus), a to v ornici aj v podornici spojený s opisom pôdných profilov a fotodokumentáciou
- bol uskutočnený odber pôdných a rastlinných vzoriek z 21 kľúčových monitorovacích lokalít
- bol uskutočnený odber pôdných vzoriek zo špeciálnej siete lokalít (8) pre sledovanie a hodnotenie salinizácie a sodifikácie pôd
- bol uskutočnený odber pôdných vzoriek zo 4 transektov pre sledovanie vodnej erózie pôd
- bol uskutočnený výber a odber pôdných vzoriek z pôd využívaných na energetické účely
- bol uskutočnený výber a odber pôdných vzoriek zo spustnutých pôd
- súčasne boli pripravované a homogenizované pôdne vzorky z kľúčových monitorovacích lokalít, špeciálnej siete lokalít, ako aj zo základnej monitorovacej siete pôd Slovenska pre ich analýzy

4.2 Analytické práce

- boli urobené analýzy pôdných vzoriek z kľúčových monitorovacích lokalít
- boli urobené analýzy pôdných vzoriek zo špeciálnej siete lokalít pre hodnotenie salinizácie a sodifikácie pôd
- boli urobené analýzy z pôdných transektov pre sledovanie a hodnotenie erózie pôd
- boli urobené analýzy pôdných vzoriek zo špeciálnej siete lokalít poľnohospodárskych pôd využívaných na energetické účely
- boli urobené analýzy spustnutých pôd využívaných pôvodne ako poľnohospodárske pôdy

Základné analytické postupy prebiehali v nadväznosti na už vypracovanú publikáciu (Kolektív, 2011) s tým, že postupne boli testované a zaradované do sledovania aj doporučené postupy EK.

4.3 Vyhodnocovanie práce a aktualizácia databázy monitorovania pôd

Získané výsledky boli vyhodnocované podľa bežne zaužívaných matematicko-štatistických metód. Priebežne bola aktualizovaná databáza monitorovania pôd (štruktúra a údajová časť). Bola tiež aktualizovaná terminológia klasifikácie pôd podľa doteraz platného Morfogenetického klasifikačného systému pôd, ako aj podľa medzinárodného v EÚ zaužívaného klasifikačného systému pôd podľa WRB 2007 (World Reference Base).

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

Riešenie úlohy v roku 2013 prebiehalo podľa schváleného východzieho projektu na roky 2013 – 2015. Sú v ňom zahrnuté všetky ťažiskové problémy, ktoré sa dotýkajú konkrétnych ohrození pôdy v zmysle návrhu EK pre európsky monitoring pôd. Počas riešenia sme implementovali nové metódy v zmysle návrhu EK pre permanentné monitorovanie pôd (novátorský prístup). Novátorskou problematikou v riešení, ktorá bola zahrnutá aj vo východnom projekte je sledovanie a hodnotenie vývoja vlastností poľnohospodárskych pôd, ktoré sa využívajú na pestovanie energetických plodín, ako aj sledovanie a hodnotenie spustnutých pôd, ktoré sa v minulosti poľnohospodársky využívali.

Záverom tejto časti možno konštatovať, že práce na úlohe prebiehali bez zmien v zmysle schváleného projektu dokonca k rozšíreniu prác i napriek tomu, že v priebehu roka 2013 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom 2012 k zníženiu finančných prostriedkov.

6. VÝSLEDKY

6.1 Acidifikácia, salinizácia a sodifikácia pôd

Acidifikácia pôd

Acidifikácia je odrazom pôsobenia vnútorných (pôdnych) a vonkajších faktorov (faktorov stanovišťa) a zároveň je nepriamym indikátorom tých procesov v agroekosystéme, ktoré sú determinované hodnotou pH. Schopnosť agroekosystému vyrovnávať sa s prirodzenou i antropogénnou acidifikáciou je daná kapacitou a potenciálom pufrácej funkcie pôdy, ktorá je podmienená funkčnými pufrujúcimi systémami. Práve pufráčná funkcia pôdy odráža stupeň rezistencie pôdy voči acidifikácii. Za pufrujúce (tlmivé) sa považujú substancie v pôde, ktoré sú schopné udržiavať hodnoty pH v rámci obmedzeného rozpätia, v prípadoch, ak sa pridávajú do pôd kyseliny alebo zásady (pokiaľ nie sú v nadbytku) (Demo a kol., 1998), Čurlík a kol., 2003). V zúženom vnímaní, vo vzťahu k zmenám pôdnej reakcie, je to schopnosť pôdy odolávať pôsobeniu kyselín, alebo zásad pri udržaní určitého rozpätia pH (Čurlík a kol., 2003), zjednodušene tlmenie acidifikácie alebo salinizácie a sodifikácie pôd.

V pôdach Slovenska sú dominantné tri pufrujúce systémy, systém karbonátov, pufrujúci systém silikátov až výmenných kationov a pufrujúci systém hliníka (Kanianska, 2000). V rámci týchto systémov pôsobí pôdna organická hmota ako samostatný pufrujúci agens, pričom jej pufráčne vlastnosti sú determinované predovšetkým kvalitou humusotvorného materiálu. Pri zaťažení pôdy kyslými depozitmi, ak dochádza k prekročeniu špecifickej pufrujúcej kapacity daného pufrujúceho systému, pôda sa okysľuje a degraduje do iného pufrujúceho systému.

Pôdna acidita ovplyvňuje rast a činnosť koreňového systému rastlín, ovplyvňuje skladbu druhového zloženia v ekosystéme a podmieňuje úrody rastlín. Pôdna acidita determinuje prijateľnosť živín rastlinami (Leonardi 1991), prítomnosť toxických koncentrácií Al, Mn a ťažkých kovov (Chreneková 1981, Makovníková a Kanianska 1996, Makovníková 2002, Makovníková 2003, Makovníková 2005, Makovníková 2007), ako aj viaceré fyzikálno-chemické vlastnosti pôdy (sorpčnú kapacitu, kationovú a aniónovú výmennú kapacitu (Kanianska 2000). Celý systém biochemických reakcií pôda/rastlina, ktorý je regulovaný enzýmami, je ovplyvnený hodnotou pH.

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, ktorých bioprístupnosť je vnútorne regulovaná v prevažnej miere hodnotou pôdnej reakcie (Makovníková, Kanianska 1996, Makovníková 2000, Makovníková et al 2006, Hiradate 2010).

Materiál a metóda

V pôdnych vzorkách základnej siete ČMS-P odobraných v 4. (rok 2007) odberovom cykle z monitorovacích lokalít jednotlivých skupín pôd bola stanovená aktívna pôdna reakcia, výmenná pôdna reakcia (v KCl a roztokom neutrálnej soli CaCl_2) potenciometricky a obsah výmenných bázičských kationov (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. Výsledky dosiahnuté pôvodnou internou metódou a metódou

stanovenia pH podľa STN ISO 10 390 sa výrazne odlišovali v oblasti slabo alkalické až alkalické, preto hodnotíme vývoj acidifikácie pôd v základnej sieti naďalej podľa pôvodnej internej metódy.

V pôdnych vzorkách odobraných v rokoch 1993 – 2013 z kľúčových lokalít (tab. 1) reprezentujúcich hodnotené skupiny pôd bola stanovená aktívna a výmenná pôdna reakcia, aktívny hliník podľa Sokolova a obsah výmenných bázičných kationov (Kolektív, 2011). Štatistické spracovanie a vyhodnotenie výsledkov bolo realizované v programe STATGRAPHIC 5.0.

Tab. 1 Kľúčové lokality ČMS-P

Kľúč. lokalita		Klasifikácia pôdy (MKSP 2000)	Druh pozemku	Klasifikácia pôdy (WRB 2007)
1	Topoľníky	FMac	OP	Haplic Fluvisol (Anthric, Calcaric, Siltic)
2	Liesek	PGa	TTP	Haplic Stagnosol (Siltic, Eutric)
3	Stakčín	PGa	OP	Haplic Stagnosol (Siltic, Eutric)
4	Voderady	ČMac	OP	Haplic Chernozem (Anthric, Siltic)
5	Dvorníky	FMGa	OP	Gleyic Fluvisol (Siltic, Eutric, Anthric)
6	Raková	KMma	TTP	Haplic Cambisol (Skeletic, Dystric, Siltic)
7	Malanta	HMa	OP	Cutanic Luvisol (Anthric, Siltic, Abruptic, Hypereutric)
8	Nacina Ves	FMa	OP	Haplic Fluvisol (Anthric, Eutric, Siltic)
9	Istebné	KMga	OP	Stagnic Cambisol (Siltic, Eutric)
10	Žiar n/H	PGI	TTP	Luvic Stagnosol (Siltic, Albic, Anthric)
11	Krompachy	KMg	TTP	Stagnic Cambisol (Siltic, Eutric, Skeletic)
12	Koš	PGa	OP	Haplic Planosol (Albic, Eutric, Siltic, Anthric)
13	Moravský Ján	RMaq	OP	Haplic Arenosol (Dystric)
14	Macov I	ČAa	TTP	Endofluvic Chernozem (Anthric, Siltic)
15	Chopok	RNP	vysokohorská	Leptic Umbrisol (Skeletic, Dystric)
16	Jelšava	PGIa	OP	Luvic Stagnosol (Siltic, Eutric, Albic)
17	Donovaly	RAk	TTP	Cambic Rendzic Leptosol (Skeletic, Eutric, Calcaric)
18	Sihla	KMma	TTP	Haplic Cambisol (Skeletic, Dystric, Siltic)
19	Sitno	AMm		Umbric Andosol (Skeletic, Siltic, Dystric, Thixotropic)
20	Spišská Belá	ČAa	TTP	Mollic Fluvisol (Anthric, Eutric, Siltic)

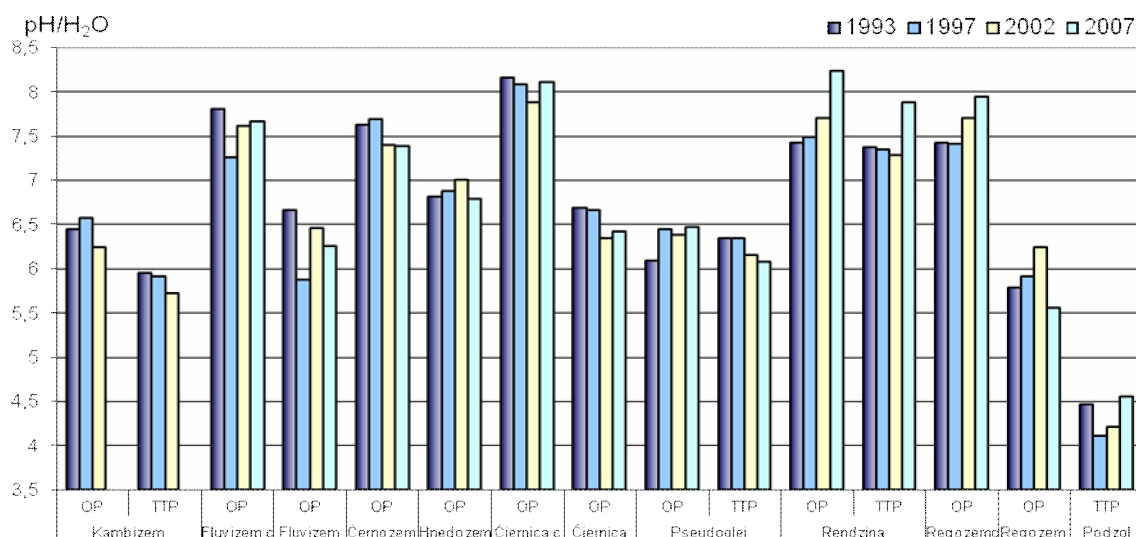
Vysvetlivky: OP – orná pôda, TTP – trávny porast

Výsledky a diskusia

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

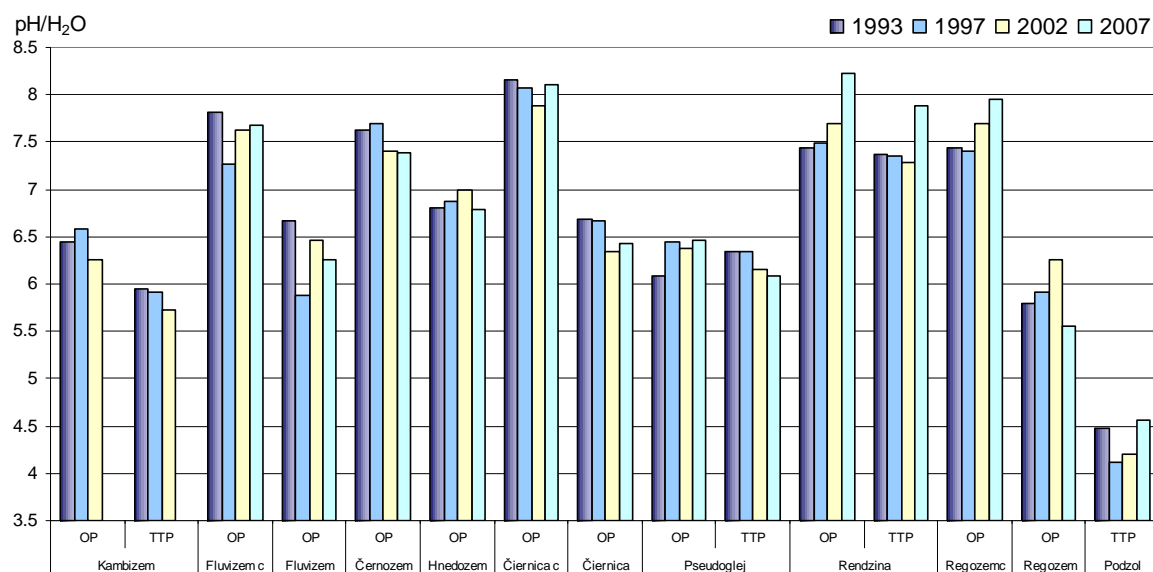
Hodnoty aktívnej pôdnej reakcie v hlavných pôdnych typoch pôd SR v jednotlivých cykloch monitoringu pôd, hodnotené vzhľadom na druh pozemku (orné pôdy – OP a trvalé trávne porasty – TTP), sú uvedené na obr. 1 a 2.

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



Vysvetlivky. Fluvizem c – fluvizeme vyvinuté na karbonátových fluvialných sedimentoch, Fluvizem - fluvizeme vyvinuté na nekarbonátových fluvialných sedimentoch, Čiernica c – čiernice vyvinuté na karbonátových fluvialných sedimentoch, Čiernica – čiernice vyvinuté na nekarbonátových fluvialných sedimentoch

Obr. 2 Hodnoty pH v H₂O v hlavných skupinách pôd v rokoch 1993, 1997, 2002 a 2007 (hĺbka 35-45 cm)



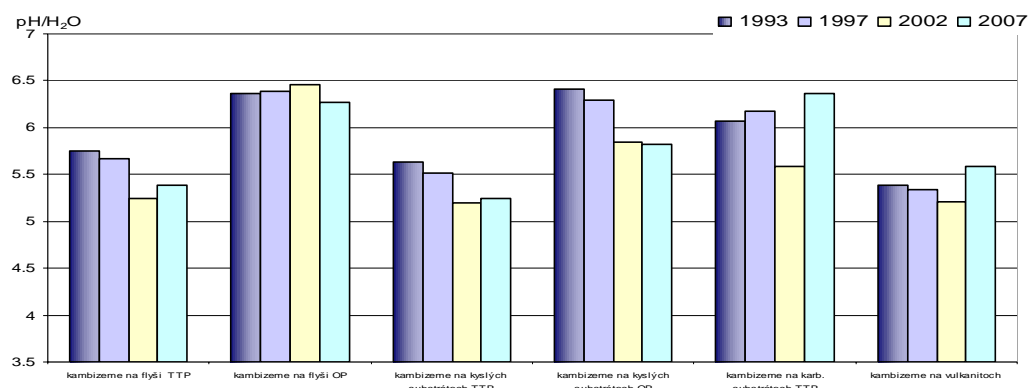
V štvrtom monitorovacom cykle (odberový rok 2007) sme zaznamenali v hĺbke 0 – 10 cm zníženie priemernej hodnoty aktívnej pôdnej reakcie (v porovnaní s rokom 1993) v 9 skupinách pôd. Najvýraznejšie zníženie v orných pôdach sme namerali v skupine fluvizeme na nekarbonátových fluvialných sedimentoch (pokles o 0,80 jednotiek), v skupine čiernic na nekarbonátových fluvialných 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 0,21 jednotiek. Mierny pokles hodnoty aktívnej pôdnej reakcie v porovnaní s rokom 1993 bol nameraný aj v skupine hnedozeme a hnedozeme pseudoglejové na sprašiach resp. polygenetických sprašových hlinách, výraznejšia zmena je v porovnaní s rokom 2002 (pokles hodnoty pH o 0,24 jednotiek).

Zmeny v skupinách pôd využívaných ako trávny porast sú výrazné v skupine podzoly, rankre a litozeme (pokles o 0,44 jednotiek) a v skupine pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách (pokles o 0,43 jednotiek) .

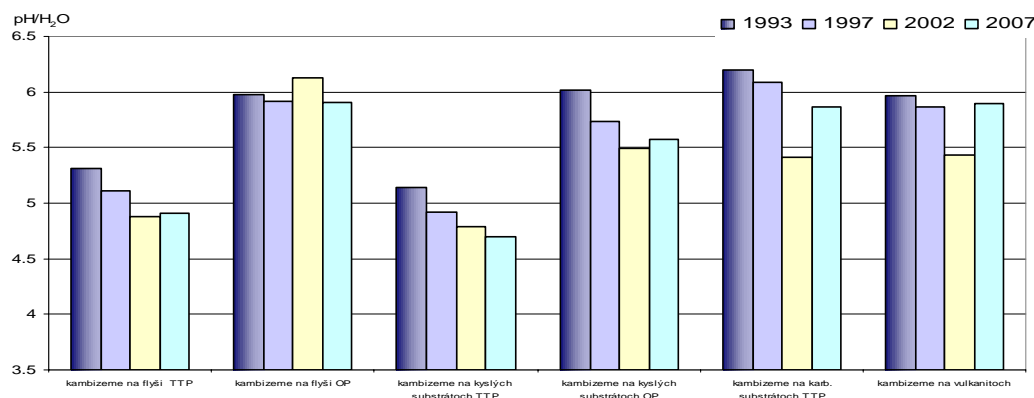
V nízko početných skupinách sme zaznamenali pokles hodnôt pôdnej reakcie v skupine antropicky znečistených pôd (pokles o 0,28 jednotiek) a v skupine zasolených pôd o 0,61 jednotiek. Jedine v tejto skupine ide o pozitívny trend, ktorý môže pôsobiť desalinizačne a upraviť hodnotu pôdnej reakcie smerom k slabo alkalickéj až neutrálnej oblasti.

Kambizeme s výmerou 26,8 % patria k hlavným predstaviteľom pôdneho pokryvu poľnohospodársky využívannej pôdy Slovenska. Rozptyl hodnôt pôdnej reakcie je v tejto skupine vysoký a závisí od druhu pozemku a substrátu, na ktorých sa pôda vyvinula. Hodnoty aktívnej pôdnej reakcie v skupinách kambizemí vyvinutých na rôznych substrátoch v jednotlivých cykloch monitoringu pôd, hodnotené aj vzhľadom na druh pozemku (orné pôdy – OP a trvalé trávne porasty – TTP), sú uvedené na obr. 3 a 4.

Obr. 3 Hodnoty pH v H₂O v skupinách kambizemí v rokoch 1993, 1997, 2002 a 2007 (hĺbka 0-10 cm)



Obr. 4 Hodnoty pH v H₂O v skupinách kambizemí v rokoch 1993, 1997, 2002 a 2007 (hĺbka 35-45 cm)



Výraznejší pokles hodnoty aktívnej pôdnej reakcie o 0,59 jednotiek (v hĺbke 0 – 10 cm) a o 0,45 jednotiek (v hĺbke 35 – 45 cm) sme namerali v skupine kambizemí na kyslých substrátoch využívané ako orné pôdy. Vo všetkých skupinách kambizemí s výnimkou kambizemí na karbonátových substrátoch a na vulkanitoch došlo vo 4. monitorovacom cykle k zníženiu hodnoty pôdnej reakcie v porovnaní s 3. cyklom ČMS-P.

Monitorovanie vývoja hodnôt pôdnej reakcie poukazuje na znepokojivý trend predovšetkým v skupinách pôd na nekarbonátových sedimentoch (fluvizeme, čiernice) 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. Kyslé a slabo kyslé pôdy, potenciálne ohrozené acidifikáciou, tvoria 47 % z výmery poľnohospodársky využívaných pôd.

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, Barančíková, Pálka, 2007).

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 Rendziny vďaka vysokému obsahu karbonátov v pôdnom profile a kvalitnej organickej hmote taktiež patria medzi rezistentné pôdy vzhľadom k acidifikácii (Ulrich, 1991, Bedrna, 1994, Demo a kol., 1998).

Preukaznosť zmien vyjadrenú na grafoch štatisticky hodnotí Studentov t-test pre párované hodnoty pre pH v H₂O v r. 1993-2007 a 2002-2007 a to v hĺbke 0 -10 cm a 35 – 45 cm (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 došlo len v niektorých skupinách kambizemí, a to v skupine kambizemí a kambizemí pseudoglejových na flyši (TTP) pri porovnaní rokov 1993 a 2007 a v skupine kambizemí na karbonátových substrátoch (TTP) pri porovnaní rokov 2002 a 2007.

Tab. 2 Studentov t-test pre párované hodnoty pH v H₂O v r. 1993-2007 a 2002-2007

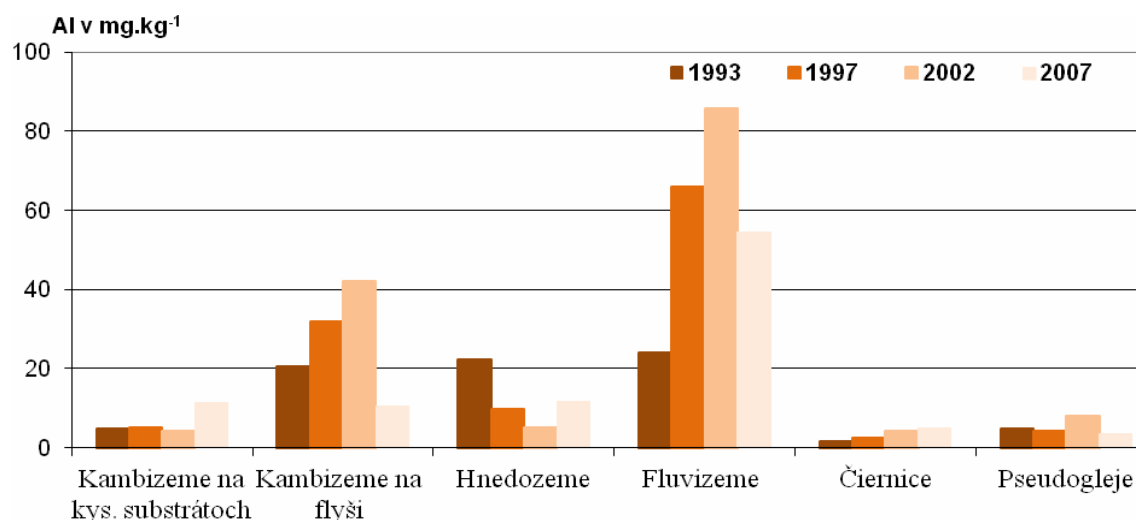
		t kritérium pre hlavné skupiny pôd													
testované obdobie	hĺbka (cm)	1TTP	2 OP	2 TTP	3 OP	4 OP		6 OP	7 OP	7 TTP		8 TTP	9 OP	10 OP	11OP
1993-2007	0-10	0,150	0,001	0,290	0,020	0,009	0,001	0,008	0,264	0,296	0,010	0,240	0,310	0,254	0,430
	35-45	0,010	0,030	0,240	0,142	0,016	0,010	0,230	0,160	0,140	0,010	0,100	0,420	0,094	0,384
2002-2007	0-10	0,100	0,010	0,010	0,310	0,006	0,280	0,020	0,180	0,320	0,180	0,310	0,020	0,393	0,223
	35-45	0,010	0,010	0,010	0,001	0,127	0,020	0,430	0,320	0,130	0,250	0,140	0,050	0,262	0,029

Vysvetlivky. PZ, RNp, LI, 2 – RA, 3 - ČA na karb. fluv. sedimentoch, 4- ČA na nekarb. fluv. sedimentoch, 5- FM+FM_G na karb. fluv. sedimentoch, 6- FM+FM_G na nekarb. fluv. sedimentoch, 7- KM, 8- PG na sprašových hlinách, 9- HM na sprašiach, 10- ČM na sprašiach, 11- RM

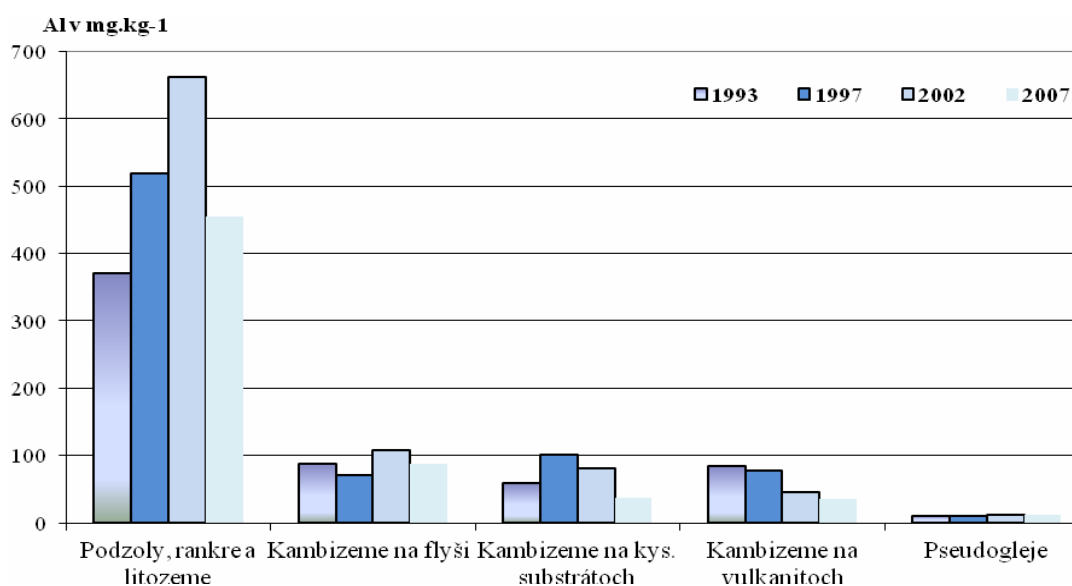
2. Vyhodnotenie vývoja obsahu aktívneho hliníka vo vybraných skupinách pôd zo základnej siete

Zmeny v obsahu aktívneho hliníka v orných pôdach a trvalých trávnych porastoch sú na obr. 5 a obr. 6. Analytické stanovenie aktívneho hliníka je závislé na hodnote pôdnej reakcie ($\text{pH/KCl} < 6$), preto nie je možné stanoviť hliník pre tie isté lokality v každom odberovom roku, z tohto dôvodu ani nehodnotíme štatistickú preukaznosť zmien obsahu aktívneho hliníka. K zjavnému nárastu došlo v skupine podzolov, rankrov a litozemí využívaných ako trávny porast, ako aj v skupine kambizemí na flyši a fluvizemí na nekarbonátových fluv. sedimentoch využívaných ako orné pôdy.

Obr. 5 Hodnoty aktívneho hliníka v skupinách pôd využívaných ako orné pôdy v rokoch 1993, 1997, 2002 a 2007 (hĺbka 0-10 cm)



Obr. 6 Hodnoty aktívneho hliníka v skupinách pôd využívaných ako trávny porast v rokoch 1993, 1997, 2002 a 2007 (hĺbka 0-10 cm)



Výrazný rozdiel v priemerných hodnotách medzi ornými pôdami a trávnymi porastmi je dôsledkom vzťahu medzi kvalitou pôdy a jej využívaním a je ovplyvnený na jednej strane materským substrátom, jeho kyslosťou či zásaditosťou, na druhej strane sa pridáva vplyv antropogénnych činiteľov ako sú obrábanie pôdy, aplikácia hnojív, vplyv emisných zložiek atmosféry ako aj spôsob využívania pôdy.

Tab. 3 Korelačné koeficienty (r) medzi obsahom aktívneho Al a pH v H₂O v hĺbke 0 – 10 cm

	rok 1993	rok 1997	rok 2002	rok 2007
r	-0,83	-0,88	-0,76	-0,77

Korelácia obsahu aktívneho hliníka s hodnotou pôdnej reakcie v celom sledovanom súbore pôd (tab. 3) je v súlade s výsledkami prác viacerých autorov (Makovníková,

Kanianska 1996, Kozák, Borůvka, 1998, Makovníková 2005, Hiradate, 2010, Meriño-Gergichevich, 2010) a zvyrazňuje potenciálne nebezpečenstvo acidifikácie úzko spojené s nárastom obsahu aktívneho hliníka akcelerované miernym poklesom obsahu organickej hmoty v sledovanom období, ktorá je druhým faktorom ovplyvňujúcim obsah aktívneho hliníka v pôdach

3. Vyhodnotenie vývoja hodnôt pôdnej reakcie na kľúčových lokalitách

Na kľúčových lokalitách sledujeme aktívnu aj výmennú pôdnu reakciu od roku 1993. V tabuľke 4 a 5 sú uvedené základné štatistické charakteristiky hodnôt pôdnej reakcie v období rokov 1993 – 2013.

Tab. 4 Variabilita aktívnej pôdnej reakcie pH v H₂O na kľúčových lokalitách v období 1993 -2013

Kľúč. lokalita		štatistické charakteristiky				
		minimum	maximum	priemer	smerodajná odchýlka	variačné rozpätie
1	Topoľníky	7,41	8,74	7,82	0,3100	0,0910
2	Liesek	5,35	6,32	5,72	0,3235	0,0988
3	Stakčín	6,09	7,28	6,56	0,3533	0,1179
4	Voderady	7,27	8,68	7,76	0,3256	0,1004
5	Dvorníky	6,42	7,79	6,83	0,3266	0,1010
6	Raková	4,38	5,76	5,26	0,3940	0,1470
7	Malanta	5,53	7,68	6,14	0,4860	0,2223
8	Nacina Ves	5,57	7,20	6,21	0,4366	0,1806
9	Istebné	6,02	7,36	6,61	0,3820	0,1383
10	Žiar n/H	5,25	6,09	5,73	0,1975	0,0369
11	Krompachy	5,25	6,27	5,90	0,2688	0,0682
12	Koš	6,11	7,81	7,30	0,4036	0,1543
13	Moravský Ján	4,67	6,56	5,59	0,4946	0,2346
14	Macov I	7,29	8,64	7,73	0,3008	0,0851
15	Chopok	3,54	4,51	4,02	0,3276	0,0920
16	Jelšava	6,78				
17	Donovaly	6,53	7,40	6,91	0,2479	0,0551
18	Sihla	4,09	4,98	4,38	0,2120	0,0424
19	Sitno	4,47	5,42	4,96	0,2710	0,0642
20	Spišská Belá	5,99	7,57	6,69	0,3880	0,1417

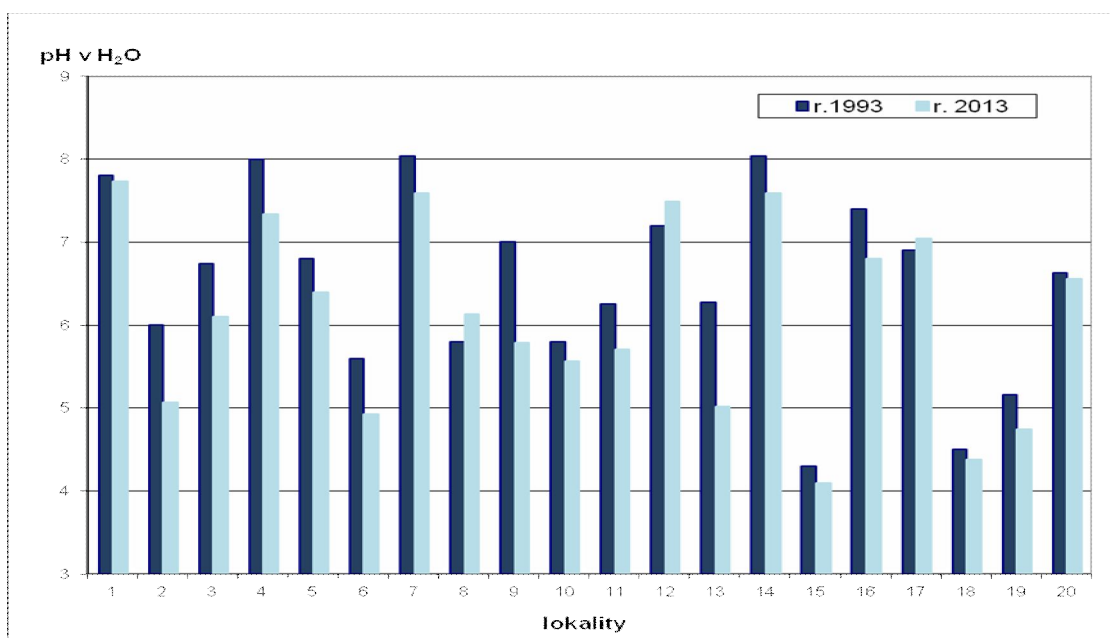
Tab. 5 Variabilita aktívnej pôdnej reakcie pH v CaCl₂ na kľúčových lokalitách v období 1993 -2013

Kľúč. lokalita		štatistické charakteristiky				
		minimum	maximum	priemer	smerodajná odchýlka	variačné rozpätie
1	Topoľníky	7,19	7,99	7,58	0,2176	0,0449
2	Liesek	4,66	5,67	5,11	0,3106	0,0911
3	Stakčín	5,38	6,86	6,09	0,3930	0,1458
4	Voderady	7,15	7,96	7,42	0,2184	0,0452
5	Dvorníky	5,95	6,92	6,42	0,2670	0,0675
6	Raková	3,73	5,28	4,85	0,2236	0,0472
7	Malanta	5,13	7,27	5,62	0,5482	0,2828
8	Nacina Ves	5,15	6,82	5,79	0,4812	0,2193
9	Istebné	5,67	6,85	6,25	0,3573	0,1209
10	Žiar n/H	4,89	5,49	5,19	0,1552	0,0228
11	Krompachy	5,01	5,95	5,38	0,2732	0,0702
12	Koš	5,38	7,50	7,01	0,4811	0,2186
13	Moravský Ján	4,08	5,64	4,82	0,4443	0,1857
14	Macov	6,96	7,93	7,56	0,2253	0,0478
15	Chopok	2,94	3,74	3,43	0,3121	0,0811

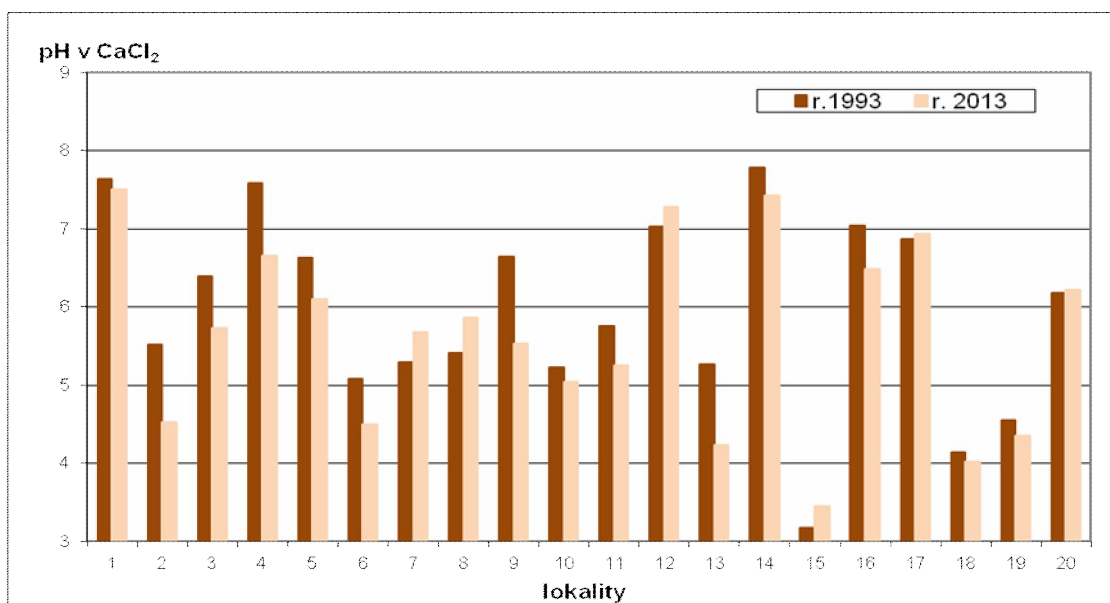
16	Jelšava	6,25				
17	Donovaly	6,18	7,11	6,72	0,3176	0,0896
18	Sihla	3,63	4,28	3,93	0,1769	0,0295
19	Sitno	4,36	4,75	4,50	0,1236	0,0131
20	Spišská Belá	5,60	7,21	6,27	0,3686	0,1279

Priemerná hodnota aktívnej pôdnej reakcie sa v priebehu sledovania pohybovala na orných pôdach od 6,17 do 7,72 a na trávnych porastoch od 4,41 do 6,90, najnižšia priemerná hodnota bola stanovená na lokalite Chopok 3,43, ktorá patrí medzi vysokohorské lokality. Variačné rozpätie hodnôt aktívnej pôdnej reakcie na kľúčových lokalitách sa pohybuje od 0,0642 do 0,2346 a je relatívne vyššie na orných pôdach oproti trávny porastom, najvyššie je na lokalite Moravský Ján, ktorá bola v priebehu monitorovania spustnutá a od roku 2011 opätovne obrábaná ako orná pôda. Variačné rozpätie v prípade výmennej pôdnej reakcie je o niečo nižšie. Hodnoty aktívnej pôdnej reakcie v porovnaní s výmennou pôdnou reakciou sú reaktívnejšie vzhľadom k zmenám a pohybujú sa v širšom intervale.

Obr. 7 Zmeny hodnôt aktívnej pôdnej reakcie (porovnanie rokov 1993 a 2013 na kľúčových lokalitách)

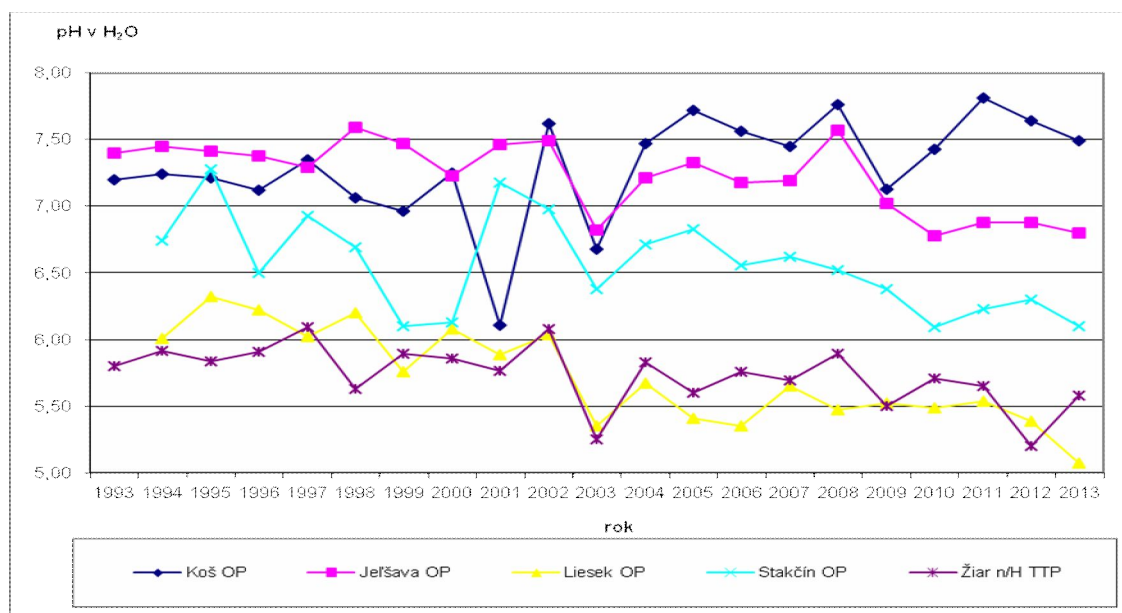


Obr. 8 Zmeny hodnôt výmennej pôdnej reakcie (porovnanie rokov 1993 a 2013 na kľúčových lokalitách)



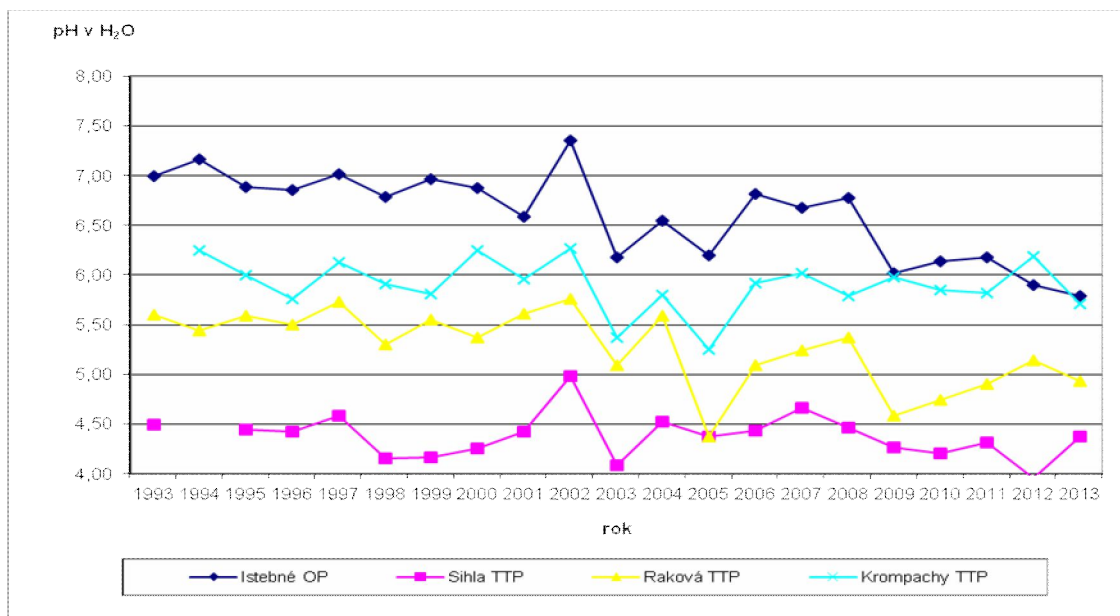
Zmeny hodnôt pôdnej reakcie (porovnanie rokov 1993 a 2013) na kľúčových lokalitách (obr. 7, 8) poukazujú na nepriaznivý trend, ktorého výsledkom je zníženie hodnôt pôdnej reakcie až na 17 lokalitách. Najvýraznejšie negatívne zmeny (zníženie hodnôt pôdnej reakcie) sú v prípade pseudoglejov a kambizemí. Pufrujúce systémy kambizemí a pseudoglejov (silikáty a výmenné katióny) indikujú (Ulrich, 1991, Kanianska, 2000, Makovníková, 2007), že tieto pôdy patria k labilnejším ekosystémom, s tendenciou k zakysleniu (Bedrna, 1994). Pri hodnote aktívnej pôdnej reakcie nižšej ako 6,5 už dochádza k prekročeniu limitných hodnôt pH pre jednotlivé ťažké kovy v systéme pôda - rastlina (Makovníková, 2000) a k výraznému zvýšeniu prístupnosti anorganických polutantov.

Obr. 9 Vývoj aktívnej pôdnej reakcie na kľúčových lokalitách reprezentujúcich pseudogleje



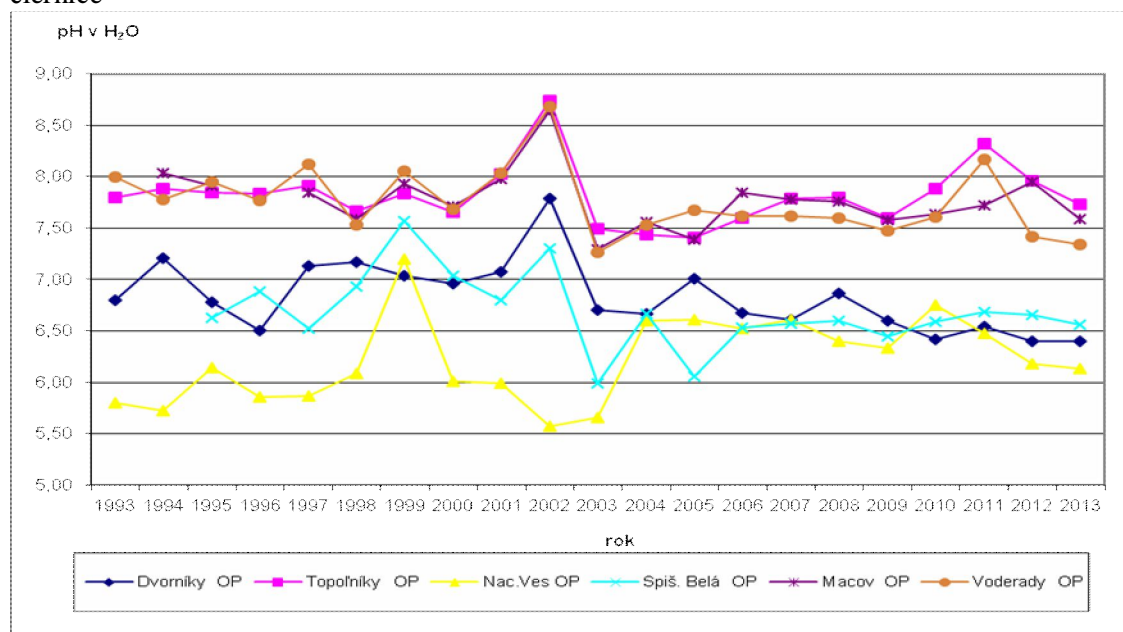
Pseudogleje (obr. 9) môžeme zaradiť do skupiny stredne rezistentných pôd voči acidifikácii, ich pufracnú schopnosť ovplyvňuje predovšetkým nadbytok pôdnej vody (Demo a kol., 1998). Priebeh hodnôt pôdnej reakcie na orných pôdach v sledovanom období je výrazne rozkolísaný, môže byť ovplyvnený agrotechnickými postupmi. Nepriaznivý trend smerom k zakysleniu môžeme pozorovať na lokalite Liesek (na tejto lokalite došlo aj k zmene kultúry z OP na TTP), ktorá sa nachádza v oblasti s vysokými depozíciami síry a dusíka (Závodský a kol., 1996), mierny acidifikačný trend na lokalite Jelšava (pôda vyvinutá na nekarbonátových substrátoch), najväčšie výchylky na lokalite Stakčín.

Obr. 10 Vývoj aktívnej pôdnej reakcie na kľúčových lokalitách reprezentujúcich – Kambizeme



Kambizeme (obr. 10) sú vyvinuté na rôznych typoch substrátov, čo primárne determinuje aj ich rôznu náchylnosť k acidifikácii (Demo a kol., 1998). Stav a vývoj pufracej funkcie vzhľadom k acidifikácii indikuje hodnota pôdnej reakcie a aktívny pufracný systém v kontexte s acidifikačnou záťažou. Kambizeme vyvinuté na flyši, s dominantnými pufrujúcimi systémami silikátov až výmenných kationov, využívané ako orná pôda (lokalita Istebné) a ako trávny porast (lokalita Raková a Sihla) vykazujú v priebehu sledovaného obdobia výrazný trend k zakysleniu. Lokalita Krompachy, využívaná ako trvalý trávny porast, vyvinutá na kyslých substrátoch, osciluje s menšími výkyvmi okolo pôvodne stanovenej hodnoty.

Obr. 11 Vývojové trendy pH v H₂O na vybraných kľúčových lokalitách – černoze, fluvizeme, čiernice



Černoze, čiernice a fluvizeme vyvinuté na karbonátových 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 týchto pôd osciluje v intervale stanovenom chybou merania okolo pôvodnej hodnoty. Na lokalitách Topoľníky a Nacina Ves pozorujeme mierny trend smerom k zvýšeniu pôdnej reakcie ovplyvnený pravdepodobne agrotechnickými zásahmi na daných lokalitách (obr. 11).

Mierny trend k zakysleniu sme zaznamenali na lokalite Dvorníky (fluvizem na nekarbonátových fluvialných sedimentoch), tento trend má však výrazné negatívne následky, keďže lokalita patrí ku kontaminovaným lokalitám s kombinovanou geochemickou a antropogénnou kontamináciou. Na lokalite Voderady (černoze) sme zaznamenali mierny pokles hodnôt pH, avšak hodnoty sa stále pohybujú v neutrálnej až slabo alkalickéj oblasti.

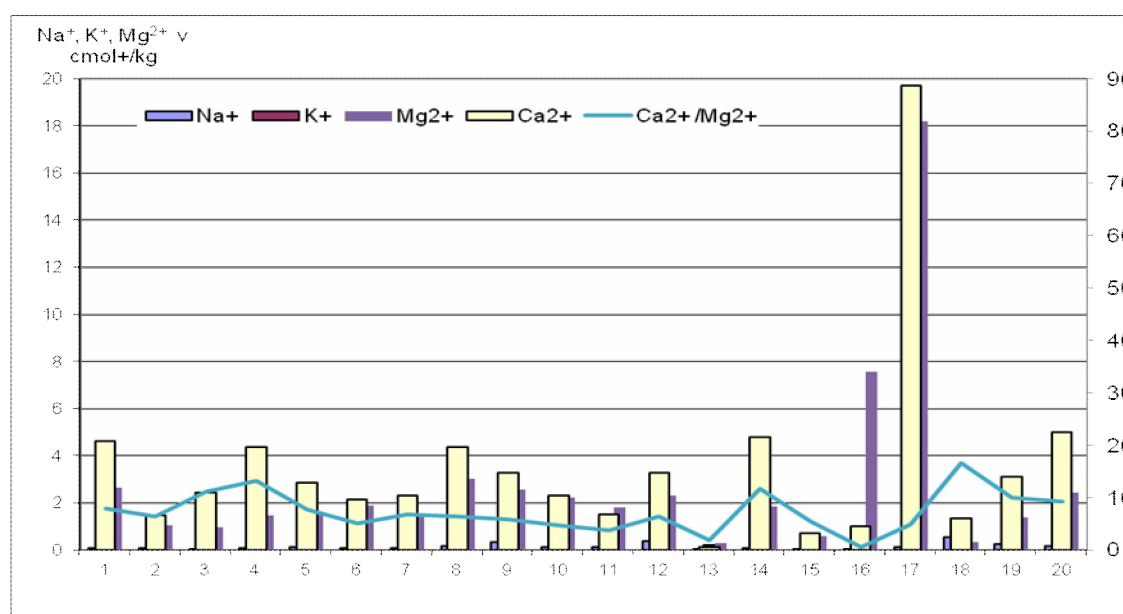
Obr. 12 Vývojové trendy pH v H₂O na vybraných kľúčových lokalitách – rendzina, andozem, ranker



Rendzina má hodnotu pôdnej reakcie v slabo alkalickéj oblasti a vďaka vysokému obsahu karbonátov v pôdnom profile a kvalitnej organickej hmote patrí medzi rezistentné pôdy vzhľadom k acidifikácii (Ulrich, 1991, Bedrna, 1994, Demo a kol., 1998). Ranker ako aj andozem patria k pôdam s nízkou rezistenciou vzhľadom k acidifikácii.

Sorpčná schopnosť pôdy ako aj zloženie výmenných katiónov 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 indikátormi kvality pôdy (Hanes, Poláček, 2002, Makovníková, Barančíková, Pálka 2007). V pôdach sa vyskytuje zmes katiónov a aniónov, ktoré sú charakteristické energiou sorpcie, koncentráciou a hlavne vzájomným vplyvom (Hanes, Poláček, 2002). Kvantitatívne zloženie výmenných katiónov v sorpčnom komplexe pôdy (aktuálny stav v roku 2012) je uvedené na obrázku 12.

Obr. 12 Kvantitatívne zloženie výmenných katiónov



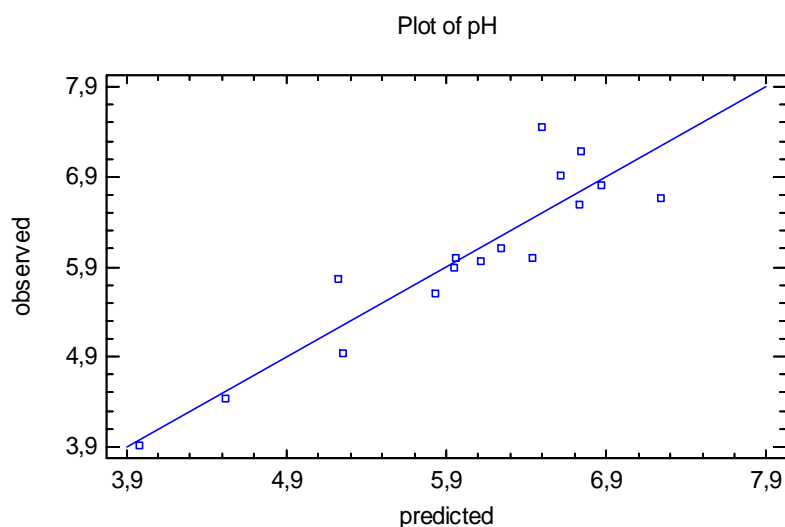
Prevládajúcim výmenným katiómom na sledovaných lokalitách je vápnik (obr.12), okrem lokality Jelšava, situovanej v oblasti Jelšava – Ľubeník, ktorú ovplyvňujú magnezitové imisie.

Pomer $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$ sa na kľúčových lokalitách pohybuje od 0,59:1 (lokalita Jelšava) do 16,70:1 (lokalita Sitno). V optimálnom rozmedzí 4:1 až 6:1 sú výmenné katióny na 5-tich lokalitách, ktoré sa využívajú ako trávny porast. V priebehu sledovania sme pozitívny trend zaznamenali na lokalite Jelšava, kde došlo k zníženiu obsahu výmenného horčíka o 66 % v porovnaní s rokom 2002.

Na základe lineárnej regresnej analýzy môžeme hodnotu pôdnej reakcie vypočítať pomocou rovnice:

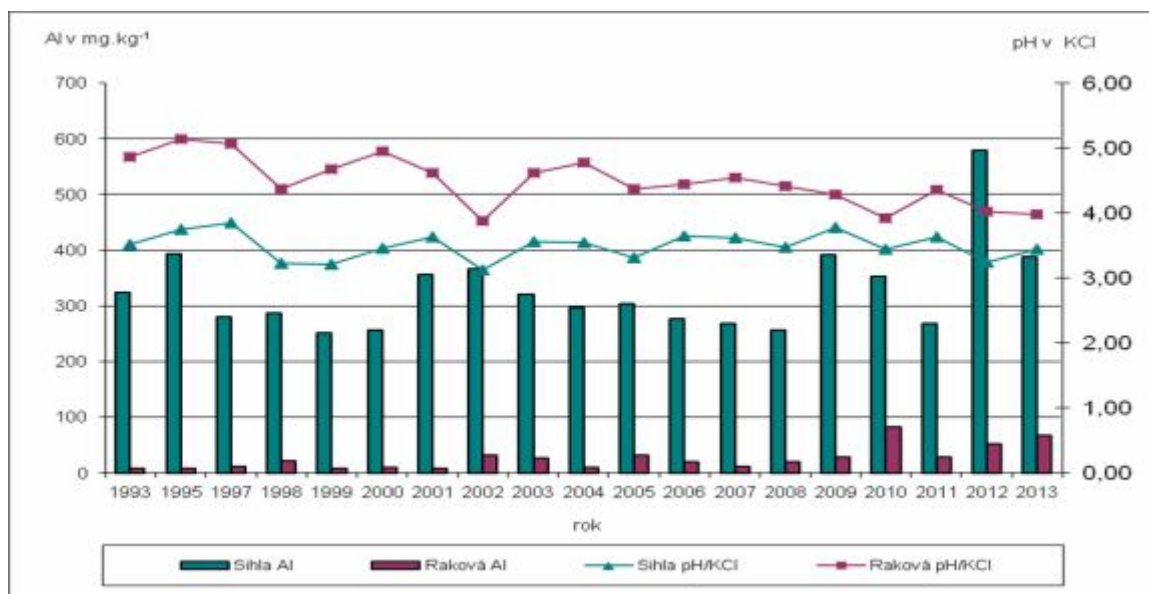
$$\text{pH v H}_2\text{O} = 5,78229 + 0,651914 \cdot \log [\text{Ca}^{2+} / \text{Al}^{3+}],$$

s koeficientom regresie $r = 0,91$ a s koeficientom determinácie $R^2 = 0,83$.



Hodnotami pôdnej reakcie je primárne podmienená rozpustnosť rôznych foriem hliníka. Dominantnou toxickou formou hliníka je mobilný hliník, tj. voľné katióny Al^{3+} a hydrolytické ióny hliníka $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$. S rastúcou hodnotou pH sa strácajú H_2O skupiny a vzniká hydroxid hlinitý, ktorý je potenciálne nerozpustný. Rozpustnosť a tým aj prístupnosť hliníka exponenciálne narastá s klesajúcou hodnotou pôdnej reakcie. Aktívny hliník bol stanovený v pôdnych vzorkách z kľúčových lokalít s hodnotou pH v KCl nižšou ako 6,0. V roku 2013 sa pohyboval od $0,45 \text{ mg.kg}^{-1}$ (lokalita Nacina Ves, orná pôda) do 389 mg.kg^{-1} (lokalita Sihla, trávny porast). Doteraz najvyššia nameraná hodnota bola v roku 1999 na vysokohorskej lokalite Chopok a to $1059,20 \text{ mg.kg}^{-1}$. Vývoj hodnôt aktívneho hliníka na dvoch vybraných kľúčových lokalitách reprezentujúcich kambizeme je na obr. 13. Celkový obsah hliníka na lokalite Sihla je 6725 mg.kg^{-1} , na lokalite Raková je vyšší celkový obsah a to 8790 mg.kg^{-1} . Relatívne malé zmeny hodnôt pH sa premietajú do zvýšenia obsahov aktívneho hliníka na sledovaných lokalitách (obr. 13).

Obr. 13 Obsah aktívneho hliníka na lokalite Raková a Sihla



Pomer $\text{Al}^{3+}/\text{Ca}^{2+}$ indikujúci stupeň degradácie pôdy bol na lokalite Raková (v poslednom odberovom roku 2013) 6,98:1 a na lokalite Sihla 64,80:1. Kritická hladina pomeru $\text{Al}^{3+}/\text{Ca}^{2+}$ pre citlivé plodiny 0,50 ako aj pre menej citlivé plodiny 1,00 (Grišina, Baranova, 1990) bola na obidvoch lokalitách výrazne prekročená.

Na základe doterajších pozorovaní sme zaznamenali:

- ❖ v štvrtom monitorovacom cykle v hĺbke 0 – 10 cm zníženie priemernej hodnoty aktívnej pôdnej reakcie (v porovnaní s rokom 1993) v 9 skupinách pôd. V orných pôdach sme namerali v skupine fluvizeme na nekarbonátových fluvialných sedimentoch pokles hodnoty pôdnej reakcie o 0,80 jednotiek, v skupine čiernic na nekarbonátových fluvialných sedimentoch o 0,24 jednotiek a v skupine pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polygenetických sprašových hlinách, využívané ako orné pôdy o 0,21 jednotiek. Mierny pokles hodnoty aktívnej pôdnej reakcie v porovnaní s rokom 1993 bol nameraný aj v skupine hnedozeme a hnedozeme pseudoglejové na sprašiach resp. polygenetických sprašových hlinách, výraznejšia zmena je v porovnaní s rokom 2002 (pokles hodnoty pH o 0,24 jednotiek).
- ❖ zmeny v skupinách pôd využívaných ako trávny porast sú výrazné v skupine podzoly, rankre a litozeme (pokles o 0,44 jednotiek) a v skupine pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách (pokles o 0,43 jednotiek).
- ❖ v nízkočetných skupinách sme zaznamenali pokles hodnôt pôdnej reakcie v skupine antropicky 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 alkalickej až neutrálnej oblasti.
- ❖ zmeny pôdnej reakcie v rokoch 1993 a 2007 pre párované hodnoty nie sú štatisticky preukazné
- ❖ priemerná hodnota aktívnej pôdnej reakcie na kľúčových lokalitách sa v priebehu sledovania pohybovala na orných pôdach od 6,17 do 7,72 a na trávnych porastoch od 4,41 do 6,90, najnižšia priemerná hodnota bola stanovená na lokalite Chopok 3,43, ktorá patrí medzi vysokohorské lokality.
- ❖ kľúčové lokality reprezentujúce kambizeme vyvinuté na flyši, s dominantnými pufrujúcimi systémami silikátov až výmenných kationov, využívané ako orná pôda (lokalita Istebné) a ako trávny porast (lokalita Raková a Sihla) vykazujú v priebehu sledovaného obdobia výrazný trend k zakysleniu.
- ❖ mierny trend k zakysleniu sme zaznamenali na lokalite Dvorníky (fluvizem na nekarbonátových fluvialných sedimentoch), tento trend má však výrazné negatívne následky, keďže lokalita patrí ku kontaminovaným lokalitám s kombinovanou geochemickou a antropogénnou kontamináciou
- ❖ doteraz najvyššia hodnota aktívneho hliníka a to $1059,20 \text{ mg.kg}^{-1}$ bola stanovená v roku 1999 na vysokohorskej lokalite Chopok.

Zoznam použitej literatúry

- BEDRNA, Z. 2003: Resistibility of Landscape to acidification. In: *Ekologia*, 13, 1994, str. 77-86
- ČURLÍK a kol. 2003: *Pôdna reakcia a jej úprava*, Suma print Bratislava, 2003, 250 s.
- DEMO M. et al., 1998: *Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine*. Nitra : SPU, 1998, 302 s. ISBN 80-7137-525-X.
- GRIŠINA, L. A., BARANOVA, T. A. 1990: Vplyv kyslých zrážok na vlastnosti pôd lesného ekosystému južnej tajgy. In *Lesné pôdoznalectvo*, 10, 1990, 121-136

- FIALA K. a kol.: *Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém - Pôda*. VÚPOP, Bratislava, 1999, 139 s.
- CHRENEKOVÁ, E.1981: Pôdna reakcia a dynamika ťažkých kovov. Zborník referátov z II.celoštátnej konferencie Optimalizácia pôdnej reakcie. Štrbské pleso, 1981, 193-199
- HANES, J. 1999: *Analýza sorpčných vlastností pôd*, VÚPOP Bratislava, 1999, 138 s.
- HANES, J., POLÁČEK, Š.2002: Koloidná chémia pôdy, VUPOP Bratislava, 2002, 108 s. ISBN 80-85361-96-5
- HIRADATE, S. 2010: Speciation of Aluminium in Soil Environments. In *Soil.Sci.Plant Nutr.*, vol. 50, no. 3, 2010, pp. 303-314
- HORÁK, V., DOLEJŠKOVÁ, J., HEJTMÁNKOVÁ, A.1995: Toxicita hliníku v rastlinách. *Rostlinná výroba*, 41, (5), 1995, s. 239-245
- JOHNSTON, A.E. 2004: Soil Acidity – Resilience and Thresholds. In: Schjonning, P, Elmholt, S. Christenses, B. T. (ads.): *Managing soil quality*. CABI Publishing, 2004, 344 p., ISBN 85-1996-71-X
- KOLEKTÍV 2011. *Jednotné pracovné postupy rozborov pôd*. Bratislava: VUPOP Bratislava, 124pp. ISBN 978-80-89128-89-1
- KOZÁK, J., BORŮVKA, L. 1998: Species of Al ions as related to some characteristics of both agricultural and forest soils of the Šumava region. *Rostlinná výroba*, 44, 1998, 419-426
- LEONARDI, S.: Indirect effect of acid rain mediated by mineral leaching"An evalution of potential roles of leaching from the canopy. In: Longhurst,W. S. (Ed) *Acid Deposition*, Springer - Verlag, Berlin, 1991, 123-140
- MAKOVNÍKOVÁ, J.(2000): *Distribúcia kadmia, olova, medi a zinku v pôde a jej hodnotenie so zreteľom na potenciály a bariéry transportu kovov do rastlín*. PEDO - DISERTACIONES, VÚPOP, Bratislava, 125 pp.
- MAKOVNÍKOVÁ, J. 2002: Stav a vývojové trendy aktívneho hliníka v pôdach SR. In *Poľnohospodárstvo* 12, 2002, s. 619 – 624
- MAKOVNÍKOVÁ, J. 2005: Vplyv pôdných parametrov na distribúciu hliníka v pôdach SR. In *Agriculture* 8, vol. 51, 2005, 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., KANIANSKA, R.1996 : Aktívny hliník a jeho súčasný stav v pôdach SR. In *Rostlinná výroba*, 42/7, 1996, 289-292
- MAKOVNÍKOVÁ, J., KANIANSKA, R.: Zmeny pôdnej reakcie a obsahu aktívneho hliníka vyvolané simuláciou kyslých zrážok. In *Rostlinná výroba*, 42, 1996 (4). s.155-159
- MAKOVNÍKOVÁ, J., BARANČÍKOVÁ, DLAPA, P, G., DERCOVA, K., 2006: Anorganické kontaminanty v pôdnom ekosystéme. Rewiev. In *Chemické listy* 6/06
- 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
- MERIÑO-GERGICHEVICH, J. 2010: Al³⁺ - Ca²⁺ interaction in plants growing in acid soils: AL-phytotoxicity response to calcareous amendment. In *Soil. Sci. Plant Nutr.* 10 (3), 2010, : pp. 217 -243 (2010)
- ULRICH, B. 1991: An Ecosystem Approach to Soil Acidification. In: Ulrich B, Sumner ME (eds) *Soil Acidity*. Springer - Verlag, Berlin, 1991, 28-79
- ZÁVODSKÝ, D a kol.: Mapping of critical levels/loads for the Slovak republic. Acid Rain research. report 37, 1996, 74 pp

Salinizácia a sodifikácia

Monitoring procesov salinizácie a sodifikácie v roku 2013 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, rozvoj a rozšírenie soľných pôd. Monitorované lokality sú tu situované v katastroch obcí: Iža, Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce a Kamenín. Na troch z uvedených lokalít (Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce) sa vývoj soľných pôd monitoruje od r. 1989 v rámci účelového monitoringu: Vplyv VD Gabčíkovo na pôdy priľahlej oblasti. Na 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	GABČÍKOVO 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 jarých mesiacoch marec – máj. To umožňuje stanoviť ten obsah solí, ktorý zostal v pôde po jesenných, zimných a skorých jarých dažďoch resp. ktoré neboli vyplavené do spodných horizontov, prípadne až do podzemnej vody a v priebehu nastupujúceho vegetačného obdobia zostávajú v pôde. Vzorky pôdy sa odoberajú nielen z prvých dvoch horizontov, ale zo všetkých pôdnych horizontov do hĺbky cca 1m, 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^+ , Ca^{2+} - plameňová fotometria

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

HCO_3^- , CO_3^{2-} - titračne (0,05 M H_2SO_4)

Elektrická vodivosť (EC) – konduktometricky

pH – potenciometricky

odparok – gravimetricky

SO_4^{2-} - 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 ($\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$)	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 2013 sa v monitorovaných pôdach opätovne potvrdila prítomnosť oboch foriem sol'ných procesov – salinizácie i sodifikácie, ako aj značná mineralizácia podzemných vôd na niektorých lokalitych

Salinizácia pôd

Salinizáciu ako proces akumulácie sodných solí v pôdnom profile sme v roku 2013 zaznamenali na všetkých monitorovaných pôdach (tab. 2).

Tab. 2 Rozbor vodného výluhu pôd v roku 2013

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	7.76	<0,5	1.50	<0,40	<0,15	3.58	0.40	0.34	0.17	0.13
	Akpc	15-25	7.93	<0,5	1.75	<0,40	<0,15	2.77	1.44	0.28	0.10	0.07
	Amčc	30-40	7.90	<0,5	2.05	<0,40	0.18	2.27	1.20	0.39	0.08	0.07
	CGo	75-85	8.02	<0,5	1.05	<0,40	<0,15	1.31	1.10	0.35	0.04	0.03
	CGo(Bn)	90-100	8.11	<0,5	1.45	<0,40	<0,15	1.11	1.88	0.52	0.04	0.02
Zemné 400179	Akpc	0-10	7.66	<0,5	1.70	0.5	0.37	3.46	1.68	0.65	0.22	0.14
	Akpc	10-20	7.74	<0,5	1.75	<0,40	0.29	3.63	0.63	0.93	0.16	0.11
	A/CGo(Bn)	45-55	7.94	<0,5	1.40	<0,40	0.83	3.21	0.69	1.65	0.06	0.08
	CGro(Bn)	65-75	7.97	<0,5	1.40	<0,40	0.66	2.44	0.58	2.09	0.03	0.05
	CGr(Bn)	100-110	7.91	<0,5	1.30	<0,40	0.42	2.02	0.59	1.34	0.06	0.10
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10	7.63	<0,5	1.53	1.85	0.35	6.25	0.99	0.29	0.76	0.12
	Akpc	10-20	7.69	<0,5	1.69	<0,40	<0,15	5.78	0.83	0.47	0.35	0.11
	Amčc	40-50	7.72	<0,5	1.74	<0,40	<0,15	4.46	0.81	0.52	0.15	0.14
	A/CGo	65-75	7.77	<0,5	1.22	0.42	0.73	3.38	0.81	0.66	0.06	0.06
	CGroc(Bn)	90-100	7.71	<0,5	1.07	0.71	2.86	6.57	1.35	1.07	0.06	0.05
	CGroc(Bn)	100-110	7.78	<0,5	1.02	0.75	3.63	3.16	1.79	1.18	0.06	0.07
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	7.82	<0,5	2.10	1.98	0.83	3.43	2.04	1.91	0.17	0.86
	Akpc	10-20	7.78	<0,5	1.95	0.7	0.67	3.38	1.07	0.48	0.23	0.10
	A/CGoc(Bn)	40-45	7.85	<0,5	1.60	<0,40	0.17	2.13	1.02	0.53	0.05	0.08
	CGoc(Bn)	50-65	8.08	<0,5	2.00	<0,40	0.23	1.70	1.38	0.93	0.05	0.07
	CGoc(Bn)	100-110	8.07	<0,5	1.30	1.55	2.69	2.57	1.71	7.04	0.13	0.17
Komárno Hadovce 400178	Akpc	0-10	7.97	<0,5	2.00	<0,40	0.18	3.11	1.50	0.11	3.40	0.13
	Akpc	10-20	7.93	<0,5	2.20	<0,40	<0,15	2.97	0.89	0.12	1.62	0.20
	A/CGoc(Bn)	40-50	7.89	<0,5	2.39	<0,40	<0,15	2.65	0.93	0.45	0.27	0.08
	CGroc(Bn)	55-60	7.91	<0,5	2.39	<0,40	0.24	2.06	1.03	0.86	0.09	0.78
	CGroc(Bn)	70-80	8.10	<0,5	1.90	0.48	1.00	2.19	1.10	1.57	0.06	0.08
	CGroc(Bn)	100-110	8.00	<0,5	1.50	1.51	3.02	2.67	1.28	1.90	0.05	0.10
Kamenín 400138	Ame	0-10	8.53	<0,5	4.8	1.69	1.91	0.40	2.21	30.10	0.48	0.27
	Ame	10-20	8.65	<0,5	5.3	1.43	2.52	0.30	0.19	36.1	0.57	0.30
	Ame	20-30	9.07	-	-	1.84	63.90	0.35	0.14	69.1	31.90	0.64
	Ame	40-50	9.41	-	-	2.78	105.0	0.48	0.65	159.0	112.00	1.29
	Bn	60-70	9.40	-	-	3.38	123.0	0.37	2.10	153.0	124.00	1.02
	Bn	80-90	8.70	-	-	2.74	4.92	0.08	3.19	81.2	1.04	0.29
	Bn	100-110	8.32	<0,5	3.3	1.15	1.61	1.37	0.09	33.8	0.38	0.15
Malé Raškovce 400229	Akp	0-10	6.30	<0,5	0.60	0.43	0.68	0.50	0.21	0.5	0.30	0.25
	Akp	20-30	5.80	<0,5	0.55	<0,40	0.46	0.22	0.11	0.64	0.60	0.59
	Aoe	35-45	7.80	<0,5	0.50	<0,40	<0,15	0.22	0.24	1.09	0.18	0.08
	Bn	50-60	7.78	<0,5	1.6	<0,40	<0,15	1.41	1.42	1.96	0.06	0.07
	Bn	70-80	7.90	<0,5	1.6	<0,40	0.2	0.47	0.94	4.4	0.14	0.09
	Bn	120-130	9.70	<0,1	2.61	<0,40	1.5	0.64	0.47	14.6	0.32	0.25
Žiar nad Hronom 400063	AoGo	0-10	8.78	<0,5	5.9	0.47	3.21	0.40	0.11	38.9	0.35	0.43
	AoGo	10-20	9.02	<0,5	7.0	<0,40	4.37	0.10	0.09	50.5	0.34	0.60
	AoGo	20-30	8.86	<0,5	8.5	0.61	10.00	1.05	0.28	26.1	0.83	0.63
	Gro	35-45	9.40	-	-	<0,40	49.90	-	-	<0,01	-	1.43
	Gro	55-65	8.91	<0,5	7.3	0.58	15.90	0.32	0.19	26.0	0.13	0.61
	Gro	75-85	6.39	<0,5	4.5	0.43	10.70	0.24	0.09	38.3	0.63	0.21

Poznámka: údaje vyznačené tučne signalizujú prítomnosť soľných procesov

Intenzita salinizácie v pôdach s jej nerozvinutým procesom je však slabá. Slabú – počiatočnú salinizáciu, s obsahom solí 0,10 – 0,15 %, sme zaznamenali v jednotlivých horizontoch lokalít Iža, Zemné a Gabčíkovo. Vysokú salinizáciu (obsah solí 0,36 – 0,70 %) –

sme zaznamenali na lokalite Malé Raškovce a extrémne vysoké hodnoty obsahu solí (nad 0,71 %) na lokalitách Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce, Kamenín a Žiar nad Hronom.

Tab. 3 Rozbor nasýteného extraktu pôd v roku 2013

Lokalita	Horizont	Hĺbka cm	ECe mS.m ⁻¹	Na	Mg mmol.l ⁻¹	Ca	SAR	ESP %
Iža 400180	Akpc	0-10	68	0.16	1.09	2.67	0.08	0.4
	Akpc	15-25	53	0.25	0.78	1.90	0.15	1.1
	Amčc	30-40	48	0.29	0.75	1.58	0.19	1.4
	CGo	75-85	42	0.34	1.13	1.18	0.22	1.7
	CGo(Bn)	90-100	48	0.57	1.41	0.87	0.38	3.1
Zemné 400179	Akpc	0-10	65	0.53	0.52	2.87	0.29	2.3
	Akpc	10-20	58	0.64	0.44	2.34	0.39	3.2
	A/CGo(Bn)	45-55	57	1.24	0.38	1.78	0.85	5.9
	CGro(Bn)	65-75	70	2.32	0.49	1.69	1.57	8.2
	CGr(Bn)	100-110	76	2.61	0.44	2.00	1.67	8.4
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10	73	0.23	0.74	3.72	0.11	0.6
	Akpc	10-20	61	0.32	0.62	3.09	0.17	1.2
	Amčc	40-50	50	0.38	0.51	2.46	0.22	1.7
	A/CGo	65-75	54	0.53	0.91	1.70	0.33	2.7
	CGroc(Bn)	90-100	86	1.12	1.86	2.62	0.53	4.2
	CGroc(Bn)	100-110	104	1.31	2.27	3.27	0.56	4.4
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	48	0.34	0.65	1.93	0.21	1.6
	Akpc	10-20	49	0.39	0.66	1.97	0.24	1.9
	A/CGoc(Bn)	40-45	42	1.29	0.89	1.16	0.90	6.1
	CGoc(Bn)	50-65	48	1.46	1.04	1.04	1.01	6.6
	CGoc(Bn)	100-110	157	9.00	2.62	1.63	4.36	11.0
Komárno Hadovce 400178	Akpc	0-10	68	0.11	0.77	2.28	0.06	0.3
	Akpc	10-20	60	0.14	0.75	2.30	0.08	0.4
	A/CGoc(Bn)	40-50	46	0.45	0.68	1.81	0.29	2.3
	CGroc(Bn)	55-60	43	0.94	0.66	1.15	0.70	5.2
	CGroc(Bn)	70-80	63	1.88	1.02	1.28	1.24	7.3
	CGroc(Bn)	100-110	123	2.75	2.26	3.17	1.18	7.2
Kamenín 400138	Ame	0-10	290	31.90	0.58	0.86	26.60	37.8
	Ame	10-20	-	36.10	0.34	4.94	15.70	26.6
	Ame	20-30	-	45.30	0.39	2.02	29.20	40.2
	Ame	40-50	-					
	Bn	60-70	-	45.60	0.56	2.33	26.80	38.0
	Bn	80-90	-	19.80	0.12	0.41	27.20	38.4
	Bn	100-110	108	10.40	0.22	0.24	15.20	26.0
Malé Raškovce 400229	Akp	0-10	44	0.27	0.65	1.55	0.18	1.3
	Akp	20-30	25	0.47	0.44	0.59	0.46	3.7
	Aoe	35-45	27	0.74	0.48	0.51	0.74	5.4
	Bn	50-60	42	1.12	0.75	0.83	0.89	6.1
	Bn	70-80	45	2.63	0.55	0.42	2.66	9.8
	Bn	120-130	104	8.44	0.37	0.18	11.30	21.5
Žiar nad Hronom 400063	AoGo	0-10	206	28.14	0.45	0.11	37.60	46.9
	AoGo	10-20	-	29.97	0.49	0.11	38.50	47.6
	AoGo	20-30	-	-	-	-	-	-
	Gro	35-45	-	-	-	-	-	-
	Gro	55-65	-	-	-	-	-	-
	Gro	75-85	-	-	-	-	-	-

SAR – sodíkový adsorpčný pomer

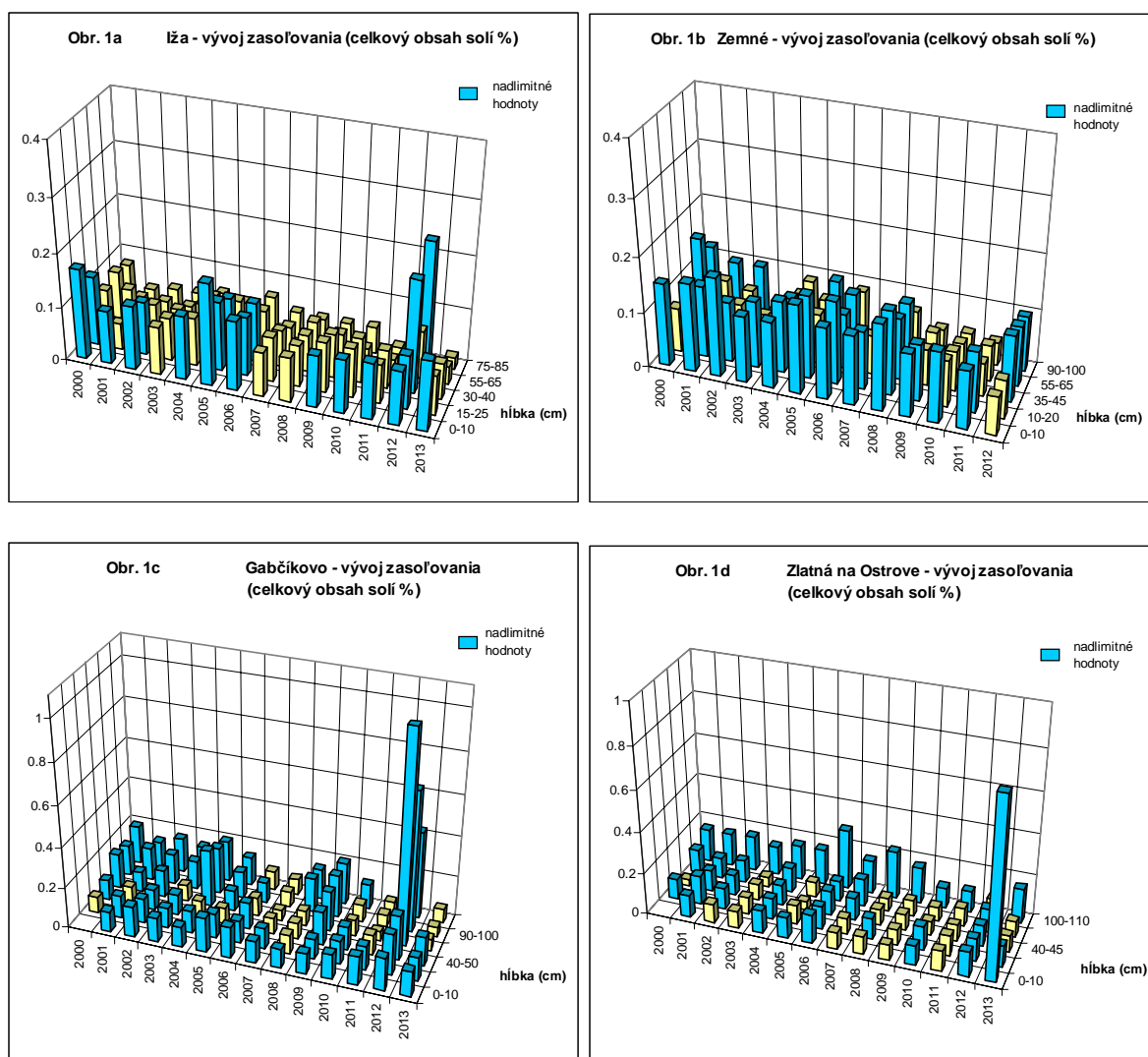
ESP – obsah výmenného sodíka

Elektrická vodivosť pôdneho extraktu (ECe) v monitorovaných pôdach potvrdila prítomnosť slabšej salinizácie len na lokalitách Kamenín a Žiar nad Hronom (Tab.3).

Vývoj salinizácie

Celkový obsah solí v pôdach s počiatočným štádiom salinizácie na lokalitách Iža a Zemné len ojedinele v niektorých rokoch a horizontoch mierne prevyšuje hornú hranicu slabej salinizácie (0,15 %; Tab.4, Obr.1a-g) a na lokalitách Gabčíkovo, Komárno-Hadovce a Zlatná na Ostrove aj strednej salinizácie (0,35 %). V lokalite 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 %).

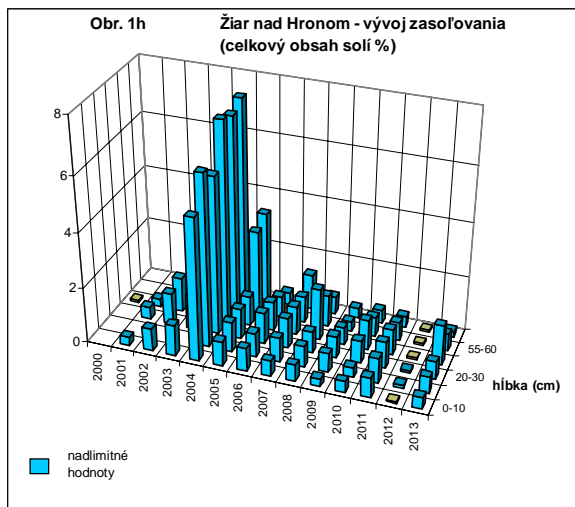
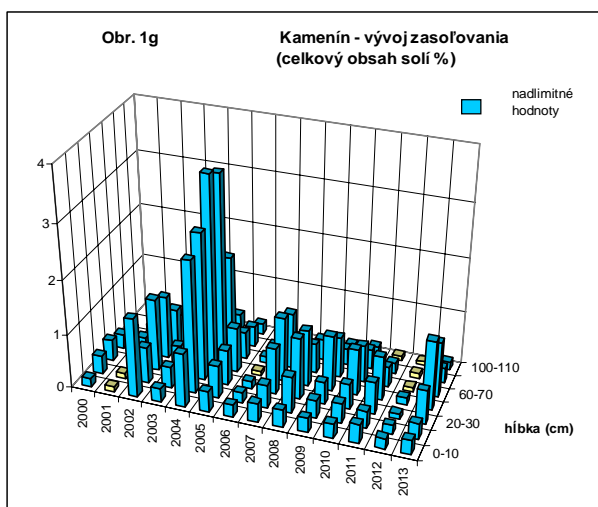
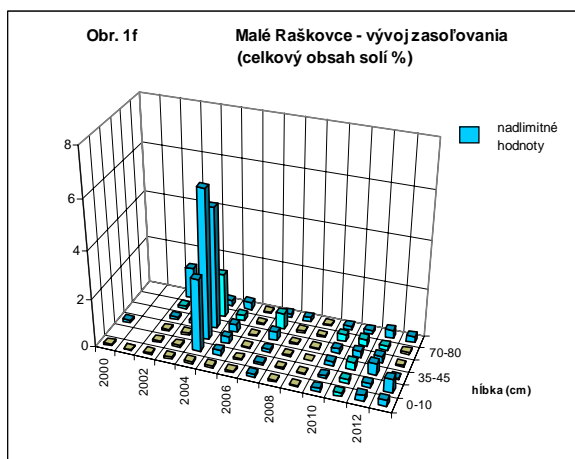
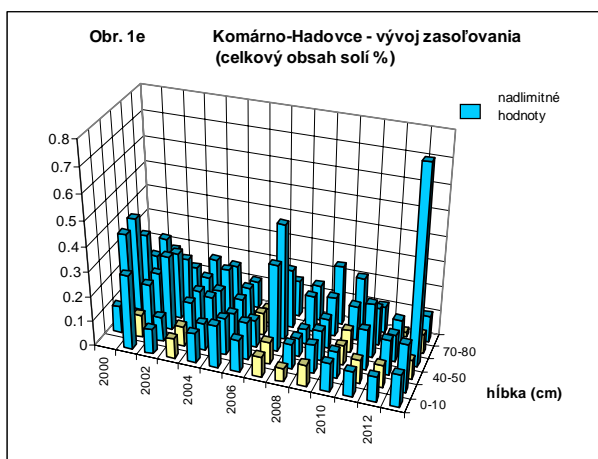
Z hľadiska vývoja za posledných 15 rokov (2000 – 2013) zaznamenávame mierny pokles obsahu solí v podpovrchových horizontoch lokalít Komárno-Hadovce, Kamenín a Žiar nad Hronom.



Tab. 4 Vývoj salinizácie – celkový obsah solí

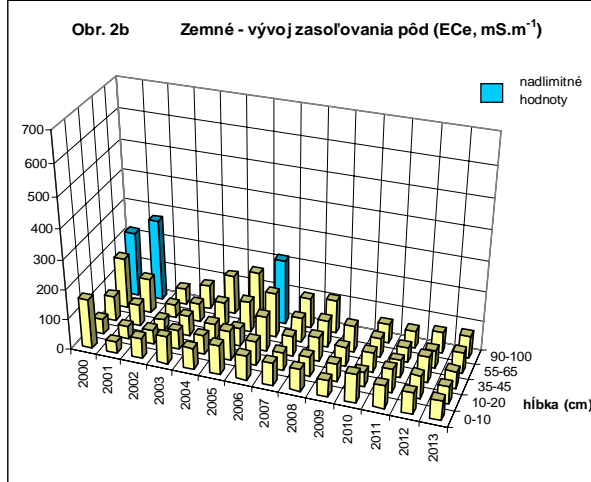
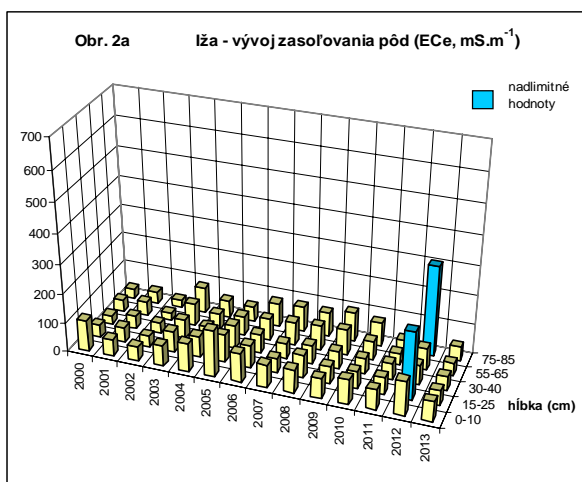
Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	Celkový obsah solí v % (odparok 105°C)													
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Iža 400180	Akpc	0-10	0.17	0.10	0.12	0.09	0.12	0.19	0.13	0.08	0.08	0.10	0.10	0.10	0.10	0.13
	Akpc	15-25	0.13	0.05	0.10	0.08	0.09	0.13	0.11	0.08	0.08	0.09	0.09	0.07	0.10	0.07
	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	0.07
	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	0.03
	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	0.02
Gabčíkovo 400176	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	0.07	0.14
	Akpc	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	0.07	0.11
	A/CGo(Bn)	40-50	0.09	0.12	0.08	0.07	0.11	0.09	0.10	0.07	0.11	0.12	0.07	0.06	0.12	0.08
	CGro(Bn)	65-75	0.16	0.09	0.08	0.05	0.09	0.09	0.11	0.06	0.11	0.16	0.06	0.07	0.11	0.05
		90-														
	CGr(Bn)	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	0.10	0.10
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	100-	-	0.10	0.15	0.12	0.10	0.17	0.15	0.11	0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.12
	Akpc	0-10	0.08	0.11	0.12	0.10	0.11	0.12	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.12	0.20	0.11
	Amčc	10-20	0.10	0.09	0.10	0.10	0.09	0.08	0.13	0.08	0.08	0.07	0.11	0.10	0.22	0.14
	A/CGo	40-45	0.17	0.10	0.13	0.08	0.28	0.10	0.09	0.05	0.07	0.07	0.08	0.04	1.03	0.06
	CGroc(Bn)	50-65	0.15	0.16	0.15	0.14	0.23	0.13	0.10	0.08	0.17	0.05	0.09	0.06	0.69	0.05
		100-														
Komárno - Hadvce 400178	CGroc(Bn)	110	0.19	0.13	0.17	0.15	0.20	0.14	0.09	0.08	0.15	0.10	0.12	0.06	0.43	0.07
	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	0.12	0.86
	Akpc	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	0.11	0.10
	A/CGoc(Bn)	40-50	0.03	0.10	0.10	0.08	0.10	0.04	0.12	0.11	0.08	0.19	0.07	0.08	0.10	0.08
	CGoc(Bn)	55-60	0.12	0.10	0.11	0.05	0.12	0.07	0.10	0.14	0.07	0.21	0.07	0.09	0.11	0.07
	CGoc(Bn)	70-80	0.16	0.16	0.17	0.14	0.17	0.17	0.29	0.16	0.23	0.20	0.10	0.10	0.09	0.17
Zemné 400179		100-														
	Akpc	110	-	0.30	0.10	0.08	0.12	0.17	0.13	0.08	0.05	0.07	0.12	0.10	0.10	0.13
	Akpc	0-10	0.11	0.09	0.10	0.08	0.11	0.15	0.15	0.09	0.10	0.07	0.11	0.09	0.09	0.20
	A/CGoc(Bn)	10-20	0.36	0.17	0.30	0.13	0.17	0.12	0.11	0.35	0.07	0.08	0.08	0.16	0.14	0.08
	CGroc(Bn)	35-45	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	0.78
	CGroc(Bn)	55-65	0.27	0.27	0.20	0.14	0.19	0.13	0.06	0.24	0.15	0.18	0.14	0.15	0.12	0.08
Kamenín 400138		90-														
	CGroc(Bn)	100	0.14	0.18	0.12	0.17	0.16	0.11	0.09	0.15	0.14	0.09	0.21	0.11	0.02	0.10
	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	0.27
	Ame	10-20	0.34	0.09	0.68	0.39	2.45	0.60	0.19	0.43	0.68	0.34	0.38	0.33	0.16	0.30
	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	0.64
	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	1.29
Malé Raškovce 400229	Bn	60-70	0.13	0.30	0.69	0.69	3.37	0.50	0.11	1.03	0.54	0.75	0.68	0.37	0.08	1.02
	Bn	80-90	-	0.34	0.26	0.36	1.63	0.38	0.10	0.34	0.39	0.29	0.37	0.20	0.09	0.29
		90-														
	Bn	100	-	-	-	-	0.30	0.20	0.09	0.18	0.16	0.14	0.18	0.09	0.07	0.15
	Bn	0-10	0.08	0.02	0.07	0.08	0.08	0.09	0.07	0.13	0.08	0.04	0.14	0.14	0.25	0.25
	Akp	20-30	-	-	0.07	0.08	3.02	0.22	0.05	0.10	0.07	0.04	0.12	0.15	0.20	0.59
Žiar nad Hronom 400063	Akp	35-45	0.11	-	0.06	0.08	6.18	0.29	0.05	0.13	0.08	0.03	0.18	0.34	0.47	0.08
	Aoe	50-60	-	-	0.11	0.13	5.04	0.32	0.04	0.37	0.06	0.05	0.21	0.27	0.27	0.07
	Bn	70-80	-	-	0.12	0.14	1.83	0.23	0.06	0.67	0.09	0.05	0.28	0.27	0.17	0.09
		120-														
	Bn	130	-	-	1.32	0.24	0.23	0.31	0.06	0.18	0.18	0.04	0.16	0.17	0.34	0.25
	AoGo	0-10	0.00	0.31	0.82	1.13	5.16	0.90	0.83	0.57	0.61	0.28	0.40	0.74	0.05	0.43
Žiar nad Hronom 400063	AoGo	10-20	-	-	-	-	6.25	1.10	0.87	0.90	0.76	0.69	0.36	0.90	0.12	0.60
	AoGo	20-30	-	0.46	1.15	1.26	5.74	1.11	1.12	1.10	0.79	0.81	0.83	0.97	0.10	0.63
	Gro	30-45	0.07	0.29	1.26	0.85	7.27	1.09	1.04	1.06	1.87	0.61	1.07	0.91	0.06	1.43
	Gro	55-65	-	-	-	-	7.04	3.04	0.78	0.93	1.15	0.37	0.68	0.69	0.09	0.61
	Gro	75-85	-	-	-	-	7.29	3.29	0.44	1.31	0.63	0.37	0.48	0.41	0.08	0.21

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 s 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.

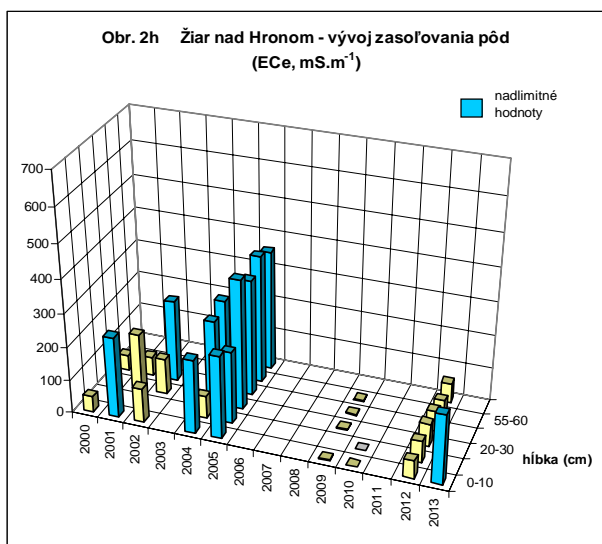
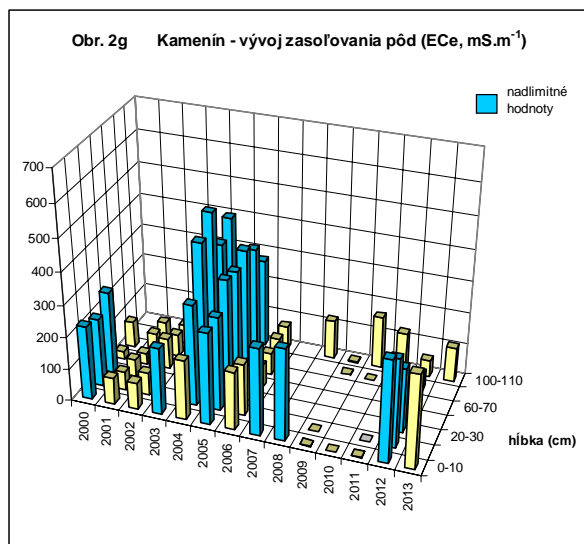
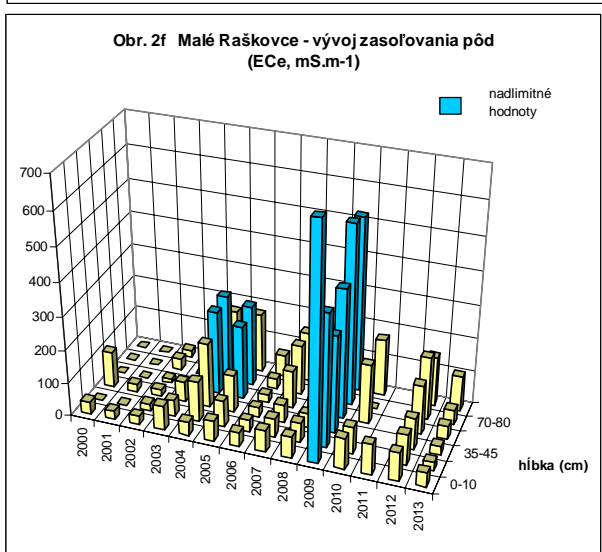
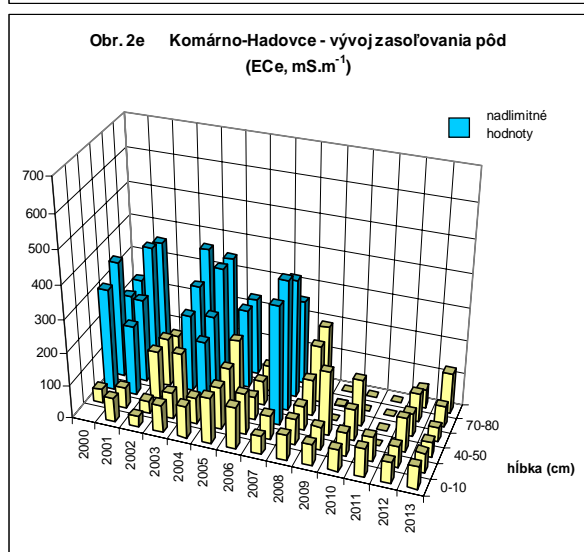
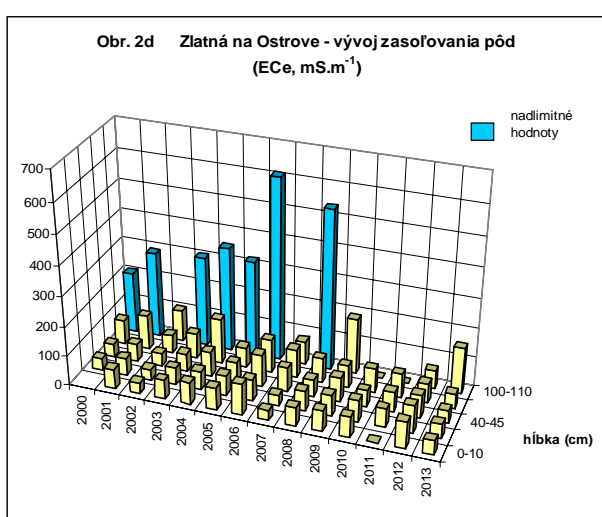
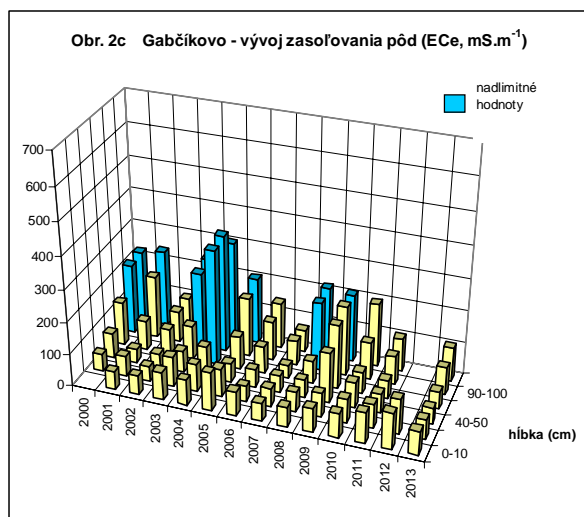
Vo vývoji elektrickej vodivosti pozorujeme podobne ako pri celkovom obsahu solí pokles hodnôt v podpovrchových horizontoch lokalít Komárno-Hadovce a Žiar nad Hronom, ako aj na lokalite Zemné.



Tab. 5 Vývoj salinizácie – elektrická vodivosť (ECe)

Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbk a (cm)	Celkový obsah solí v % (odparok 105°C)													
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Iža 400180	Akpc	0-10	106	57	49	71	95	158	99	77	79	70	84	70	116	68
	Akpc	15-25	43	51	38	72	71	95	76	50	79	59	61	57	230	53
	Amčc	30-40	29	45	36	65	58	79	66	52	63	60	53	54	68	48
	CGo	55-65	38	47	26	74	57	64	72	77	83	85	63	38	74	42
	CGo(Bn)	75-85	34	39	28	87	55	51	81	84	81	97	80	36	305	48
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10	164	39	68	92	71	98	81	77	73	55	94	77	72	65
	Akpc	10-20	52	43	48	65	65	98	81	60	64	58	49	78	75	58
	A/CGo(Bn)	40-50	85	73	37	66	57	58	116	67	81	66	66	57	89	57
	CGro(Bn)	65-75	171	115	43	62	82	102	147	81	89	88	64	51	59	70
	CGr(Bn)	90-100	218	273	53	80	129	158	215	101	111	-	63	58	71	76
	Akpc	100-110		57	60	87	80	119	75	57	62	75	77	96	112	73
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	53	63	46	92	83	86	48	57	62	75	75	74	107	61
	Amčc	10-20	79	43	43	66	96	58	55	51	55	155	80	60	-	50
	A/CGo	40-45	136	92	80	105	357	101	85	41	71	200	67	58	-	54
	CGroc(Bn)	50-65	218	195	97	233	365	182	121	76	212	216	118	89	-	86
	CGroc(Bn)	100-110	223	238	99	241	305	205	141	68	218	212	198	102	-	104
Komárno - Hadovce 400178	Akpc	0-10		67	38	65	75	75	107	35	63	71	69	-	91	48
	Akpc	10-20	40	58	36	59	64	67	72	36	68	72	73	63	93	49
	A/CGoc(Bn)	40-50	43	60	45	60	84	64	108	80	58	83	56	69	78	42
	CGoc(Bn)	55-60	83	115	62	84	152	69	113	96	82	76	81	81	65	48
	CGoc(Bn)	70-80	207	291	105	304	352	320	611	78	536	189	0	0	61	157
Zemné 400179	Akpc	100-110		73	34	85	97	139	126	55	75	66	67	88	63	68
	Akpc	0-10	42	63	37	79	79	128	123	73	77	71	71	75	63	60
	A/CGoc(Bn)	10-20	309	212	149	156	208	141	70	360	73	193	94	0	102	46
	CGroc(Bn)	35-45	355	252	147	233	244	186	75	394	111	0	141	0	71	43
	CGroc(Bn)	55-65	214	375	117	284	351	239	80	358	172	0	0	0	87	63
Kamenín 400138	CGroc(Bn)	90-100	227	355	68	362	346	234	164	255	192	0	1	0	57	123
	Ame	0-10	232	83	84	210	186	288	182	273	286	0	0	1	316	290
	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	-
Malé Raškovce 400229	Bn	80-90	-	54	60	-	434	349	76	-	-	3	0	-	52	-
	Bn	90-100	-	-	-	-	153	276	73	-	123	3	163	125	52	108
	Bn	0-10	39	26	27	74	42	62	44	66	65	689	94	94	86	44
	Akp	20-30	-	-	20	47	121	77	34	57	60	399	80	-	91	25
	Akp	35-45	109	22	22	61	194	113	30	53	43	294	-	-	95	27
	Aoe	50-60	-	-	13	-	251	221	24	114	47	390	180	-	148	42
Žiar nad Hronom 400063	Bn	70-80	-	-	34	-	259	242	33	151	51	539	0	-	190	45
	Bn	120-130	-	-	21	-	174	178	65	149	59	523	172	-	149	104
	AoGo	0-10	46	241	103	-	219	247	-	-	-	3	0	-	53	206
	AoGo	10-20	-	-	-	-	66	215	-	-	-	-	0	-	65	-
	AoGo	20-30	-	167	106	-	251	387	-	-	-	3	-	-	68	-
Žiar nad Hronom 400063	Gro	30-45	46	57	244	-	273	348	-	-	-	3	-	-	61	-
	Gro	55-65	-	-	-	-	207	382	-	-	-	3	-	-	50	-
	Gro	75-85	-	-	-	-	254	359	-	-	-	-	-	-	59	-

Poznámka: údaje vytlačené tučne – nadlimitné hodnoty



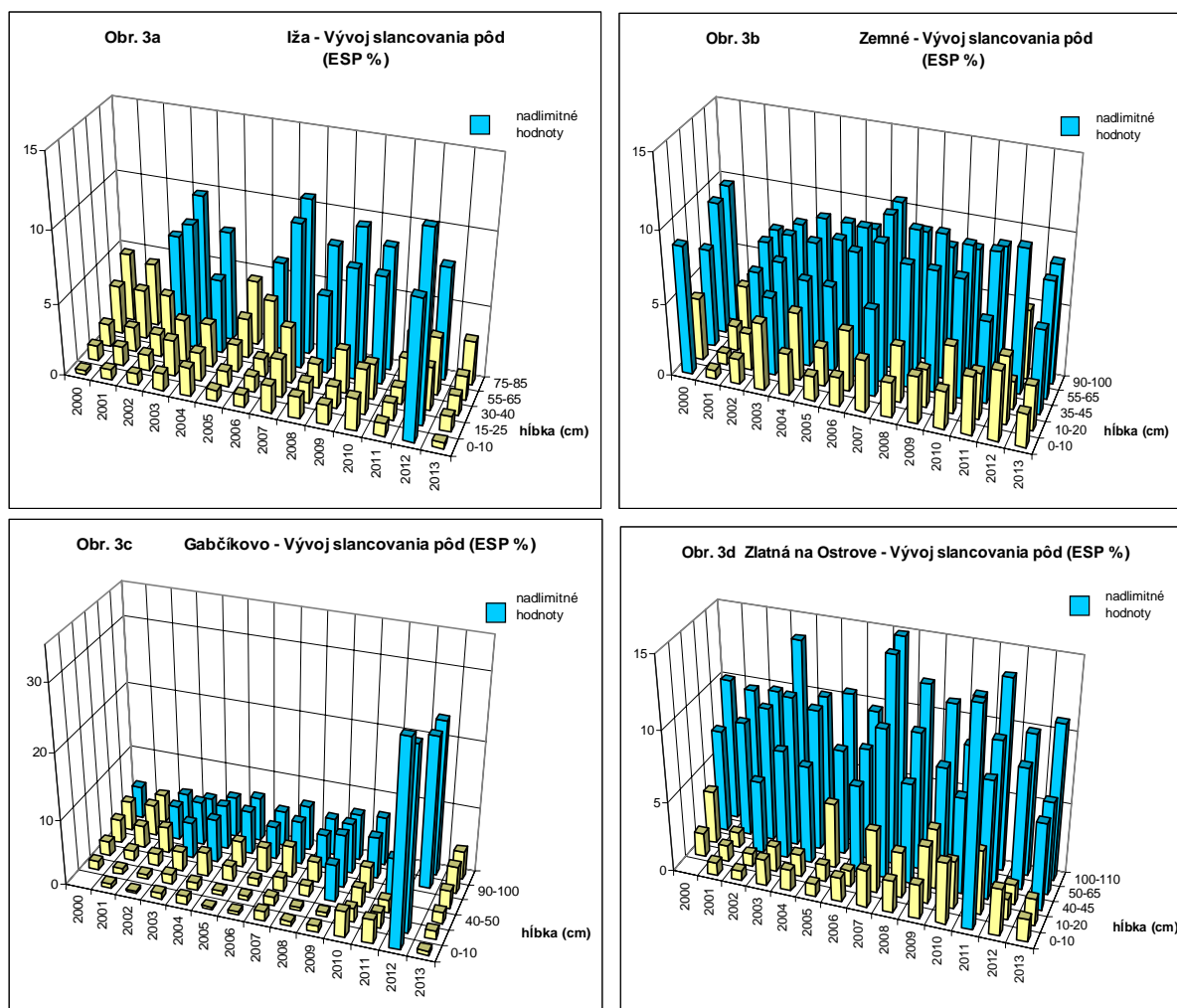
Sodifikácia pôd

V lokalitách Iža a Gabčíkovo sme v roku 2013 znamenali hodnoty obsahu výmenného sodíka (ESP) pod spodnou hranicou slabej sodifikácie 5% (Tab. 3). Obsah výmenného sodíka v sorpčnom komplexe v rozmedzí 5-10 % indikujúci slabú sodifikáciu bol zistený na lokalitách Komárno-Hadovce, Zemné a Zlatná na Ostrove v podorničných horizontoch. Na lokalite Malé Raškovce v hĺbke 120-130 cm a na lokalitách Kamenín a Žiar nad Hronom v celom pôdnom profile bol veľmi vysoký (nad 20 %) obsah výmenného sodíka charakterizujúci typické slance.

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 Kamenín a Žiar nad Hronom v celom pôdnom profile a na lokalite Malé Raškovce v hĺbke 120-130 cm (Tab.2).

Vývoj sodifikácie pôd

Vývoj sodifikácie pôd definovanej 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.



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

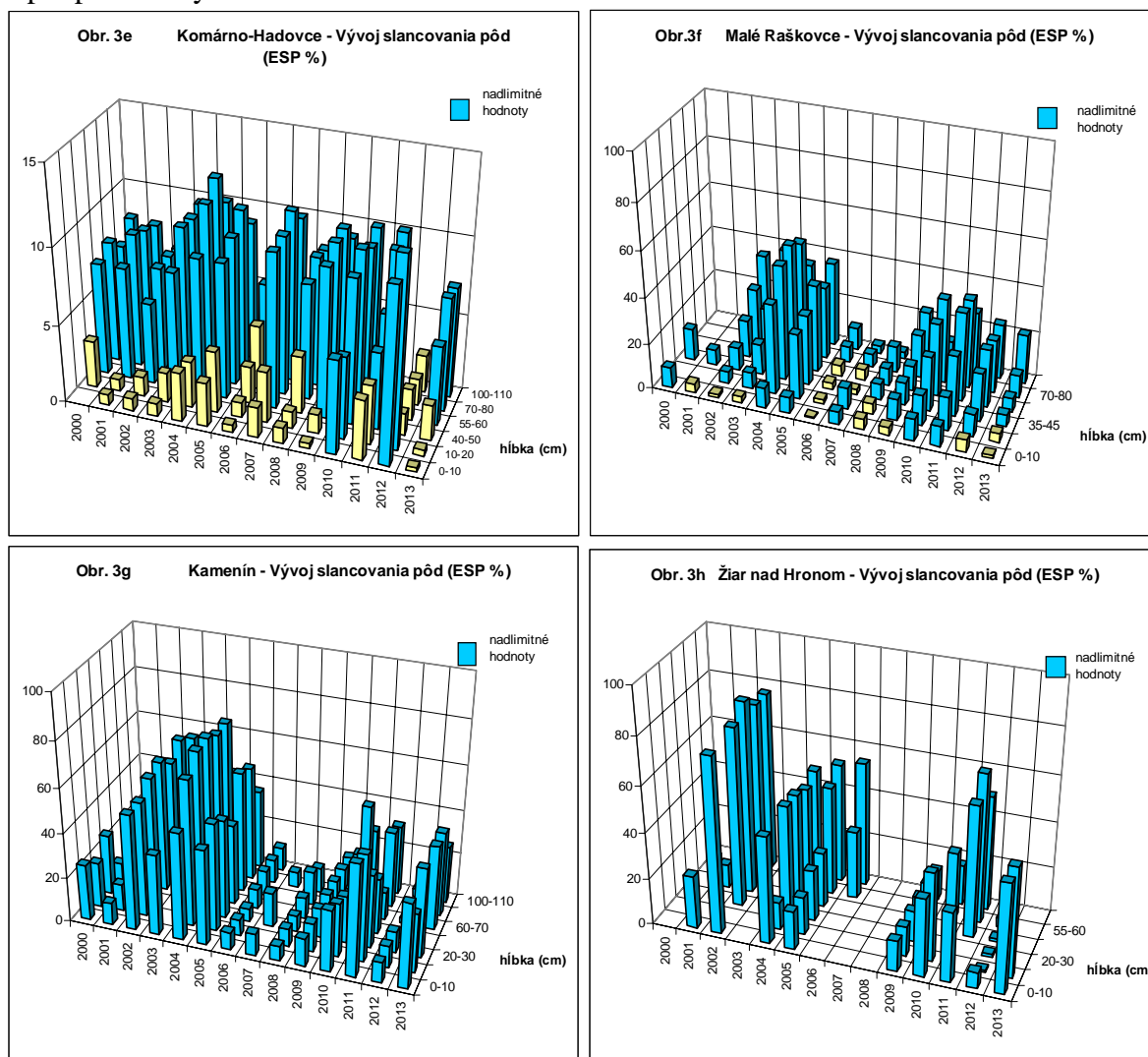
Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	Obsah výmenného sodíka (%)													
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Iža 400180	Akpc	0-10	0.3	0.7	0.8	1.2	2.0	0.8	0.9	1.9	1.5	1.3	2.2	0.9	9.6	0.4
	Akpc	15-25	1.0	1.3	1.1	2.5	2.0	1.1	1.1	2.7	1.4	1.6	3.1	1.2	13.0	1.1
	Amčc	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	1.4
	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	1.7
	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	3.1
Gabčíkovo 400176	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	4.9	2.3
	Akpc	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	4.8	3.2
	A/CGo(Bn)	40-50	6.9	1.8	6.0	7.0	6.1	6.0	8.7	9.6	8.5	8.4	8.3	5.7	2.0	5.9
	CGro(Bn)	65-75	9.3	3.7	7.2	8.0	7.8	8.3	9.5	10.6	9.9	10.0	9.5	9.4	10.0	8.2
		90-														
	CGr(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	4.9	8.4
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	100-110		0.7	0.4	1.0	1.2	0.4	0.5	1.4	0.8	0.9	4.0	3.6	30.2	0.6
	Akpc	0-10	1.2	0.9	0.8	1.6	1.1	0.6	0.6	1.3	0.5	0.6	2.1	2.4	27.4	1.2
	Amčc	10-20	2.2	1.6	1.8	2.9	3.6	2.2	1.1	2.1	1.6	5.7	2.9	1.9	-	1.7
	A/CGo	40-45	3.6	3.4	3.9	5.4	6.7	4.0	3.7	4.7	3.1	8.1	3.9	6.1	-	2.7
	CGroc(Bn)	50-65	4.5	4.7	5.2	6.6	6.8	6.6	5.0	6.6	5.2	7.7	6.3	5.2	22.9	4.2
		100-110	5.0	4.3	5.2	5.2	6.1	6.8	5.4	6.9	5.7	7.1	7.3	5.4	23.4	4.4
Komárno - Hadovce 400178	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	3.3	1.6
	Akpc	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	1.5	1.9
	A/CGoc(Bn)	40-50	3.8	1.1	5.2	7.7	6.9	4.6	6.2	10.5	7.1	4.3	6.8	8.4	1.4	6.1
	CGoc(Bn)	55-60	7.3	8.2	9.5	10.6	10.0	7.5	7.9	14.5	9.7	7.6	9.5	10.1	8.6	6.6
	CGoc(Bn)	70-80	10.1	9.7	9.9	13.7	10.1	10.6	9.7	16.1	12.2	11.1	11.9	13.4	10.0	11.0
		100-110		0.7	0.8	0.8	3.2	2.9	0.5	2.0	1.0	0.4	6.1	3.9	11.2	0.3
Zemné 400179	Akpc	0-10	3.0	0.8	1.3	1.9	3.0	4.0	1.0	3.4	1.1	1.2	5.3	3.9	12.2	0.4
	A/CGoc(Bn)	10-20	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	2.3
	CGroc(Bn)	35-45	7.9	8.7	6.8	9.7	11.4	9.6	4.2	10.2	7.5	10.4	10.3	6.6	2.0	5.2
	CGroc(Bn)	55-65	6.9	8.2	6.8	9.5	12.3	10.6	6.1	11.0	8.4	10.5	9.6	9.7	1.8	7.3
		90-100	8.0	7.8	6.5	9.7	10.1	9.0	6.5	9.9	8.1	9.2	10.1	10.1	2.4	7.2
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	37.8
	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	26.6
	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	40.2
	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	38.0
	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	38.4
		90-100	-	-	-	-	42.2	35.5	10.7	-	2.3	12.4	27.2	31.2	3.8	26.0
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	9.8	8.9	5.5	1.3
	Akp	20-30	-	-	5.2	7.1	39.5	28.5	2.1	9.6	4.9	9.1	13.3	15.0	9.9	3.7
	Akp	35-45	14.0	6.7	9.7	13.7	50.4	31.0	3.0	2.3	7.1	10.0	23.7	26.4	21.0	5.4
	Aoe	50-60	-	-	16.4	23.5	53.9	38.2	4.8	4.9	7.9	11.2	31.9	38.9	25.1	6.1
	Bn	70-80	-	-	24.8		49.4	31.9	7.1	6.0	11.5	18.9	36.9	38.8	23.1	9.8
		120-130	-	-	34.7	38.9	34.6	37.1	9.6	3.6	2.8	23.4	12.0	27.2	24.1	21.5
Žiar nad Hronom 400063	AoGo	0-10	-	22.9	75.6	-	46.3	16.5	-	-	-	13.1	33.6	30.3	6.9	46.9
	AoGo	10-20	-	-	-	-	11.8	16.4	-	-	-	12.8	38.2	-	0.9	47.6
	AoGo	20-30	-	19.3	77.2	-	47.9	22.0	-	-	-	13.2	-	-	1.4	-
	Gro	30-45	-	10.0	82.9	-	47.4	23.8	-	-	-	13.1	-	57.0	1.4	-
	Gro	55-65	-	-	77.0	-	44.4	46.9	29.6	-	-	13.1	28.8	64.8	3.7	-
	Gro	75-85	-	-	76.8	-	47.4	51.9	54.2	-	-	13.0	17.2	49.6	4.3	-

Poznámka: údaje vyznačené tučne signalizujú prítomnosť soľných procesov

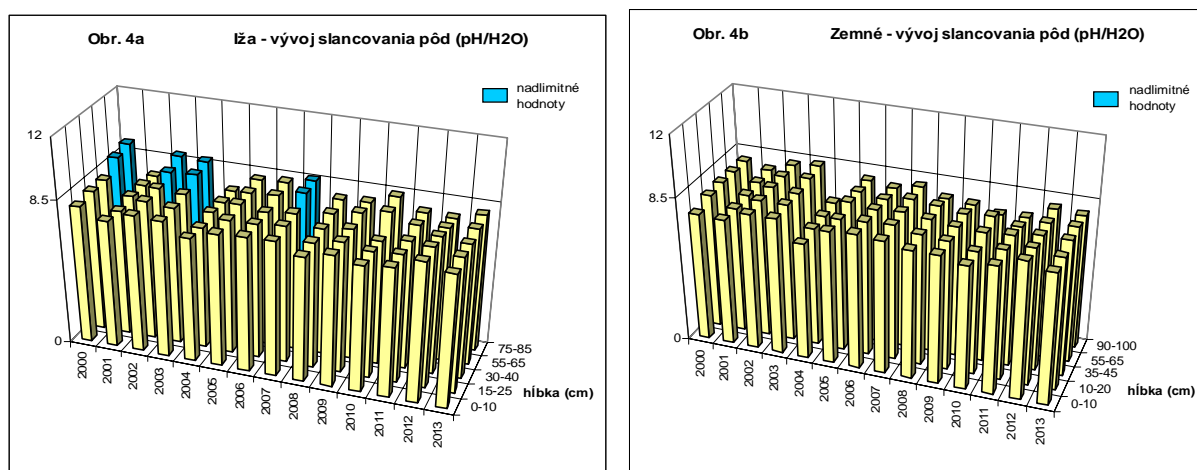
Slabá sodifikácia (ESP 5-10 %) prebieha v pôdach lokalít Iža, Gabčíkovo a Zemné, pričom na stanovištiach Iža a Gabčíkovo je prítomné v hĺbkach pôdneho profilu pod 0,6 m - takzvaná hlboká sodifikácia, na stanovišti Zemné je už pod orniciou v hĺbke 0,35 m. Pokročilejší stupeň – sodifikácia prebieha na stanovištiach Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce, kde predovšetkým v hlbších horizontoch zaznamenávame hodnoty ESP nad 10 %.

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.

Z hľadiska vývoja za posledných 15 rokov sme zaznamenali pokles hodnôt ESP v podpovrchových horizontoch na lokalite Žiar nad Hronom.



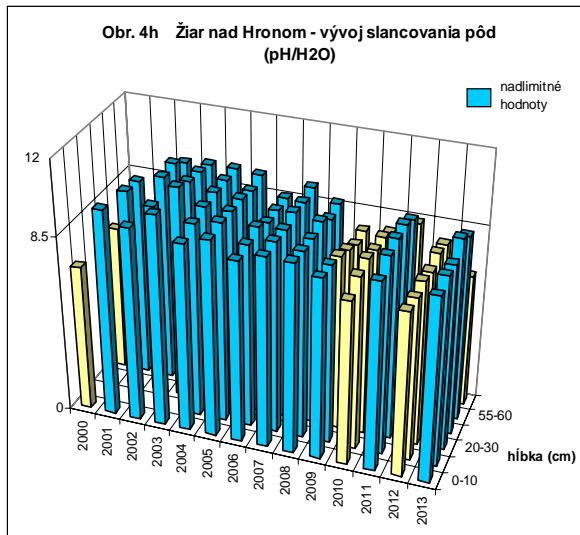
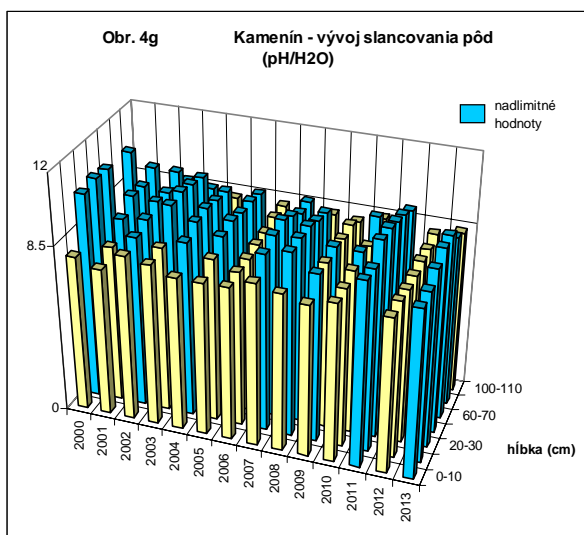
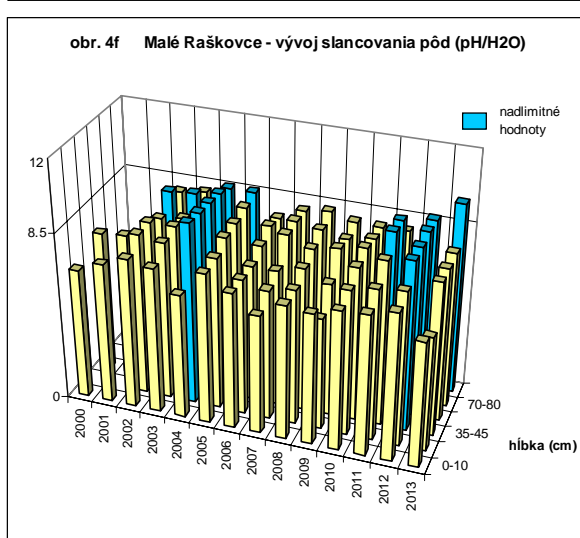
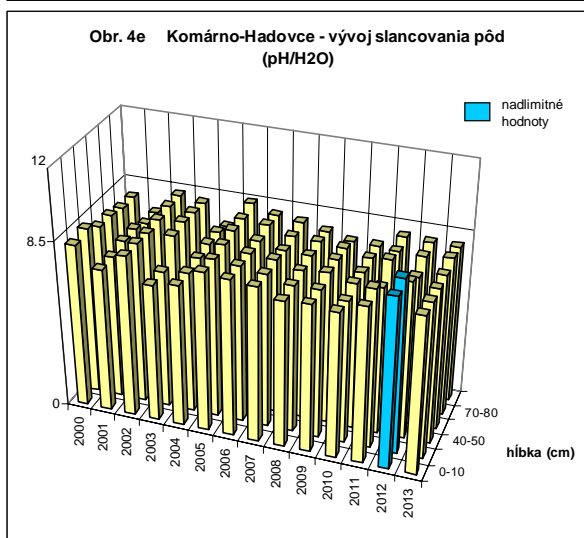
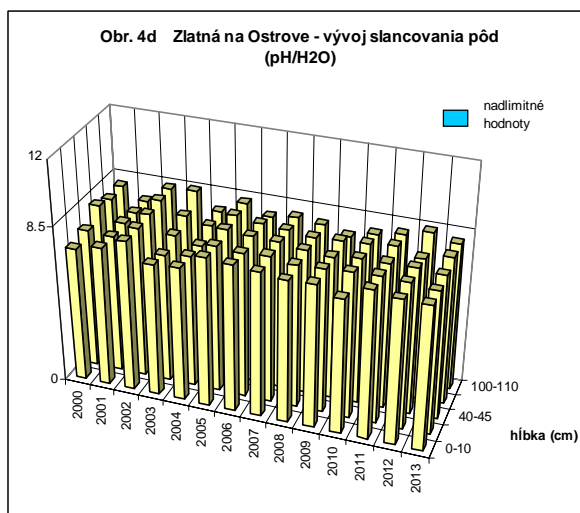
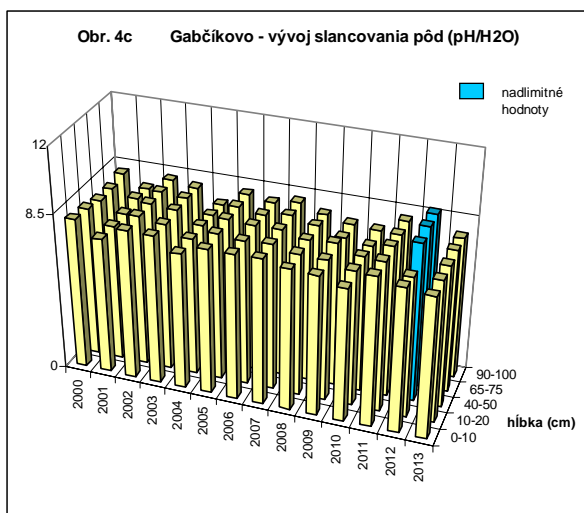
Sodifikácia pôd definovaná pôdnou reakciou $\text{pH} > 7,3$ je zhrnutá v Tab.7 a Obr.4a-g. Z nameraných hodnôt vyplýva, že pôdna reakcia monitorovaných pôd a horizontov je alkalická až silno alkalická ($\text{pH} 7,3 - 10$). Len ojedinele sme zaznamenali neutrálnu pôdnú reakciu.



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	2013
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	7.8
	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	7.9
	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	7.9
	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	8.0
	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	8.1
Gabčíkovo 400176	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	8.0	7.7
	Akpc	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	7.7
	A/CGo(Bn)	40-50	8.0	7.5	8.2	8.1	7.0	8.1	7.9	8.0	7.9	7.7	7.6	7.7	8.0	7.9
	CGro(Bn)	65-75	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	8.0
	CGro(Bn)	90-100	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	7.9
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	100-110	8.2	7.4	8.1	8.1	7.4	7.9	7.9	7.9	7.6	7.6	7.2	8.1	7.8	7.6
	Akpc	0-10	8.1	7.4	8.2	8.0	7.5	8.0	7.9	8.0	7.7	7.7	7.4	8.1	7.6	7.7
	Amčc	10-20	7.9	7.4	8.2	8.1	7.5	8.1	8.0	8.0	7.8	7.8	7.4	8.2	8.6	7.7
	A/CGo	40-45	7.9	7.6	8.2	8.1	7.4	8.1	7.9	8.1	7.8	7.4	7.2	8.1	8.8	7.8
	CGroc(Bn)	50-65	8.1	7.5	8.2	8.0	7.3	8.1	7.9	8.1	7.7	7.5	7.4	8.1	8.7	7.7
Komárno - Hadovce 400178	CGroc(Bn)	100-110	8.0	7.4	8.1	7.8	7.2	7.9	7.8	8.1	7.8	7.4	7.6	8.2	8.6	7.8
	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	7.8	7.8
	Akpc	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	7.9	7.8
	A/CGoc(Bn)	40-50	8.3	7.6	8.3	7.4	7.1	8.2	8.1	8.0	7.9	7.8	7.9	8.0	8.0	7.9
	CGoc(Bn)	55-60	8.0	7.5	8.4	7.8	7.5	8.3	8.1	8.0	7.9	7.9	8.0	8.2	7.7	8.1
Zemné 400179	CGoc(Bn)	70-80	8.1	7.5	8.4	8.5	7.6	8.3	7.8	8.0	7.9	7.5	7.8	8.1	8.4	8.1
	Akpc	100-110	8.3	7.3	8.2	7.0	7.2	8.1	8.0	7.9	7.4	7.5	7.4	7.9	8.6	8.0
	Akpc	0-10	8.5	7.3	8.2	7.0	7.2	8.1	8.0	7.8	7.5	7.5	7.2	8.1	8.8	7.9
	A/CGoc(Bn)	10-20	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	7.9
	CGroc(Bn)	35-45	8.0	7.5	8.2	8.3	7.4	8.3	8.0	7.7	7.7	7.8	7.3	8.2	7.6	7.9
Kamenín 400138	CGroc(Bn)	55-65	7.8	7.2	8.3	8.2	7.4	8.3	8.2	7.9	7.8	7.7	7.4	8.0	8.0	8.1
	Ame	90-100	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	8.5
	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	8.7
	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	9.1
	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	9.4
Malé Raškovce 400229	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	9.4
	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	8.7
	Bn	90-100	-	-	-	-	8.2	8.6	8.2	8.6	8.2	8.0	8.4	9.0	8.0	8.3
	Bn	0-10	6.6	7.1	7.6	7.4	6.3	7.6	6.9	6.0	6.8	6.6	7.8	7.1	7.5	6.3
	Akp	20-30			8.2	8.0	9.2	7.7	6.9	6.6	6.9	5.7	8.3	7.6	7.8	5.8
Žiar nad Hronom 400063	Akp	35-45	7.2	7.3	8.2	8.2	9.1	8.1	6.9	6.9	7.3	6.7	8.5	8.4	8.6	7.8
	Aoe	50-60			7.8	8.0	9.0	8.2	7.3	8.1	7.6	7.9	8.2	9.1	8.6	7.8
	Bn	70-80			8.6	8.7	8.9	8.4	7.7	8.2	8.0	7.7	8.2	9.0	8.7	7.9
	Bn	120-130			8.0	8.2	8.6	8.6	7.5	8.1	8.3	7.9	7.8	7.9	8.7	9.7
	Gro	30-45	7.0	9.5	9.9	9.9	9.6	9.5	8.6	9.3	9.1	8.0	8.1	9.6	7.7	9.4
Žiar nad Hronom 400063	Gro	55-65			10.0	9.8	9.6	9.3	8.6	9.2	8.6	7.6	7.9	9.2	7.9	8.9
	Gro	75-85			9.5	9.6	9.6	9.5	8.6	9.3	8.8	7.7	7.9	8.5	7.7	6.4

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.

Vo vývoji pôdnej reakcie zaznamenávame pomerne výrazný pokles pH, predovšetkým vo väčších hĺbkach, na lokalite Žiar nad Hronom a v menšej miere aj na lokalite Kamenín.

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, E_{Ce}, 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 realizujeme 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 2013 (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 nebola prekročená ani na jednej lokalite. Celkový obsah solí (RL₂) presiahol rizikovú hodnotu 1000 mg.l⁻¹ len 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 2013

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	74	656	355	12	275	23	88	126	33	14	3.0	0.3
	IX	8.1	90	1103	992	<3,0	479	106	299	135	63	115	2.1	2.0
Zemné 400179	V	8.1	44	422	237	12	291	10	56	94	30	15	7.7	0.3
	IX	8.3	44	670	386	<3,0	400	16	56	120	11	20	0.9	0.5
Gabčíkov o 400176	V	7.6	93	1125	784	25	211	50	333	79	28	6	0.9	0.2
	IX	8.0	67	743	514	<3,0	259	39	200	164	33	9	2.2	0.2
Zlatná na Ostrove 400177	V	8.0	31	300	162	31	448	<10	20	67	68	44	0.6	0.9
	IX	8.1	111	1450	1072	<3,0	857	109	358	128	52	247	2.3	4.6
Komárno -Hadovce 400178	V	7.7	161	1866	1296	9	202	132	568	84	14	17	0.6	0.5
	IX	8.0	151	1529	1171	<3,0	857	146	506	175	85	249	2.8	3.9

Zhodnotenie výsledkov

Pre rok 2013 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. Z hľadiska vývoja zaznamenávame pokles všetkých indikátorov salinizácie aj sodifikácie na antropogénne zasolenej pôde lokality Žiar nad Hronom. Na slanci lokality Kamenín sledujeme mierny pokles obsahu solí a elektrickej vodivosti a v slabo zasolenej čiernici černozeľnej lokality Komárno-Hadovce takisto pokles celkového obsahu solí a aj hodnôt pH.

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.

Použitá 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: Návod na cvičenie z pôdoznamectva, Príroda, Bratislava
VALLA, M., a kol., 1983: Cvičení z půdoznalství II., SPN, Praha.

6.2 Kontaminácia pôd

Hodnotenie kontaminácie pôd na príklade kľúčových lokalít

Úvod

V roku 2013 boli odobrané, spracované, analyzované a vyhodnotené pôdne vzorky kľúčových lokalít (rok odberu 2013) zo Základnej siete ČMS – pôda. Sú to kľúčové lokality:

- Topoľníky (400 100)
- Liesek (400 332)
- Stakčín (400 333)
- Voderady (400 114)
- Dvorníky (400 023)
- Raková (400 059)
- Malanta (400 334)
- Nacina Ves (400 223)
- Istebné (400 092)
- Žiar nad Hronom (400 003)
- Krompachy (400 335)
- Koš (400 062)
- Moravský Ján (400 111)
- Macov 1 (400 336)
- Macov 2 (400 337)
- Chopok (400 338)
- Jelšava (400 250)
- Donovaly (400 013)
- Sihla (400 055)
- Sitno (400 340)
- Spišská Belá (400 322)

Na týchto lokalitách je každoročne vyhodnocovaný a sledovaný vývoj obsahu vybraných monitorovaných rizikových prvkov (rozklad lúčavkou kráľovskou).

Stručná charakteristika monitorovaných sond

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

Liesek (400 332) - na monitorovanom mieste je vyvinutý pseudoglej kultizemný na polygenetických sprašových hlinách.

Stakčín (400 333) - na monitorovanom mieste je vyvinutý pseudoglej kultizemný na polygenetických sprašových hlinách. Pôdna sonda má prekročený hygienický limit pre Co podľa Z.z. 220/2004 (tab. 1).

Voderady (400 114) - na monitorovanom mieste je vyvinutá černozem kultizemná na spraši.

Dvorníky (400 023) - na monitorovanom mieste je vyvinutá fluvizem kultizemná nekarbonátová na fluviálnych sedimentoch. Pôdna sonda má prekročený hygienický limit v lúčavke kráľovskej pre Cd, Cu, Pb a Zn a aj limitné hodnoty Cd a Zn vo vzťahu rastlina – poľnohospodárska pôda vo výluhu 1mol/l dusičnanu amónneho boli prekročené podľa Z.z. 220/2004 (tab. 1, 2).

Raková (400 059) - na monitorovanom mieste je vyvinutá kambizem na flyši. Pôdna sonda má prekročený hygienický limit pre Pb podľa Z.z. 220/2004 (tab. 1).

Malanta - Nitrianske Hrnčiarovce (400 334) - na monitorovanom mieste je vyvinutá hnadozem na sprašiach

Istebné (400 092) - na monitorovanom mieste je vyvinutá kambizem pseudoglejová na flyši Žiar n/Hronom - Horné Opatovce (400 003) - na monitorovanom mieste je vyvinutá luvizem pseudoglejová na polygenetických sprašových hlinách.

Krompachy (400 335) - na monitorovanom mieste je vyvinutá kambizem na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach. Pôdna sonda má prekročený hygienický limit v lúčavke kráľovskej pre As, Cd, Cu, Pb a Zn a aj limitné hodnoty Cd, Cu, Pb a Zn vo vzťahu rastlina – poľnohospodárska pôda vo výluhu 1 mol/l dusičnanu amónneho boli prekročené podľa Z.z. 220/2004 (tab. 1, 2).

Koš (400 062) - na monitorovanom mieste je vyvinutý pseudoglej kultizemný nasýtený na polygenetických sprašových hlinách. Pôdna sonda má zvýšený obsah As (tab. č. 1).

Moravský Ján (400 111) - na monitorovanom mieste je vyvinutá regozem na nekarbonátových viatých pieskoch

Macov 1 (400 336) - na monitorovanom mieste je vyvinutá čiernica na karbonátových fluviálnych sedimentoch

Macov 2 (400 337) - na monitorovanom mieste je vyvinutá čiernica na karbonátových fluviálnych sedimentoch

Chopok (400 338) - na monitorovanom mieste je vyvinutý ranker na kyslých substrátoch – vysokohorská poloha nad hornou hranicou lesa. Pôdna sonda má prekročený hygienický limit pre Cd, Pb podľa Z.z. 220/2004 (tab. 1).

Jelšava (400 250) - na monitorovanom mieste je vyvinutý pseudoglej luvizemný kultizemný nasýtený na svahovinách s nekarbonátovými balvanmi

Donovaly (400 013) - na monitorovanom mieste je vyvinutá rendzina karbonátová. Pôdna sonda má prekročený hygienický limit pre As, Cd, Pb a Zn podľa Z.z. 220/2004 (tab. 1).

Sihla (400 055) - na monitorovanom mieste je vyvinutá kambizem na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach. Pôdna sonda má prekročený hygienický limit pre Pb podľa Z.z. 220/2004 (tab. 1).

Sitno (400 340) - na monitorovanom mieste je vyvinutá andozem na vulkanitoch. Pôdna sonda má prekročený hygienický limit pre Cd, Pb podľa Z.z. 220/2004 (tab. 1).

Spišská Belá (400 322) - na monitorovanom mieste je vyvinutá čiernica na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch.

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

Sledované parametre a metóda analýzy

V monitorovanom systéme ČMS - pôda bol vyhodnotený vývojový trend hygienického stavu pôd pre obsah rizikových prvkov As, Cd, Cr Cu, Ni, Pb, Zn (rozklad lúčavkou kráľovskou) za rok 2002 až 2013.

Pri prekročení limitných hodnôt rizikových prvkov As, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn sa v zmysle naplnenia Z. z. 220/2004 vzorky analyzovali vo výluhu 1 mol.l⁻¹ dusičnanu amónneho.

Dosiahnuté výsledky

Priemerné obsahy určených rizikových prvkov pre hodnotené kľúčové lokality za sledované obdobie rokov 2002 až 2007 sú uvedené v tab. 1. Pričom prekročené limitné hodnoty sa v zmysle naplnenia Z. z. 220/2004 analyzovali vo výluhu 1 mol.l⁻¹ dusičnanu amónneho (tab. 2).

Tab. 1 Hodnoty rizikových prvkov v lúčavke kráľovskej

Piesočnato-hlinitá, hlinitá pôda		Rozklad lúčavkou kráľovskou							
		mg.kg ⁻¹							
Lokalita	IČS	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
pH(CaCl ₂) > 6	Limit	25	0,7	15	70	60	50	70	150
pH(CaCl ₂) < 6 (1)	Limit	25	0,4	15	70	60	40	70	100
pH(CaCl ₂) < 5 (2)	Limit	25	0,4	15	70	60	40	25	100
Topoľníky	400 100	11,03	0,30	9,36	48,12	32,21	33,97	19,31	80,26
Liesek (2)	400 332	6,98	0,22	4,60	34,36	10,73	15,47	18,34	47,99
Stakčín	400 333	7,10	0,22	15,34	40,67	26,24	29,82	23,64	79,81
Voderady	400 114	8,10	0,26	7,89	40,10	22,97	28,20	16,76	65,38
Dvorníky	400 023	11,09	8,76	9,49	26,77	107,85	11,13	1136,57	1121,83
Raková (2)	400 059	6,08	0,34	11,84	53,15	20,76	39,32	25,66	78,30
Malanta (1)	400 334	7,26	0,23	9,59	37,72	21,98	26,96	16,23	58,96
Istebné	400 092	5,88	0,15	8,31	45,99	15,85	24,62	18,68	66,64
Žiar nad Hronom (1)	400 003	16,82	0,29	9,82	32,51	15,87	16,19	37,19	67,52
Krompachy (1)	400 335	88,63	1,13	8,58	37,87	308,30	23,78	95,10	394,63
Koš	400 062	12,51	0,08	7,28	35,24	12,82	16,44	15,39	54,72
Moravský Ján (2)	400 111	2,32	0,07	2,73	13,68	7,02	6,21	9,29	25,02
Macov 1	400 336	7,34	0,48	6,72	37,79	21,34	23,71	15,12	64,25
Macov 2	400 337	8,75	0,39	7,35	40,84	21,90	24,84	16,26	64,50
Chopok (2)	400 338	10,95	0,56	0,10	29,78	8,95	7,97	86,74	32,20
Jelšava	400 250	10,29	0,13	7,99	41,97	13,46	16,66	24,11	69,81
Donovaly	400 013	25,87	1,73	5,59	45,66	25,10	19,96	84,92	174,15
Sihla (2)	400 055	5,81	0,15	3,42	13,78	7,70	4,75	40,36	51,29
Sitno (2)	400 340	6,81	0,53	5,63	18,31	26,43	8,94	84,10	112,74
Spišská Belá	400 322	9,15	0,24	8,18	40,15	21,14	28,93	21,58	65,75
Ílovito-hlinitá, íl		Rozklad lúčavkou kráľovskou							
(mg/kg)	Limit	30	1	20	90	70	60	115	200
Lokalita	IČS	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Nacina Ves	400 223	9,84	0,40	14,34	73,91	38,54	61,75	23,84	104,33

Limity - podľa Z.z. 220/2004 – 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

Tab. 2 Hodnoty vo výluhu 1mol/l dusičnanu amónneho

		mg.kg ⁻¹					
	IČS	As	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Lokalita	Limit	0,4	0,1	1	1,5	0,1	2
Dvorníky	400 023		0,20	<0,02	-	0,167	9,25
Krompachy	400 335	0,06	0,018	0,130	-	0,29	3,83

Limity - podľa Z.z. 220/2004 – 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

Vyhodnotenie vybraných kľúčových lokalít za obdobie rokov 2002 až 2013

Vo vybraných kľúčových lokalitách za monitorované 12-ročné obdobie sa sledovala zmena obsahu určených rizikových prvkov v A- horizonte (hĺbka odberu 0-10cm). Stanovila sa priemerná (Xp), minimálna (Xmin) a maximálna hodnota (Xmax) obsahu rizikového prvku a koeficient variácie za sledované obdobie.

Kľúčová lokalita – Topoľníky (400 100)

Tab. 3 Základná popisná štatistika na lokalite Topoľníky

mg.kg ⁻¹	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,76	0,09	1,84	10,30	4,97	5,32	5,46	9,62
Priemerný obsah	11,03	0,30	9,36	48,12	32,21	33,97	19,31	80,26
Koeficient variability %	6,89	30,05	19,69	21,42	15,43	15,67	28,29	11,99
Minimálna hodnota	9,82	0,15	6,09	19,90	21,10	25,00	11,50	61,95
Maximálna hodnota	12,77	0,41	12,10	60,70	37,99	42,60	29,60	93,52

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 11,03 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 9,82 do 12,77 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 6,89% (tab. 3 a obr. 1).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,30 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,15 do 0,41 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je pomerne vysoká 30,05% (tab. 3 a obr. 3).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 9,36 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 6,09 do 12,1 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 19,69% (tab. 3 a obr. 1).

Chróom

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 48,12 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 19,9 do 60,70 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 19,69% (tab. 3 a obr. 2).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 32,21 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 21,1 do 37,99 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 15,43% (tab. 3 a obr. 2).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 33,97 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 25,0 do 42,6 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 15,67% (tab. 3 a obr. 2).

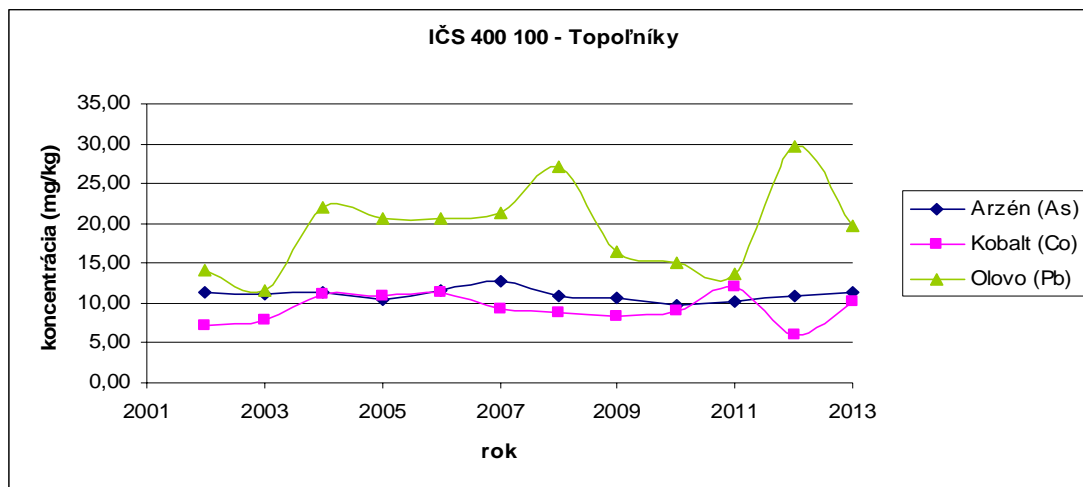
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 19,31 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 11,5 do 29,6 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 28,29% (tab. 3 a obr. 1).

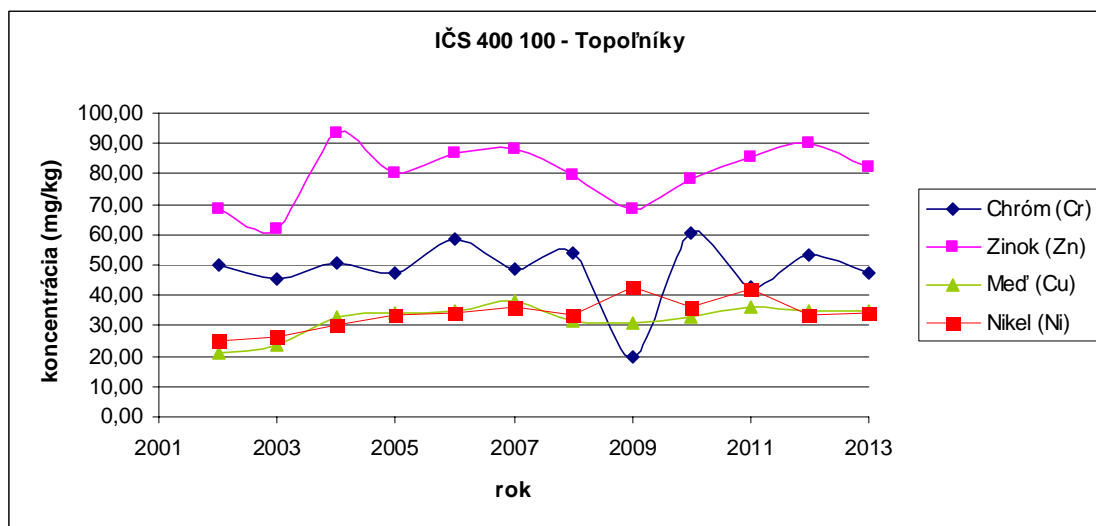
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 80,26 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 61,95 do 93,52 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 11,99% (tab. 3 a obr. 2).

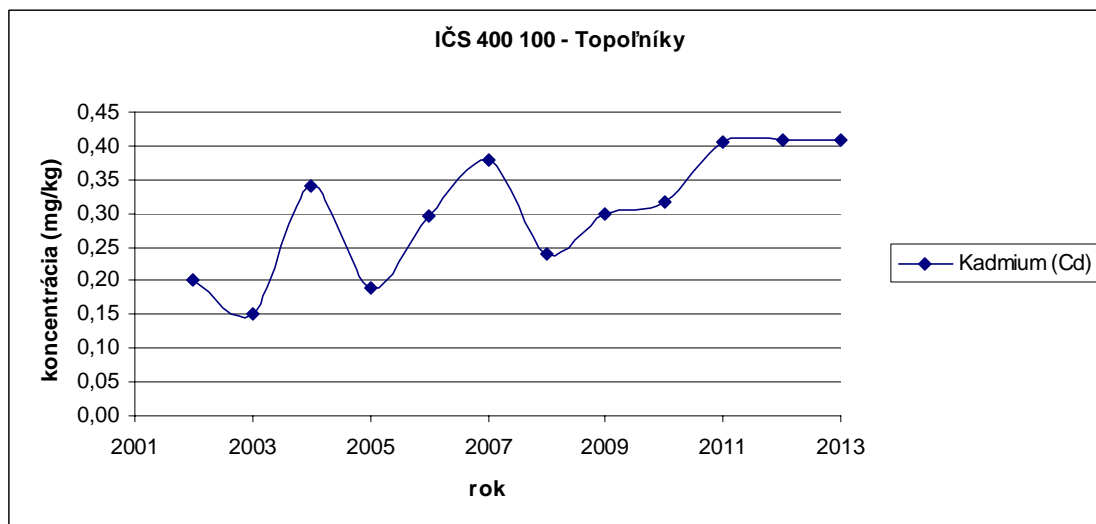
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Kľúčová lokalita – Liesek (400 332)

Tab. 4 Základná popisná štatistika na lokalite Liesek

mg.kg⁻¹	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	1,50	0,05	1,54	5,10	4,76	6,24	4,10	7,06
Priemerný obsah	6,98	0,22	4,60	34,36	10,73	15,47	18,34	47,99
Koeficient variability %	21,56	23,47	33,48	14,84	44,34	40,33	22,35	14,72
Minimálna hodnota	4,48	0,12	2,00	27,30	7,41	9,97	10,80	35,70
Maximálna hodnota	10,80	0,29	7,83	42,40	25,10	33,40	26,90	66,40

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 6,98 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 4,48 do 10,8 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 21,56% (tab. 4 a obr. 4).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,22 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,12 do 0,29 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 23,47% (tab. 4 a obr. 6).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 4,6 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 2,00 do 7,83 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 33,48% (tab. 4 a obr. 4).

Chróom

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 34,36 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 27,3 do 42,4 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 14,84% (tab. 4 a obr. 5).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 10,73 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 7,41 do 25,1 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 44,34% (tab. 4 a obr. 5).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 15,47 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 9,97 do 33,40 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 40,33 (tab. 4 a obr. 5).

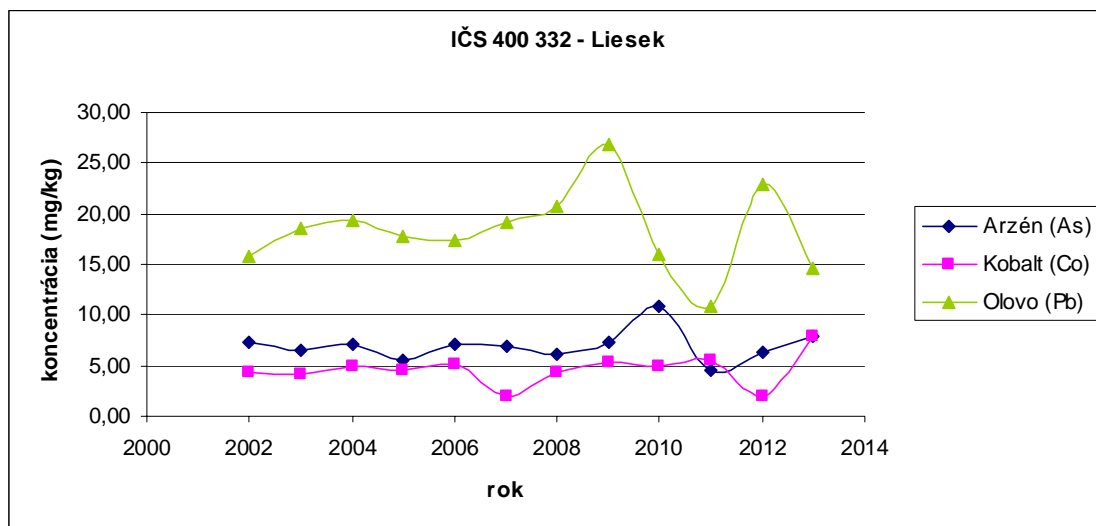
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 18,34 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 10,8 do 26,90 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 22,35% (tab. 4 a obr. 4).

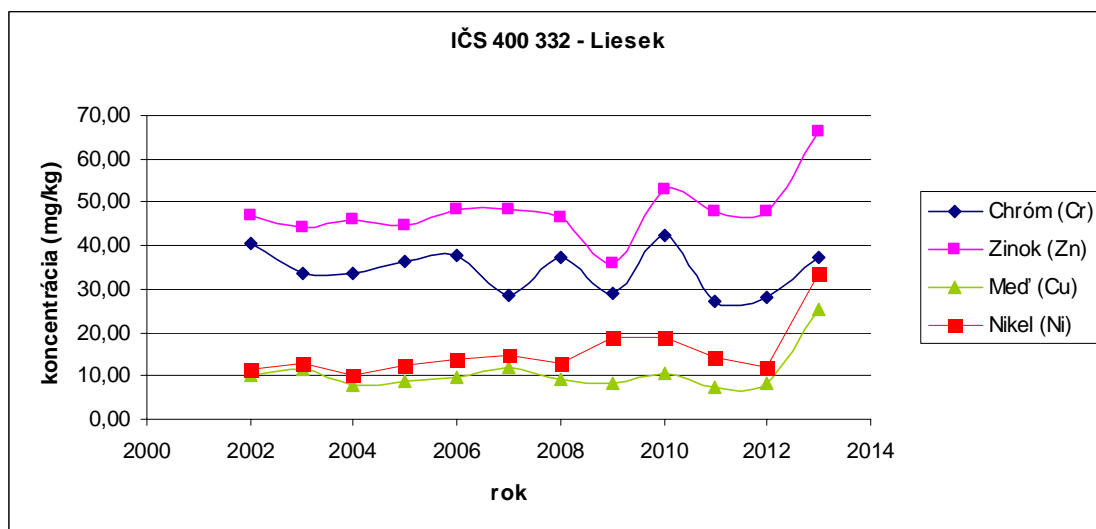
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 47,99 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 35,70 do 66,40 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 14,72 (tab. 4 a obr. 5).

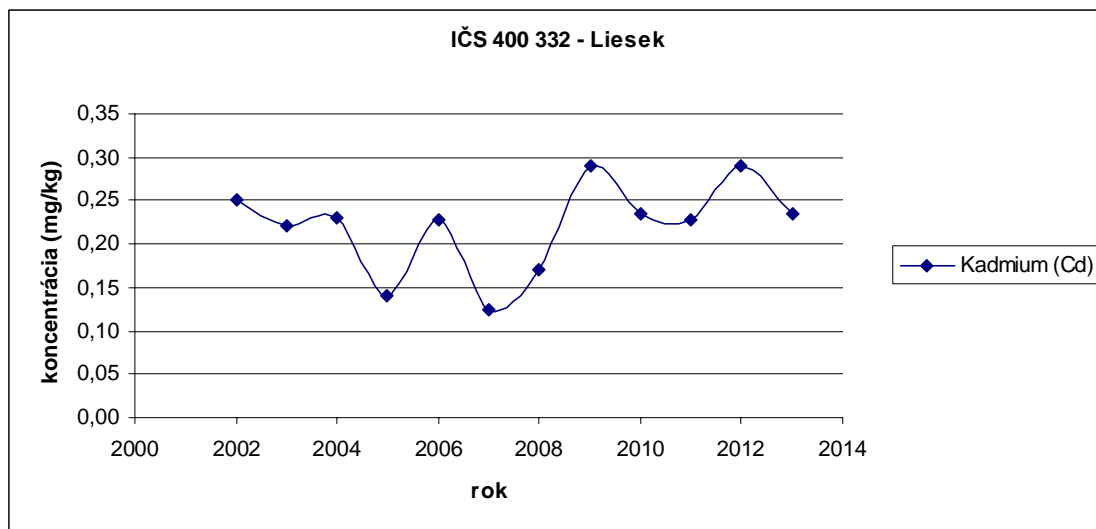
Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6



Kľúčová lokalita – Stakčín (400 333)

Tab. 5 Základná popisná štatistika na lokalite Stakčín

(mg.kg ⁻¹)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	1,59	0,06	2,61	9,82	3,49	5,16	4,67	6,82
Priemerný obsah	7,10	0,22	15,34	40,67	26,24	29,82	23,64	79,81
Koeficient variability %	22,37	25,69	17,03	24,14	13,30	17,31	19,74	8,54
Minimálna hodnota	5,16	0,10	9,38	23,20	19,90	22,80	16,90	65,90
Maximálna hodnota	11,50	0,29	18,10	58,00	32,10	40,40	32,40	94,30

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 7,10 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 5,16 do 11,50 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 22,37% (tab. 5 a obr. 7).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,22 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,1 do 0,29 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 25,69% (tab. 5 a obr. 9).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 15,34 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 9,38 do 18,10 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 17,03% (tab. 5 a obr. 7).

Chróom

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 40,67 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 23,20 do 58,00 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 24,14% (tab. 5 a obr. 8).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 26,24 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 19,9 do 32,10 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 17,31% (tab. 5 a obr. 8).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 29,82 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 22,8 do 40,4 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 17,31% (tab. 5 a obr. 8).

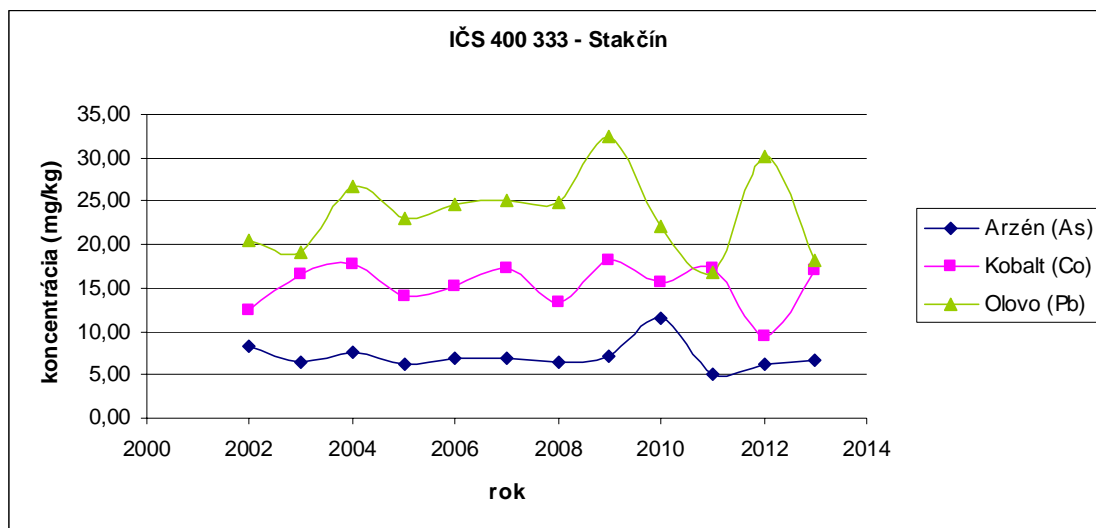
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 23,64 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 16,90 do 32,40 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 19,74% (tab. 5 a obr. 7).

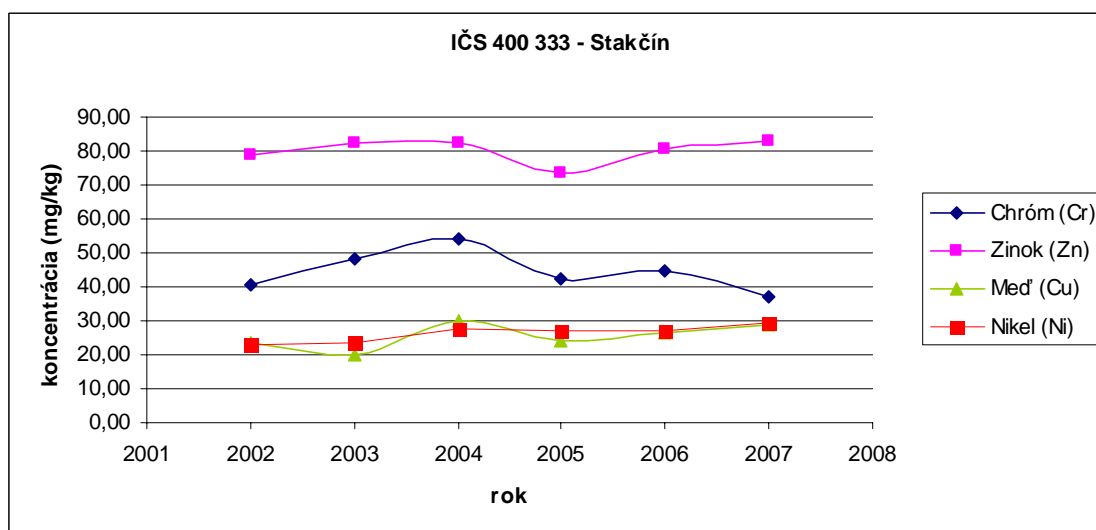
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 79,81 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 65,90 do 94,3 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 8,54% (tab. 5 a obr. 8).

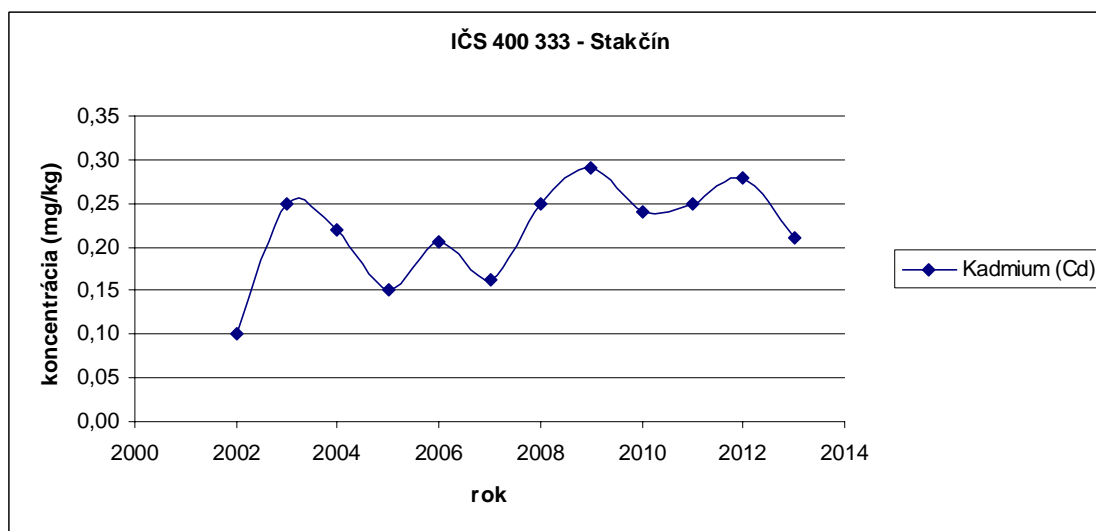
Obr. 7



Obr. 8



Obr. 9



Kľúčová lokalita – Voderady (400 114)

Tab. 6 Základná popisná štatistika na lokalite Voderady

(mg.kg ⁻¹)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	1,42	0,06	1,36	4,28	1,93	3,79	6,18	6,28
Priemerný obsah	8,10	0,26	7,89	40,10	22,97	28,20	16,76	65,38
Koeficient variability %	17,55	23,90	17,19	10,66	8,40	13,42	36,89	9,61
Minimálna hodnota	4,23	0,13	5,39	33,50	19,85	23,00	7,28	55,80
Maximálna hodnota	9,43	0,35	9,97	47,30	27,60	37,40	25,76	76,30

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 8,10 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 4,23 do 9,43 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 17,55% (tab. 6 a obr. 10).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,26 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,13 do 0,35 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je pomerne vysoká 23,90% (tab. 6 a obr. 12).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 7,89 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 5,39 do 9,97 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 17,19% (tab. 6 a obr. 10).

Chróom

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 40,10 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 33,50 do 47,30 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 10,66% (tab. 6 a obr. 11).

Meď

Priemerná hodnota meďi je za sledované obdobie 22,72 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 19,85 do 27,6 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 8,4% (tab. 6 a obr. 11).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 28,20 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 23,0 do 37,40 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 13,42% (tab. 6 a obr. 11).

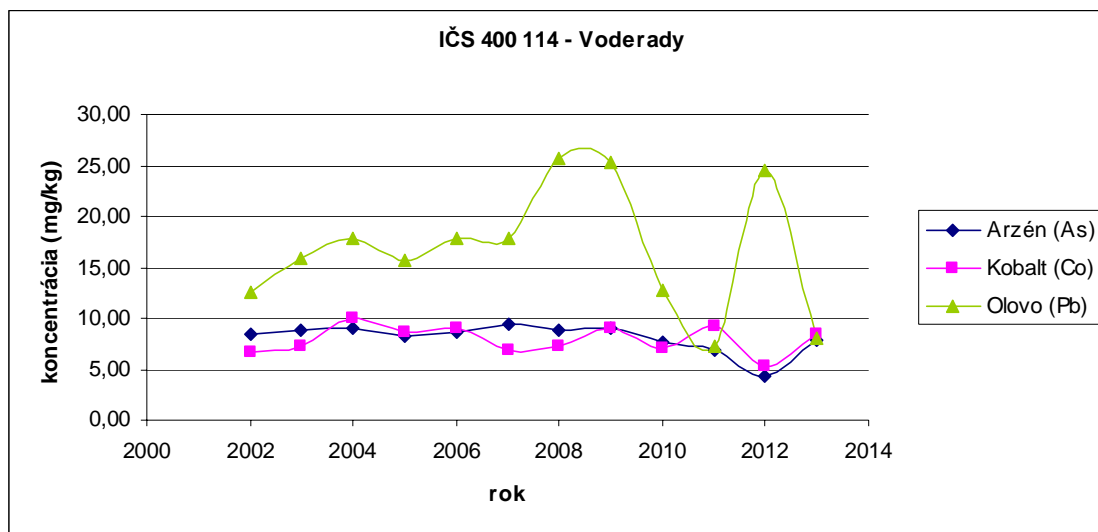
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 16,76 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 7,28 do 25,76 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 36,89% (tab. 6 a obr. 10).

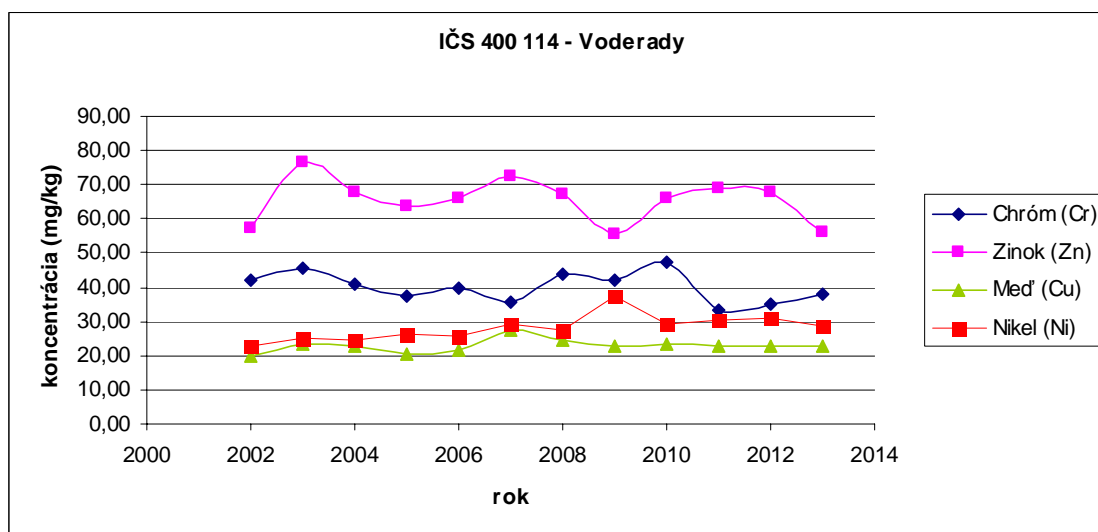
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 65,38 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 55,8 do 76,3 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 9,61% (tab. 6 a obr. 11).

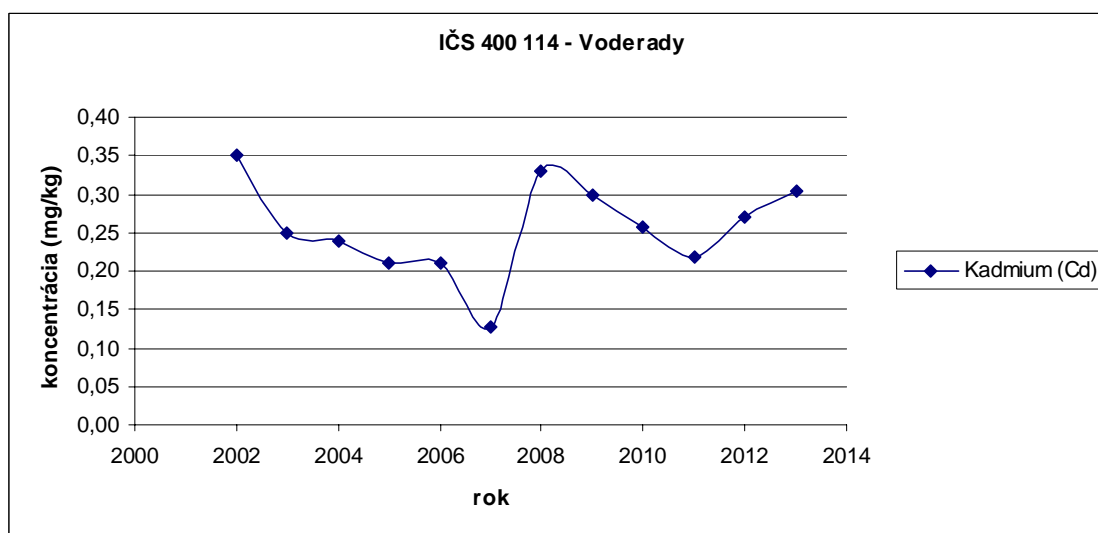
Obr. 10



Obr. 11



Obr. 12



Kľúčová lokalita – Dvorníky (400 023)

Tab. 7 Základná popisná štatistika na lokalite Dvorníky v lúčavke kráľovskej

(mg.kg ⁻¹)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,72	0,71	1,61	1,72	4,77	2,72	79,46	79,79
Priemerný obsah	11,09	8,76	9,49	26,77	107,85	11,13	1136,57	1121,83
Koeficient variability %	6,47	8,05	16,93	6,41	4,42	24,42	6,99	7,11
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

Tab. 8 Základná popisná štatistika na lokalite Dvorníky pre výluh 1 mol/l dusičnanu amónneho

mg.kg ⁻¹	As	Cd	Cu	Pb	Zn
	mg.kg ⁻¹				
2004	-----	0,50	0,38	0,48	-----
2005	-----	0,265	0,258	0,11	5,96
2006	-----	0,38	0,29	0,09	9,89
2007	0,006	0,39	0,25	0,18	11,4
2008	0,004	0,37	0,27	0,33	10,47
2009	0,007	0,22	0,20	0,002	7,40
2011	-----	-----	0,02	0,162	6,494
2012	-----	0,201	0,02	0,167	9,23
2013	-----	0,201	0,02	0,167	9,25

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 11,09 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 10,20 do 12,27 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 6,47% (tab. 7 a obr. 13).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 8,76 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 7,9 do 10,67 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 8,05% (tab. 7 a obr. 13).

Prekročená limitná hodnota kadmia bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1 mol.l⁻¹ dusičnanu amónneho. (tab. 8 a obr. 17).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 9,49 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 7,25 do 11,43 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 16,93% (tab. 7 a obr. 13).

Chróom

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 26,77 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 24,30 do 28,7 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 6,41% (tab. 7 a obr. 14).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 107,85 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 100,00 do 116,0 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 4,42% (tab. 7 a obr. 14).

Prekročená limitná hodnota medi bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1 mol.l⁻¹ dusičnanu amónneho. (tab. 8 a obr. 17).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 11,13 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 7,21 do 16,30 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 24,42% (tab. 7 a obr. 14).

Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 1136,57 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 996,0 do 1277,41 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 6,99 % (tab. 7 a obr. 15).

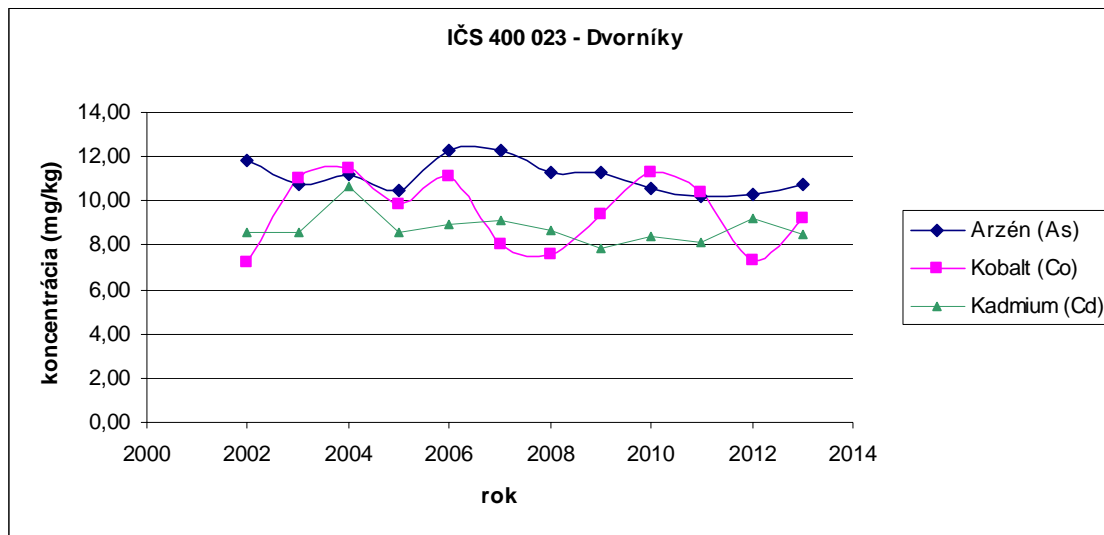
Prekročená limitná hodnota olova bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1 mol.l⁻¹ dusičnanu amónneho. (tab. 8 a obr. 17).

Zinok

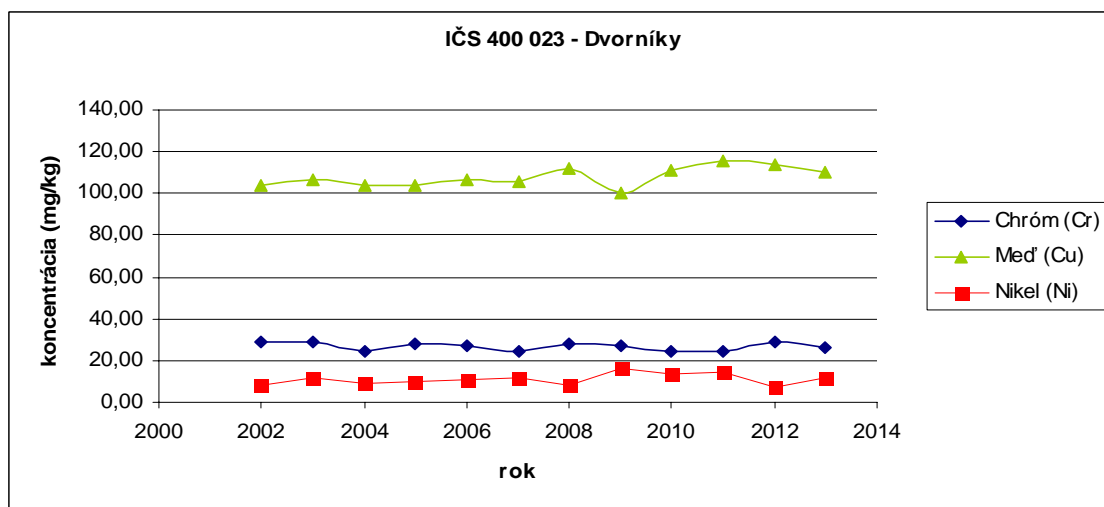
Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie $1121,83 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pohybuje sa od $906,00$ do $1233,93 \text{ mg.kg}^{-1}$. Variabilita nameraných obsahov je $7,11\%$ (tab. 7 a obr. 15).

Prekročená limitná hodnota zinku bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1 mol.l^{-1} dusičnanu amónneho. (tab. 8 a obr. 16).

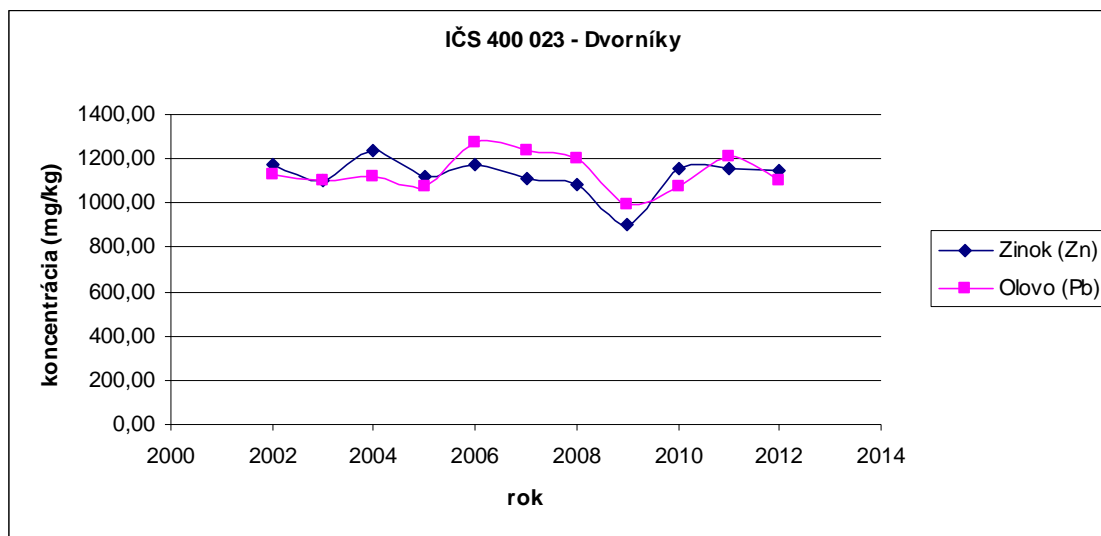
Obr. 13



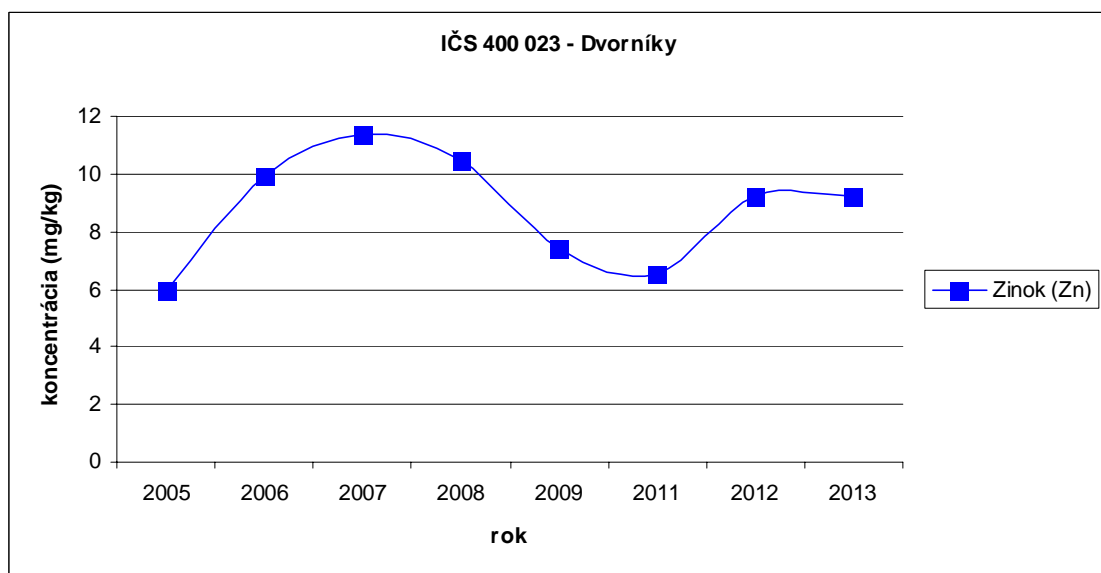
Obr. 14



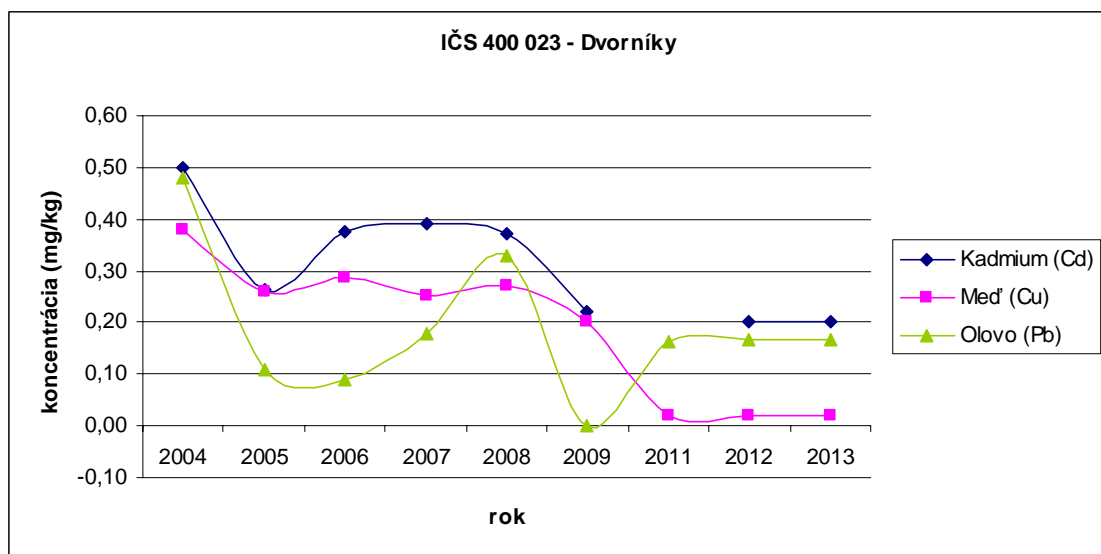
Obr. 15



Obr. 16



Obr. 17



Kľúčová lokalita – Raková (400 059)

Tab. 9 Základná popisná štatistika na lokalite Raková

(mg.kg ⁻¹)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,85	0,12	2,75	9,91	2,18	8,45	6,24	7,93
Priemerný obsah	6,08	0,34	11,84	53,15	20,76	39,32	25,66	78,30
Koeficient variability %	13,89	34,47	23,20	18,65	10,49	21,50	24,32	10,13
Minimálna hodnota	4,09	0,20	7,05	38,30	16,70	25,95	14,60	59,50
Maximálna hodnota	7,29	0,55	14,99	70,90	23,50	54,20	34,55	87,79

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 6,08 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 4,09 do 7,29 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 13,89% (tab. 9 a obr. 18).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,34 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,2 do 0,55 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je pomerne vysoká 34,47% (tab. 9 a obr. 20).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 11,84 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 7,05 do 14,99 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 23,20% (tab. 9 a obr. 18).

Chróóm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 53,15 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 38,30 do 70,90 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 18,65% (tab. 9 a obr. 19).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 20,76 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 16,7 do 23,5 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 10,49% (tab. 9 a obr. 19).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 39,32 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 25,95 do 54,2 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 21,50% (tab. 9 a obr. 19).

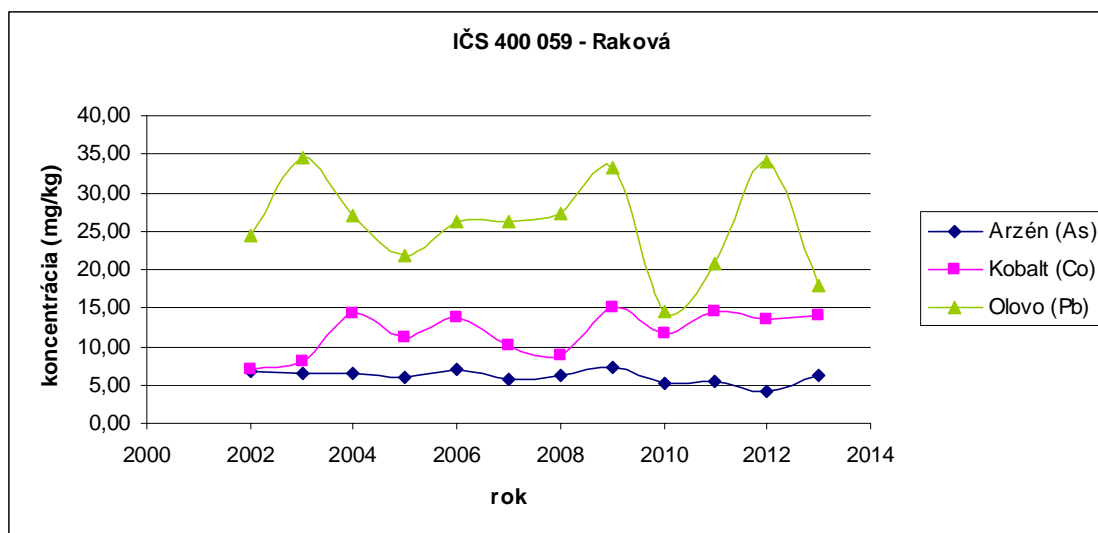
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 25,66 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 14,60 do 34,55 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 24,32% (tab. 9 a obr. 18).

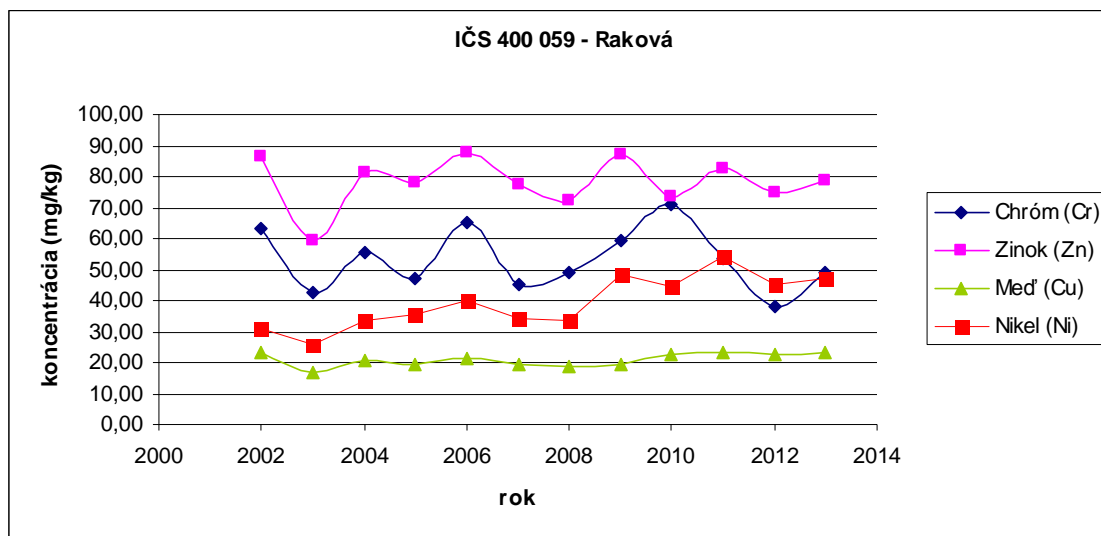
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 78,30 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 59,5 do 87,79 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 10,13% (tab. 9 a obr. 19).

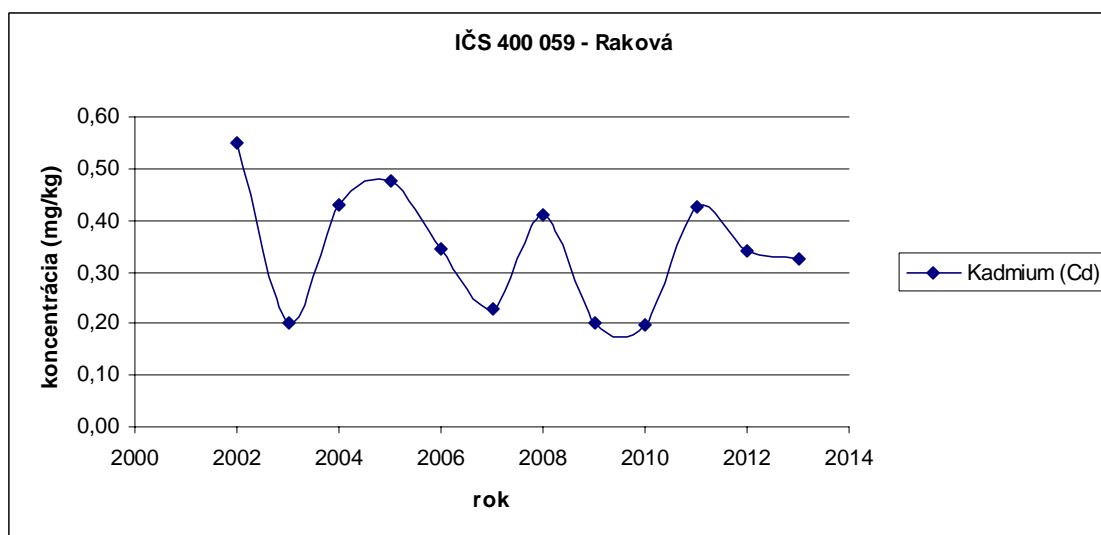
Obr. 18



Obr. 19



Obr. 20



Kľúčová lokalita – Malanta (400 334)

Tab. 10 Základná popisná štatistika na lokalite Malanta

(mg.kg ⁻¹)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	1,39	0,09	3,08	9,42	1,42	4,67	4,28	5,43
Priemerný obsah	7,26	0,23	9,59	37,72	21,98	26,96	16,23	58,96
Koeficient variability %	19,17	37,71	32,09	24,98	6,47	17,33	26,35	9,21
Minimálna hodnota	4,31	0,09	2,00	28,20	20,50	20,95	7,00	48,60
Maximálna hodnota	9,63	0,37	14,30	63,60	24,50	36,00	22,69	68,40

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 7,26 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 4,31 do 9,63 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 19,17% (tab. 10 a obr. 21).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,23 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,09 do 0,37 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 37,71% (tab. 10 a obr. 23).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 37,72 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 28,20 do 63,60 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 24,98% (tab. 10 a obr. 22).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 9,59 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 2,0 do 14,30 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 32,09% (tab. 10 a obr. 21).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 21,98 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 20,5 do 24,50 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 6,47% (tab. 10 a obr. 22).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 26,96 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 20,95 do 36,00 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 17,33% (tab. 10 a obr. 22).

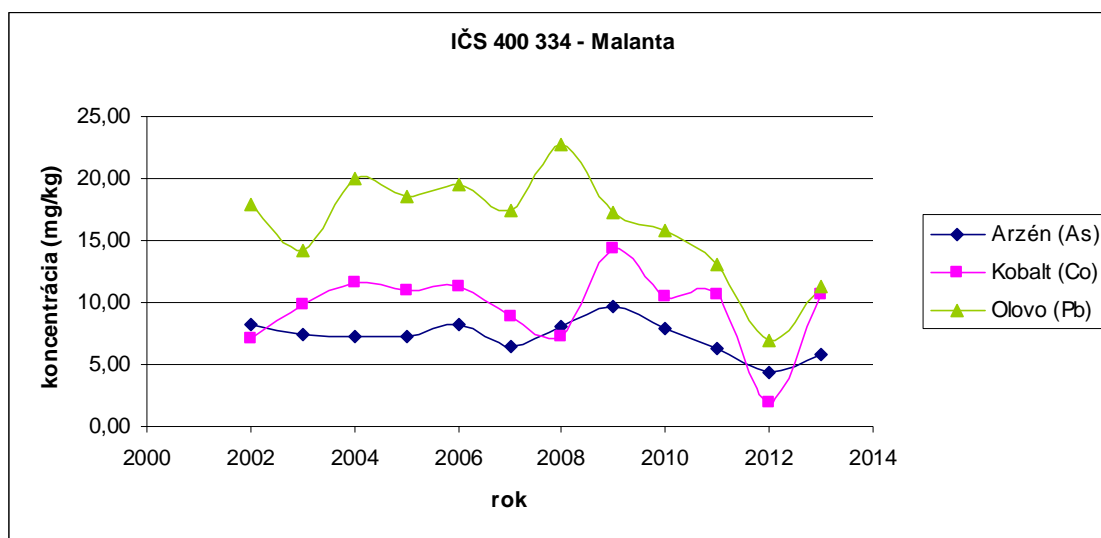
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 16,23 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 7,00 do 22,69 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 26,35% (tab. 10 a obr. 21).

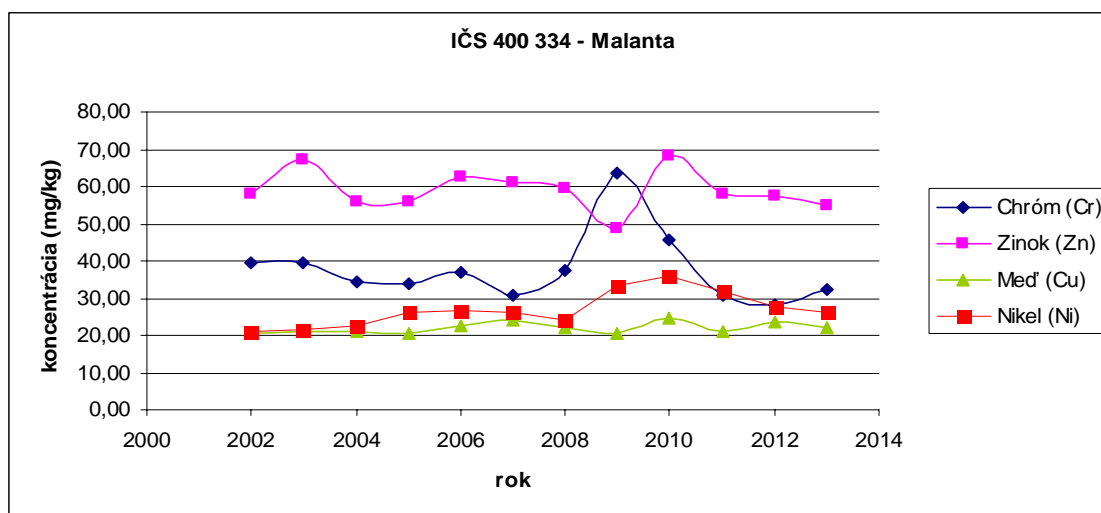
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 58,96 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 48,60 do 68,40 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 9,21% (tab. 10 a obr. 22).

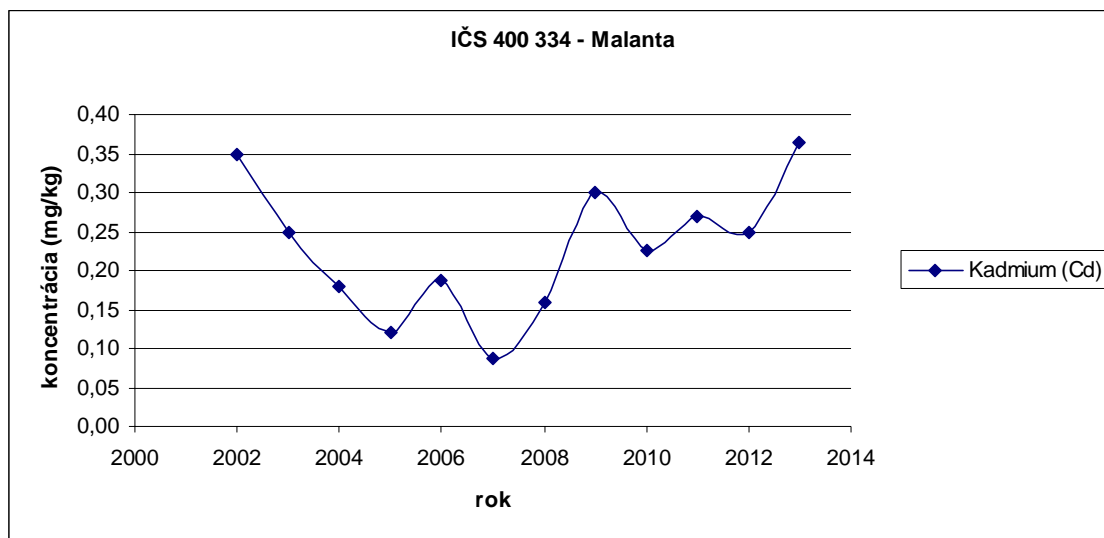
Obr. 21



Obr. 22



Obr. 23



Kľúčová lokalita – Nacina Ves (400 223)

Tab. 11 Základná popisná štatistika na lokalite Nacina Ves

(mg.kg ⁻¹)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	1,01	0,15	2,81	10,82	2,52	7,12	4,05	6,49
Priemerný obsah	9,84	0,40	14,34	73,91	38,54	61,75	23,84	104,33
Koeficient variability %	10,27	37,21	19,61	14,64	6,55	11,54	17,00	6,23
Minimálna hodnota	8,28	0,20	10,10	55,50	35,10	49,70	17,10	87,30
Maximálna hodnota	11,80	0,63	18,40	96,60	43,50	72,10	29,57	113,00

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 9,84 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 8,28 do 11,80 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 10,27% (tab. 11 a obr. 24).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,40 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,2 do 0,63 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je pomerne vysoká 37,21% (tab. 11 a obr. 26).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 14,34 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 10,10 do 18,40 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 19,61% (tab. 11 a obr. 24).

Chróom

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 73,91 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 55,50 do 96,60 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 14,64% (tab. 11 a obr. 25).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 38,54 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 35,1 do 43,50 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 6,55% (tab. 11 a obr. 25).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 61,75 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 49,7 do 72,10 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 11,54% (tab. 11 a obr. 25).

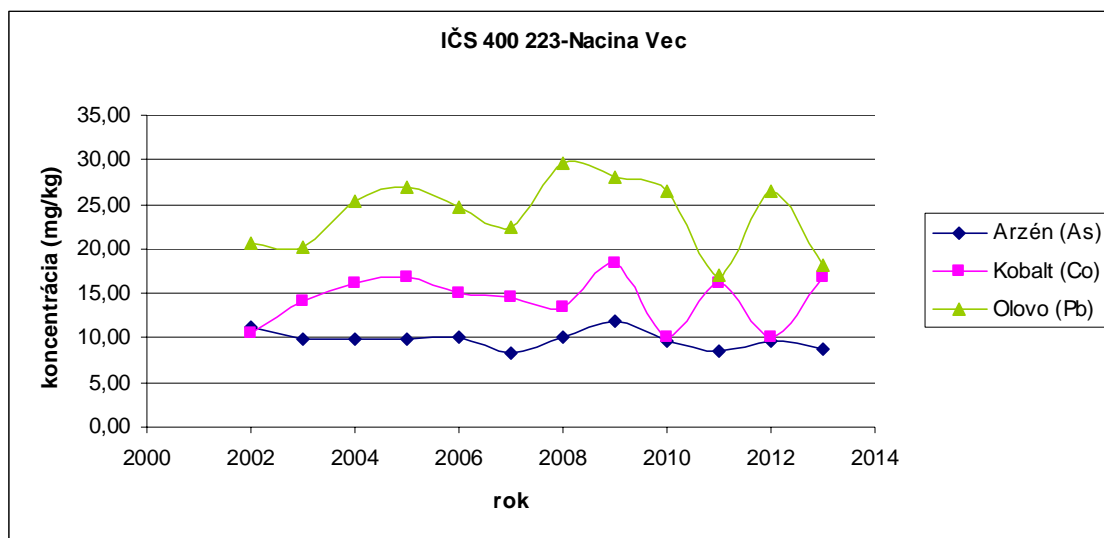
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 23,84 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 17,10 do 29,57 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 17,0% (tab. 11 a obr. 24).

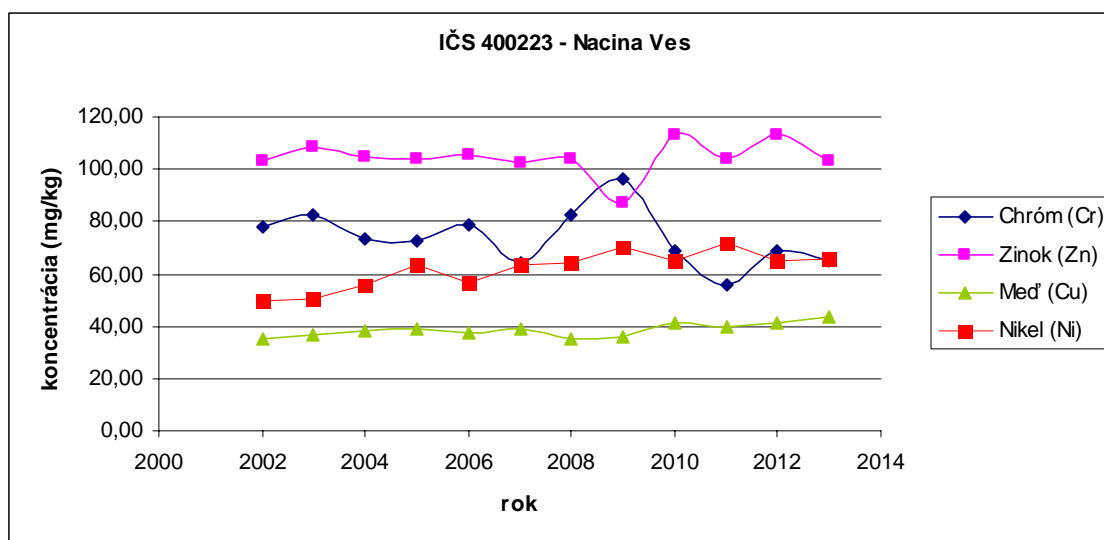
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie $104,33 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pohybuje sa od $87,30$ do $113,0 \text{ mg.kg}^{-1}$. Variabilita nameraných obsahov je $6,23\%$ (tab. 11 a obr. 25).

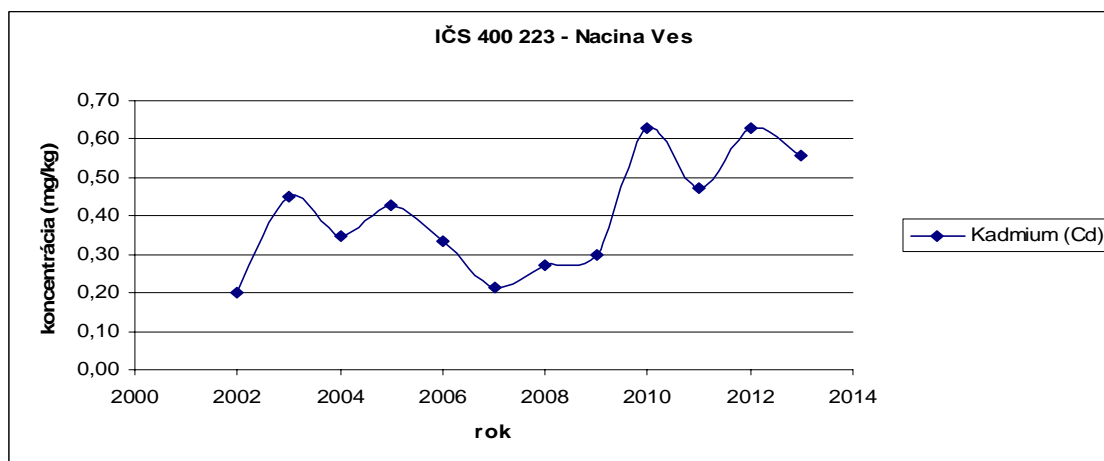
Obr. 24



Obr. 25



Obr. 26



Kľúčová lokalita – Istebné (400 092)

Tab. 12 Základná popisná štatistika na lokalite Istebné

(mg.kg ⁻¹)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	1,77	0,08	1,47	7,84	3,06	4,07	3,43	4,25
Priemerný obsah	5,88	0,15	8,31	45,99	15,85	24,62	18,68	66,64
Koeficient variability %	30,06	53,58	17,68	17,04	19,31	16,53	18,37	6,38
Minimálna hodnota	2,50	0,05	6,41	33,80	11,20	18,80	13,77	59,65
Maximálna hodnota	7,83	0,28	10,55	57,20	24,10	32,10	23,60	74,02

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 5,88 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 2,5 do 7,83 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 30,06% (tab. 12 a obr. 27).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,15 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,05 do 0,28 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je vysoká vzhľadom na nízke koncentrácie 53,58% (tab. 12 a obr. 29).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 8,31 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 6,41 do 10, mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 17,68% (tab. 12 a obr. 27).

Chróom

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 45,99 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 33,80 do 57,20 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 17,04% (tab. 12 a obr. 28).

Meď

Priemerná hodnota meďi je za sledované obdobie 15,85 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 11,20 do 24,1 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 19,31% (tab. 12 a obr. 28).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 24,62 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 18,8 do 32,10 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 16,53% (tab. 12 a obr. 28).

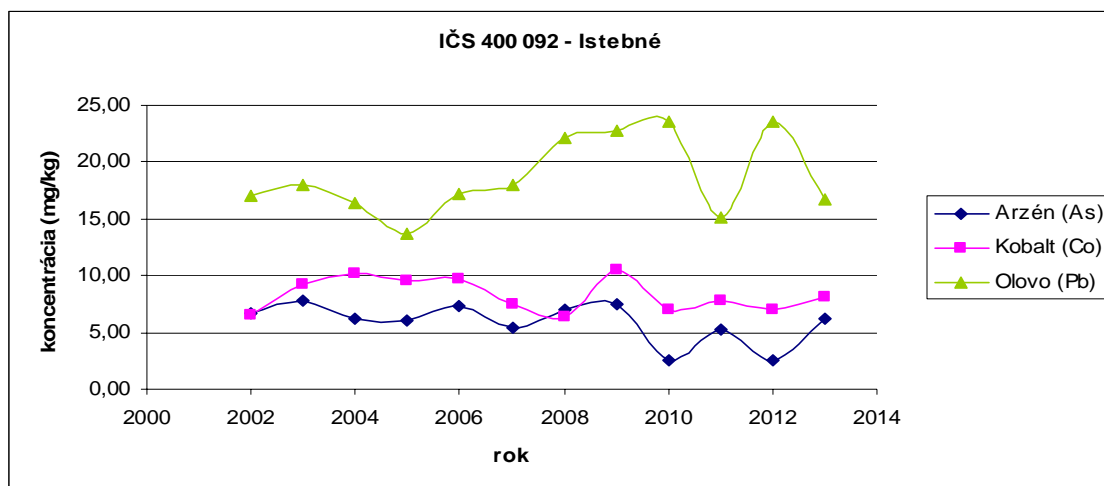
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 18,68 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 13,77 do 23,6 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 18,37% (tab. 4,86 ha obr. 27).

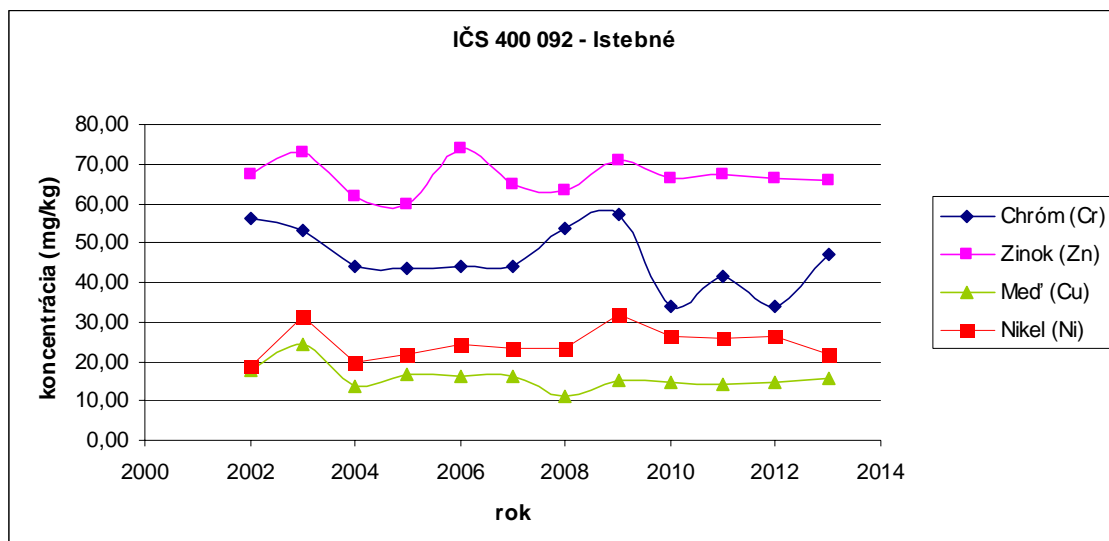
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 66,64 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 59,65 do 74,02 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 6,38% (tab. 12 a obr. 28).

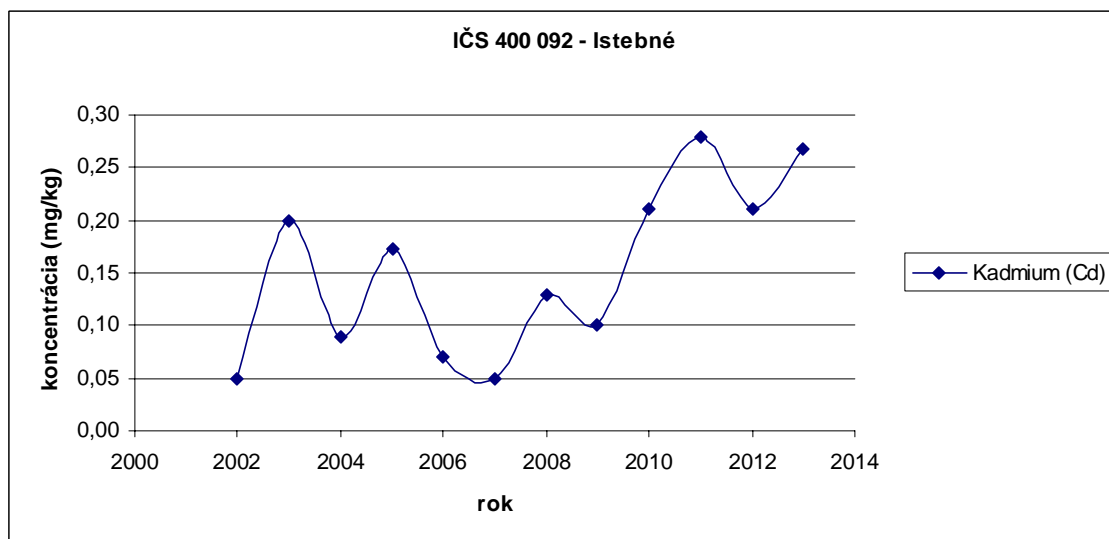
Obr. 27



Obr. 28



Obr. 29



Kľúčová lokalita – Žiar nad Hronom (400 003)

Tab. 13 Základná popisná štatistika na lokalite Žiar nad Hronom

(mg.kg-1)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	2,009	0,113	2,173	10,33	1,673	2,992	2,924	6,483
Priemerný obsah	16,82	0,29	9,82	32,51	15,87	16,19	37,19	67,52
Koeficient variability %	11,94	38,80	22,13	31,77	10,54	18,48	7,86	9,60
Minimálna hodnota	13,10	0,05	6,32	24,32	12,80	12,50	31,50	54,30
Maximálna hodnota	19,98	0,41	12,90	63,50	18,41	20,80	41,30	78,90

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 16,82 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 13,10 do 19,98 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 11,94% (tab. 13 a obr. 30).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,29 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,05 do 0,41 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je vysoká 38,80% (tab. 13 a obr. 32).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 9,82 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 6,32 do 12,90 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 22,13% (tab. 13 a obr. 30).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 32,51 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 24,32 do 63,50 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 10,54% (tab. 13 a obr. 31).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 15,87 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 12,80 do 18,41 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 10,54% (tab. 13 a obr. 31).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 16,19 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 12,5 do 20,80 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 18,48% (tab. 13 a obr. 31).

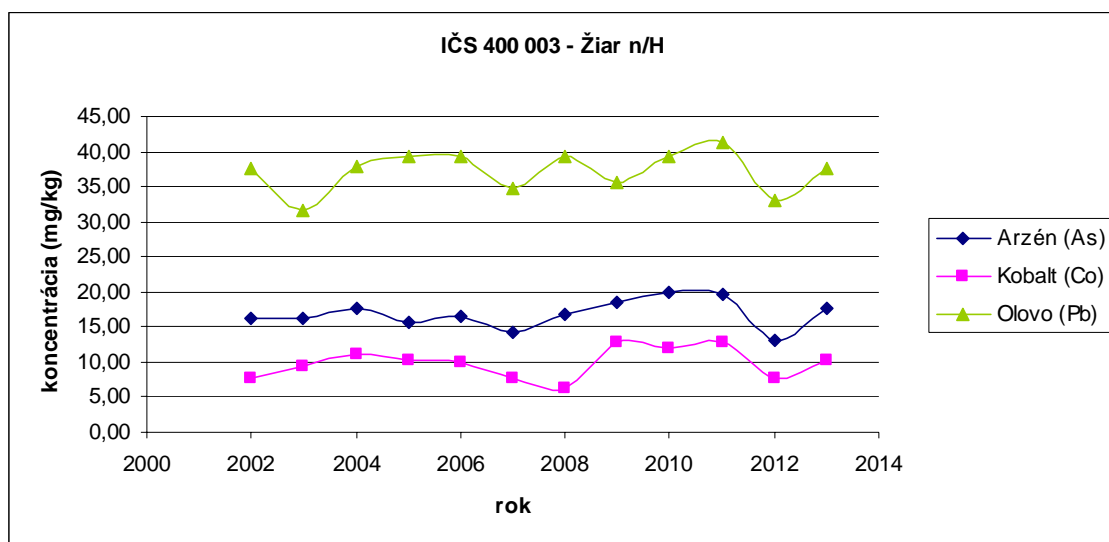
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 37,19 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 31,5 do 41,30 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 7,86% (tab. 13 a obr. 30).

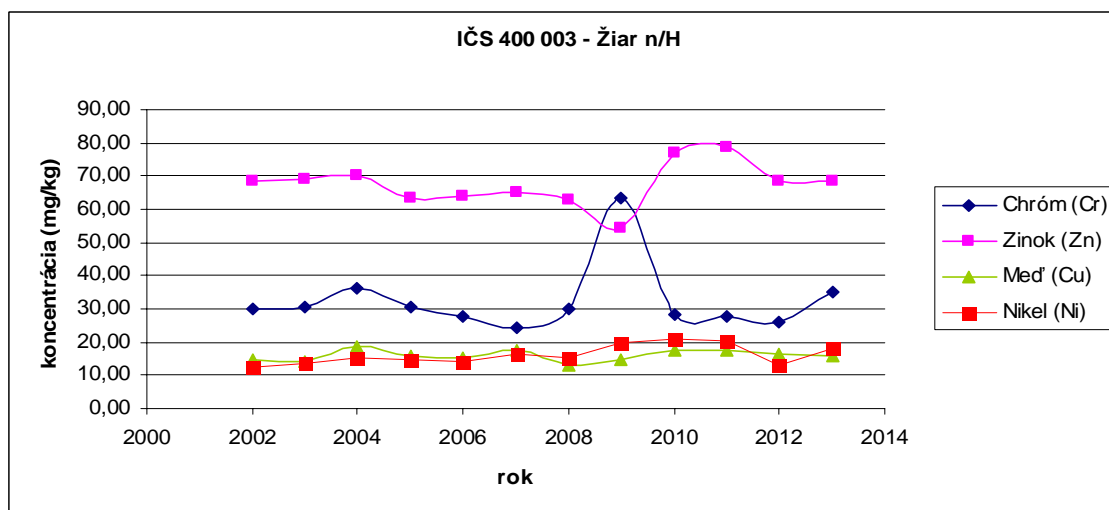
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 67,52 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 54,30 do 78,90 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 9,60% (tab. 13 a obr. 31).

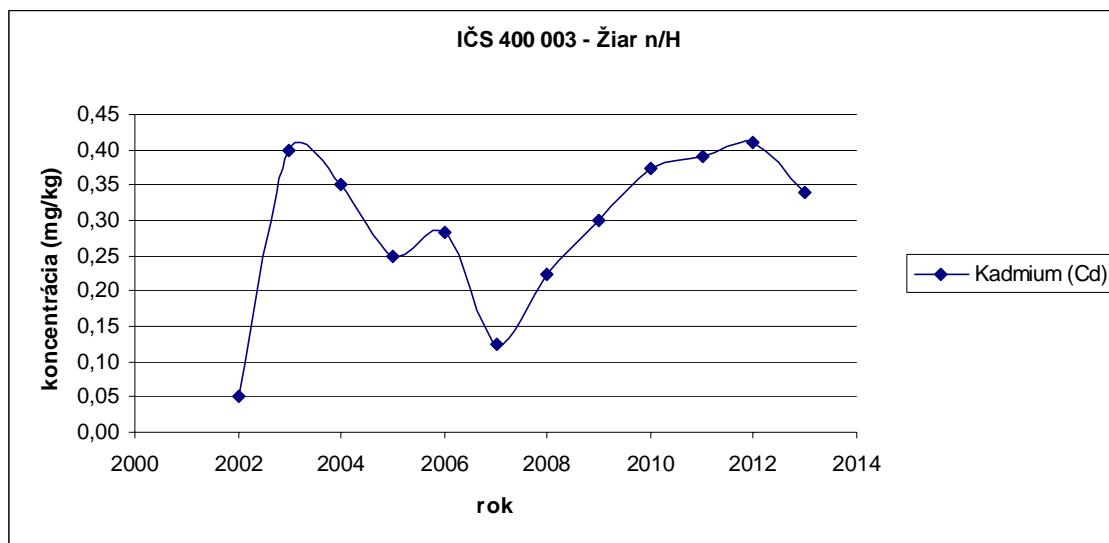
Obr. 30



Obr. 31



Obr. 32



Kľúčová lokalita – Krompachy (400 335)

Tab. 14 Základná popisná štatistika na lokalite Krompachy v lúčavke kráľovskej

(mg.kg ⁻¹)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	10,602	0,346	3,406	12,521	52,656	2,674	14,908	51,523
Priemerný obsah	88,63	1,13	8,58	37,87	308,30	23,78	95,10	394,63
Koeficient variability %	11,96	30,65	39,68	33,06	17,08	11,24	15,68	13,06
Minimálna hodnota	72,60	0,37	2,00	18,10	200,70	19,15	69,50	283,61
Maximálna hodnota	103,33	1,65	11,48	60,23	361,92	27,60	116,20	468,00

Tab. 15 Základná popisná štatistika na lokalite Dvorníky pre výluh 1 mol.l⁻¹ dusičnanu amónneho

	As	Cd	Cu	Pb	Zn
	mg.kg ⁻¹				
2004	0,01	0,15	2,05	0,38	41,89
2005	0,035	0,66	1,98	0,33	31,4
2006	0,019	0,11	0,97	0,32	10,04
2007	0,045	0,13	1,67	0,15	13,9
2008	0,04	0,19	1,79	0,22	21,71
2009	0,007	0,22	0,2	0,002	7,4
2012	0,006	0,018	0,13		3,83
2013	0,006	0,018	0,13		3,83

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 88,63 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 72,60 do 103,33 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 11,96 % (tab. 14 a obr. 34).

Prekročená limitná hodnota arzénu bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1 mol.l⁻¹ dusičnanu amónneho. (tab.15 a obr. 36).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 1,13 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,37 do 1,65 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 30,65% (tab. 14 a obr. 35).

Prekročená limitná hodnota kadmia bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1 mol.l⁻¹ dusičnanu amónneho. (tab.15 a obr. 36).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 8,58 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 2,0 do 11,48 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 39,68% (tab. 14 a obr. 33).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 37,87 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 18,10 do 60,23 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 33,06% (tab. 14 a obr. 33).

Meď

Priemerná hodnota meď je za sledované obdobie 308,3 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 200,70 do 361,92 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 17,08% (tab. 14 a obr. 34).

Prekročená limitná hodnota meď bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1mol.l⁻¹dusičnanu amónneho. (tab.15 a obr. 36).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 23,78 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 19,15 do 27, mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 11,24% (tab. 14 a obr. 33).

Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 95,10 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 69,5 do 116,20 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 15,68% (tab. 14 a obr. 34).

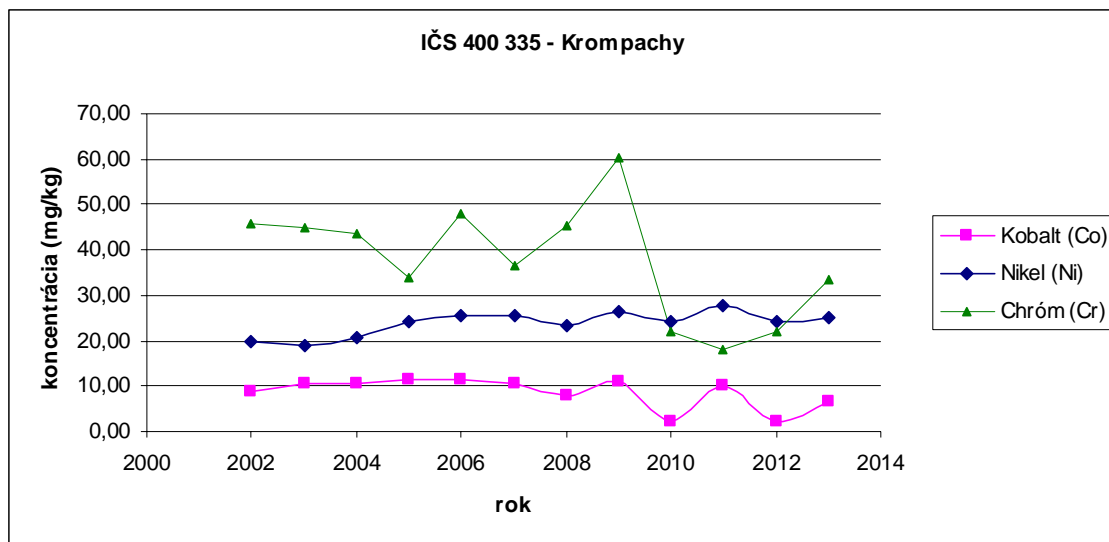
Prekročená limitná hodnota olova bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1mol.l⁻¹dusičnanu amónneho. (tab.15 a obr. 36).

Zinok

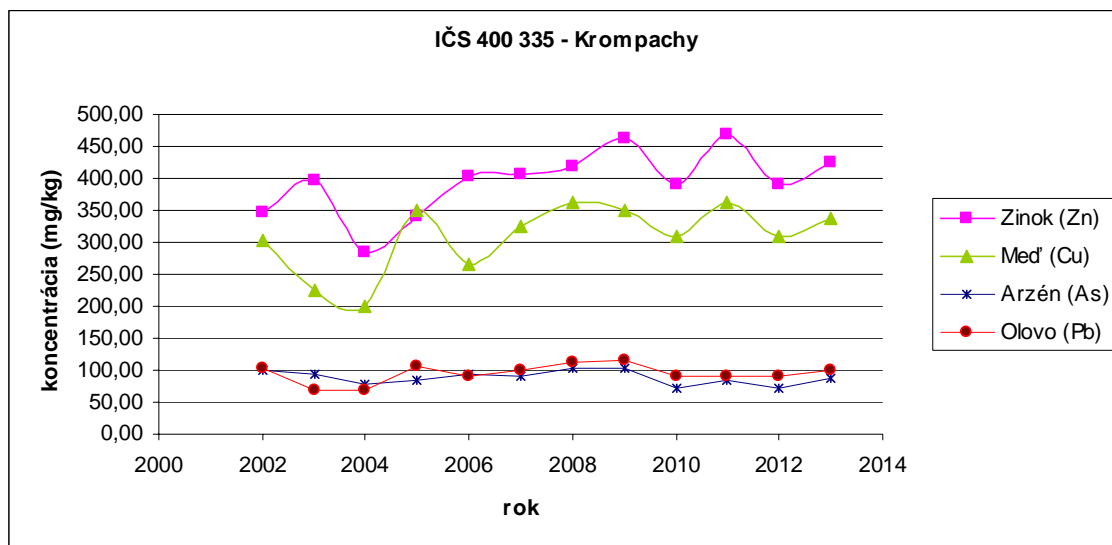
Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 394,63 mg.kg-1a pohybuje sa od 283,61 do 468,0 mg.kg-1. Variabilita nameraných obsahov je 13,06% (tab. 14 a obr. 34).

Prekročená limitná hodnota zinku bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1mol.l⁻¹dusičnanu amónneho. (tab.15 a obr. 37).

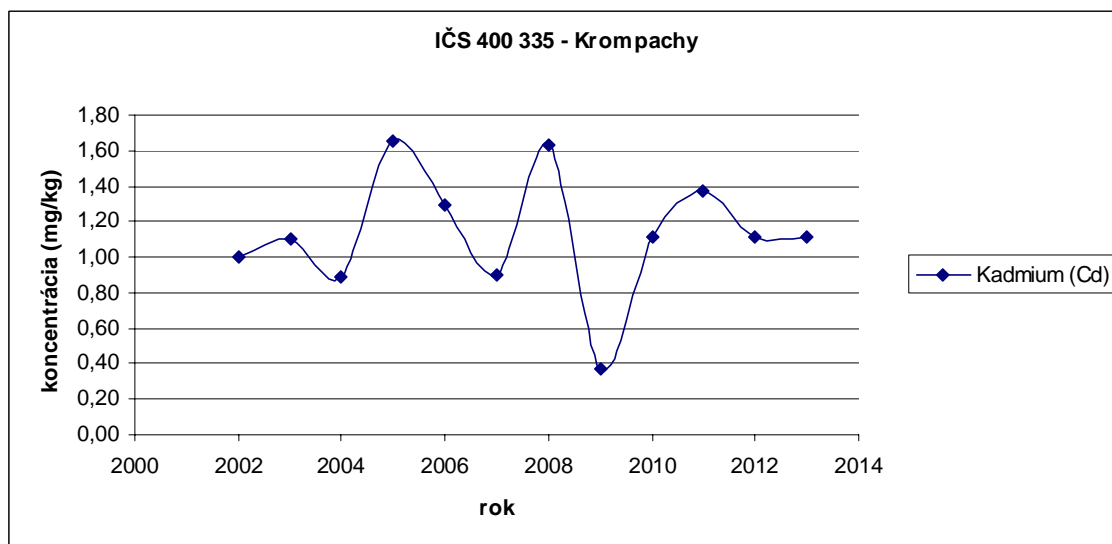
Obr. 33



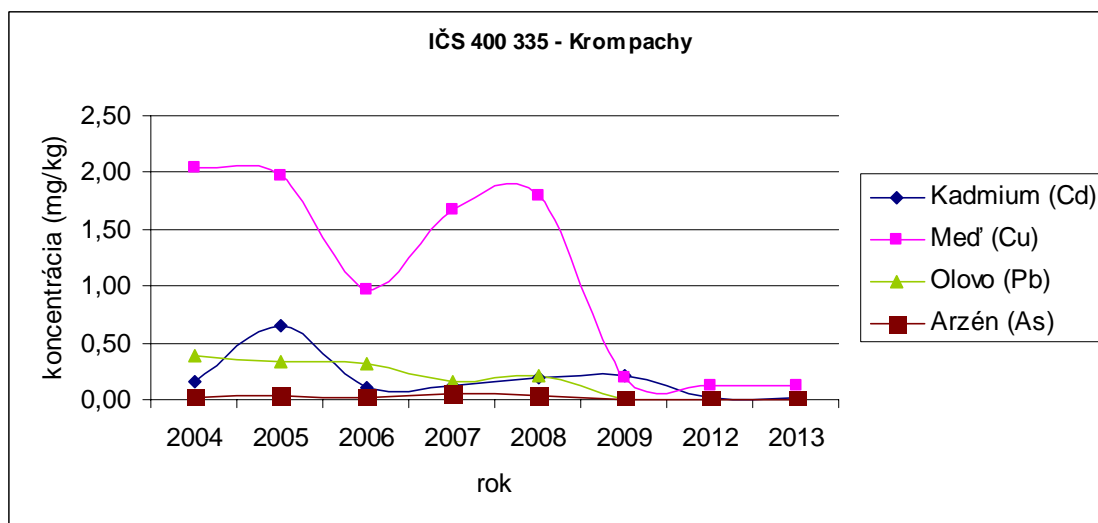
Obr. 34



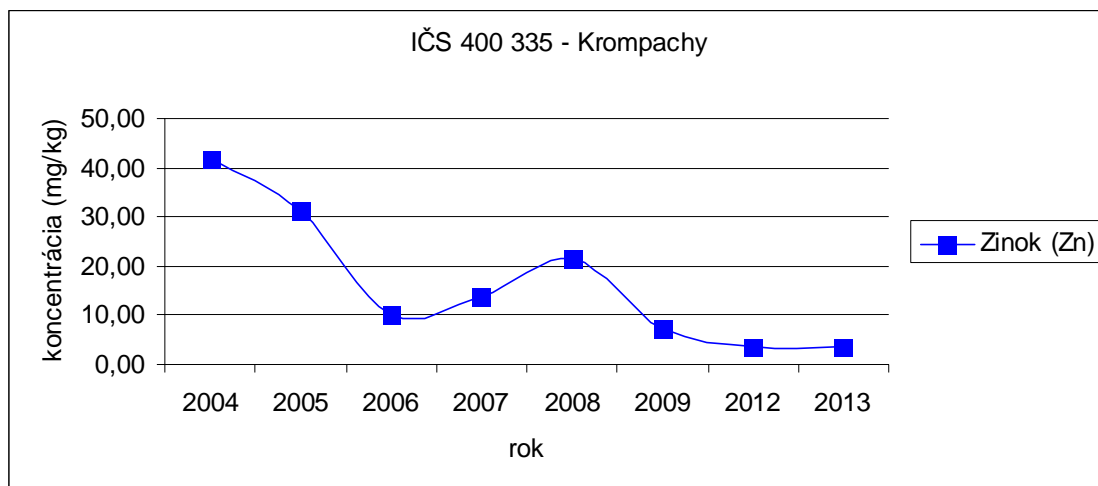
Obr. 35



Obr. 36



Obr. 37



Kľúčová lokalita – Koš (400 062)

Tab. 16 Základná popisná štatistika na lokalite Koš

(mg.kg ⁻¹)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	3,074	0,045	2,253	16,584	2,223	4,132	2,538	7,343
Priemerný obsah	12,51	0,08	7,28	35,24	12,82	16,44	15,39	54,72
Koeficient variability %	24,57	54,41	30,94	47,06	17,34	25,13	16,49	13,42
Minimálna hodnota	7,46	0,01	4,50	11,80	9,03	11,60	11,50	39,65
Maximálna hodnota	18,90	0,16	11,40	80,00	16,63	26,40	21,00	68,80

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 12,51 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 7,46 do 18,9 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 24,57% (tab. 16 a obr. 38).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,08 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,01 do 0,16 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 54,41% (tab. 16 a obr. 40).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 7,28 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 4,5 do 11,4 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 30,94% (tab. 16 a obr. 38).

Chróom

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 35,24 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 11,80 do 80,0 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 47,06% (tab. 16 a obr. 39).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 12,82 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 9,03 do 16,63 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 17,34% (tab. 16 a obr. 39).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 16,44 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 11,60 do 26,40 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 25,13% (tab. 16 a obr. 39).

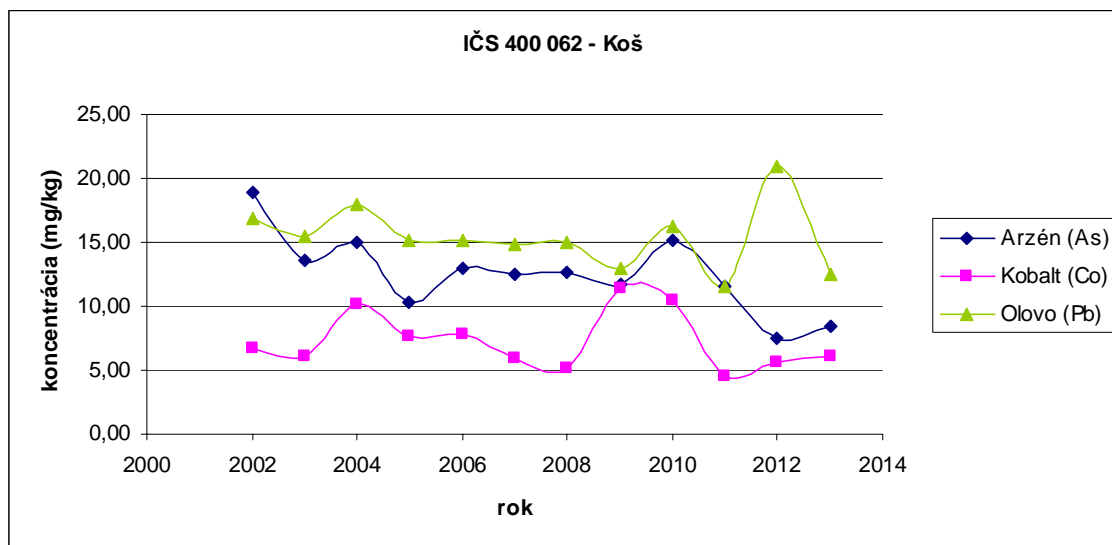
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 15,39 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 11,50 do 21,0 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 16,49% (tab. 16 a obr. 38).

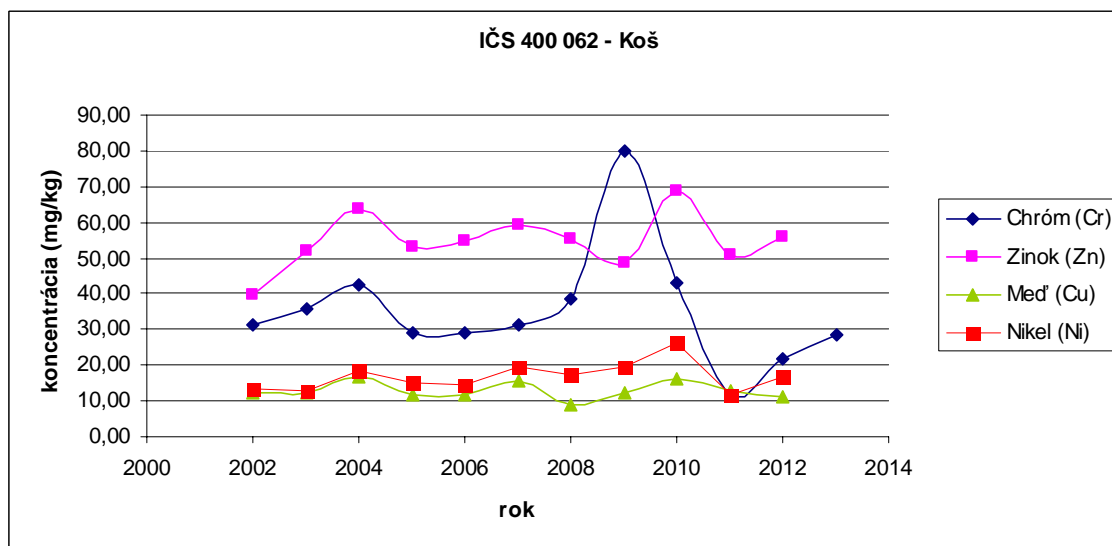
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 54,72 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 39,65 do 68,80 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 13,42% (tab. 16 a obr. 39).

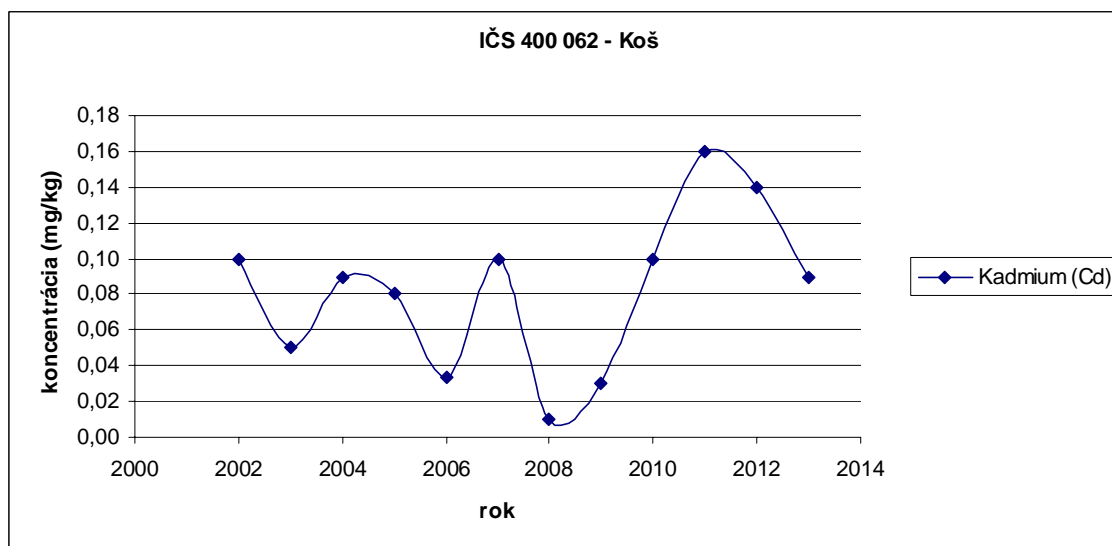
Obr. 38



Obr. 39



Obr. 40



Kľúčová lokalita – Moravský Ján (400 111)

Tab. 17 Základná popisná štatistika na lokalite Moravský Ján

(mg.kg ⁻¹)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,799	0,045	1,490	15,116	1,527	1,886	2,999	4,843
Priemerný obsah	2,32	0,07	2,73	13,68	7,02	6,21	9,29	25,02
Koeficient variability %	34,46	61,77	54,68	110,47	21,77	30,39	32,29	19,36
Minimálna hodnota	1,37	0,00	0,75	5,00	5,04	3,63	5,76	20,50
Maximálna hodnota	4,17	0,16	5,46	60,70	9,38	10,40	16,10	37,20

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 2,32 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 1,37 do 4,17 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je pomerne vysoká 34,46% (tab. 17 a obr. 41).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,07 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,01 do 0,16 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je pomerne vysoká, je to vzhľadom k veľmi nízkym meraným hodnotám 61,77% (tab. 17 a obr. 43).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 2,73 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,75 do 5,46 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je pomerne vysoká 54,68% (tab. 17 a obr. 41).

Chróom

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 13,68 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 5,0 do mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je veľmi vysoká 110,47% (tab. 17 a obr. 42).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 7,02 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 5,04 do 9,38 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 21,77% (tab. 17 a obr. 42).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 6,21 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 3,63 do 10,40 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 30,39% (tab. 17 a obr. 42).

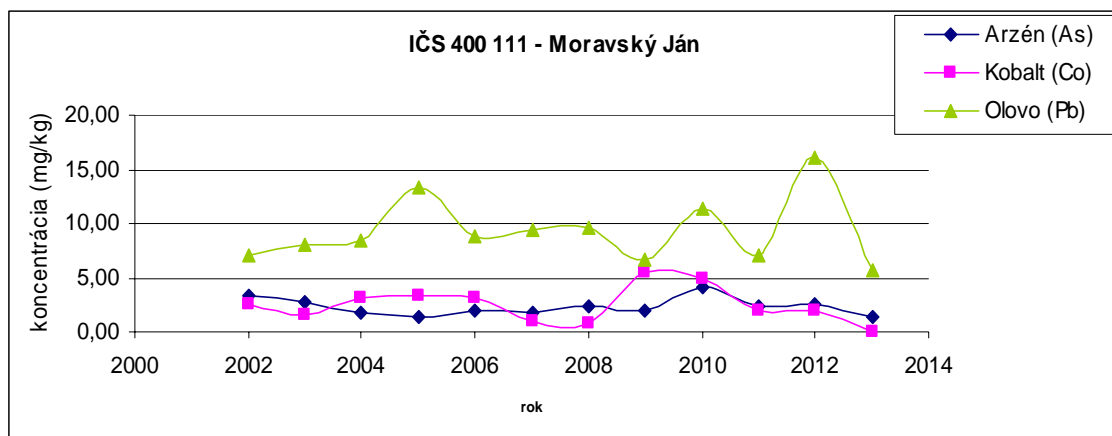
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 9,29 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 5,76 do 16,10 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 32,29% (tab. 17 a obr. 41).

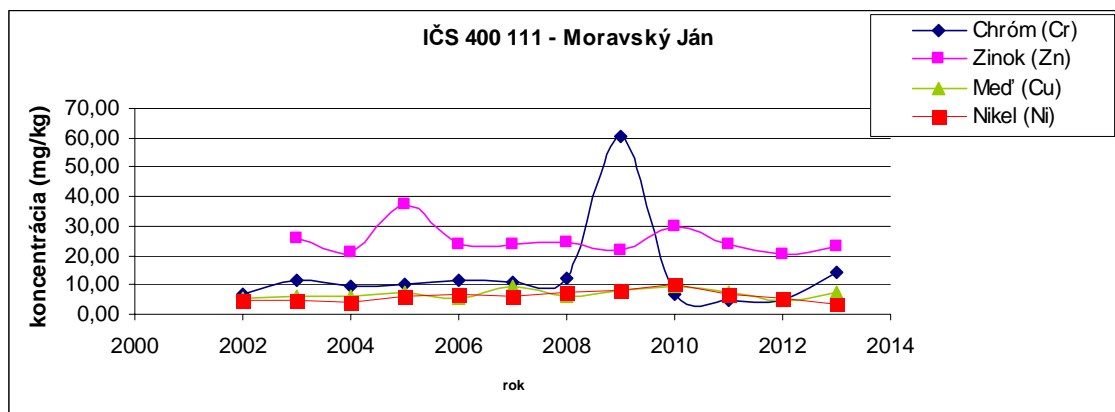
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 25,02 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 20,50 do 37,2 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 19,36% (tab. 17 a obr. 42).

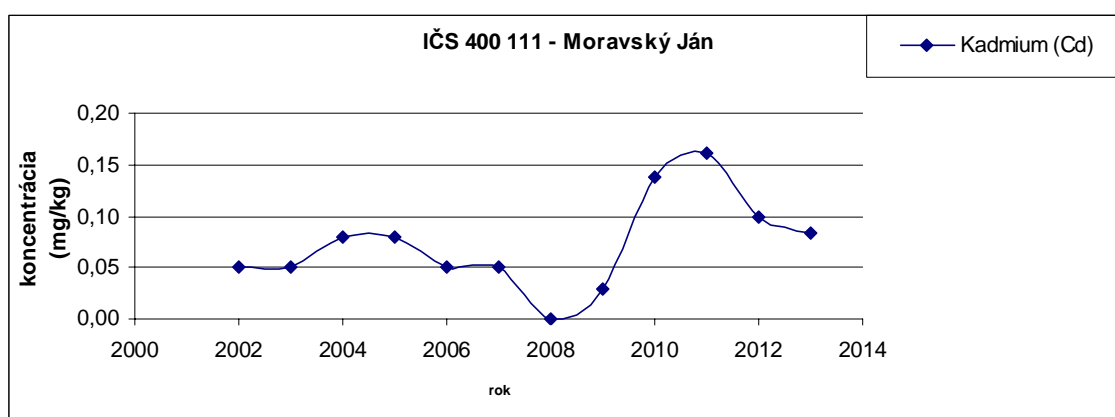
Obr. 41



Obr. 42



Obr. 43



Kľúčová lokalita – Macov 1 (400 336)

Tab. 18 Základná popisná štatistika na lokalite Macov 1

(mg.kg ⁻¹)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	1,381	0,142	1,537	13,700	2,154	2,550	4,118	6,842
Priemerný obsah	7,34	0,48	6,72	37,79	21,34	23,71	15,12	64,25
Koeficient variability %	18,80	29,43	22,87	36,25	10,10	10,75	27,23	10,65
Minimálna hodnota	4,15	0,25	4,90	21,10	17,15	19,55	10,40	50,90
Maximálna hodnota	9,45	0,71	9,24	76,80	24,36	28,60	22,17	72,70

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 7,34 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 4,15 do 9,45 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 18,80% (tab. 18 a obr. 44).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,48 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,25 do 0,71 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 29,43% (tab. 18 a obr. 46).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 6,72 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 4,90 do 9,24 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 22,87% (tab. 18 a obr. 44).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 37,79 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 21,10 do 76,80 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 36,25% (tab. 18 a obr. 45).

Meď

Priemerná hodnota meďi je za sledované obdobie $21,34 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pohybuje sa od $17,15$ do $24,36 \text{ mg.kg}^{-1}$. Variabilita nameraných obsahov je $10,10\%$ (tab. 18 a obr. 45).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie $23,71 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pohybuje sa od $19,55$ do $28,60 \text{ mg.kg}^{-1}$. Variabilita nameraných obsahov je $10,75\%$ (tab. 18 a obr. 45).

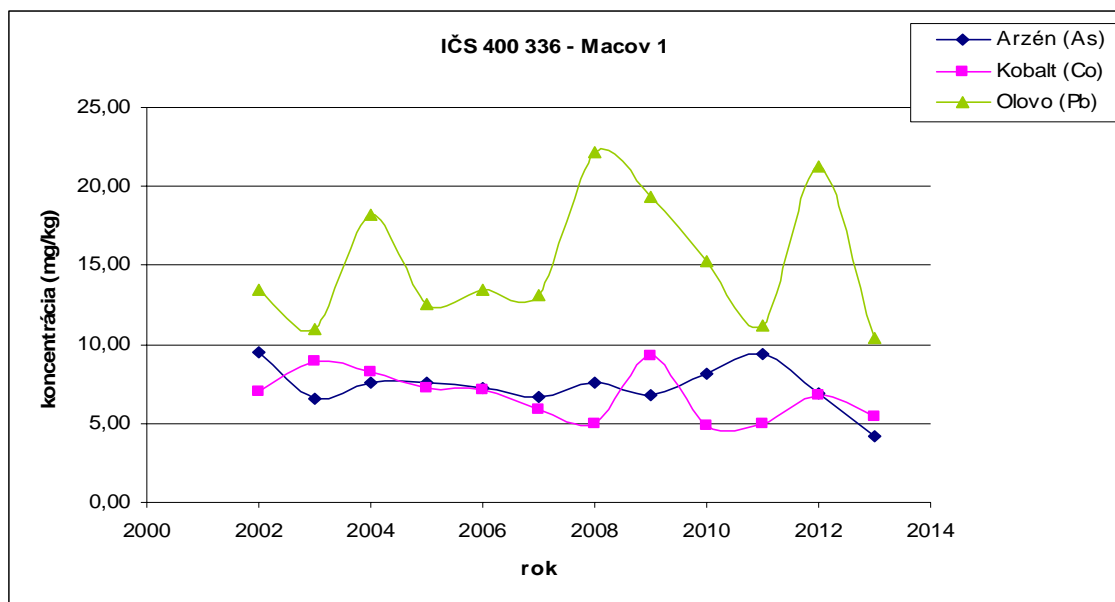
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie $15,12 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pohybuje sa od $10,40$ do $22,17 \text{ mg.kg}^{-1}$. Variabilita nameraných obsahov je $27,23\%$ (tab. 18 a obr. 44).

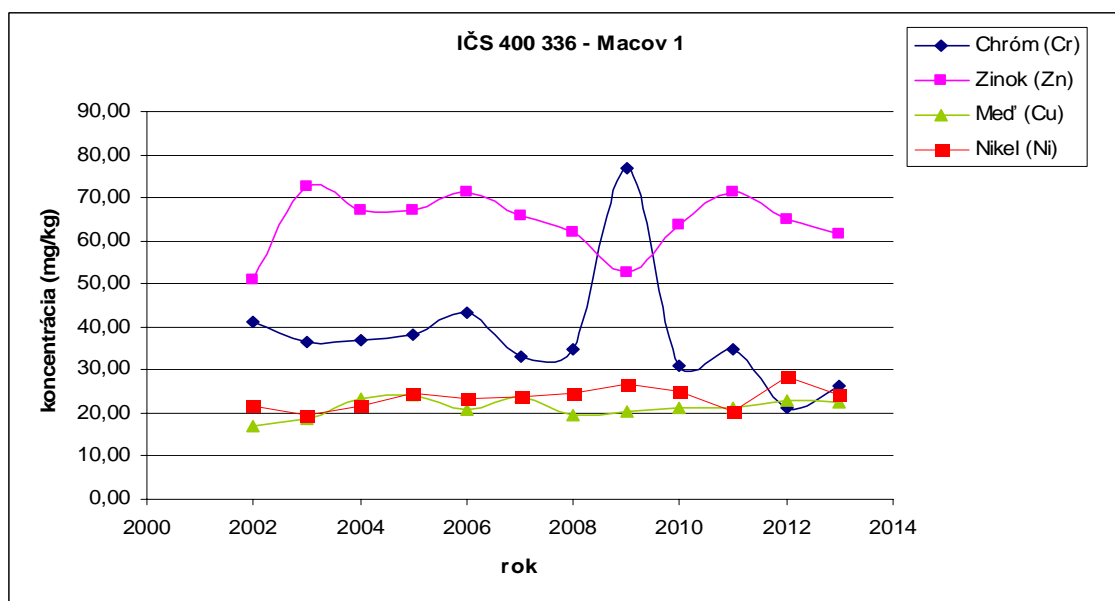
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie $64,25 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pohybuje sa od $50,9$ do $72,7 \text{ mg.kg}^{-1}$. Variabilita nameraných obsahov je $10,65\%$ (tab. 18 a obr. 45).

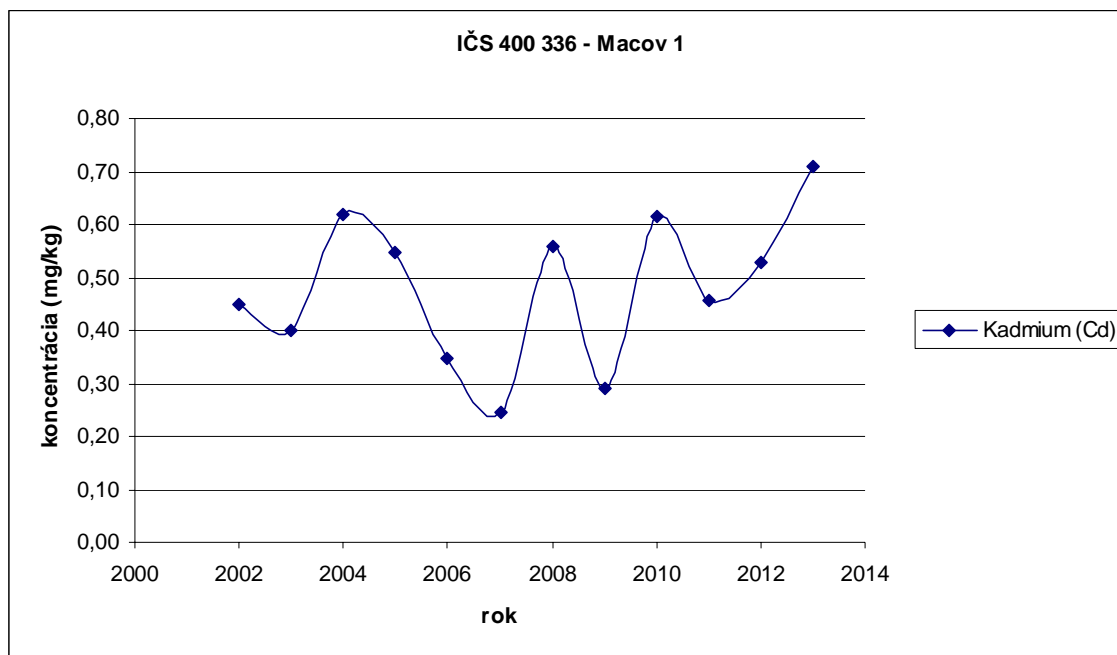
Obr. 44



Obr. 45



Obr. 46



Kľúčová lokalita – Macov 2 (400 337)

Tab. 19 Základná popisná štatistika na lokalite Macov 2

(mg.kg ⁻¹)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	1,051	0,159	1,692	13,79	2,999	2,793	3,971	6,049
Priemerný obsah	8,75	0,39	7,35	40,84	21,90	24,84	16,26	64,50
Koeficient variability %	12,02	40,16	23,03	33,75	13,70	11,25	24,42	9,38
Minimálna hodnota	4,15	0,25	4,90	21,10	16,05	19,30	10,40	50,85
Maximálna hodnota	11,26	0,78	10,70	80,30	26,90	30,30	22,80	72,00

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 8,75 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 4,15 do 11,26 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 12,02% (tab. 19 a obr. 47).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,39 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,25 do 0,78 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je vysoká 40,16% (tab. 19 a obr. 49).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 7,35 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 4,90 do 10,7 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 23,03% (tab. č. 19 a obr. č. 47).

Chróom

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 40,84 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 21,10 do 80,30 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 33,75% (tab. 19 a obr. 48).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 21,56 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 16,05 do 25,68 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 17,05% (tab. 19 a obr. 48).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 23,42 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 19,3 do 26,02 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 10,82% (tab. 19 a obr. 48).

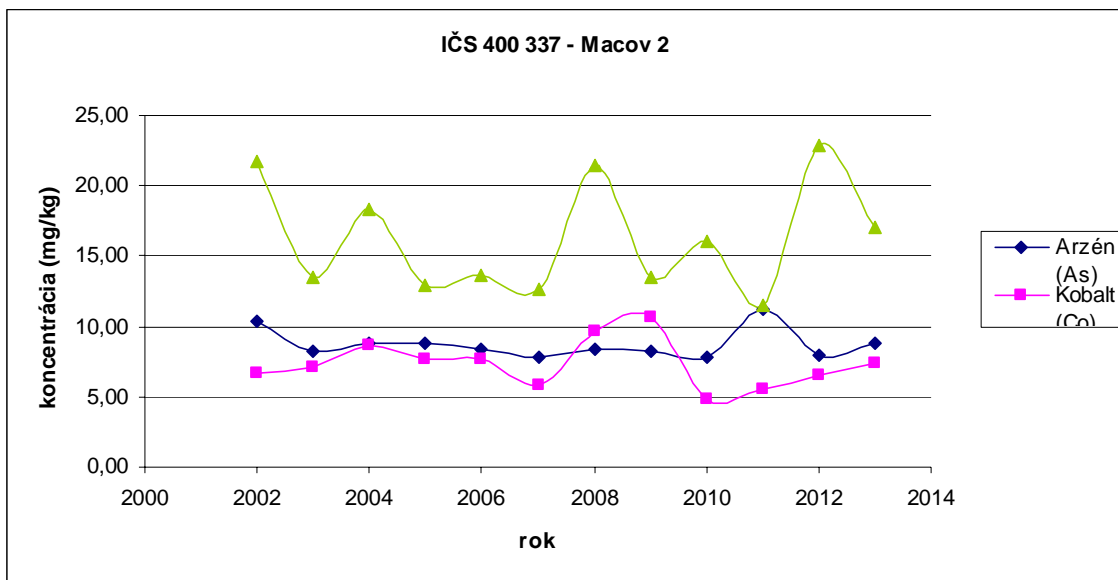
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie $15,48 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pohybuje sa od $12,67$ do $21,75 \text{ mg.kg}^{-1}$. Variabilita nameraných obsahov je $24,06\%$ (tab. 19 a obr. 47).

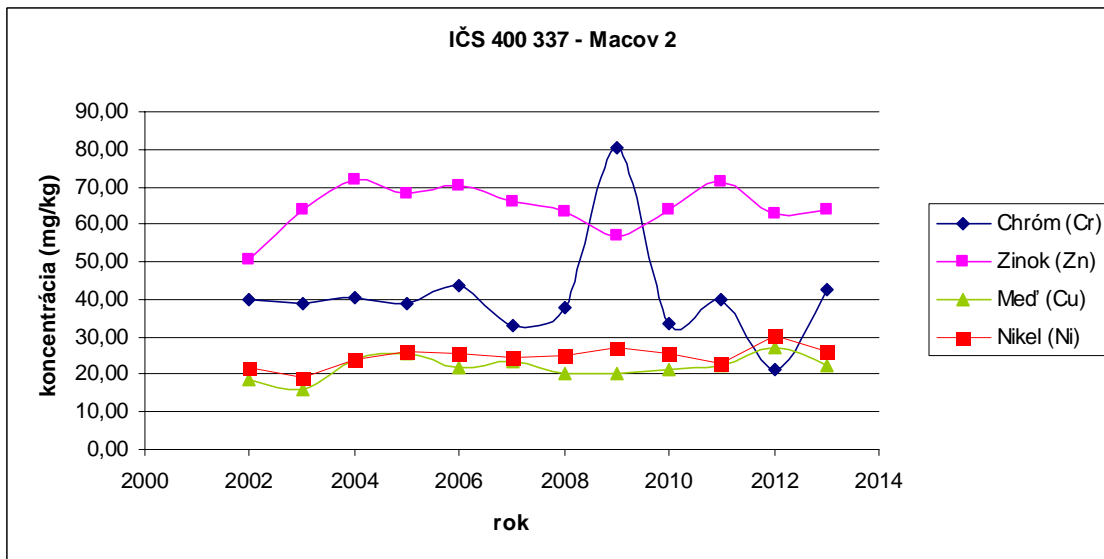
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie $65,21 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pohybuje sa od $50,85$ do $72,0 \text{ mg.kg}^{-1}$. Variabilita nameraných obsahov je $11,71\%$ (tab. 19 a obr. 48).

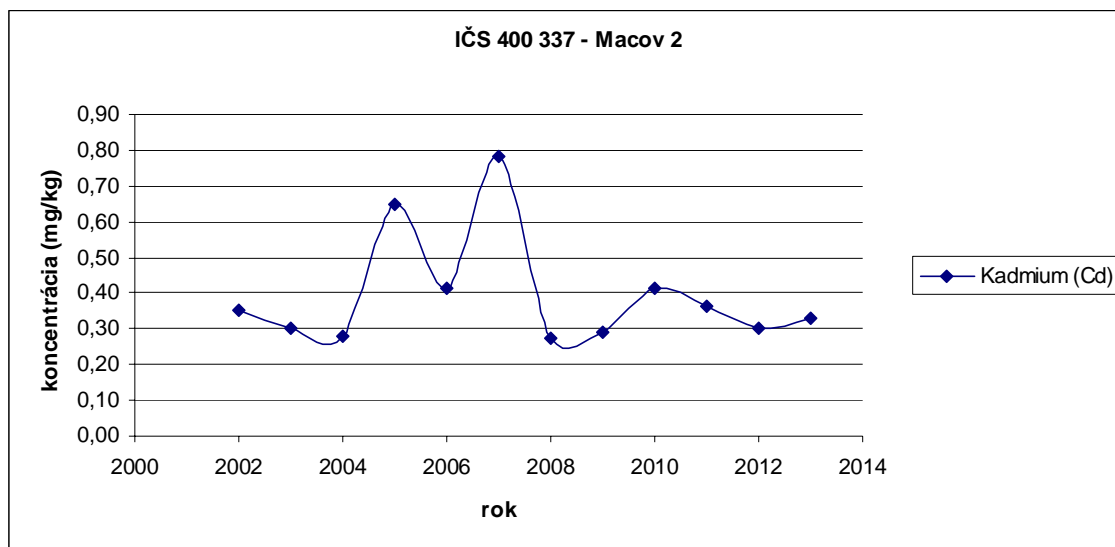
Obr. 47



Obr. 48



Obr. 49

**Kľúčová lokalita – Chopok (400 338)**

(ide o horskú oblasť, ktorá je analyzovaná v 5 ročných cykloch)

Tab. 20 Základná popisná štatistika na lokalite Chopok

(mg.kg ⁻¹)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	1,93	0,21	0,05	6,46	0,35	3,01	6,47	5,50
Priemerný obsah	10,95	0,56	0,10	29,78	8,95	7,97	86,74	32,20
Koeficient variability %	17,60	36,90	50,00	21,70	3,91	37,75	7,46	17,10
Minimálna hodnota	8,58	0,35	0,05	24,00	8,47	4,15	78,35	26,95
Maximálna hodnota	13,30	0,84	0,15	38,80	9,29	11,50	94,10	39,80

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 10,95 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 8,58 do 13,30 mg.kg⁻¹. (obr. 50).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,56 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,35 do 0,84 mg.kg⁻¹. (obr. 52).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 0,1 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,05 do 0,15 mg.kg⁻¹. (obr. 52).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 29,78 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 24,0 do 38,80 mg.kg⁻¹. (obr. 51).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 8,95 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 8,47 do 9,29 mg.kg⁻¹. (obr. 50).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 7,97 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 4,15 do 11,50 mg.kg⁻¹. (obr. 50).

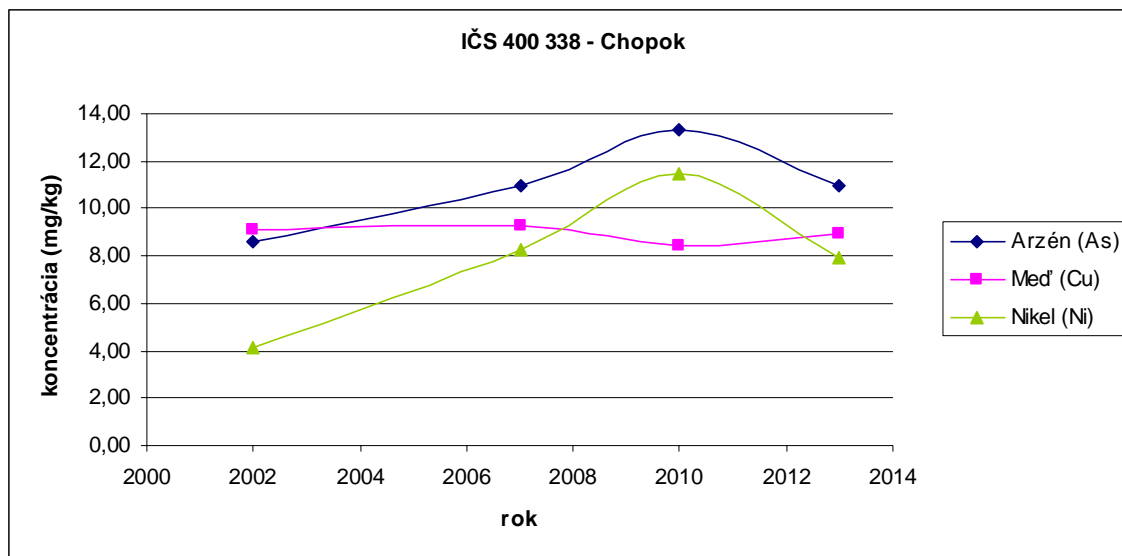
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 86,74 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 78,35 do 94,10 mg.kg⁻¹. (obr. 51).

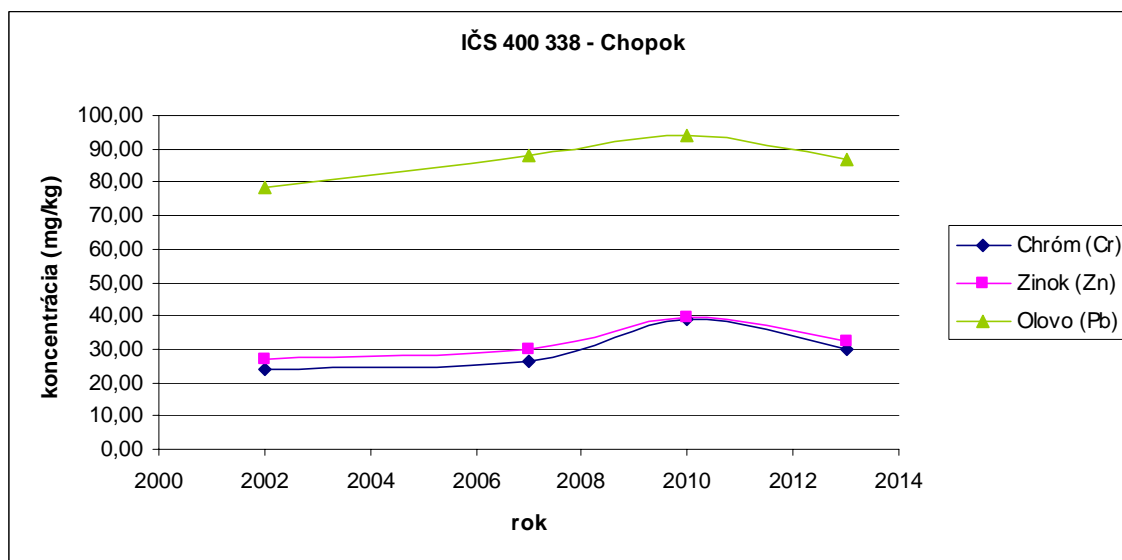
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie $32,20 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pohybuje sa od $26,95$ do $39,80 \text{ mg.kg}^{-1}$. (obr. 51).

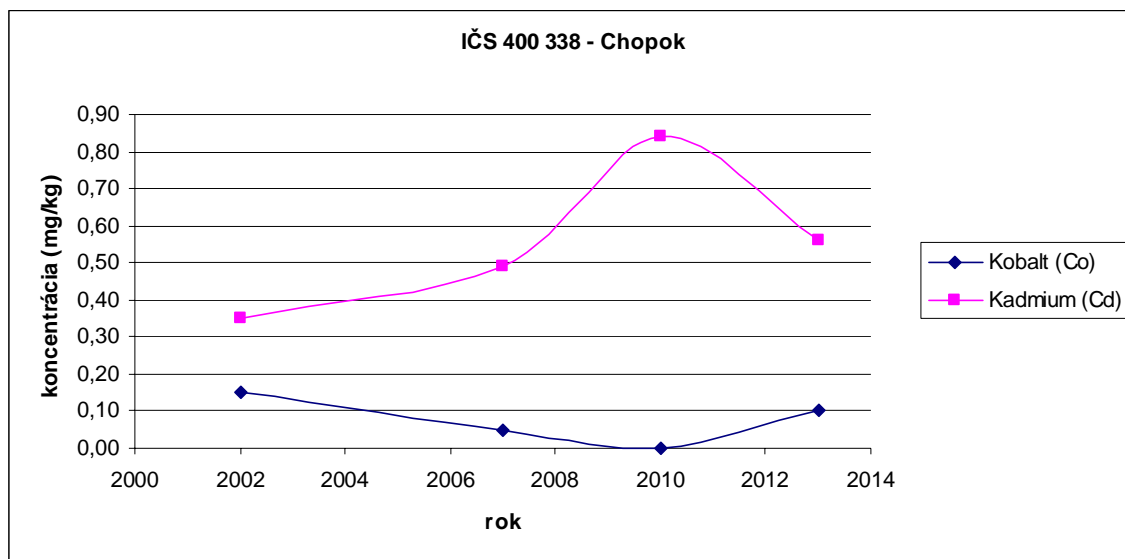
Obr. 50



Obr. 51



Obr. 52



Kľúčová lokalita – Jelšava (400 250)

Tab. 21 Základná popisná štatistika na lokalite Jelšava

(mg.kg ⁻¹)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	1,858	0,086	2,788	20,414	1,387	2,929	3,445	5,215
Priemerný obsah	10,29	0,13	7,99	41,97	13,46	16,66	24,11	69,81
Koeficient variability %	18,06	67,78	34,92	48,64	10,31	17,58	14,29	7,47
Minimálna hodnota	7,51	0,02	2,00	23,80	11,20	12,90	17,30	59,50
Maximálna hodnota	13,50	0,30	12,70	104,00	15,30	24,20	29,11	78,00

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 10,29 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 7,51 do 13,5 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 18,06% (tab. 21 a obr. 53).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,13 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,02 do 0,30 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je pomerne vysoká 67,78% (tab. 21 a obr. 55).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 7,99 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 2,0 do 12,7 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 34,92% (tab. 20 a obr. 53).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 41,97 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 23,80 do 104,0 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 48,64% (tab. 21 a obr. 54).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 13,46 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 11,20 do 15,30 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 10,31% (tab. 21 a obr. 53).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 16,66 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 17,58 do 24,20 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 17,58% (tab. č. 21 a obr. č. 54).

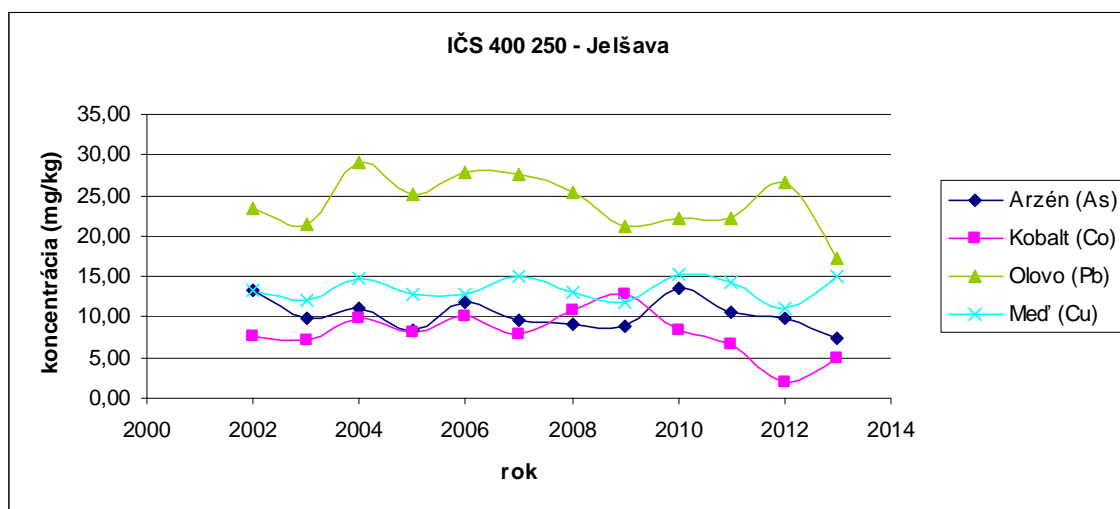
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 24,11 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 17,30 do 29,11 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 14,29% (tab. 21 a obr. 53).

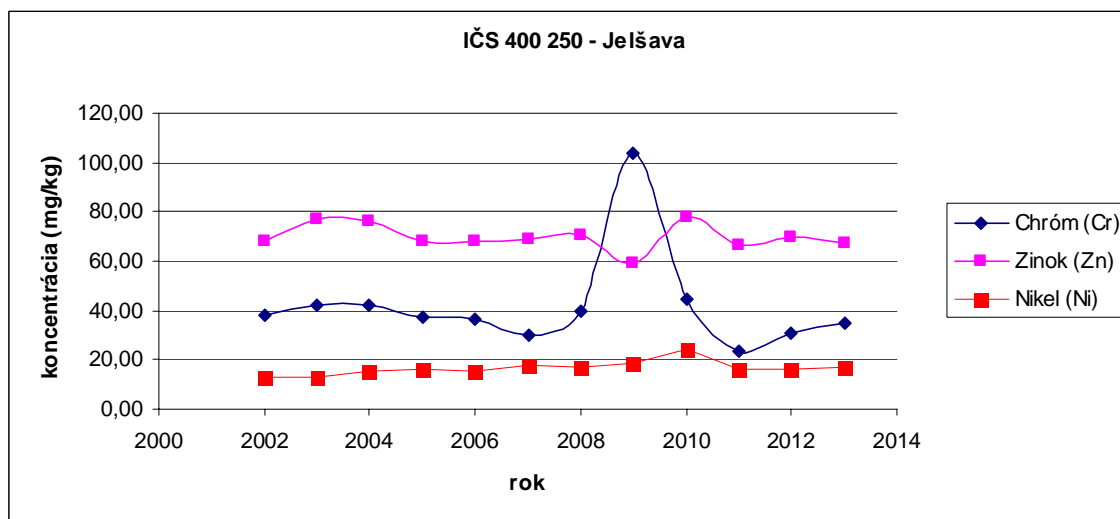
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie $69,81 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pohybuje sa od $59,50$ do $78,0 \text{ mg.kg}^{-1}$. Variabilita nameraných obsahov je $7,47\%$ (tab. 21 a obr. 54).

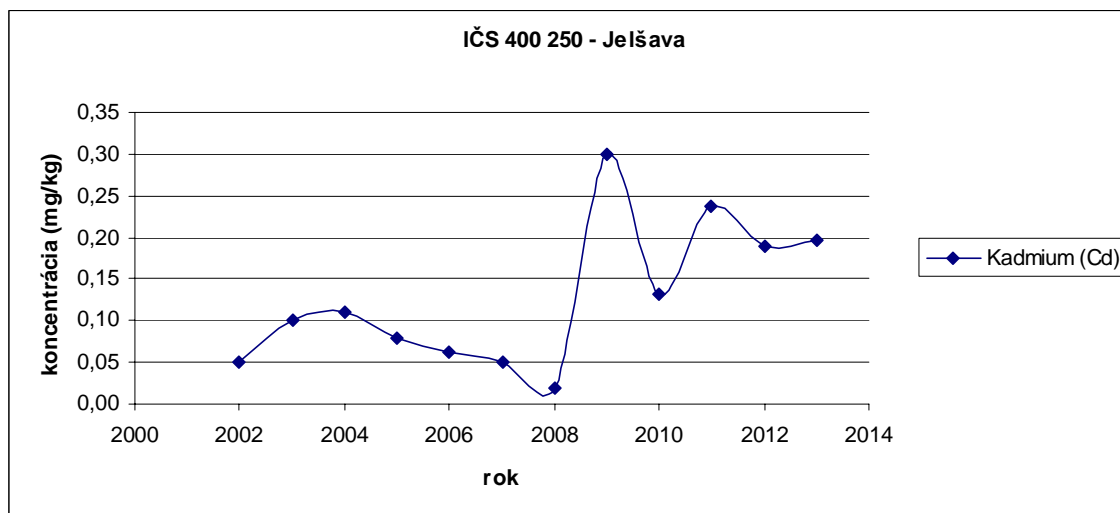
Obr. 53



Obr. 54



Obr. 55



Kľúčová lokalita – Donovaly (400 013)

(ide o horskú oblasť, ktorá je analyzovaná v 5 ročných cykloch)

Tab. 22 Základná popisná štatistika na lokalite Donovaly

(mg.kg ⁻¹)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	1,70	0,49	1,15	6,11	1,78	5,52	10,18	14,45
Priemerný obsah	25,87	1,73	5,59	45,66	25,10	19,96	84,92	174,15
Koeficient variability %	6,59	28,51	20,52	13,37	7,08	27,67	11,99	8,30
Minimálna hodnota	23,90	1,40	4,40	38,73	23,82	13,65	73,75	157,70
Maximálna hodnota	26,88	2,30	6,69	50,26	27,13	23,92	93,68	184,80

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 25,87 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 23,9 do 26,88 mg.kg⁻¹ (obr. 56).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 1,73 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 1,4 do 2,30 mg.kg⁻¹ (obr. 58).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 5,59 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 4,4 do 6,69 mg.kg⁻¹ (obr. 58).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 45,66 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 38,73 do 50,26 mg.kg⁻¹ (obr. 57).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 25,10 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 23,82 do 27,13 mg.kg⁻¹ (obr. 56).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 19,96 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 13,65 do 23,92 mg.kg⁻¹ (obr. 56).

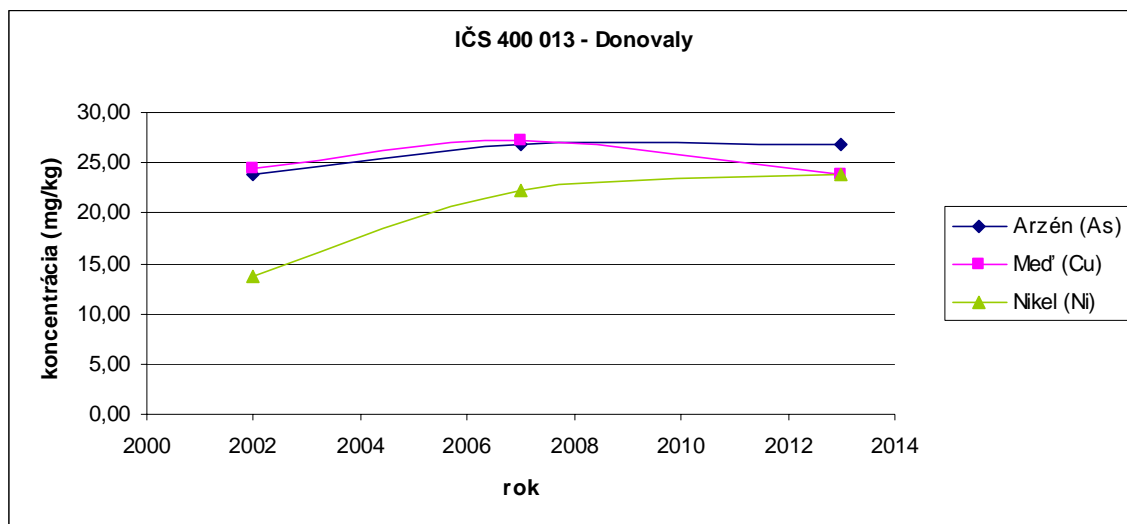
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 84,92 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 73,75 do 93,68 mg.kg⁻¹ (obr. 57).

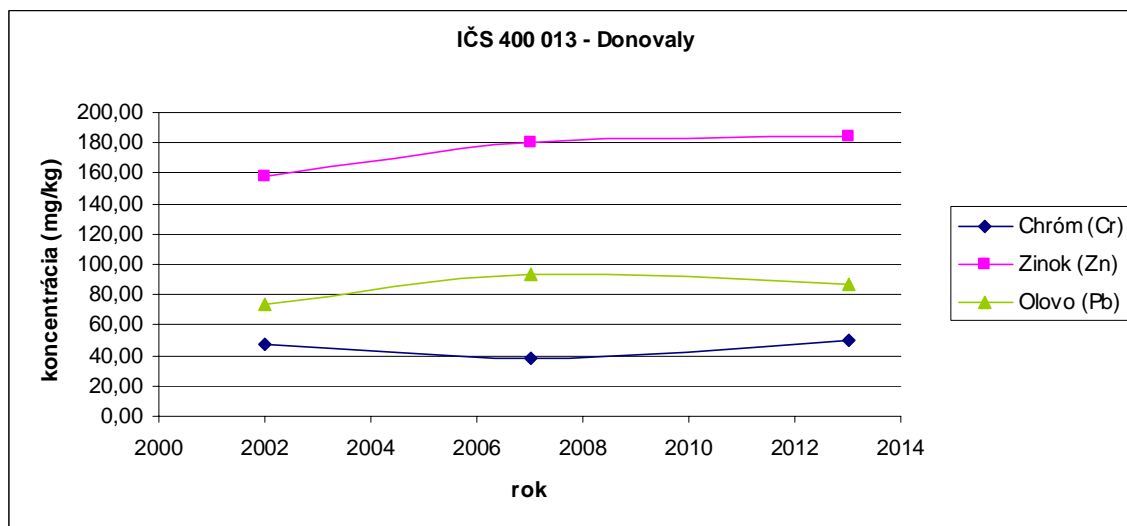
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 174,15 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 157,7 do 184,80 mg.kg⁻¹ (obr. 57).

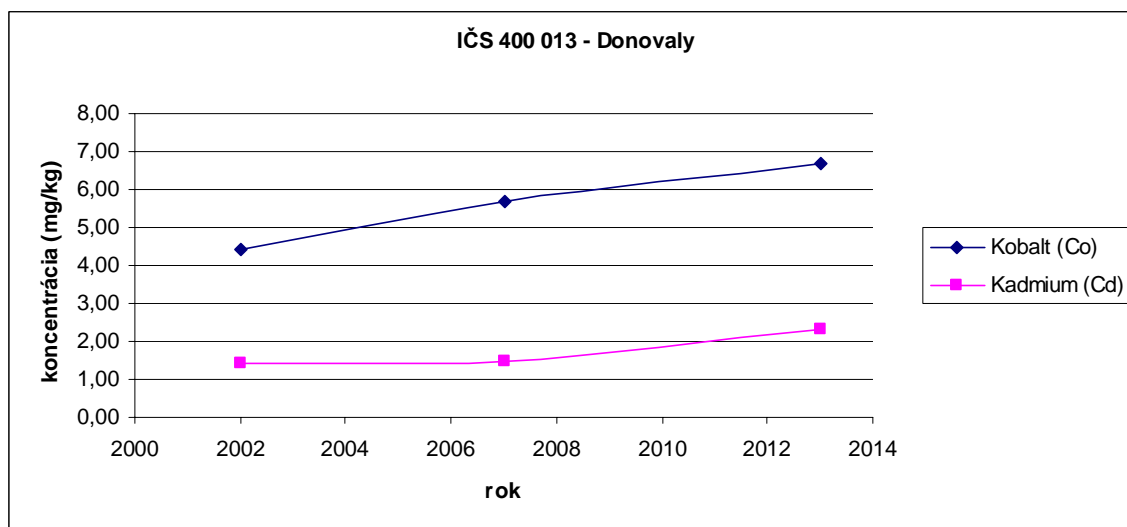
Obr. 56



Obr. 57



Obr. 58



Kľúčová lokalita – Sihla (400 055)

Tab. 23 Základná popisná štatistika na lokalite Sihla

(mg.kg-1)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,89	0,06	1,52	4,66	1,98	1,56	4,21	7,67
Priemerný obsah	5,81	0,15	3,42	13,78	7,70	4,75	40,36	51,29
Koeficient variability %	15,40	37,02	44,39	33,85	25,76	32,92	10,43	14,96
Minimálna hodnota	3,75	0,03	1,43	5,00	4,60	2,75	33,50	40,60
Maximálna hodnota	6,80	0,23	5,59	20,94	11,66	6,86	46,84	62,83

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 5,81 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 3,75 do 6,80 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 15,40 % (tab. 23 a obr. 59).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,15 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,03 do 0,23 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je vysoká 37,02% (tab. 23 a obr. 61).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 3,42 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 1,43 do 5,59 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je vysoká 44,39% (tab. 23 a obr. 59).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 13,78 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 5,0 do 20,94 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 33,85% (tab. 23 a obr. 60).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 7,70 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 4,60 do 11,66 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 25,76% (tab. 23 a obr. 60).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 4,75 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 2,75 do 6,86 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 32,92% (tab. 23 a obr. 59).

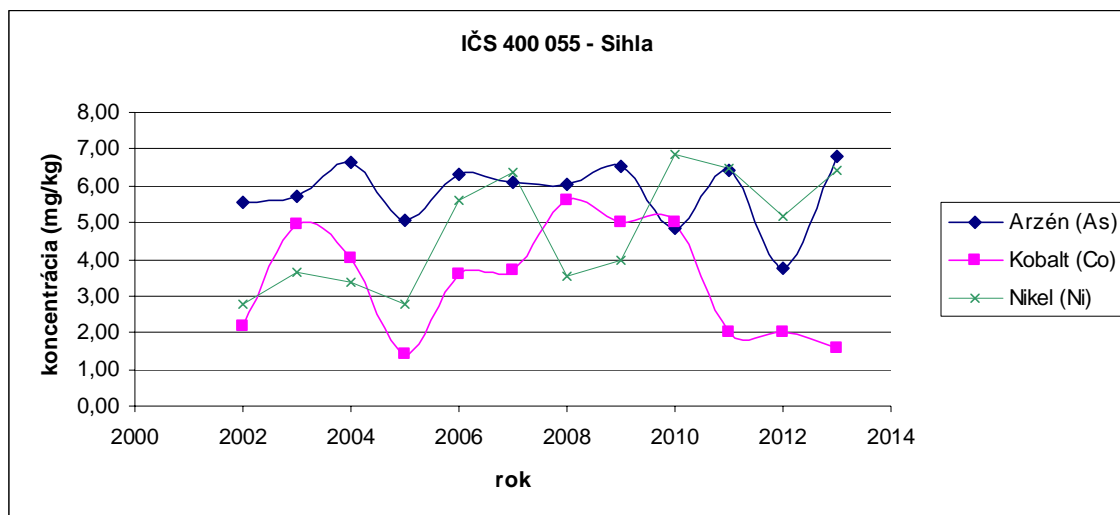
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 40,36 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 33,5 do 46,84 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 40,36% (tab. 23 a obr. 60).

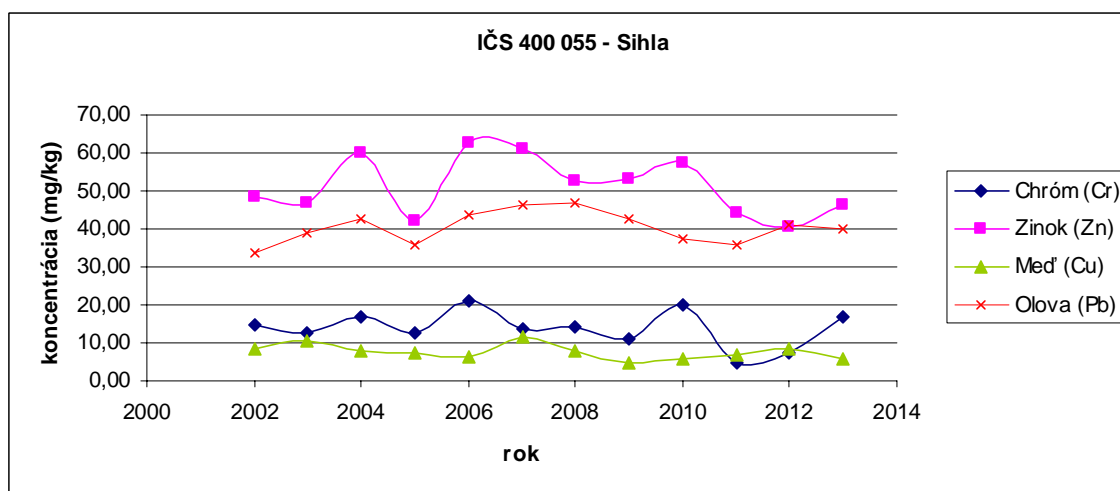
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 51,29 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 40,60 do 62,83 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 14,96% (tab. 23 a obr. 60).

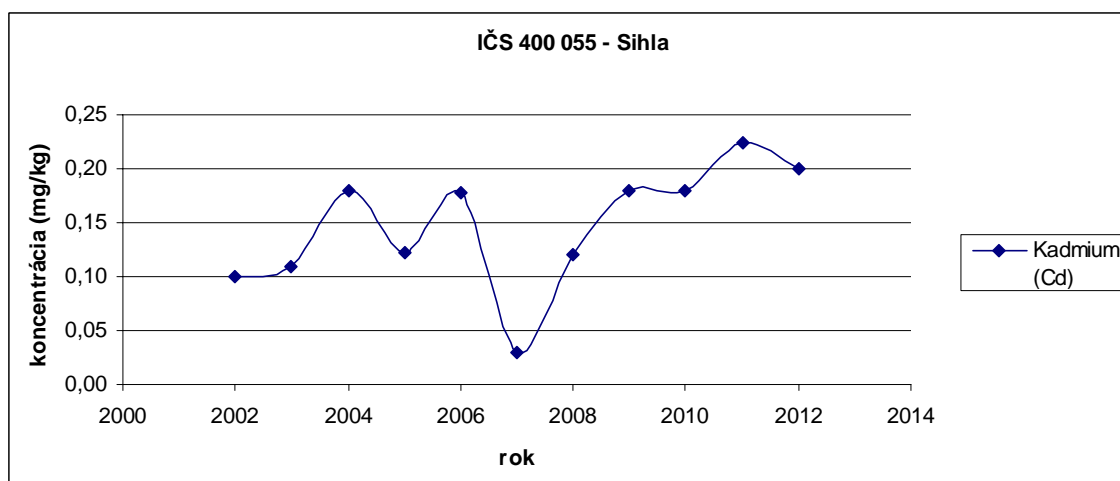
Obr. 59



Obr. 60



Obr. 61



Kľúčová lokalita – Sitno (400 340)

(ide o horskú oblasť, ktorá je analyzovaná v 5 ročných cykloch)

Tab. 24 Základná popisná štatistika na lokalite Sitno

(mg.kg-1)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	2,25	0,08	3,24	4,71	1,86	3,01	12,90	8,66
Priemerný obsah	6,81	0,53	5,63	18,31	26,43	8,94	84,10	112,74
Koeficient variability %	33,04	14,60	57,55	25,72	7,02	33,68	15,34	7,69
Minimálna hodnota	4,34	0,47	1,90	13,58	24,50	6,62	69,20	103,52
Maximálna hodnota	8,75	0,61	7,74	23,00	28,20	12,34	91,60	120,71

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 6,81 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 4,34 do 8,75 mg.kg⁻¹ (obr. 62).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,53 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,47 do 0,61 mg.kg⁻¹ (obr. 64).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 5,63 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 1,90 do 7,74 mg.kg⁻¹ (obr. 62).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 18,31 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 13,58 do 23,0 mg.kg⁻¹ (obr. 63).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 26,43 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 24,50 do 28,2 mg.kg⁻¹ (obr. 63).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 8,94 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 6,62 do 12,34 mg.kg⁻¹ (obr. 62).

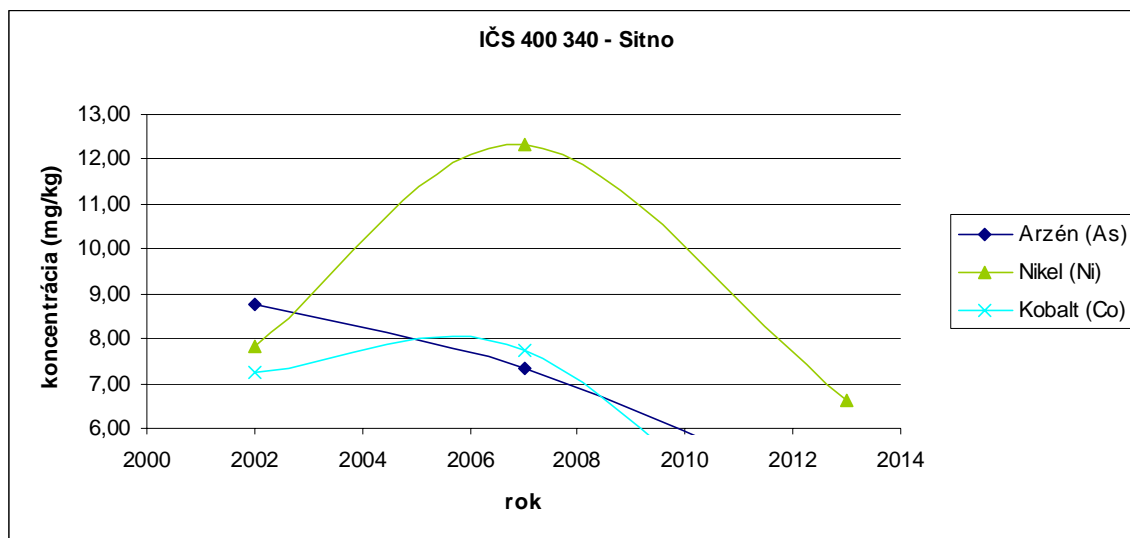
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 84,10 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 62,20 do 91,6 mg.kg-1. (obr. 63).

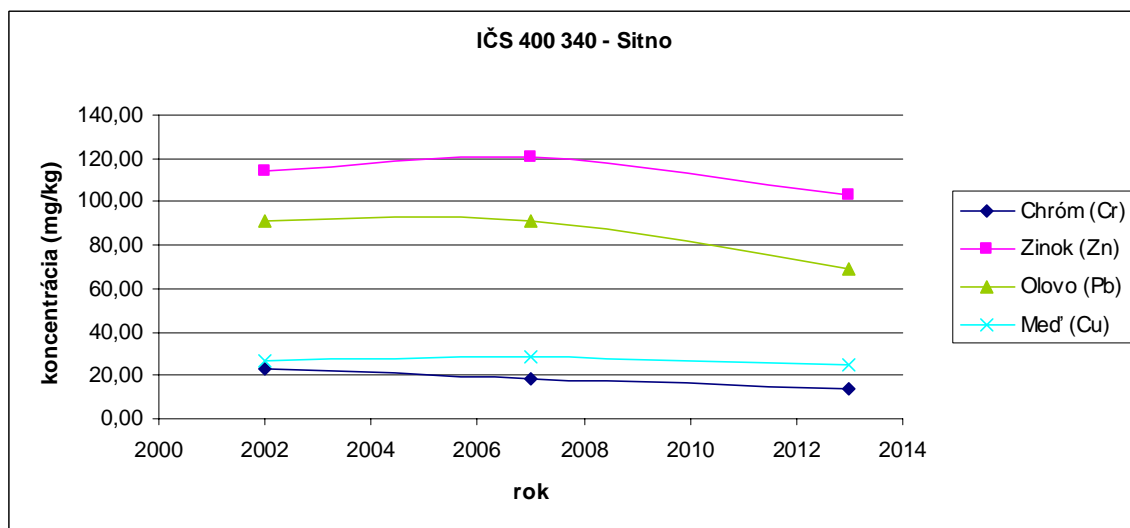
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 112,74 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 103,52 do 120,71 mg.kg⁻¹ (obr. 63).

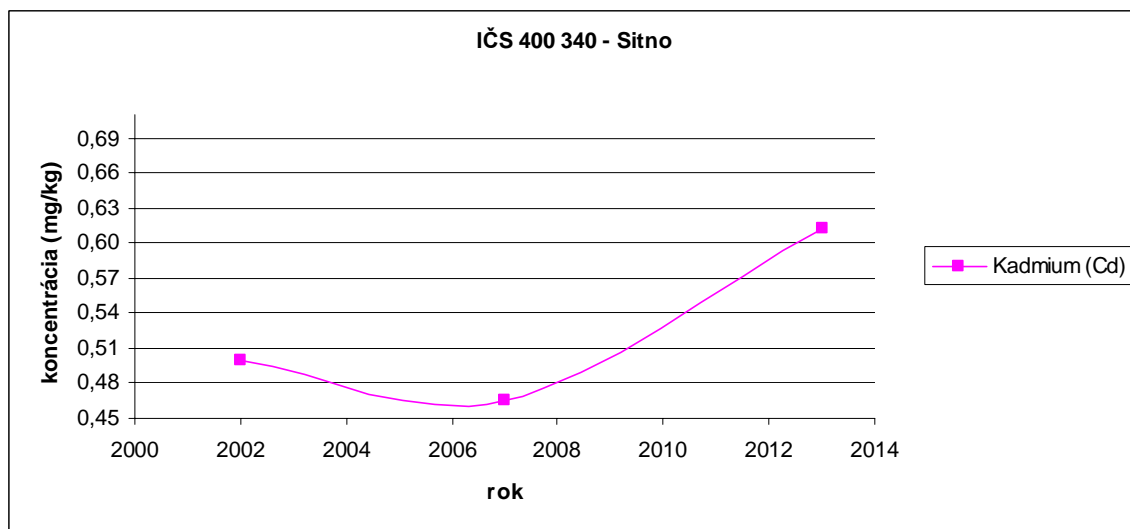
Obr. 62



Obr. 63



Obr. 64



Kľúčová lokalita – Spišská Belá (400 322)

Tab. 25 Základná popisná štatistika na lokalite Spišská Belá

(mg.kg ⁻¹)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	1,23	0,10	2,94	6,18	4,44	4,22	4,57	10,06
Priemerný obsah	9,15	0,24	8,18	40,15	21,14	28,93	21,58	65,75
Koeficient variability %	13,43	39,94	35,92	15,40	21,02	14,59	21,17	15,30
Minimálna hodnota	7,31	0,10	2,00	29,20	8,25	18,70	14,70	35,70
Maximálna hodnota	11,60	0,44	11,66	51,19	25,10	33,80	28,60	74,35

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 9,15 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 7,31 do 11,60 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 13,43% (tab. 25 a obr. 65).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,24 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 0,1 do 0,44 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 39,94% (tab. 25 a obr. 67).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 8,18 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 2,0 do 11,66 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 35,92% (tab. 25 a obr. 65).

Chróom

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 40,15 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 29,20 do 51,19 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 15,40% (tab. 25 a obr. 66).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 21,14 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 8,25 do 25,10 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 21,02% (tab. 25 a obr. 65).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 28,93 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 18,70 do 33,80 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 14,59 % (tab. 25 a obr. 66).

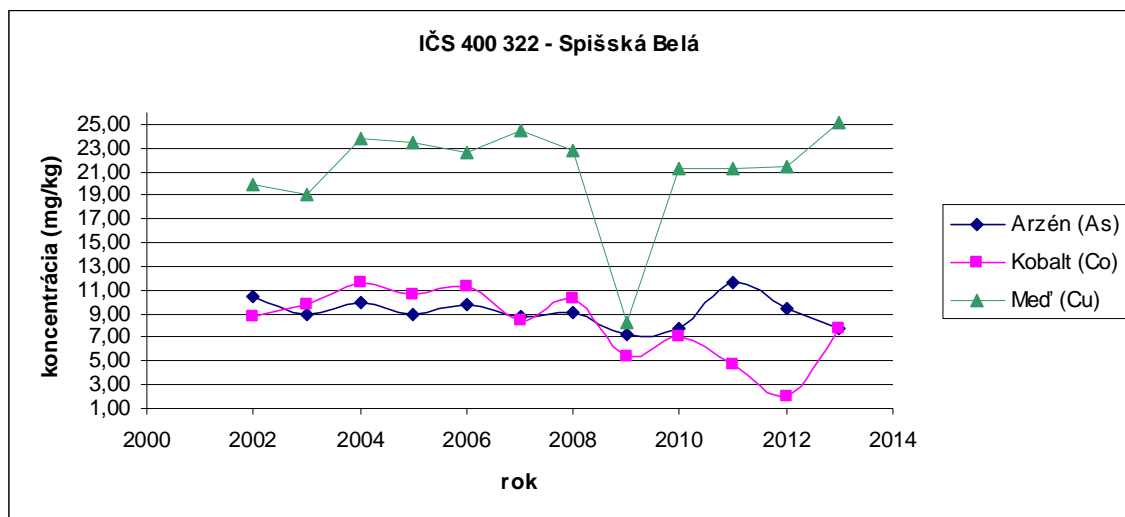
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 21,58 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 14,70 do 28,60 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 21,17% (tab. 25 a obr. 66).

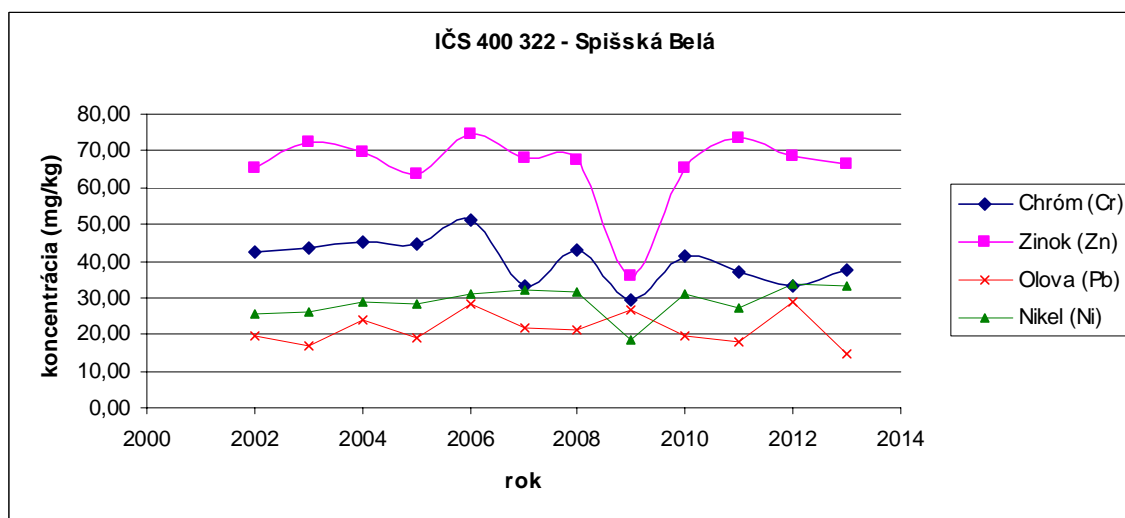
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 65,75 mg.kg⁻¹ a pohybuje sa od 35,70 do 74,35 mg.kg⁻¹. Variabilita nameraných obsahov je 15,30% (tab. 25 a obr. 66).

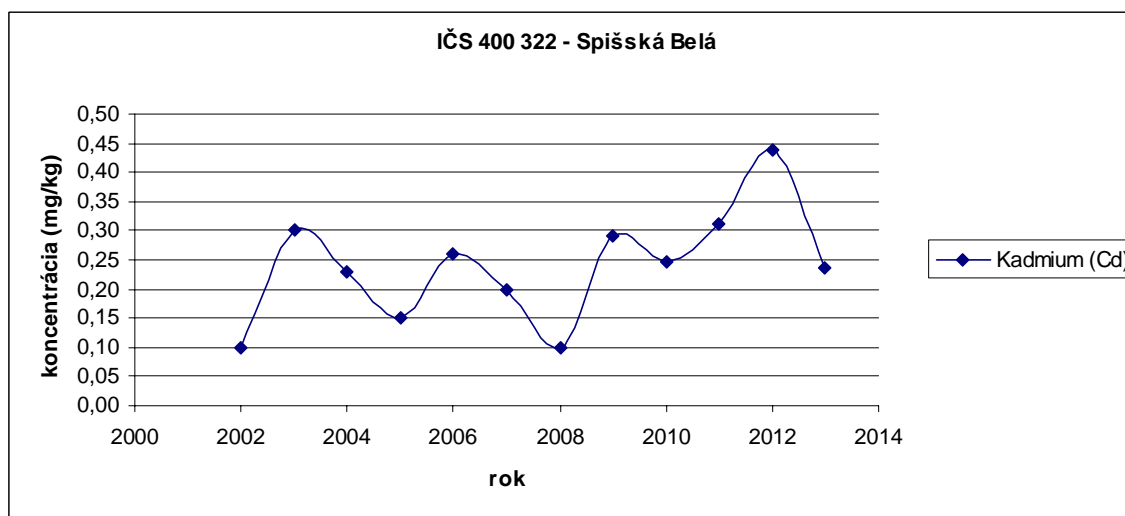
Obr. 65



Obr. 66



Obr. 67



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. 1) je možné konštatovať, že v zmysle zákona 220/2004 došlo k prekročeniu limitných hodnôt vo viacerých hodnotených ukazovateľoch najmä v dvoch monitorovaných lokalitách. V lokalite Dvorníky 400 023 došlo k prekročeniu limitných hodnôt u štyroch z ôsmich hodnotených prvkov. Následnou analýzou vo výluhu 1mol/l dusičnanu amónneho prekročených rizikových prvkov (tab. č. 2) a ich zhodnotení vo vzťahu rastlina – poľnohospodárska pôda je možné skonštatovať, že lokalita Dvorníky 400 023 je kontaminovaná prvkom kadmium, olovo a zinok.

Z hľadiska kontaminácie podľa zákona 220/2004 je najviac poškodenou oblasťou lokalita Krompachy 400 335, kde z ôsmich hodnotených prvkov došlo k prekročeniu v piatich. Následnou analýzou vo výluhu 1mol/l dusičnanu amónneho prekročených rizikových prvkov (tab. 2) a ich zhodnotení vo vzťahu rastlina – poľnohospodárska pôda je možné skonštatovať, že v lokalite Krompachy 400 335 je kontaminovaná pôda prvkom olovo a zinok.

Sledovanie stavu a vývoja obsahu rizikových látok v pôde vychádza zo Zákona č. 220/2004 Z.z., hodnotenie stavu z Vyhlášky (Z.z.č.59/2013) Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky z 11. marca 2013, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky č. 508/2004 Z. z., ktorou sa vykonáva § 27 zákona 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. Cieľovým receptorom je ochrana rastlín a potravinového reťazca človeka.

Vývoj problematiky kontaminácie pôd si vyžaduje prehodnotenie prístupu k tvorbe limitných hodnôt pre anorganické a organické polutanty. Čiastkovým cieľom tejto úlohy je vytvoriť podklad, teoretické prístupy pre pôdne limity v oblasti ochrany pôdy a kontaminácie pôdy (aktualizáciu Vyhlášky Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky).

V prvom roku riešenia sme sa zamerali na anorganické rizikové prvky.

Platná legislatíva týkajúca sa hodnotenia obsahu rizikových látok v pôde uvádza nasledovné:

Tab. 26

Limitné hodnoty rizikových prvkov v poľnohospodárskej pôde (v mg/kg suchej hmoty, rozklad lúčavkou kráľovskou, celkový obsah Hg)

Pôdny druh	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn	F
piesočnatá, hlinito-piesočnatá	10	0,4 0	15	100	30	0,1 5	40	25	0,25	100	400
piesočnato-hlinitá, hlinitá	25	0,7 0	15	150	60	0,5 0	50	70	0,40	150	550
ílovito-hlinitá, ílovitá, íl	30	1,0 0	20	200	70	0,7 5	60	115	0,60	200	600

Určenie pôdneho druhu

Pôdny druh	Obsah častíc menší ako 0,01 mm
piesočnatá, hlinito-piesočnatá	pod 20 %
piesočnato-hlinitá, hlinitá	20 až 45 %
ílovito-hlinitá, ílovitá, íl	nad 45 %

Pre limitné hodnoty rizikových prvkov v poľnohospodárskej pôde sa zohľadňujú hodnoty pôdnej reakcie takto:

- pre pôdny druh ťlovito-hlinitá, ťlovitá, íl s pH (CaCl_2) menej ako 6 pre kadmium, nikel a zinok platia hodnoty ako pri pôdnom druhu piesočnato-hlinitá, hlinitá,
- pre pôdny druh piesočnato-hlinitá, hlinitá s pH (CaCl_2) menej ako 6 pre kadmium, nikel a zinok platia hodnoty ako pri pôdnom druhu piesočnatá, hlinito-piesočnatá,
- pre pôdy s pH (CaCl_2) menej ako 5 platia pre olovo hodnoty ako pri pôdnom druhu piesočnato-hlinitá, hlinitá.

Na určenie limitných hodnôt rizikových prvkov v poľnohospodárskej pôde sa odoberajú pôdne vzorky v hĺbkach:

- 0 až 0,2 m na orných pôdach,
- 0,05 až 0,1 m na trvalých trávnych porastoch.

Pri zisťovaní kontaminácie sa odoberie najmenej jedna priemerná vzorka z rozlohy desať ha (najmenej deväť odberových miest) pri homogénnej pôde na pozemku. Pri heterogénnej pôde na pozemku sa berú priemerné vzorky z každej odlišnej časti. Vzorky sa odoberajú osobitne z miest, kde možno predpokladať cudzorodú kontamináciu, napríklad skládky, navážky a plochy aplikovaného kalu.

Prevýšenie limitných hodnôt aspoň jednej rizikovej látky a prvku v poľnohospodárskej pôde indikuje jej kontamináciu.

Pri prevýšení limitnej hodnoty niektorej rizikovej látky a prvku v poľnohospodárskej pôde je povinné zistenie kritickej hodnoty znečistenia.

Pri prevýšení limitnej hodnoty znečistenia poľnohospodárskej pôdy pôdna služba určí kritickú hodnotu znečistenia poľnohospodárskej pôdy, vypracuje zhodnotenie rizík zo znečistenia poľnohospodárskej pôdy vo vzťahu k poľnohospodárskej produkcii na dotknutej poľnohospodárskej pôde, k podzemným a povrchovým vodám, k možnému ohrozeniu zdravia obyvateľstva, zdravia hospodárskych zvierat a voľne žijúcich zvierat a ekosystémov rastlín, vypracuje návrh na odstránenie znečistenia poľnohospodárskej pôdy a spôsob hospodárenia na nej, ktorý obsahuje základné identifikačné údaje o poľnohospodárskej pôde, analýzu stavu poľnohospodárskej pôdy z hľadiska stupňa, rozsahu, charakteru, príčin a zdroja jej znečistenia, návrh opatrení, ktorými možno znečistenie minimalizovať alebo odstrániť, ekonomický prepočet finančných nákladov na vypracovanie návrhu a realizáciu navrhnutých opatrení.

Tab. 27 Limitné hodnoty rizikových prvkov vo vzťahu poľnohospodárska pôda a rastlina - kritické hodnoty

Prvok	Kritická hodnota (v mg/kg suchej hmoty vo výluhu 1 mol/l dusičnanu amónneho)
arzén (As)	0,4
meď (Cu)	1,0
nikel (Ni)	1,5
zinok (Zn)	2,0
kadmium (Cd)	0,1
olovo (Pb)	0,1
Anorganické látky	Limitná hodnota
fluór (vodorozpustný)	5,0 mg/kg

Na analytické určenie limitných hodnôt rizikových prvkov sa použijú na vzduchu vysušené vzorky pôdy, preosiate na jemnozeme s veľkosťou častíc pod 2 mm. Na zistenie obsahu vybraných rizikových prvkov prístupných pre rastliny sa použije vylúhovacia metóda s dusičnanom amónnym. Určenie fluóru sa vykonáva ionovo-selektívnou metódou (ISE).

Tab. 28 Charakteristika spôsobu využívania jednotlivých druhov pozemkov poľnohospodárskej pôdy

Poľnohospodárska pôda	
Druh pozemku	Spôsob využívania pozemku
Orná pôda	Pozemok, na ktorom sa pestujú obilniny, okopaniny, krmoviny, technické plodiny, zelenina a iné záhradné plodiny. Pozemok využívaný na pestovanie viacročných krmovín. Pozemok, na ktorom je postavené parenisko, skleníky, japan zriaďovaný na ornej pôde. Pozemok dočasne zatrávnený. Pozemok využívaný ako škôlka ovocných a okrasných stromov, viničová škôlka a škôlka pre chmeľové sadivo.
Chmeľnica	Pozemok vysadený chmeľom. Pozemok vhodný na pestovanie chmeľu, na ktorom bol chmeľ dočasne odstránený.
Vinica	Pozemok s trvalým porastom viniča vrátane neproduktívnej plochy. Pozemok vhodný na pestovanie viniča, na ktorom bol vinič dočasne odstránený.
Záhrada	Pozemok prídomovej záhrady alebo v záhradkovej osade schválenej príslušným orgánom štátnej správy alebo územným plánom obce, na ktorom sa pestuje zelenina, ovocie, okrasná nízka a vysoká zeleň a iné poľnohospodárske plodiny. Pozemok využívaný ako škôlka ovocných a okrasných stromov, viničová škôlka a škôlka pre chmeľové sadivo. Pozemok, ktorý nebol vyradený z biologického látkového kolobehu pôda rastlinstvo, využívaný v rámci záhradného centra, na ktorom sa pestuje okrasná nízka a vysoká zeleň.
Ovocný sad	Pozemok s výmerou nad 0,3 ha, súvisle vysadený ovocnými stromami, ovocnými krami a ovocnými sadenicami na jednom mieste, jedným alebo viacerými ovocnými druhmi.
Trvalý trávny porast	Pozemok lúk a pasienkov trvalo porastený prirodzenými trávami lúk a pasienkov na danom stanovišti. Pozemok dočasne využívaný na pestovanie vianočných stromčekov, okrasnej zelene.

Súčasťou poľnohospodárskeho druhu pozemku sú:

- remízky nízkej a vysokej zelene, ktoré slúžia ako účelová ochranná, poľnohospodárska zeleň na ochranu pred eróziou a na zabezpečenie ekologickej stability územia,
- nespevnené poľné cesty (zatrávnené a nezatrávnené).

V tabuľke 26 sú uvedené Limitné hodnoty rizikových prvkov (As, cd, Co, cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn, F) v poľnohospodárskej pôde, celkové obsahy, v tabuľke 2 kritické obsahy vo výluhu dusičnanu amónneho vo vzťahu poľnohospodárska pôda - rastlina a v tabuľke 3 charakteristika druhu pozemku pre poľnohospodárske pôdy. Vyhláška (Z.z.č.59/2013) Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky z 11. marca 2013, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky č. 508/2004 Z. z., ktorou sa vykonáva § 27 zákona 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, vychádza pri stanovení limitných obsahov rizikových prvkov z dvoch základných pôdných vlastností, a to pôdneho druhu a hodnoty výmennej pôdnej reakcie (pH v CaCl₂). V ČR sú navrhnuté limitné hodnoty aj pre Be, Mn, V a Ti, vo Švajčiarsku (2012) aj pre Mo a v Poľsku (2002) aj pre Ba, Mo a Sn. Na Slovensku máme jednostupňový systém limit, indikačné hodnoty, ktoré sú viazané na dva parametre, a to pôdny druh a hodnotu pôdnej reakcie. Dvojstupňový systém limitných hodnôt pre anorganické rizikové prvky je navrhnutý (zatiaľ nie je platný, platná je Vyhláška 13 z roku 1994) v ČR, a to preventívne hodnoty a indikačné hodnoty. Prekročenie preventívnej hodnoty sa nepovažuje za kontamináciu, ale za indikáciu, kedy za určitých podmienok môže dôjsť k nepriaznivým zmenám v pôde. Prekročenie indikačnej hodnoty už znamená kontamináciu a je signálom pre cieleň prieskum danej lokality, zohľadnenie všetkých faktorov a vyhodnotenie rizík vzhľadom na cieľový receptor.

Cieľovým receptorom môže byť kvalita potravín, kvalita krmovín, kvalita podzemných vôd ako aj priame ohrozenie organizmu (priamym vstupom rizikových prvkov z pôdy do organizmu) (Nemeček, 2003). Rozdelenie limitných hodnôt anorganických rizikových prvkov podľa cieľových receptorov je v Nemecku (1999) (pôdne organizmy, rastliny, voda). Posudzovanie rizík vzhľadom na receptor môže byť ekotoxikologické alebo humanotoxikologické. Ekotoxikologické riziká vychádzajú z testov senzitivity mikroorganizmov na rizikové látky, humanotoxikologické z prahových hodnôt rizikových látok pre ľudský organizmus. Pôda predstavuje médium, ktoré môže sprostredkovať vstup rizikových látok do rastlín (pôda-rastlina), cez potravinový reťazec do človeka (pôda-rastlina-človek), do zvierat (pôda-krmovina-zviera), (pôda-krmovina-zviera-človek), do vody (pôda-voda), ako aj prostredníctvom inhalácie zaťaženej pôdy priamo do človeka (pôda-človek) (detské ihriská, veterná erózia).

V platnej legislatíve (SR) až pri prevýšení limitnej hodnoty niektorej rizikovej látky a prvku v poľnohospodárskej pôde je povinné zistenie kritickej hodnoty znečistenia vo vzťahu poľnohospodárska pôda – rastlina (tab. 27). Cieľovým receptorom je v tomto prípade rastlina a potenciálnym receptorom človek. Pri antropogénnom zaťažení pôdy však môže dôjsť k prekročeniu limitných hodnôt vo vzťahu pôda – rastlina aj v prípade, že celkové limitné obsahy nie sú prekročené (Yong et al, 1992, Mestek a Volka 1987, Makovníková, 2000). Proces kontrolujúci distribúciu a sorpciu rizikových anorganických prvkov v agroekosystéme zahŕňa viaceré základné fyzikálne, chemické a biologické procesy. K najdôležitejším patria adsorpcia a výmenné reakcie, komplexácia, precipitácia/rozpúšťanie a oxidačno-redukčné procesy. Ióny rizikových prvkov môžu byť viazané na povrchy minerálov alebo organickej hmoty pomocou výmenných reakcií alebo komplexácií. Oxidovateľné anióny ako arzeničnany/arzenitany, selénany/seleničitany, molybdénany a chrómany sú obvykle viazané kovalentnou väzbou na povrchy minerálov. Pri adsorpcii a kationovej výmene konkurujú ťažkým kovom alkalické kovy a kovy alkalických zemín ako aj ich iónové formy (Na, Ca, Mg, Fe(II) a Mn(II) spolu s amoniakom), ktoré sa hlavne pri redukčných podmienkach nachádzajú v pôde v pomerne vysokých koncentráciách. Tento proces sa popisuje ako kationová inhibícia, t.j. kationová výmenná reakcia medzi ťažkými kovmi a konkurenčnými iónmi. Kationová inhibícia je veľmi dôležitá, pretože ťažké kovy nie sú v pôde samotné a nachádzajú sa vždy v kombinácii s ostatnými prvkami. Rozdiely vo väzbe antropogénne vnášaných prvkov (napr. kadmia) sa najvýraznejšie prejavujú v dominancii biopristupnej frakcie a to aj pri neutrálnej hodnote pôdnej reakcie a vysokom obsahu organickej hmoty v pôde (Makovníková, 2000, Makovníková et al., 2003). Antropogénne vnášané rizikové prvky sa zabudovávajú do väzieb na pôdne komponenty len pomaly v závislosti od sorpčného potenciálu pôdy (Zeien, Brummer, 1989, Yong et al. 1992, Makovníková et al., 2007). Sorpčné parametre pôdnych sorbentov sú selektívne voči sorpcii prvkov v rôznych oblastiach pH (Zeien, Brummer, 1989, Adriano 2001, Makovníková et al. 2007), podobne aj sila a stabilita vzniknutých komplexov je závislá od hodnoty pôdnej reakcie. V návrhu limitných hodnôt pre ČR pri stanovení indikačnej hodnoty je potrebné analyzovať vždy celkový obsah rizikového prvku a zároveň aj biopristupný obsah rizikového prvku, ktoré sú následne odstupňované podľa troch indikátorov, a to pôdneho druhu, hodnoty pôdnej reakcie ako aj cieľového receptora (zdravotná nezávadnosť potravín a krmív, ohrozenie produkčnej funkcie pôdy, ohrozenie zdravia ľudí alebo zvierat).

Podľa Kubíka (2012) druh pozemku výrazne ovplyvňuje celkový obsah rizikových prvkov. Najnižšie hodnoty boli zistené v ČR v pôdach so špecifickým využitím, ako sú vinice a chmelnice (s výnimkou Cu, príčinou je používanie prípravkov na báze Cu pri ošetrovaní porastov), stredné hodnoty na ornej pôde a najvyššie hodnoty v pôdach využívaných ako trvalý trávny porast. Limitné hodnoty platné v SR sú však rovnaké pre všetky druhy pozemkov uvedené v tabuľke 28. Limitné hodnoty delené podľa druhu pozemku sú platné

napr. v Nemecku alebo v Holandsku (Swartjes et al., 2012). V Poľsku (2002) sú definované tri skupiny zonácie (A, B, C) pre stanovenie limitných hodnôt v závislosti od geologického pozadia, využívania pôdy ako aj antropogénnych vplyvov, pričom limitné hodnoty sú stanovené aj pre rôzne hĺbky pôdy.

Nasledovné ciele riešenia:

Vypracovanie podkladov pre stanovenie limitných hodnôt anorganických rizikových prvkov v pôde pri zohľadnení:

- úrovne limitných hodnôt (dvojúrovňový systém, preventívna a indikačná hodnota)
- pri hodnotení obsahu rizikových prvkov - celkový obsah (rozklad v lúčavke kráľovskej, Hg celkový obsah) aj biopristupný obsah (výluh v dusičnane amónnom pri vybraných prvkoch), pri hodnotení previesť analýzu obidvoma metódami, ak sú pre tieto metódy stanovené limitné hodnoty
- väzby limitov na pôdne vlastnosti - pôdny druh, hodnota pôdnej reakcie a druh pozemku (orná pôda, chmelnica, vinica, záhrada, trávny porast)

Použitá literatúra

- ADRIANO D.C., 2001.: Trace elements in terrestrial environments. Springer Verlag, New York
- KUBÍK L. 2012. Bazální monitoring zemědělských půd ČR – rizikové prvky, PD 2012, Snina
- MAKOVNÍKOVÁ, J., 2000: Závislosti mezi vybranými půdními parametry a přístupným obsahem kadmia, olova, mědi a zinku. Rostl. výroba, 46, 2000, str. 289-296
- MAKOVNÍKOVÁ, J., BARANČÍKOVÁ, DLAPA, P. G., DERCOVA, K., 2006: Anorganické kontaminanty v půdním ekosystému. Rewiev. Chemické listy 6/06
- 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, 365 – 373
- MESTEK O., VOLKA K., 1993: Chem. Listy 87, 95
- MP SR (2004): Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy z 10. marca 2004. In: Zbierka zákonov SR, čiastka 96 z 28. apríla 2004, MP SR Bratislava, s. 2278-2315
- NEMEČEK ET AL., 2003. Pristupy k reseni limitnych hodnot pristupove cesty puda-rostlina. http://www.pedologia.sk/sites/default/files/proceedings/2003_2pd_zbornik.pdf#page=279
- SWARTJES F.A., et al., 2012. State of the art of contaminated site management in The Netherlands: Policy framework and risk assessment tools
- ZIEHEN H. - BRUMMER G.W., 1989: Chemische extraktionen zur Bestimmung von Schwermetallbindungsformen in Boden. Mitteil. DBG, 59, 1989
- YONG R.N., MOHAMED A.M.O., WARKENTIN B., 1992: Principles Contaminant Transport in soils, Elsevier
- Bundes- Bodenschutz and Altlasten Verordnung. 1999. Nemecko
- Návrh ČR zverejnený na web stránke MZP ČR
- Rozpotzadzanie ministra środowiska z dnia 9. Września 2002 r., w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi, Poľsko
- Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) vom 1. Juli 1998 (Stand am 1. Juni 2012)
- Der Schweizerische Bundesrat, gestützt auf die Artikel 29, 33 Absatz 2, 35 Absatz 1 und 39 Absatz 1 des Umweltschutzgesetzes vom 7. Oktober 1983 [1](#) (USG). Švajčiarsko

Vyhláška č. 59/2013 Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky, Slovensko

Vyhláška č.13/1994 Sb. Vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Česká republika

Zákon o pôde č.220 (2004). Zbierka zákonov, 220/2004, 2290-2292 , Slovensko

6.3 Obsah a vývoj makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach na príklade kľúčových monitorovacích lokalít

6.3.1 Makroelementy

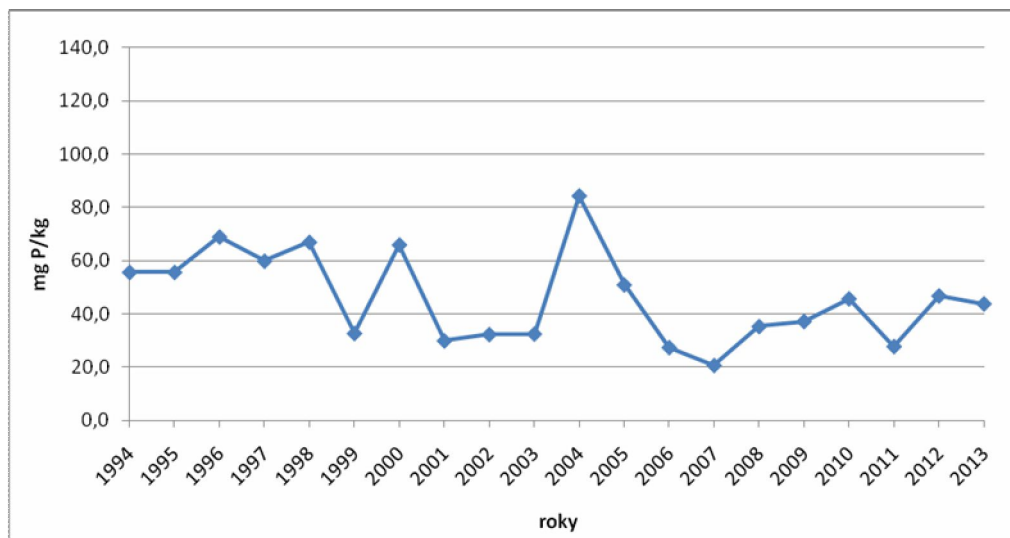
Fosfor

V pripravovanej publikácii – Kobza, J. a kol. (2013): Monitoring pôd SR (výsledky za 4. monitorovací cyklus) podávame aktuálny stav obsahu makro- a mikroelementov v pôdach Slovenska na základe dosiahnutých výsledkov z celej základnej monitorovacej siete.

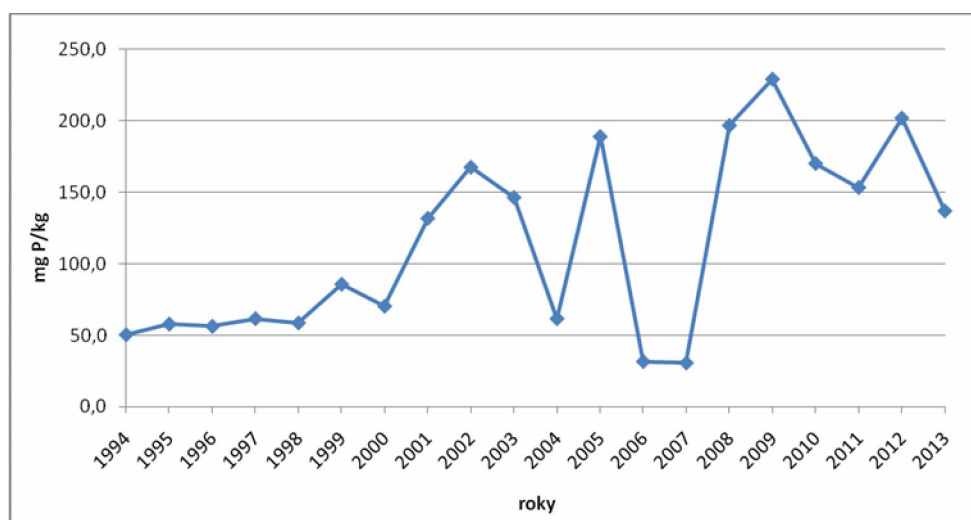
Čo sa týka obsahu prístupného fosforu, bol zistený najnižší obsah na kyslých a veľmi kyslých pôdach (podzoly, rankre podzolové), ktorý sa priemerne pohybuje okolo 16 mg.kg^{-1} . Keďže rok 2013 bol odberovým rokom započatého 5. cyklu monitorovania pôd Slovenska (pôdne vzorky sa v súčasnosti homogenizujú a pripravujú pre analýzy), v tejto správe predkladáme vývoj prístupných živín na príklade vybraných kľúčových monitorovacích lokalít, ktoré sa monitorujú každoročne od roku 1994. Do roku 2006 sa prístupné makroelementy stanovovali podľa Egnera (prístupný fosfor) a podľa Schachtschabela (prístupný draslík). Prístupný horčík sa stanovoval podľa Mehlicha II. Od roku 2007 sa uvedené makroelementy stanovujú podľa Mehlicha III. (Kolektív, 2011). Kvôli relevantnej komparácii dosiahnutých výsledkov za obdobie rokov 1994 – 2013 sme použili model prepočtu podľa autorov Kobza a Gáborík, 2008.

Na obr. 1-5 je uvedený doterajší vývoj obsahu prístupného fosforu (stanoveného podľa Mehlicha III.) na nasledovných kľúčových monitorovacích lokalitách. Topoľníky (FMa^c), Moravský Ján (RMa), Voderady pri Trnave (ČMa^c), Liesek (PGa) a Malanta (HMa).

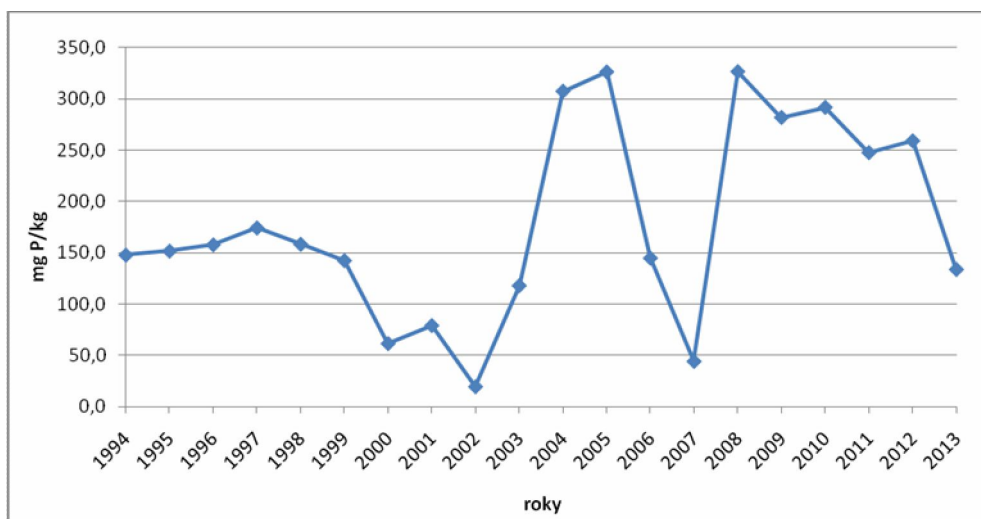
Obr. 1 Vývoj obsahu prístupného fosforu na príklade kľúčovej monitorovacej lokality Topoľníky (FMa)



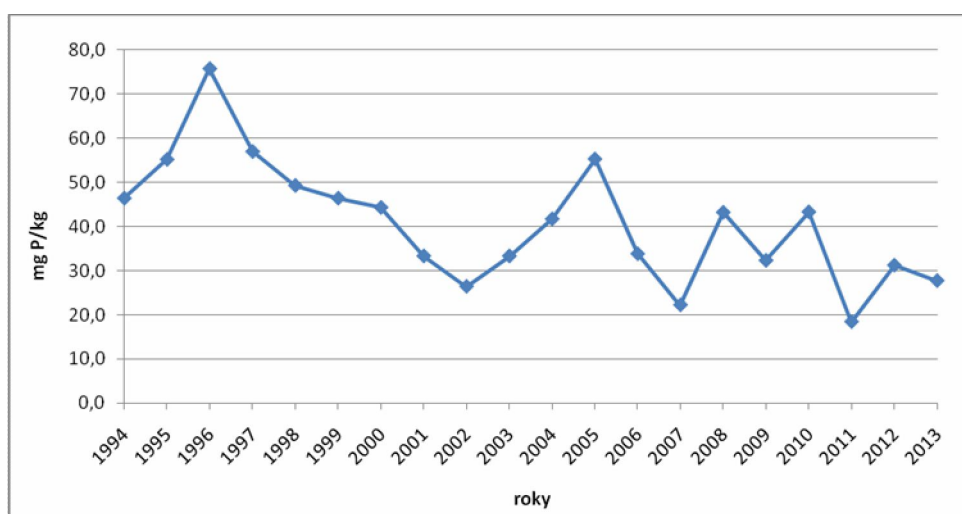
Obr. 2 Vývoj obsahu přístupného fosforu na příklade klíčové monitorovací lokality Moravský Ján (RMa)



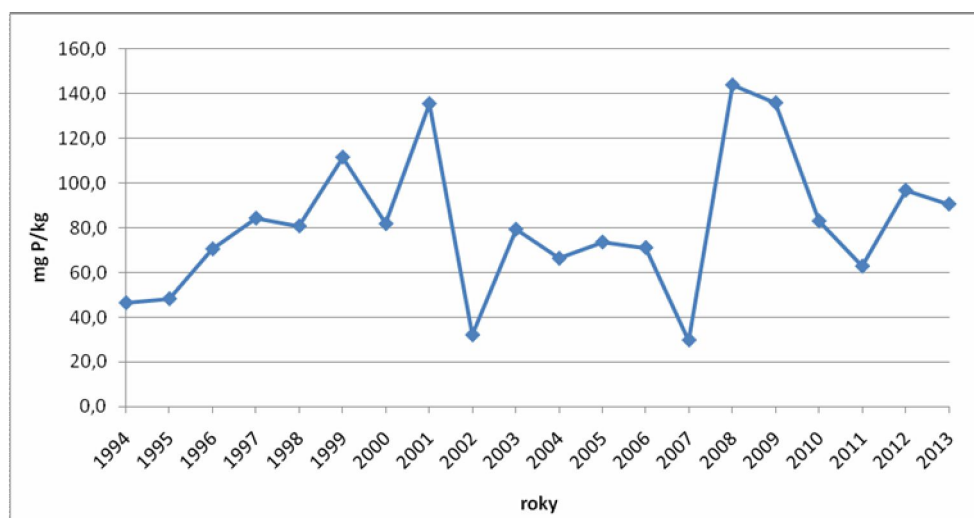
Obr. 3 Vývoj obsahu přístupného fosforu na příklade klíčové monitorovací lokality Voderady (ČMa^c)



Obr. 4 Vývoj obsahu přístupného fosforu na příklade klíčové monitorovací lokality Liesek (PGa)



Obr. 5 Vývoj obsahu prístupného fosforu na príklade kľúčovej monitorovacej lokality Malanta (HMa)



Obsah prístupného fosforu na uvedených lokalitách je v časovom vývoji značne variabilný, čo je zrejme odrazom nerovnomerného P-hnojenia na uvedených lokalitách, pretože obsah tohto prvku v našich pôdach je prirodzene nízky a navyše sa jedná o prvok s nízkou pohyblivosťou v pôdnom prostredí. Svedčia o tom aj hodnoty variačného koeficienta (tab. 1).

Tab. 1 Základné štatistické ukazovatele časovej variability prístupného fosforu (podľa Mehliche III.) v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ na príklade kľúčových monitorovacích lokalít za obdobie rokov 1994 - 2013

Monitorovacie lokality (Pôda)	Základné štatistické ukazovatele					
	n	Xmin.	Xmax.	x	Sx	V (%)
Topoľníky (FMa ^C)	20	20,8	84,4	46,1	17,1	37,0
Moravský Ján (RMa)	20	30,6	229,2	114,4	64,3	56,2
Voderady (ČMa ^C)	20	20,0	326,4	178,8	95,1	53,2
Liesek (PGa)	20	18,4	75,8	40,8	13,8	33,8
Malanta (HMa)	20	29,7	144,0	81,2	31,9	39,3

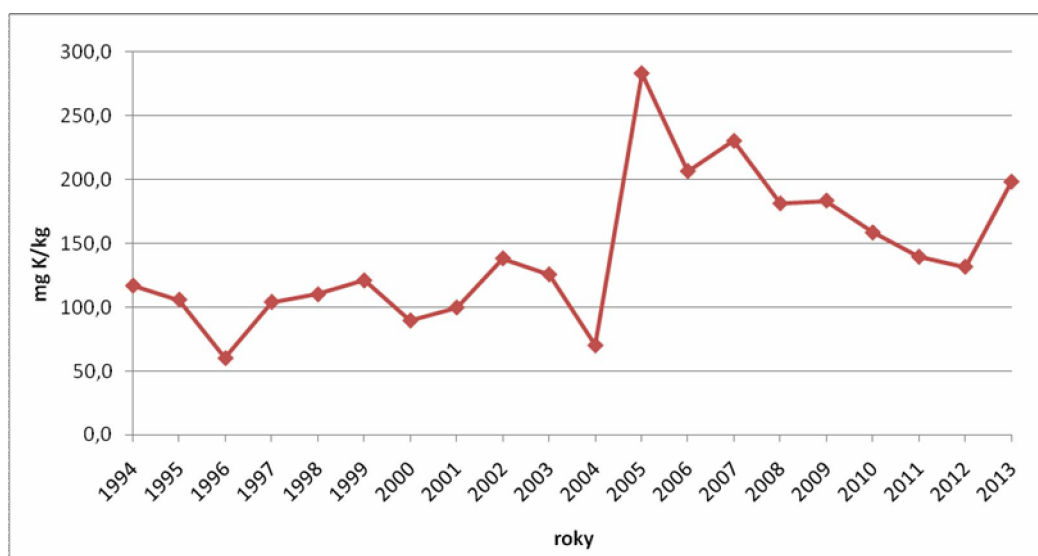
Vysvetlivky: FMa^C – fluvizem kultizemná, var. karbonátová, RMa – regozem kultizemná, ČMa^C – černozem kultizemná, var. karbonátová, PGa – pseudoglej kultizemný, HMa – hnedozem kultizemná, n – početnosť súboru, Xmin. – minimálna hodnota, Xmax. – maximálna hodnota, Sx – smerodajná odchýlka, x – aritmetický priemer, V – variačný koeficient

Hodnoty variačného koeficienta sa pohybujú v rozpätí 33,8 – 56,2 %, čo svedčí o často výrazných rozdieloch medzi jednotlivými rokmi, spôsobených pravdepodobne rozdielnou úrovňou hnojenia i rozdielnym odčerpávaním prístupného fosforu pestovanými poľnohospodárskymi plodinami. Zvýšená variabilita je často pozorovateľná po roku 2000 (najmä lokality Moravský Ján, Voderady, Malanta). Totiž najvyššie hodnoty obsahu prístupného fosforu boli zaznamenané práve na lokalitách Moravský Ján (RMa), Voderady (ČMa^C) a Malanta (HMa) najmä po roku 2000.

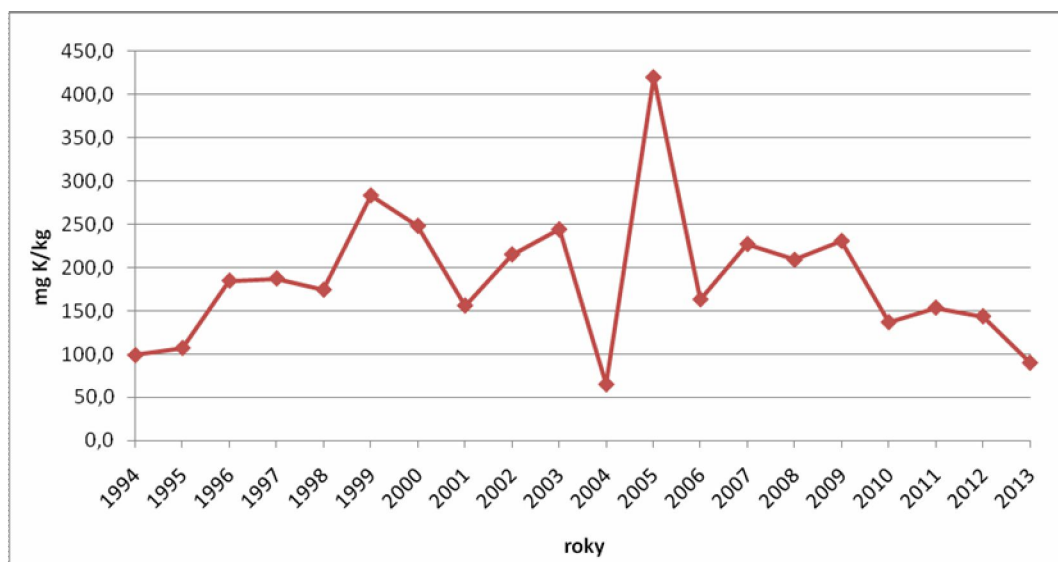
Draslík

Doterajší vývoj obsahu prístupného draslíka (stanoveného podľa Mehliche III.) na uvedených kľúčových monitorovacích lokalitách je znázornený na obr. 6 až 10.

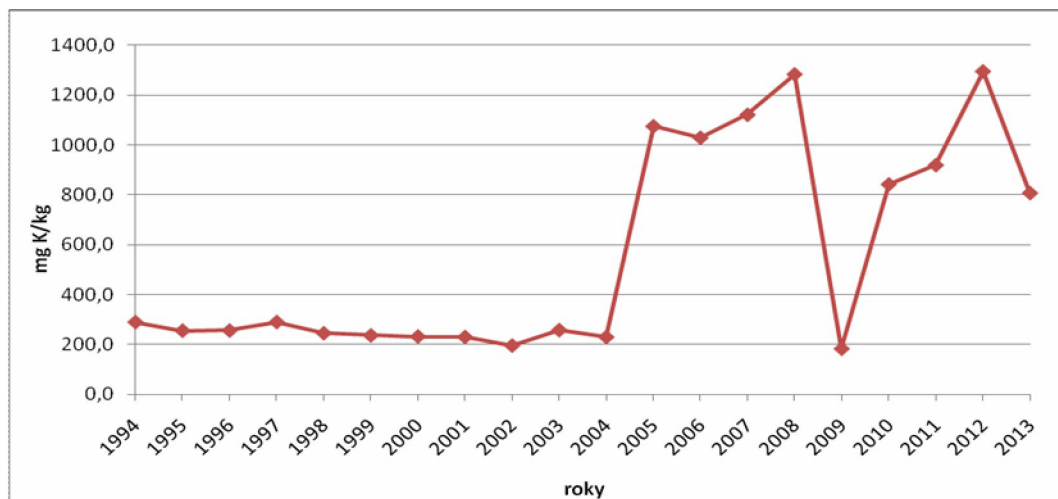
Obr. 6 Vývoj obsahu přístupného fosforu na příklade klíčovej monitorovacej lokality Topoľníky (FMa)



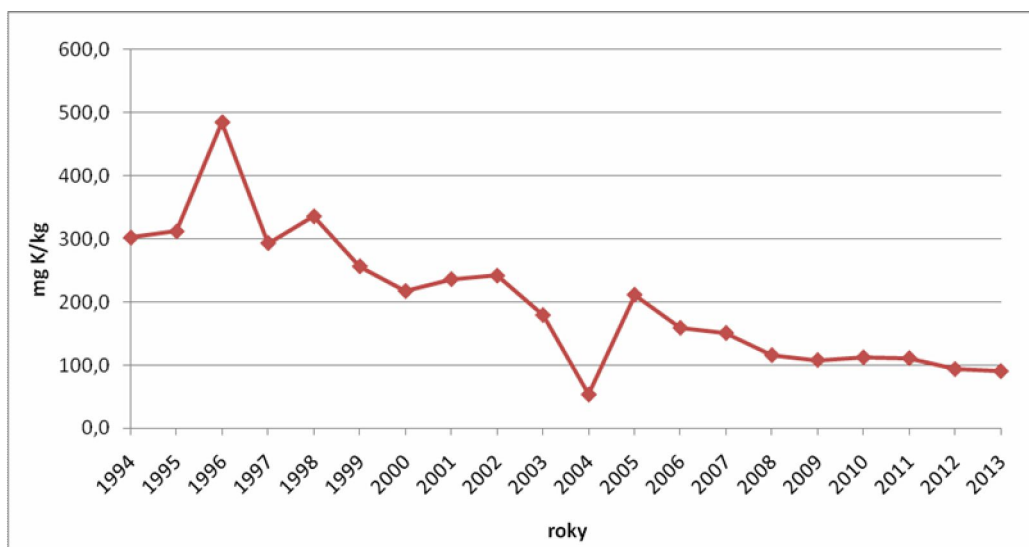
Obr. 7 Vývoj obsahu přístupného fosforu na příklade klíčovej monitorovacej lokality Moravský Ján (RMa)



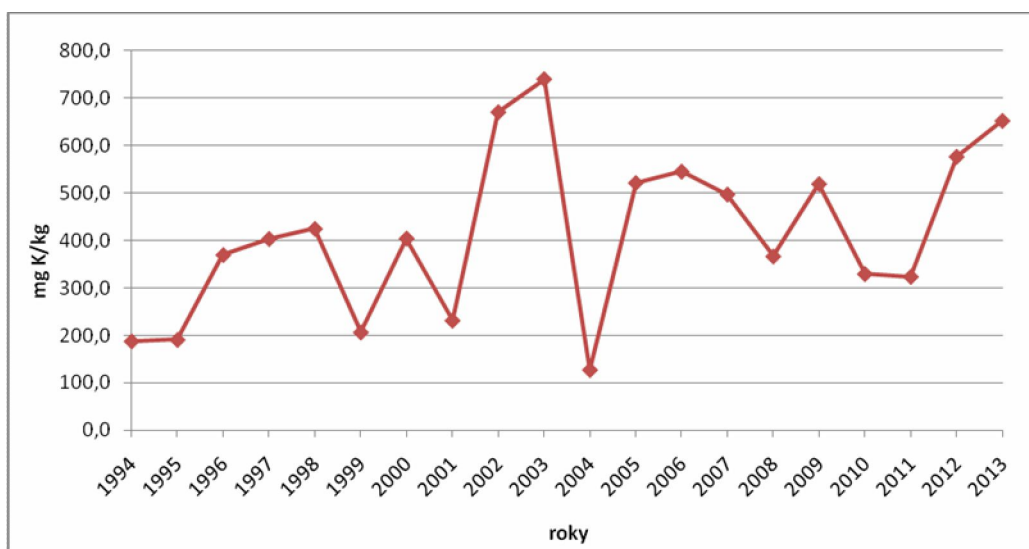
Obr. 8 Vývoj obsahu přístupného fosforu na příklade klíčovej monitorovacej lokality Voderady (ČMa^c)



Obr. 9 Vývoj obsahu prístupného fosforu na príklade kľúčovej monitorovacej lokality Liesek (PGa)



Obr. 10 Vývoj obsahu prístupného fosforu na príklade kľúčovej monitorovacej lokality Malanta (HMa)



Podobný priebeh ako pri fosfore sme zaznamenali aj pri draslíku, vyššie hodnoty boli zistené taktiež prevažne po roku 2000, čo pravdepodobne dokumentuje prísun aj draslíka na uvedených lokalitách v danom období hnojením, kedy boli zistené aj najvyššie hodnoty obsahu prístupného draslíka, podobne ako pri fosfore. Variabilita obsahu draslíka v časovom vývoji je i tu značná, variačný koeficient podobne ako pri fosfore je tu prevažne vyšší ako 0,50 (tab. 2).

Tab. 2 Základné štatistické ukazovatele časovej variability prístupného draslíka (podľa Mehlich III.) v mg.kg^{-1} na príklade kľúčových monitorovacích lokalít za obdobie rokov 1994 - 2013

Monitorovacie lokality (Pôda)	Základné štatistické ukazovatele					
	n	Xmin.	Xmax.	x	Sx	V (%)
Topoľníky (FMa ^C)	20	60,0	283,1	143,6	56,2	39,2
Moravský Ján (RMa)	20	65,1	419,4	186,8	79,7	42,6
Voderady (ČMa ^C)	20	183,4	1295,8	564,2	420,6	74,5
Liesek (PGa)	20	53,4	484,7	203,2	107,1	52,7
Malanta (HMa)	20	127,9	740,0	414,6	174,7	42,1

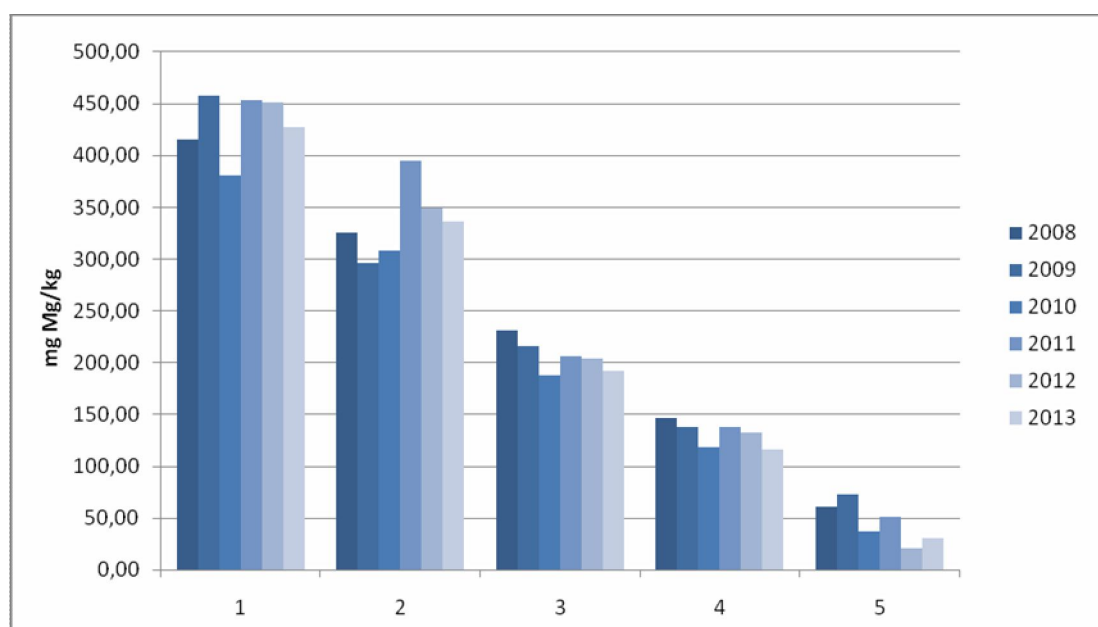
Najvyššie hodnoty obsahu prístupného draslíka sme zo sledovaných lokalít zistili vo Voderadoch pri Trnave na černoze kultizemnej, var. karbonátovej, a na hnedozemi kultizemnej v Malante pri Nitre. Potvrdilo sa to aj pri hodnotení obsahu prístupného draslíka v celej základnej monitorovacej sieti (Kobza a kol., 2013), kde jeho priemerné hodnoty pri hodnotení černoze a hnedozemí patria k najvyšším v rámci hodnotených pôd na Slovensku ($261,4 - 289,1 \text{ mg.kg}^{-1}$).

Horčík

Horčík sa považuje za piatu hlavnú živinu vo výžive rastlín (Hrtánek a Kobza, 1980). Je predovšetkým dôležitou súčasťou chlorofylu a v procese premeny látok plní ďalšie dôležité funkcie.

Obsah prístupného horčíka sme nesledovali od začiatku realizácie monitorovania pôd na Slovensku. Jeho doterajší vývoj je znázornený na nasledovnom obrázku 11.

Obr. 11 Vývoj obsahu prístupného horčíka (Mehlich III.) na príklade kľúčových monitorovacích lokalít za obdobie rokov 2008 - 2013



1 – Topoľníky (FM_a), 2 – Voderady (ČM_a), 3 – Malanta (HM_a), 4 – Liesek (PG_a), 5 – Moravský Ján (RM_a)

Doterajší vývoj obsahu prístupného horčíka je menej variabilný na rozdiel od fosforu a draslíka, pretože horčíkom sa naše pôdy ani v minulosti neprihnojovali, keďže naše pôdy (s výnimkou podzolov) sú prirodzene dobre zásobené týmto prvkom. Dokumentujú to aj údaje v tab. 3.

Tab. 3 Základné štatistické ukazovatele časovej variability prístupného horčíka (podľa Mehlicha III.) v mg.kg^{-1} na príklade kľúčových monitorovacích lokalít za obdobie rokov 2008 - 2013

Monitorovacie lokality (Pôda)	Základné štatistické ukazovatele					
	n	Xmin.	Xmax.	x	Sx	V (%)
Topoľníky (FM _a)	6	381,0	457,2	430,9	29,6	6,87
Voderady (ČM _a)	6	295,8	394,6	334,9	35,1	10,5
Malanta (HM _a)	6	183,4	231,6	206,2	16,2	7,8
Liesek (PG _a)	6	53,4	147,0	131,7	12,0	9,1
Moravský Ján (RM _a)	6	127,9	73,2	45,7	19,6	42,9

Vysoký až veľmi vysoký obsah prístupného horčíka sa udržuje na karbonátových fluvizemiach a černozemiach (Kobza a Gáborík, 2008). Na hnedozemiach sa udržuje dobrá zásobenosť týmto prvkom, vyhovujúci obsah prístupného horčíka je na pseudoglejoch a jeho nízky obsah sa udržuje na regozemiach na kremitych viatych pieskoch, čo dokumentujeme aj na výsledkoch zo základnej monitorovacej siete (Kobza a kol., 2013). Tu je aj jeho časová variabilita najvýraznejšia, čo môže poukazovať na rôznorodosť eolického materiálu, na ktorom sa tieto pôdy vytvárali. Na našich najúrodnejších a najmä karbonátových pôdach pretrváva dlhodobo vysoký až veľmi vysoký obsah prístupného horčíka ako odraz jeho prirodzenej zásobenosti na týchto pôdach, čo je determinované ich genézou. Uvedený stav potvrdzujú aj naše predchádzajúce výsledky z prieskumu a výskumu horčíka v poľnohospodárskych pôdach Slovenska (Kobza a Gáborík, 2008).

6.3.2 Mikroelementy

Názov mikroelementy sa odvodzuje jednak z toho, že ich rastliny potrebujú v porovnaní s makroelementami vo veľmi malých množstvách, ako aj z toho, že ich obsah v pôde je veľmi nízky. Mikroelementy sa vyznačujú tým, že ich nedostatok, ako aj prebytok v pôde v rozpustnej forme pôsobí škodlivo. Obsah mikroelementov v pôde závisí od mineralogického zloženia. Vyšší obsah mikroelementov majú pôdy, ktoré obsahujú ľahšie zvetrateľný mineralogický podiel, ktorý sa skladá najmä z biotitu, augitu a olivínu. Vysoký obsah mikroelementov majú tiež pôdy v blízkosti rudných ložísk a metalického zrudnenia (Kobza a kol., 2009).

V monitoringu pôd sledujeme 3 základné mikroelementy, a to meď, zinok a mangán, a to len od. monitorovacieho cyklu. Na ich extrakciu sme použili vylúhovadlo DTPA (kyselina dietyléntriámín-pentaoctová). Patrí do kategórie slabších vylúhovadiel za účelom stanovenia tých množstiev prvkov, ktoré sa môžu za určitých podmienok (pôdna reakcia, teplota, vlhkosť, sorpčná kapacita a pod.) pomerne ľahko dostávať cez koreňovú sústavu rastlín do ich vegetatívnych a generatívnych orgánov, a teda kvalitatívne ovplyvňovať produkciu poľnohospodárskych plodín. I keď tieto prvky sa hodnotia prevažne len z pohľadu kontaminácie pôd, svoje postavenie majú v malých koncentráciách aj pri výžive rastlín.

Med'

Je jedným z dôležitých mikroelementov, ktorej nedostatok obmedzuje rast koreňov niektorých rastlín (najmä viniča) a spôsobuje chlorózu listov. Obmedzená môže byť i tvorba kvetov a častým príznakom je i vädnutie rastlín. Na nedostatok medi citlivo reaguje šalát, špenát, ale aj repa cviklová, cibuľa a struková zelenina (Demo a kol., 2002).

V tab. 4 sú uvedené základné štatistické ukazovatele časovej variability medi na vybraných kľúčových monitorovacích lokalitách.

Tab. 4 Základné štatistické ukazovatele časovej variability medi (DTPA) v mg.kg⁻¹ na príklade kľúčových monitorovacích lokalít za obdobie rokov 2002 - 2013

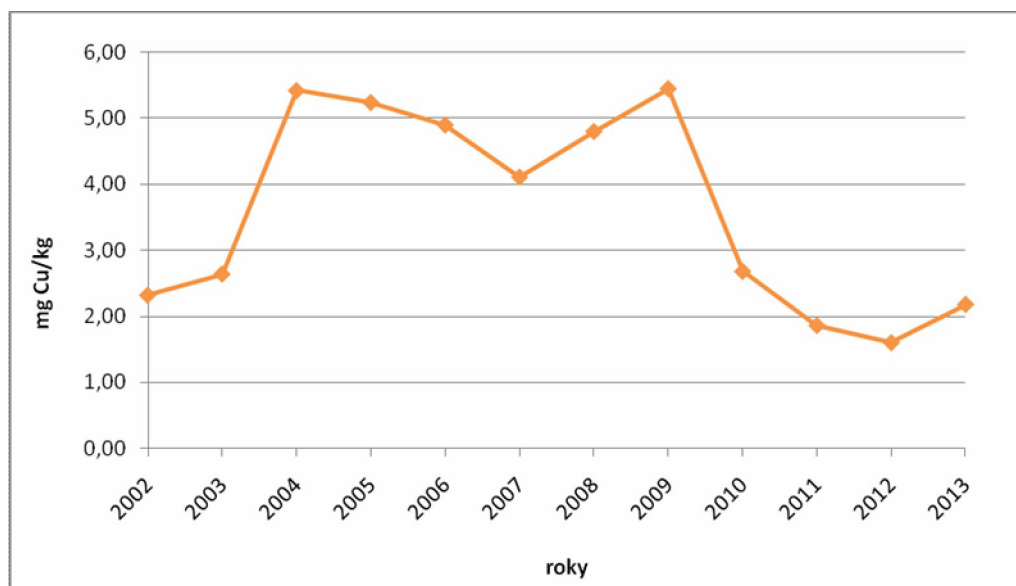
Monitorovacie lokality (Pôda)	Základné štatistické ukazovatele					
	n	Xmin.	Xmax.	x	Sx	V (%)
Topoľníky (FMa ^c)	12	1,60	5,45	3,60	1,51	42,09
Moravský Ján (RMa)	12	0,14	0,87	0,59	0,24	41,97
Voderady (ČMa ^c)	12	0,29	2,03	1,24	0,66	52,92
Liesek (PGa)	12	0,25	1,86	0,95	0,45	48,01
Malanta (HMa)	12	0,62	3,00	2,02	0,96	47,55

Vysvetlivky: FMa^c – fluvizem kultizemná, var. karbonátová, RMa – regozem kultizemná, ČMa^c – černoze kultizemná, var. karbonátová, PGa – pseudoglej kultizemný, HMa – hnedozem kultizemná, n – početnosť súboru, Xmin. – minimálna hodnota, Xmax. – maximálna hodnota, x – aritmetický priemer, Sx – smerodajná odchýlka, V – variačný koeficient

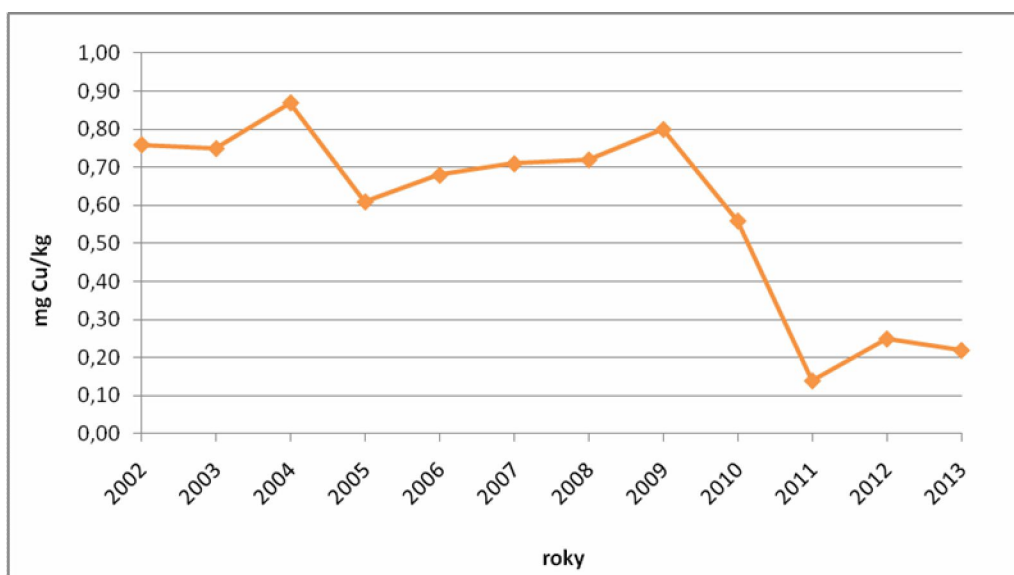
Variačný koeficient sa pri všetkých hodnotených kľúčových lokalitách pohybuje prevažne v rozpätí 42 – 53 %, čo svedčí o pomerne výraznej variabilite v čase takmer pri všetkých hodnotených kľúčových lokalitách. Keďže med' sa do pôdy bežne nedodáva (s výnimkou ochranných prostriedkov na báze medi vo viniciach), jedná sa o prirodzenú variabilitu. Priemerný obsah medi na hodnotených kľúčových monitorovacích lokalitách je stredný až vysoký (Topoľníky) – Kobza a Gáborík, 2008. Potvrdilo sa to aj v našej predchádzajúcej publikácii, kde práve na fluvizemiach sme zaznamenali najvyššie obsahy medi (Kobza a Gáborík, 2008). Ide pravdepodobne o input medi zo širšieho okolia, často i zo vzdialenejších oblastí, ktorá tu bola zrejme transportovaná s pôdno-sedimentárnym materiálom vodnými recipientami.

Na obr. 12 - 16 je uvedený vývoj medi na príslušných monitorovacích lokalitách za sledované obdobie rokov 2002 – 2013.

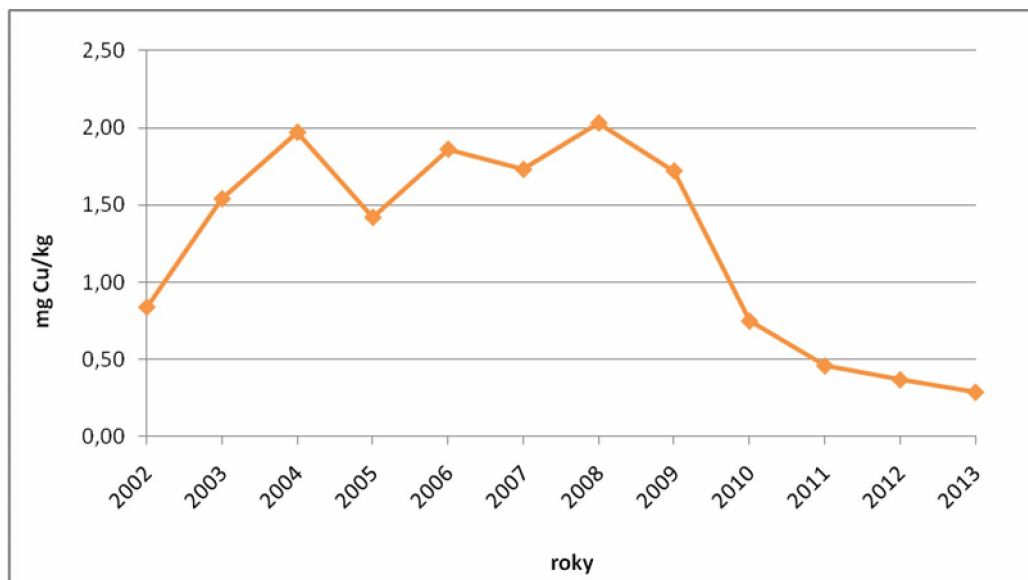
Obr. 12 Vývoj obsahu medi (DTPA) na príklade kľúčovej monitorovacej lokality Topoľníky (FMa)



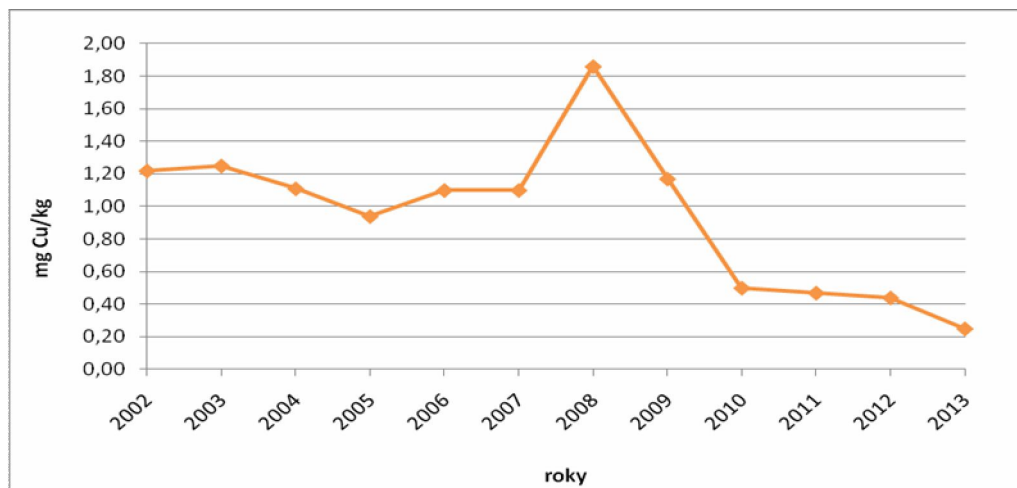
Obr. 13 Vývoj obsahu medi (DTPA) na příklade klíčovej monitorovacej lokality Moravský Ján (RMa)



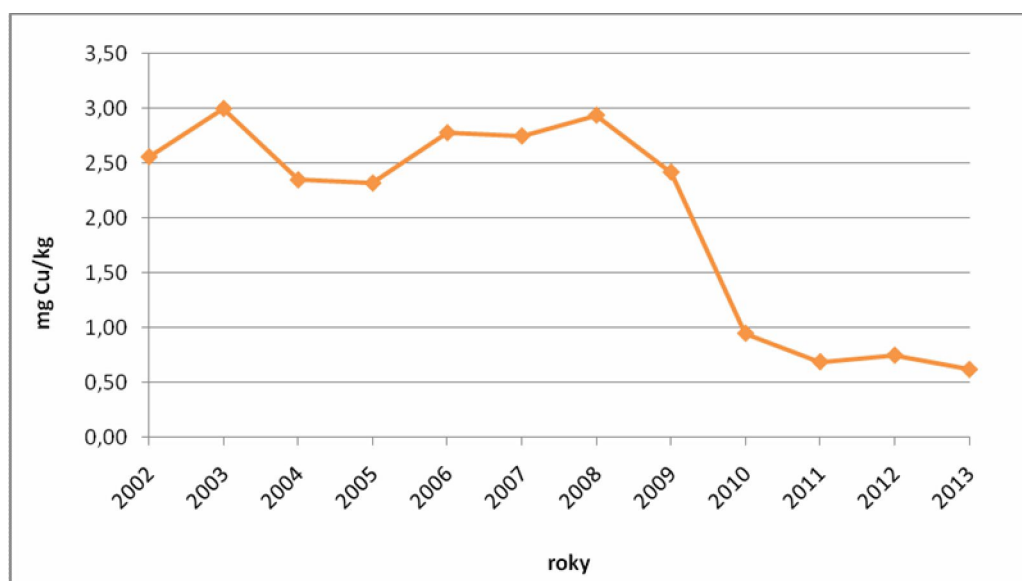
Obr. 14 Vývoj obsahu medi (DTPA) na příklade klíčovej monitorovacej lokality Voderady (ČMa)



Obr. 15 Vývoj obsahu medi (DTPA) na příklade klíčovej monitorovacej lokality Liesek (PGa)



Obr. 16 Vývoj obsahu medi (DTPA) na príklade kľúčovej monitorovacej lokality Malanta (HMa)



Priebeh obsahu medi (DTPA) je na uvedených kľúčových monitorovacích lokalitách v časovom období rokov 2002 - 2013 vykazuje najväčšie amplitúdy na kľúčovej monitorovacej lokalite Topoľníky (obr. 12), menej na Malante (obr. 16), na ostatných lokalitách je obsah medi viac-menej vyrovnaný. Rozdiely v obsahu medi v jednotlivých rokoch sú spôsobené skôr jej prirodzenou variabilitou, pretože tento prvok sa bežne do pôdy vo forme hnojív nedodáva. Podobne konštatujeme aj pri vyhodnocovaní obsahu Cu (ako mikroelementu) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska na základe základnej monitorovacej siete (Kobza a kol., 2009).

Zinok

V tab. 5 je uvedená priestorová heterogenita zinku (DTPA) v tých istých kľúčových monitorovacích lokalitách.

Tab. 5 Základné štatistické ukazovatele časovej variability zinku (DTPA) v mg.kg⁻¹ na príklade kľúčových monitorovacích lokalít za obdobie rokov 2002 - 2013

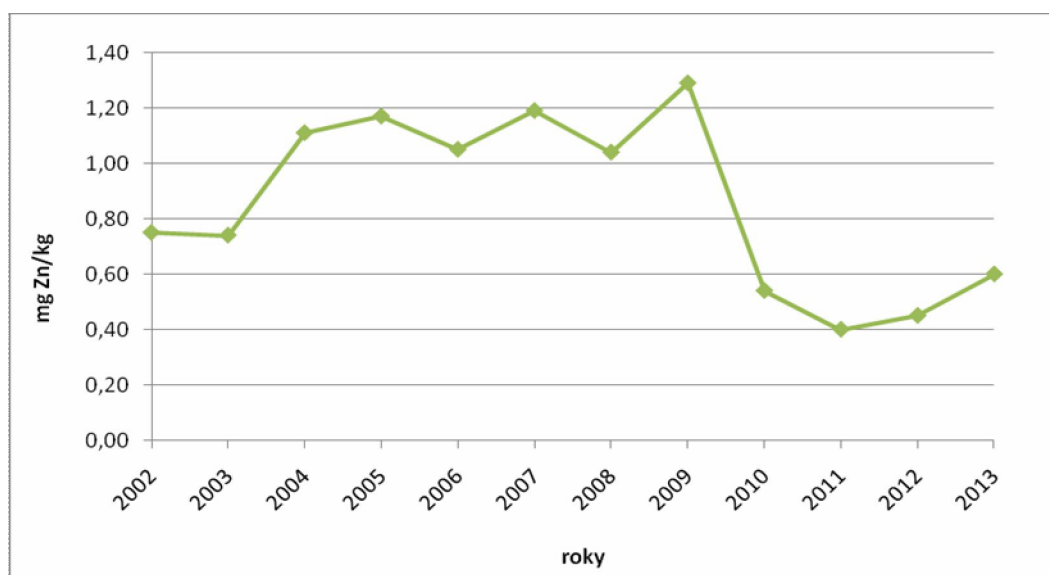
Monitorovacie lokality (Pôda)	Základné štatistické ukazovatele					
	n	Xmin.	Xmax.	x	Sx	V (%)
Topoľníky (FMa ^c)	12	0,40	1,29	0,86	0,31	36,68
Moravský Ján (RMa)	12	0,52	3,78	1,52	0,87	57,32
Voderady (ČMa ^c)	12	0,36	2,99	1,80	0,92	51,15
Liesek (PGa)	12	0,37	1,20	0,75	0,27	35,99
Malanta (HMa)	12	0,29	1,84	1,08	0,51	47,93

Vysvetlivky: FMa^c – fluvizem kultizemná, var. karbonátová, RMa – regozem kultizemná, ČMa^c – černoziem kultizemná, var. karbonátová, PGa – pseudoglej kultizemný, HMa – hnedozem kultizemná, n – početnosť súboru, Xmin. – minimálna hodnota, Xmax. – maximálna hodnota, x – aritmetický priemer, Sx – smerodajná odchýlka, V – variačný koeficient

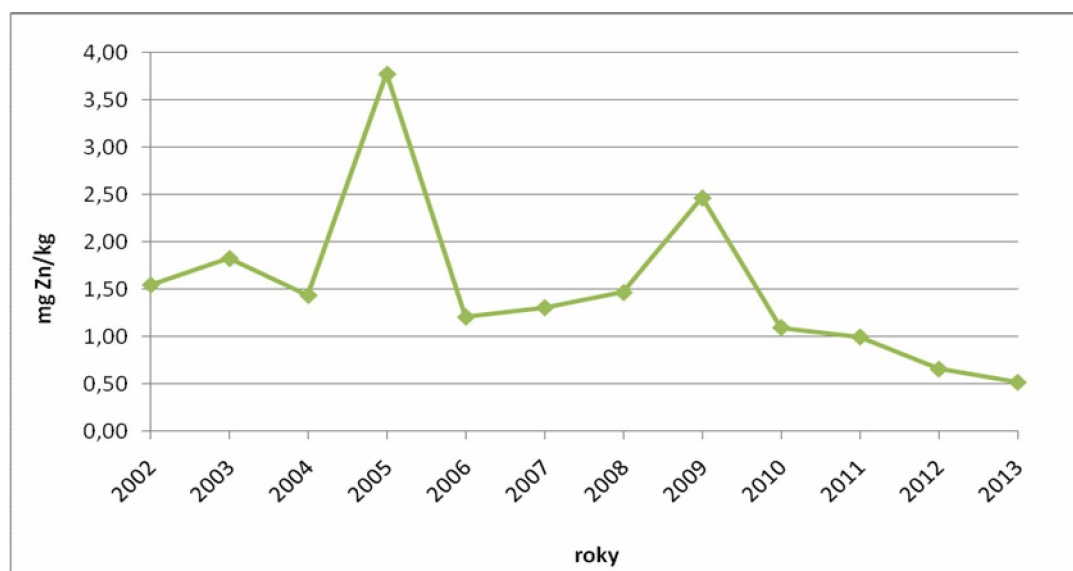
Priemerný obsah zinku sa pohybuje na daných lokalitách v rozpätí priemerne od 0,75 do 1,80 mg.kg⁻¹, čo je podľa kritérií (Kobza a Gáborík, 2008) obsah prevažne malý až stredný. Podobné výsledky sme zistili aj v základnej monitorovacej sieti (Kobza a kol., 2009).

Vývoj obsahu zinku je variabilný, o čom svedčia pomerne vysoké hodnoty variačného koeficientu (V = 36 – 57 %). Tento vývoj obsahu zinku za posledné obdobie na daných kľúčových monitorovacích lokalitách je znázornený na obr. 17 - 21.

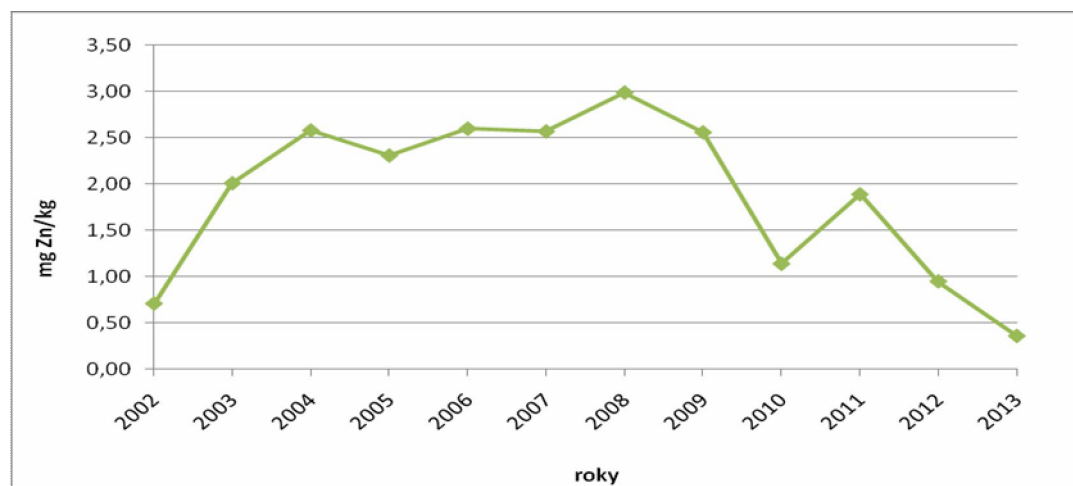
Obr. 17 Vývoj obsahu zinku (DTPA) na příklade klíčové monitorovacej lokality Topolníky (FMa)



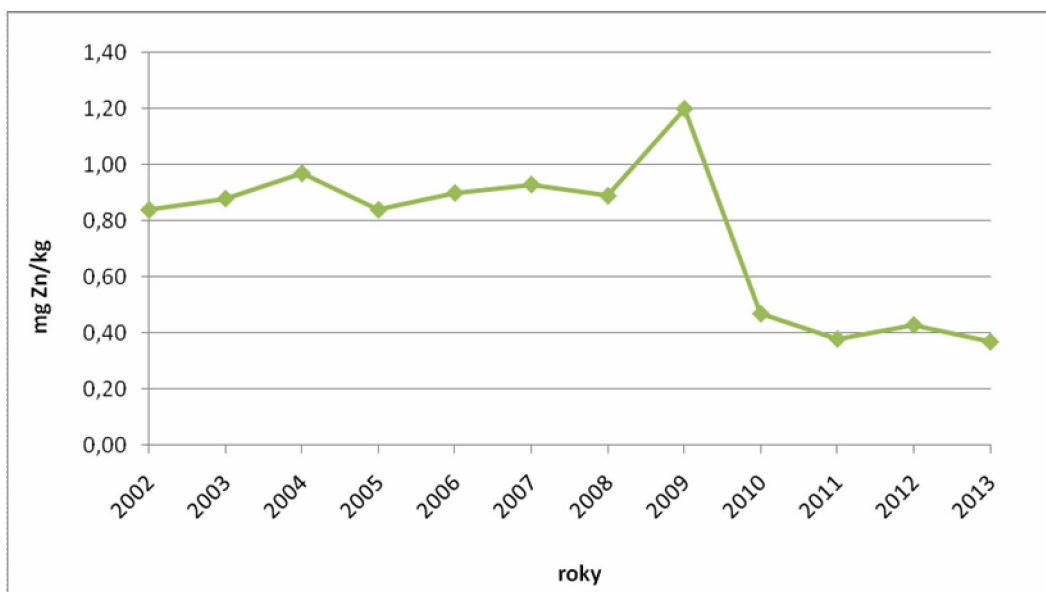
Obr. 18 Vývoj obsahu zinku (DTPA) na příklade klíčové monitorovacej lokality Moravský Ján (RMa)



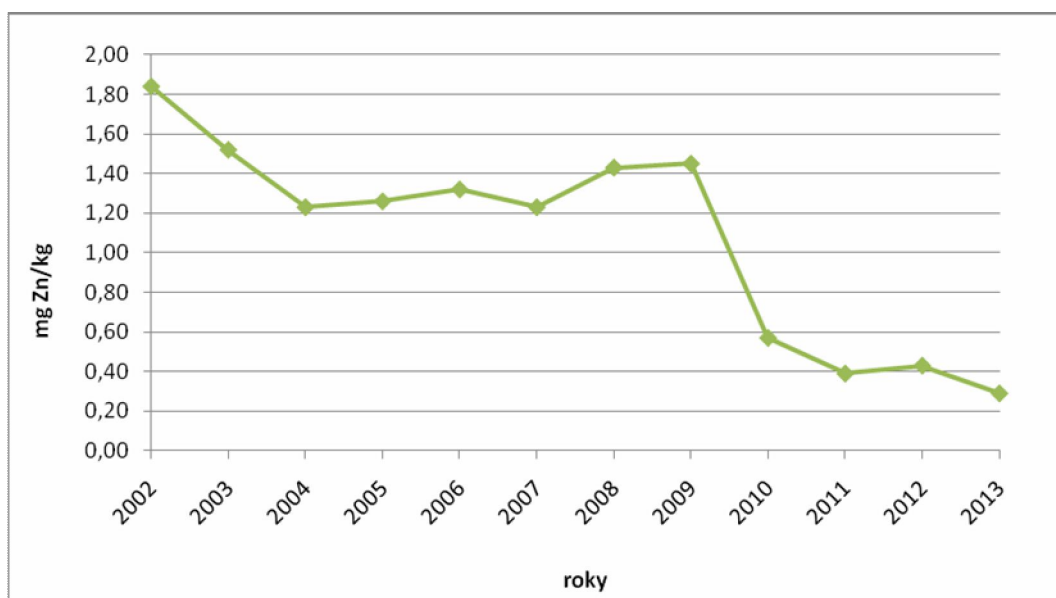
Obr. 19 Vývoj obsahu zinku (DTPA) na příklade klíčové monitorovacej lokality Voderady (ČMa)



Obr. 20 Vývoj obsahu zinku (DTPA) na príklade kľúčovej monitorovacej lokality Liesek (PGa)



Obr. 21 Vývoj obsahu zinku (DTPA) na príklade kľúčovej monitorovacej lokality Malanta (HMa)



Obsah zinku v jednotlivých rokoch je pomerne vyrovnaný s výnimkou lokality Moravský Ján a čiastočne aj Voderady. Mierne optické zmeny sú raz v smere poklesu, inokedy v smere nárastu, zodpovedajú prirodzenej variabilite zinku v našich pôdach, pretože zinok vo všeobecnosti do pôdy nedodávame.

Mangán

Je všeobecne známe, že mangánu je v našich pôdach relatívny dostatok, čo sme potvrdili aj v našej predchádzajúcej práci (Kobza a kol., 2009). Prípadný nedostatok mangánu vzniká skôr nevhodnými stanovištnými podmienkami, ako jeho neprítomnosťou v pôde (Demo a kol., 2002).

Význam mangánu v rastlinách spočíva hlavne v aktivizovaní enzýmov, účasti pri fosforylačných reakciách a oxidačných a dekarboxilačných procesoch organických kyselín trikarbonátového cyklu. Jeho nedostatok sa prejavuje obmedzením tvorby chloroplastov, čím sa znižuje fotosyntéza, v dôsledku čoho je nižšia tvorba sacharidov a škrobu (Fecenko, Ložek, 2000).

Tab. 6 Základné štatistické ukazovatele časovej variability mangánu (DTPA) v mg.kg⁻¹ na príklade kľúčových monitorovacích lokalít za obdobie rokov 2002 - 2013

Monitorovacie lokality (Pôda)	Základné štatistické ukazovatele					
	n	Xmin.	Xmax.	x	Sx	V (%)
Topoľníky (FMa ^c)	12	2,19	30,60	15,13	8,76	57,90
Moravský Ján (RMa)	12	6,47	26,90	17,39	6,09	35,02
Voderady (ČMa ^c)	12	2,54	37,20	21,19	10,66	50,30
Liesek (PGa)	12	8,58	48,80	27,88	12,09	43,35
Malanta (HMa)	12	7,51	144,50	66,26	39,70	59,92

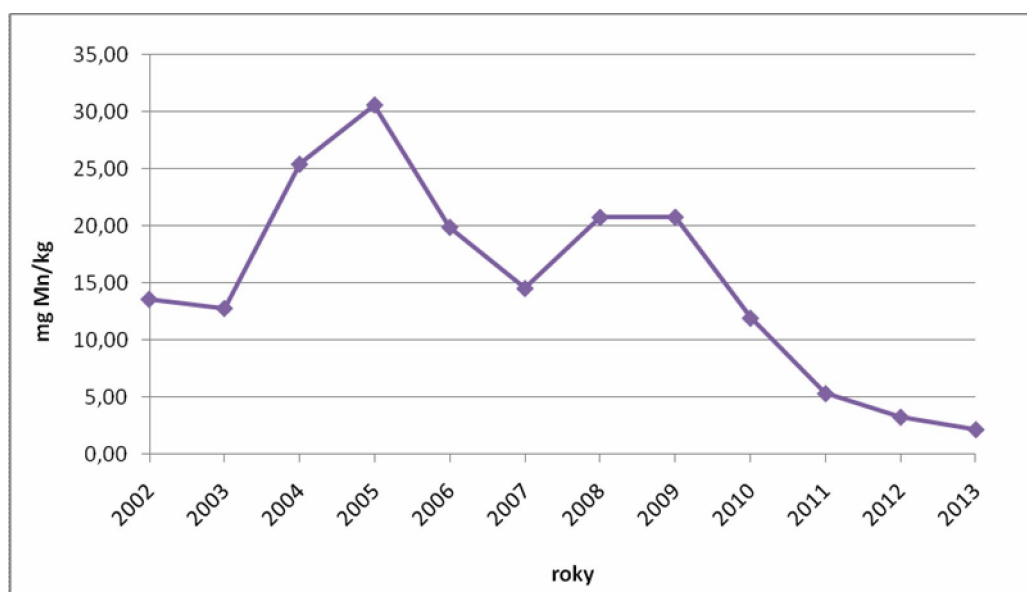
Vysvetlivky: FMa^c – fluvizem kultizemná, var. karbonátová, RMa – regozem kultizemná, ČMa^c – černoziem kultizemná, var. karbonátová, PGa – pseudoglej kultizemný, HMa – hnedozem kultizemná, n – početnosť súboru, Xmin. – minimálna hodnota, Xmax. – maximálna hodnota, x – aritmetický priemer, Sx – smerodajná odchýlka, V – variačný koeficient

Na základe výsledkov uvedených v tab. 6, obsah mangánu v hodnotených pôdach sa pohybuje prevažne v rozpätí 15 - 66 mg.kg⁻¹, čo je obsah stredný (Juráni a kol., 1985). Nižší obsah Mn bol zistený na fluvizemi a regozemi, najvyšší obsah Mn bol zistený na hnedozemi. Mangán je pomerne variabilný prvok, čo potvrdzujú aj výsledky ASP (Kobza, Gáborík, 2008). Svedčí o tom aj pomerne výrazná variabilita, ktorá sa pohybuje v rozpätí 35 – 60 %.

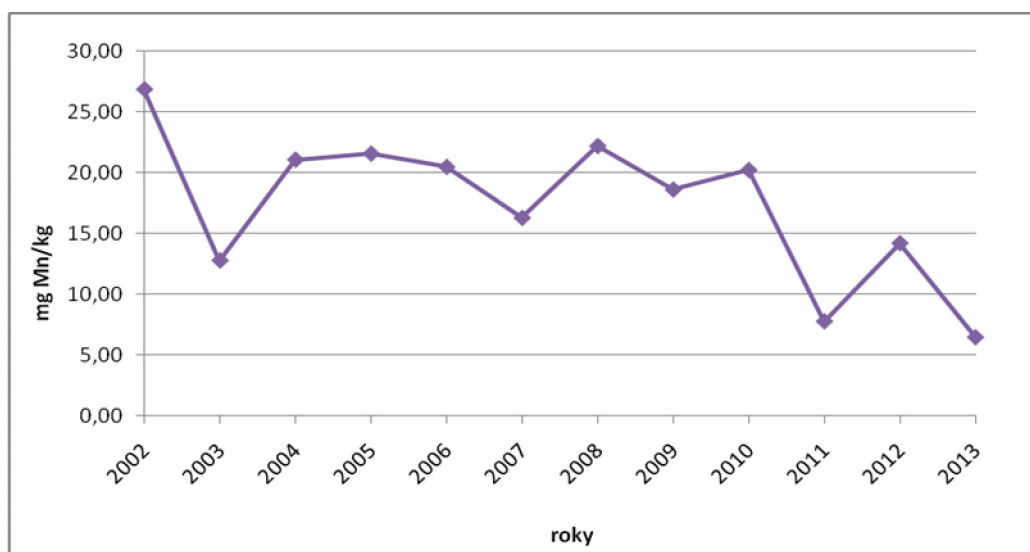
Podobné zastúpenie mangánu sme zistili aj v ostatných našich pôdach v celej monitorovacej sieti Slovenska (Kobza a kol., 2009).

Vývoj mangánu na uvedených kľúčových lokalitách za posledné obdobie je znázornený na obr. 22 – 26.

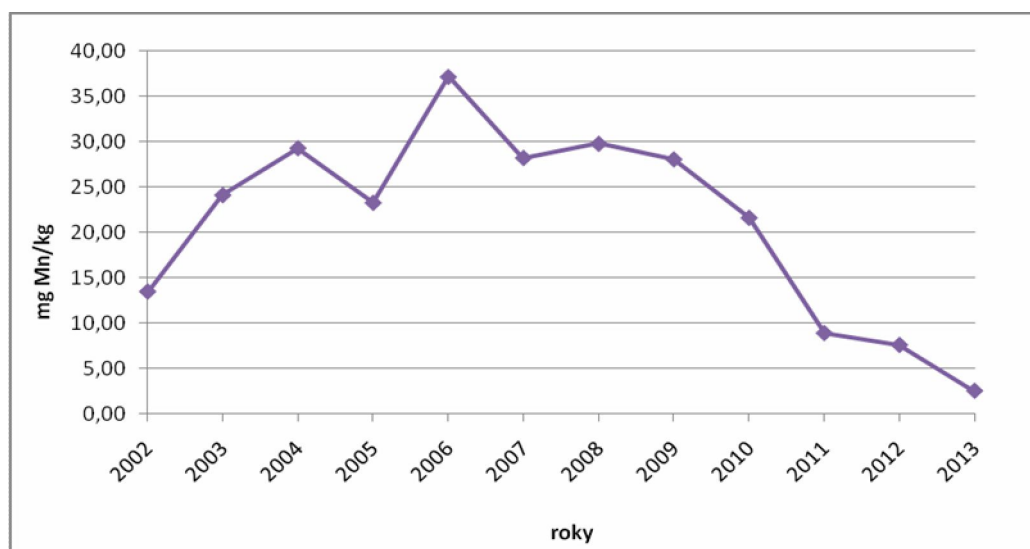
Obr. 22 Vývoj obsahu mangánu (DTPA) na príklade kľúčovej monitorovacej lokality Topoľníky (FMa)



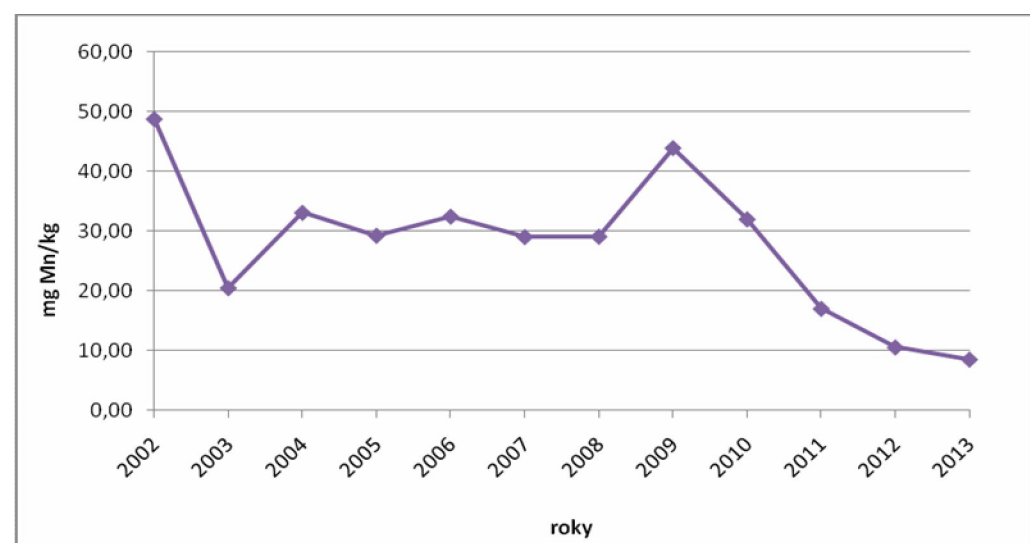
Obr. 23 Vývoj obsahu mangánu (DTPA) na příklade klíčovej monitorovacej lokality Moravský Ján (RMa)



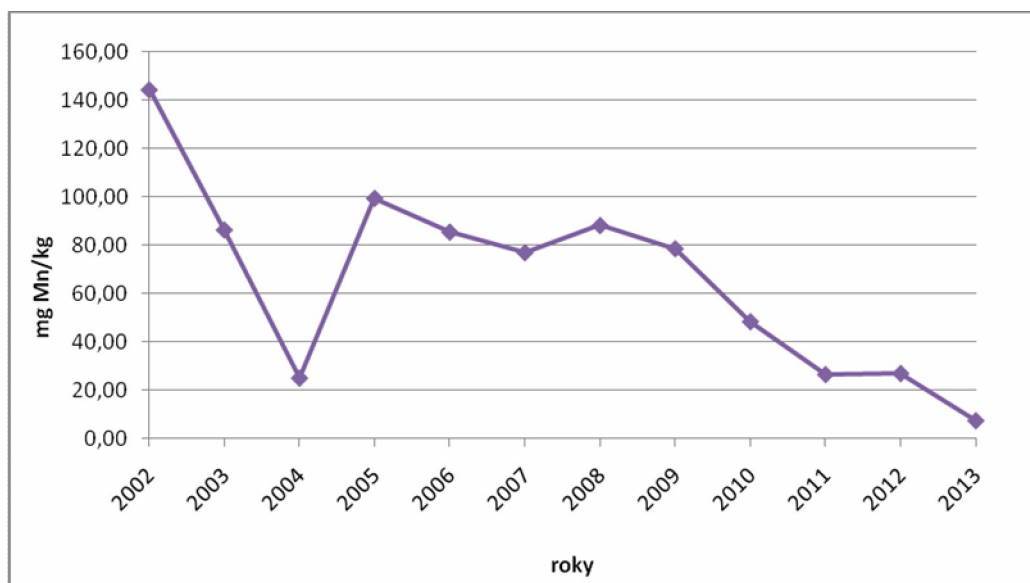
Obr. 24 Vývoj obsahu mangánu (DTPA) na příklade klíčovej monitorovacej lokality Voderady (ČMa)



Obr. 25 Vývoj obsahu mangánu (DTPA) na příklade klíčovej monitorovacej lokality Liesek (PGa)



Obr. 26 Vývoj obsahu mangánu (DTPA) na príklade kľúčovej monitorovacej lokality Malanta (HMa)



Zmeny v obsahu mangánu na uvedených lokalitách za posledné obdobie sú pomerne variabilné, čo je pre tento prvok charakteristické (Kobza a Gáborík, 2008). V poslednom období však pozorujeme na vybraných kľúčových monitorovacích lokalitách trend skôr v smere jeho poklesu v pôdach.

Záverom tejto časti môžeme konštatovať, že obsah uvedených mikroelementov (Cu, Zn, Mn) v hodnotených pôdach je prevažne stredný s klesajúcim trendom ich obsahu v hodnotených pôdach, čo je varovným signálom pre zásobenosť pôd mikroživinami, a preto bude tento zistený nepriaznivý trend potrebné i naďalej permanentne monitorovať.

Použitá literatúra

- DEMO, M., HRIČOVSKÝ, I., BIELEK, P., FEHÉR, A., FRANČÁKOVÁ, H., GINTEROVÁ, A., HANÁČKOVÁ, E., HROŠKA, Š., HRONSKÝ, Š., HÚSKA, D., JUREKOVÁ, Z., LANDA, Z., POSPÍŠIL, R., REHÁK, 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. Nitra: SPU v Nitre a Šaľa: Duslo, a.s., 2000, 442 s. ISBN 80-7137-777-5.
- HRTÁNEK, B., KOBZA, J. 1980. Vegetačná dynamika prijateľného horčíka pod porastom kukurice v ornici hnedozeme a illimerizovanej pôdy oglejenej. Ved. práce VÚPVR č. 10, s. 93-106.
- JURÁNI, B., NEUBERG, J., ZELENÝ, F. 1985. Hnojení mikroživinami. Komplexní metodika výživy rostlin, UVTIZ Praha 1985, s. 151 – 169.
- 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., PAVLEND, 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. Výsledky ČMS-P za obdobie rokov 2002-2006 (3. cyklus). VÚPOP Bratislava, 200 s. ISBN 978-80-89128-54-9.

- KOBZA, J., BARANČÍKOVÁ, G., DODOK, R., HRIVŇÁKOVÁ, K., MAKOVNÍKOVÁ, J., PÁLKA, B., PAVLENDÁ, P., SCHLOSSEROVÁ, J., STYK, J., ŠIRÁŇ, M., 2013. Monitoring pôd SR. Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu. Výsledky ČMS-P za obdobie rokov 2007-2012 (4. cyklus). VÚPOP Bratislava, t.č. v tlači
- Kolektív, 2011. Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. VUPOP Bratislava, 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1.

6.4 Hodnotenie vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdnej organickej hmoty

Nakoľko pôdna organická hmota (POH) sa zúčastňuje mnohých biologických, chemických i fyzikálnych procesov, ktoré v pôde prebiehajú je jedným z najdôležitejších parametrov pôdy a ovplyvňuje produkčné aj mimoprodukčné funkcie pôdy. Z uvedeného dôvodu je pôdna organická hmota, resp. pôdnych organický uhlík (POC) súčasťou všetkých minimálnych súboroch indikátorov, komplexne hodnotiacich kvalitu pôdy na základe pôdnych funkcií (Andrews a kol. 2004, Ogle a Paustian, 2005). V posledných rokoch hlavne v dôsledku intenzifikácie poľnohospodárstva a globálnych klimatických zmien dochádza v krajinách Európy k výrazným zmenám v zásobách pôdneho organického uhlíka. Z uvedeného dôvodu sa na poľnohospodárskych pôdach Slovenska pravidelne monitoruje obsah a kvalita pôdnej organickej hmoty. V rámci projektu Monitoring pôdy sa od roku 1993 okrem základnej monitorovacej siete, kde sa obsah a kvalita POH monitoruje v 5-ročných intervaloch, monitorujú zmeny POH aj na kľúčových lokalitách, ktoré charakterizujú hlavné pôdne typy poľnohospodárskych pôd Slovenska, v pravidelných ročných intervaloch. Na vybraných kľúčových lokalitách sa sledujú aj zmeny v detailnom zložení humínových kyselín (HK). Do roku 2007 sa zmeny v detailnom zložení (HK) monitorovali v pravidelných 3-ročných intervaloch; v súčasnosti sa tento interval predĺžil na 5 rokov. V predkladanej práci uvádzame hodnotenie zmien v množstve a kvalite POH na všetkých sledovaných kľúčových lokalitách, ako aj detailné zmeny v chemickom zložení humínových kyselín na vybraných kľúčových lokalitách v priebehu celého monitorovacieho obdobia (1994-2013).

Materiál a metódy

V práci je hodnotených 8 kľúčových lokalít na trvalých trávnych porastoch (TTP) a 12 kľúčových lokalít na orných pôdach (OP). Na základe nadmorskej výšky, resp. pôdneho typu sú kľúčové lokality na TTP rozdelené do dvoch skupín.

V prvej skupine sú tri lokality (rendzina, ranker a andozem), ktoré sa nachádzajú v nadmorskej výške nad 1000 m. Od roku 2002 sa zmeny v POH na týchto lokalitách monitorujú v 5-ročných cykloch. Jedná sa o lokality:

- Donovaly – Rendzina modálna kambizemná RA_k (TTP)
- Sítno – Andozem AM (TTP)
- Chopok – Ranker podzolový RN_p (TTP)
- V druhej skupine sa nachádzajú lokality kambizemí a pseudoglejov na TTP:
- Liesek- Pseudoglej PGa (v minulosti 1995-2002 OP, od r. 2002 TTP)
- Žiar n/H – Pseudoglej luvizemný PGI
- Raková – Kambizem modálna kyslá KMm^a
- Krompachy – Kambizem pseudoglejová KMg
- Sihla - Kambizem modálna kyslá KMm^a
- Kľúčové lokality na orných pôdach sú tiež rozdelené do dvoch skupín podľa pôdneho typu. V prvej skupine sa nachádzajú lokality fluvizemí, čierníc a černozeme:
- Topoľníky – Fluvizem modálna na karbonátových fluviálnych sedimentoch FMa^c
- Dvorníky – Fluvizem arenická na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch FM_{Ga}
- Nacina Ves – Fluvizem glejová na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch FMa
- Voderady – Černozem modálna na spraši, karbonátová ČMa^c
- Macov – Čiernica modálna na karbonátových sedimentoch ČAa
- Spišská Belá – Čiernica modálna na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch ČAa

V druhej skupine sa nachádzajú lokality pseudoglejov, kambizeme, hnedozeme a regozeme na OP:

- Stakčín – Pseudoglej na polygenetických sprašových hlinách PGa
- Koš - Pseudoglej na polygenetických sprašových hlinách PGa
- Jelšava – Pseudoglej luvizemná PGI
- Istebné – Kambizem pseudoglejová KMga
- Malanta – Hnedozem HMa
- Moravský Ján – Regozem silikátová na nekarbonátových viatych pieskoch RMa^q

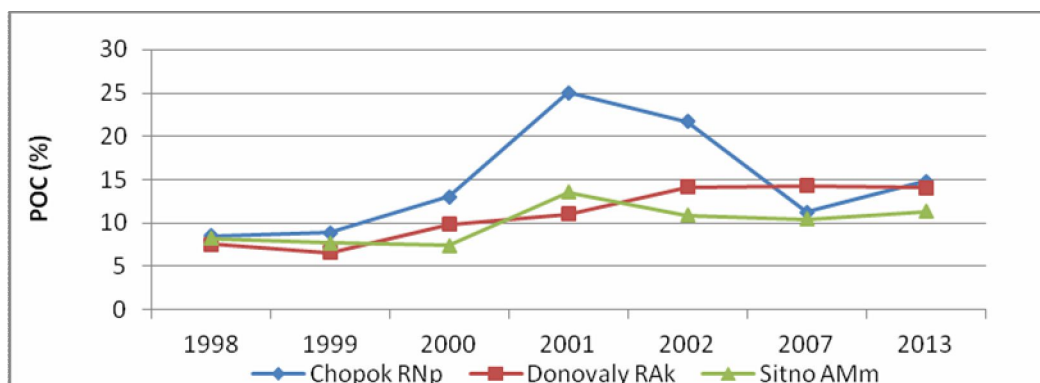
Na týchto lokalitách sa každoročne (okrem lokalít Donovaly, Sitno a Chopok) v orničnom horizonte (hĺbka 0-10 cm) stanovuje pôdny organický uhlík a frakcionácia humusu, z ktorej sa vypočítava pomer uhlíka humínových a fulvokyselín (C_{HK}/C_{FK}) a optický parameter Q^4_6 . Na OP fluvizeme (Topoľníky), černozeme (Voderady), čiernice (Macov), hnedozeme (Malanta) a regozeme (Moravský Ján) a na TTP pseudogleja (Liesek) a kambizeme (Raková) sa v minulosti v 3-ročnom intervale a v súčasnosti v 5-ročnom intervale sledujú zmeny v detailnej chemickej štruktúre humínových kyselín. Konkrétne sa jedná o zmeny týchto parametrov: elementárne stanovenie uhlíka, dusíka, vodíka a kyslíka (CHNO analýza), optický parameter $E^{1\%}_6$, karboxylová kyslosť HK a spektrá nukleárnej magnetickej rezonancie ^{13}C NMR, z ktorých sa vypočítalo percentuálne zastúpenie aromatického (Car) a alifatického (Calif) uhlíka a stupeň aromaticity - α . Izolácia HK ako aj metódy stanovenia všetkých sledovaných parametrov sú uvedené v jednej z našich predchádzajúcich prác (Kobza a kol. , 2011).

Výsledky a diskusia

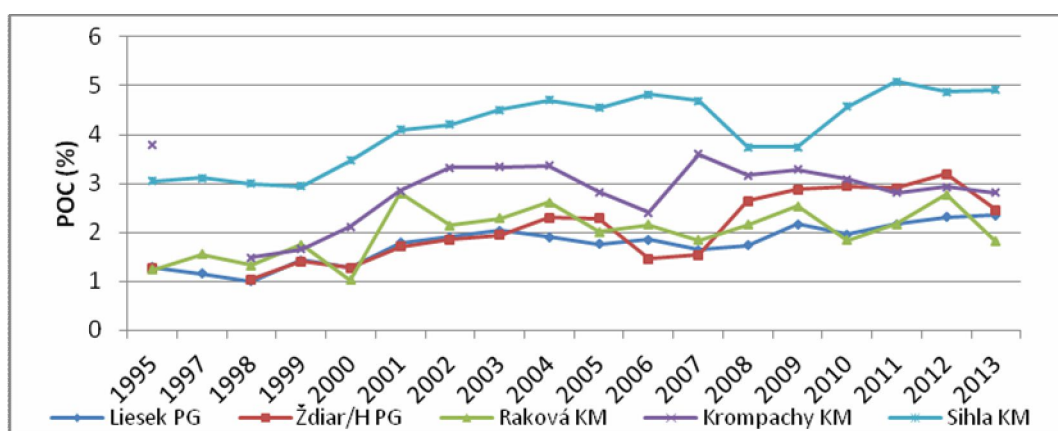
Zmeny v základných parametroch obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty na kľúčových lokalitách (1994 – 2007)

Z porovnania obr. 1 a 2 vyplýva, že koncentrácia pôdneho organického uhlíka v prvej skupine TTP (rendzina, andozem, ranker) sa pohybuje v rozsahu 10-15 % a je podstatne vyššia ako na TTP v druhej skupine (kambizeme, pseudogleje), kde hodnoty POC sa pohybujú v rozsahu 1,5-5% . Je to spôsobené jedna genézou pôdneho typu ale aj nadmorskou výškou. Kambizem na lokalite Sihla, ktorá sa nachádza v nadmorskej výške 975 m n.m. disponuje podstatne vyššou koncentráciou POC ako kambizeme na lokalitách Raková a Krompachy (Obr. 2), ktoré sa nachádzajú v nadmorskej výške cca 500 m n.m. Na základe získaných výsledkov môžeme konštatovať, že nielen pôdny typ ale aj nadmorská výška je dominantným faktorom z hľadiska koncentrácie POC, nakoľko v podmienkach Slovenska vhodne charakterizuje klimatické charakteristiky ako sú teplota a zrážky. V teplejších a suchších podmienkach je mineralizácia pôdnej organickej hmoty rýchlejšia ako v chladnejších a vlhkejších oblastiach (Linkeš a kol.,1997, Webb a kol., 2003). Hodnoty POC na TTP pseudoglejov sú o niečo nižšie ako na TTP kambizemí (Obr. 2). V priebehu monitorovacieho obdobia pozorujeme na všetkých lokalitách trvalých trávnych porastoch kolísavý trend vývoja pôdneho organického uhlíka (Obr. 1, 2). Napriek výrazne kolísavej tendencii POC, v súčasnosti sú hodnoty POC na všetkých sledovaných lokalitách TTP o niečo vyššie ako na začiatku monitorovacieho obdobia.

Obr. 1 Vývoj koncentrácie POC na TTP rendziny, rankra a andozeme

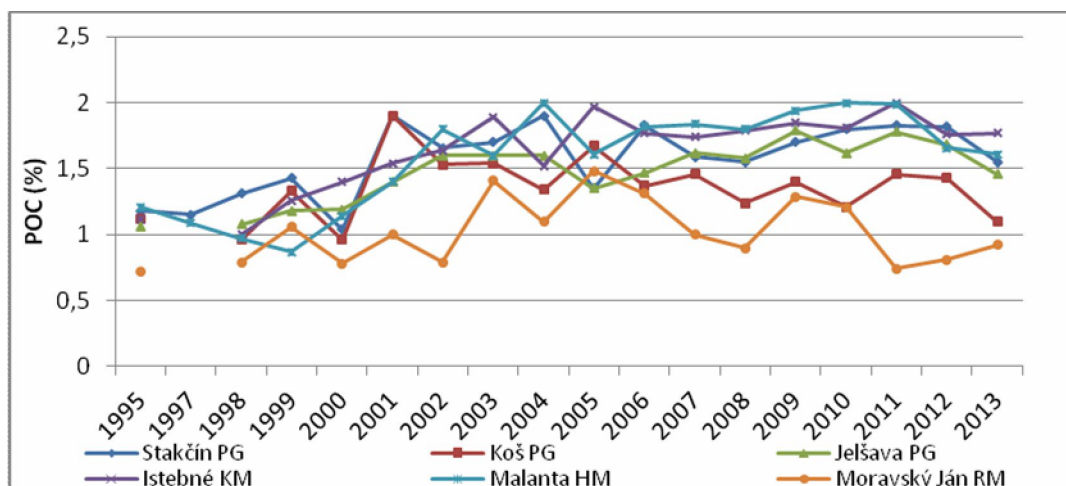


Obr. 2 Vývoj POC na TTP kambizemí a pseudoglejov

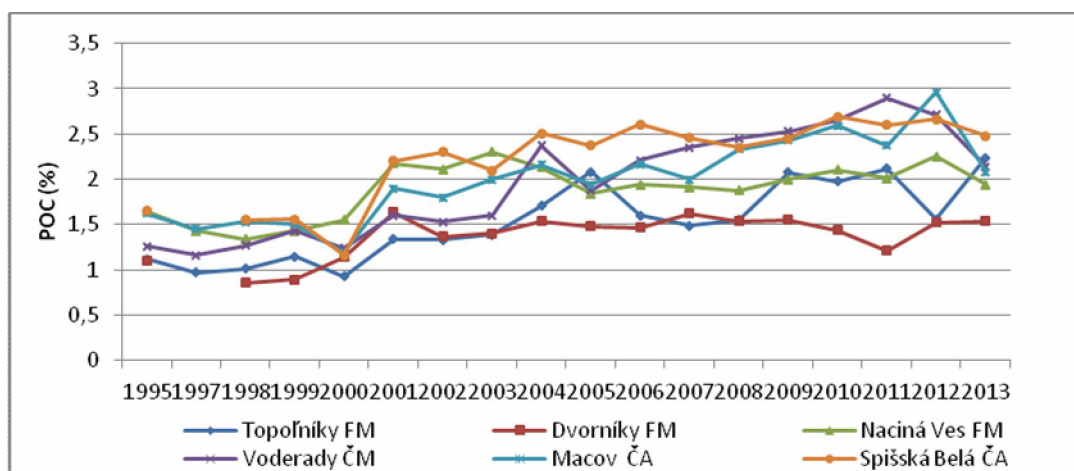


Koncentrácia pôdneho organického uhlíka na orných pôdach je podstatne nižšia ako na trvalých trávnych porastoch a pohybuje sa v závislosti od pôdneho typu v rozsahu 1-3% (Obr. 3, 4), pričom najnižšie hodnoty POC sú na regozemi Moravský Ján (Obr. 3) a najvyššie na čierniciach a černoze, čo je v zhode s priemernými hodnotami POC na týchto pôdnych typoch v rámci základnej monitorovacej siete (Barančíková, 2008, 2010, 2011). Guo a Gifford (2002) na základe výsledkov meta analýzy uvádzajú, že pri zmene hospodárenia na pôde v prípade rozorania pasienkov je pokles POC až 59 %, čo zodpovedá aj našim hodnotám POC nameraným predovšetkým na kambizemiach na OP a TTP. Pokiaľ priemerná hodnota POC v priebehu monitorovacieho obdobia na kambizemiach na OP (Istebné) je 1,7%, na kambizemiach na TTP (Sihla, Krompachy, Raková) sú to 3%. Nižšie hodnoty POC boli zistené aj v prípade pseudoglejov na OP v porovnaní s TTP (Obr. 2, 3). Nižšie hodnoty POC na ornej pôde v porovnaní s TTP sú v súlade s literatúrnymi údajmi, nakoľko viacerí autori (Bedrna 1966, Cambel a Souster, 1982) uvádzajú, že intenzívne obhospodarovanie pôdy vedie k zníženiu množstva organickej hmoty. Pri rozoraní pasienkov dochádza k porušeniu prirodzenej rovnováhy a obsah humusu sa podstatne zníži v dôsledku intenzívnej mineralizácie hlavne v orničnom horizonte (Churkov, 2000). Podobne aj Schnitzer zistil, že dlhodobé intenzívne obrábanie pôdy výrazne znižuje celkovú zásobu POH, čo sa odráža na znížení množstva POC (Schnitzer a kol. 2006).

Obr. 3 Vývoj POC na OP pseudoglejov, kambizeme, hnedozeme a regozeme



Obr. 4 Vývoj POC na fluvizemiach, čierniciach a černoze



Pri porovnaní I a II skupiny orných pôd (Obr. 3,4) vidíme, že hodnoty POC v prvej skupine pôd (pseudogleje, kambizem, hnedozem a regozem) sú podstatne nižšie ako v druhej skupine OP (fluvizeme, čiernice a černoze), čo je podmienené predovšetkým genézou týchto pôd (Linkeš a kol., 1997). Ale aj v rámci jedného pôdneho typu môžeme pozorovať určité rozdiely v koncentrácií POC. Pri porovnaní dvoch čierníc (Macov a Spišská Belá) vidíme, že čiernica na lokalite Spišská Belá disponuje v priebehu celého monitorovacieho obdobia o niečo vyššími hodnotami ako čiernica na lokalite Macov (Obr.4). Uvedený rozdiel môže byť vysvetlený rozdielnymi hydrotermickými podmienkami rozkladu organickej hmoty a tvorby humusu v relatívne teplejšej a suchšej oblasti na nížine (lokalita Macov, 120 m n.m.) v porovnaní s chladnejšou a vlhšou oblasťou vo vyššej nadmorskej výške (lokalita Spišská Belá, 653 m n.m.) (Linkeš a kol., 1997, Webb a kol., 2003). Rozdiely v koncentrácií POC v rámci jedného pôdneho typu boli pozorované aj v prípade fluvizemí (Obr.4). Na fluvizemi na karbonátových sedimentoch (Topoľníky) je o niečo vyššia koncentrácia POC ako na fluvizemi glejovej na nekarbonátoch sedimentoch (lokalita Naciná Ves) a najnižšia koncentrácia v priebehu celého monitorovacieho obdobia bola pozorovaná na fluvizemi arenickej na nekarbonátových sedimentoch na lokalite Dvorníky (obr. 4). Uvedené rozdiely môžu byť vysvetlené genézou pôdneho typu.

V priebehu monitorovacieho obdobia na všetkých sledovaných lokalitách na orných pôdach pozorujeme kolísavý trend vo vývoji POC (Obr. 3,4). Na niektorých pôdnych typoch,

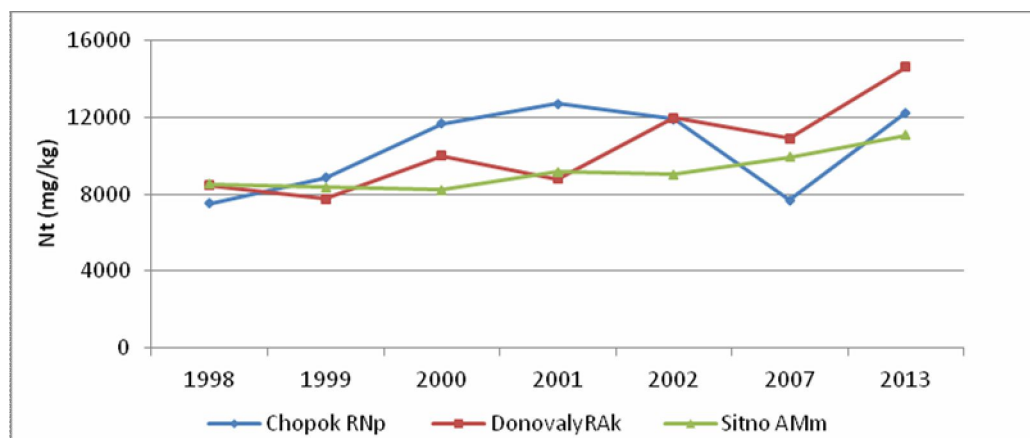
predovšetkým na černoze, čierniciach fluvizemi na karbonátových sedimentoch (Topoľníky), ale aj na kambizemi a pseudoglejoch na lokalite Stakčín a Jelšava napriek značným výkyvom v jednotlivých rokoch, môžeme pozorovať postupný nárast POC (Obr.3,4). Uvedený trend je v súlade s priemernými hodnotami POC na daných pôdných typoch základnej monitorovacej siete (Barančíková, 2008, 2010, 2011, 2012). Postupný nárast úrovne POC na uvedených lokalitách predovšetkým po roku 2000 môže byť spôsobený aplikáciou poľnohospodárskych praktík, ktoré zlepšujú hospodárenia na orných pôdach (aplikácia kvalitných organických hnojív alebo kompostov; prísne dodržiavanie optimálnej rotácie plodín a na vhodných lokalitách aj minimálne obrábanie pôdy). Správne uplatňovaný systém obrábania pôdy napomáha optimálnemu využívaniu zásob POH (Pospíšil, 2013). 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, Barančíková a kol., 2012), je pôdoochranná technológia, ktorá zahŕňa aj zaorávanie pozberových zvyškov a dôslednú aplikáciu organického hnojiva (Kováč a kol., 2010, Sanju a kol., 2012). Pozberové zvyšky a koreňová hmota majú pri obohacovaní pôdy nenahraditeľnú úlohu (Pospíšil, 2013). Veľmi nízke hodnoty POC v priebehu celého monitorovacieho obdobia, v niektorých rokoch nižšie ako 1%, sa udržiavajú na regozemi (Obr.3).

Pôdna organická hmota je najväčšou zásobárňou živín. POH obsahuje viac ako 95% jedného z najdôležitejších biogénnych prvkov - dusíka, z celkového množstva dusíka v pôdnom prostredí (Baldock a Nelson, 1999). Hodnoty celkového dusíka úzko súvisia s hodnotami organického uhlíka, čo potvrdzujú aj signifikantné lineárne korelácie medzi Nt a POC zistené v jednotlivých skupinách pôd (Tabuľka 1).

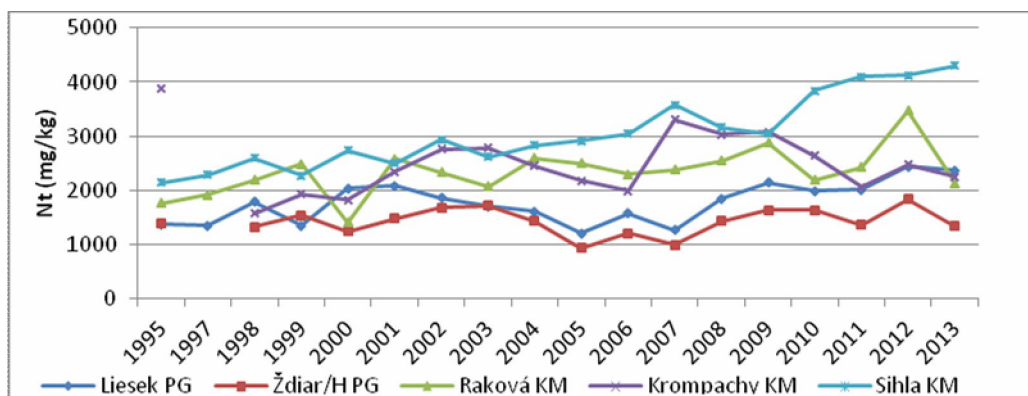
Tab. 1 Hodnoty lineárnych korelácií R medzi Nt a POC v jednotlivých skupinách kľúčových lokalít

	TTP I	TTP II	OPI	OP II
	n=23	n=89	n=104	n=103
R (POC-Nt)	0,77**	0,8**	0,76**	0,79**

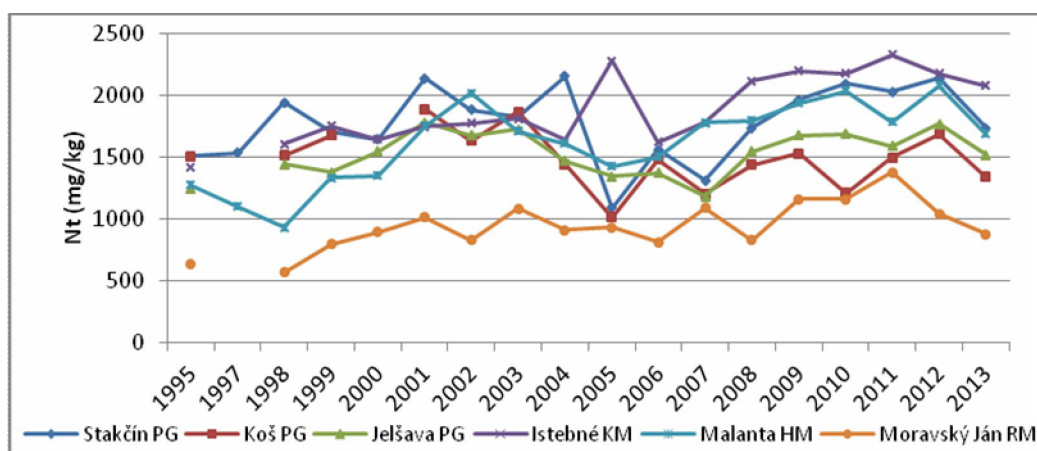
Obr. 5 Vývoj celkového dusíka (Nt) na TTP rendziny, rankra a andozeme



Obr. 6 Vývoj celkového dusíka (Nt) na TTP pseudoglejov a kambizemí

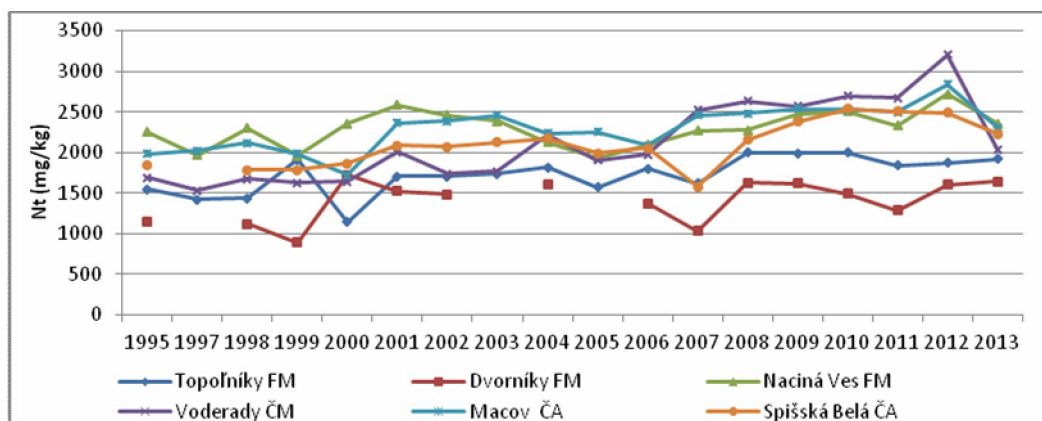


Obr. 7 Vývoj celkového dusíka (Nt) na OP pseudoglejov, kambizeme, hnedozeme a regozeme



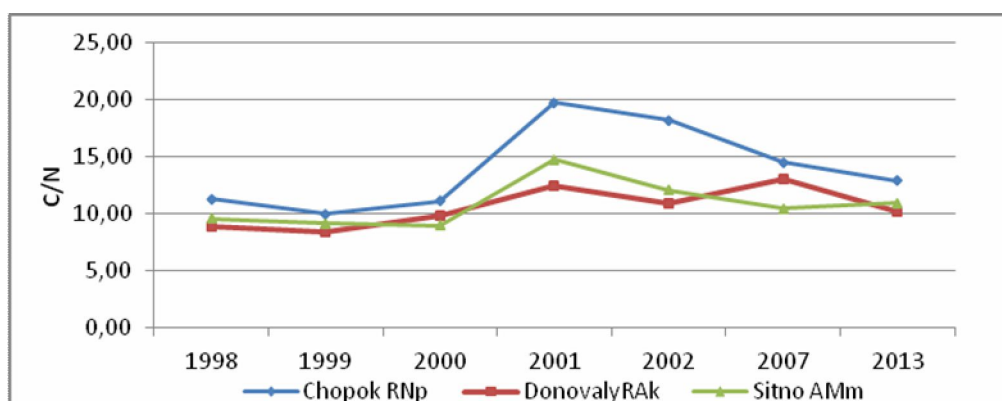
Podobne ako v prípade organickej hmoty, aj obsah celkového dusíka je na trvalých trávnych porastoch podstatne vyšší ako na orných pôdach (Obr.5-8) a hodnoty Nt v jednotlivých rokoch značne kolíšu. Na orných pôdach, podobne ako v prípade POC, najnižšie hodnoty počas celého monitorovacieho obdobia sa udržiavali na regozemi (Obr.7) V priebehu celého monitorovacieho obdobia hodnoty celkového dusíka na sledovaných lokalitách orných pôd aj TTP majú pomerne ustálený vývoj, ale na niektorých z nich, podobne ako v prípade POC môžeme pozorovať nebadané zvýšenie hodnôt Nt (Obr.5-8).

Obr. 8 Vývoj celkového dusíka (Nt) na OP fluvizemí, čiernic a černozeme



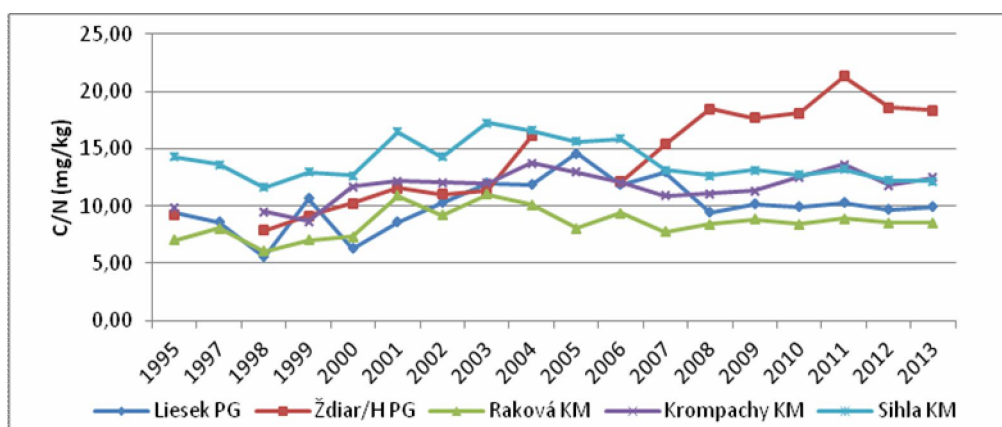
Zásobenosť organickej hmoty dusíkom sa hodnotí na základe pomeru C/N (Sotáková, 1982), pričom čím nižšia je hodnota C/N, tým je zásoba dusíka v POH vyššia. Hodnoty pomeru C/N, ktorý je jedným z hlavných ukazovateľov kvality humusu (Sotáková, 1982) a zároveň môže byť aj dobrým indikátorom dynamiky pôdnej kvality (Franzluebbbers, 2002), sa na rendzine a andozemi na TTP v priebehu celého monitorovacieho obdobia pohybujú v rozmedzí od 8 do 14, čo predstavuje strednú až nízku zásobu dusíka v pôdnej organickej hmote (Obr.9). Podobné hodnoty pomeru C/N boli na začiatku monitorovacieho obdobia aj na rankri, v priebehu rokov 2001-2002 prudko vzrástli a v súčasnosti sú približne rovnaké ako na rendzine a andozemi (Obr.9.).

Obr. 9 Vývoj pomeru C/N na TTP rendziny, rankra a andozeme



Na kľúčových lokalitách TTP kambizemí a pseudoglejov sa vysoká hodnota zásoby dusíka udržuje iba na TTP kambizemi na lokalite Raková, naopak na kambizemi na lokalite Sihla je zásoba dusíka počas celého monitorovacieho obdobia nízka až veľmi nízka (Obr. 10). Veľmi nízka zásoba dusíka je v poslednom období aj na pseudogleji na lokalite Žiar (Obr.10).

Obr. 10 Vývoj pomeru C/N na TTP pseudoglejov a kambizemí

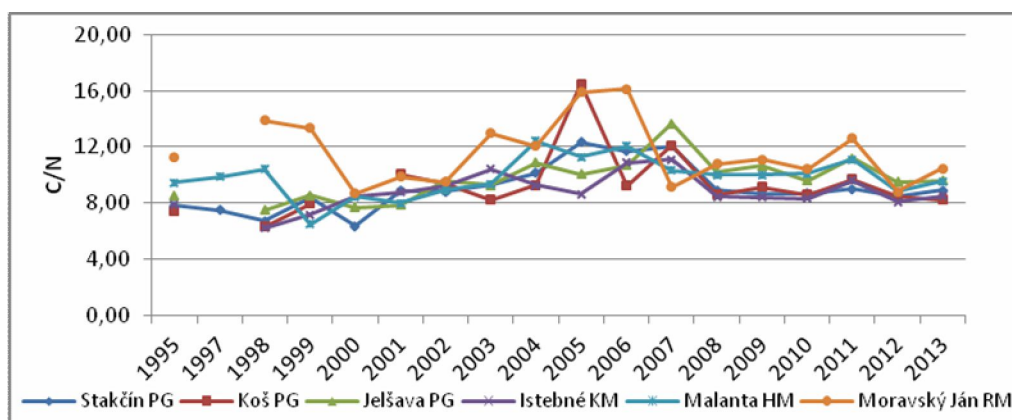


Na orných pôdach pseudoglejov, kambizeme a hnedozeme sa hodnoty pomeru C/N pohybujú v úzkom rozsahu 6-12, čo indikuje vysokú až strednú zásobu dusíka na týchto lokalitách (Obr. 11). Výrazne vyššia hodnota tohto parametra a teda nízka zásoba dusíka na začiatku monitorovacieho obdobia a tiež v rokoch 2003-2006 bola zaznamenaná na regozemi (Obr. 11).

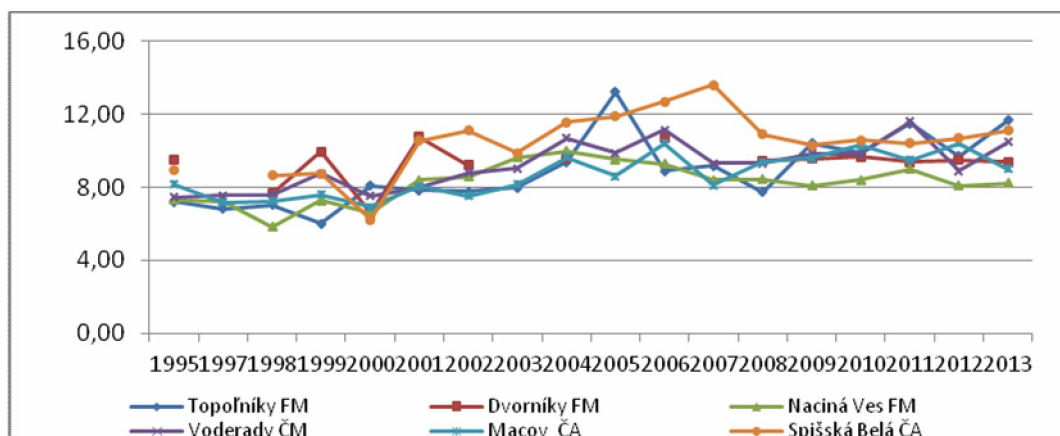
Na fluvizemiach, čierniciach a černozemi bola na začiatku monitorovacieho obdobia zásoba dusíka v pôdnej organickej hmote dobrá (hodnoty C/N=6-8), ale v súčasnom období dosahuje iba strednú zásobu dusíka v POH na týchto lokalitách (Obr. 12). Najvyššie hodnoty

C/N a teda relatívne najnižšia zásoba dusíka v POH na týchto pôdnych typoch je na čiernici na lokalite Spišská Belá (Obr.12).

Obr.11 Vývoj pomeru C/N na OP pseudoglejov, kambizeme, hnedozeme a regozeme



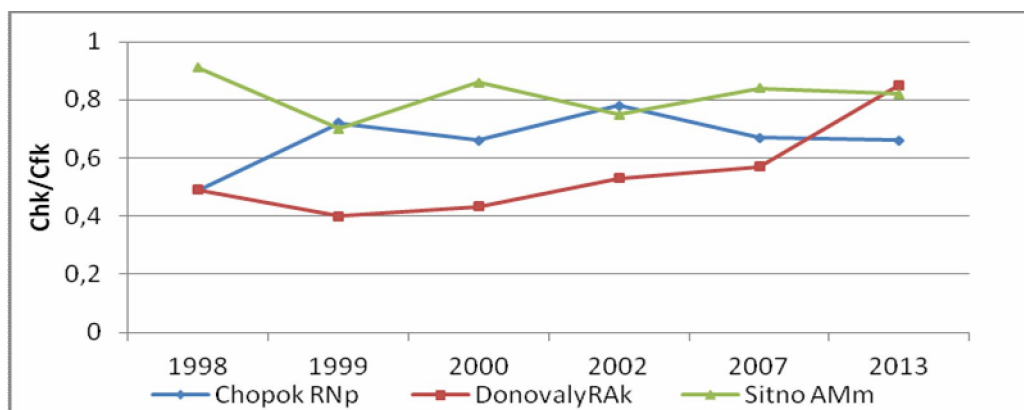
Obr. 12 Vývoj pomeru C/N na fluvizemiach, čierniciach a černoze



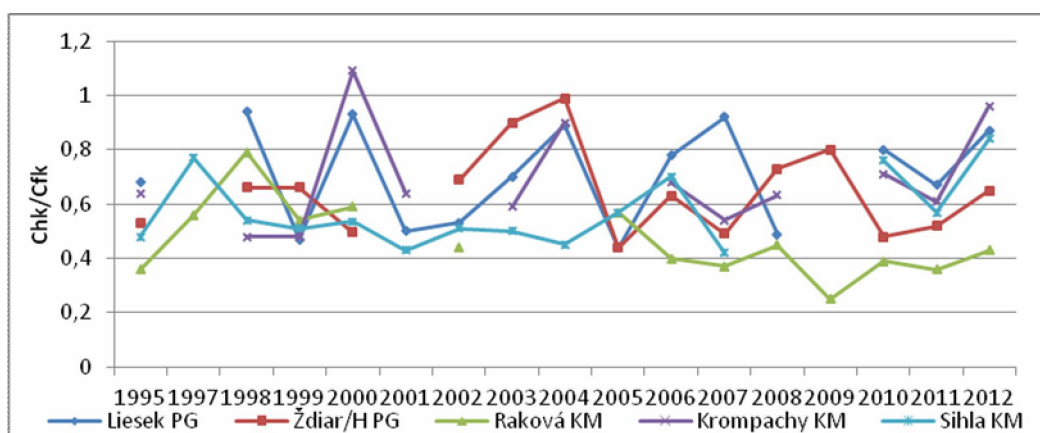
Pri kvalitatívnych parametroch organickej hmoty sa vo väčšej miere odráža genéza pôdy, charakteristická pre ten, ktorý pôdny typ (Sotáková, 1982) a využitie pôdy v tomto prípade, na rozdiel od hodnôt pôdneho organického uhlíka, nie je dominantné. Základným kvalitatívnym parametrom je pomer uhlíka humínových a fulvo kyselín (C_{HK}/C_{FK}). Hodnoty tohto parametra vyššie ako 1 indikujú dobre humifikovanú pôdnu organickú hmotu (Sotáková, 1982). Na trvalých trávnych porastoch (Obr. 13, 14) sa hodnoty pomeru C_{HK}/C_{FK} vyššie ako 1 vyskytovali iba v prípade andozeme, nakoľko pre tento pôdny typ je charakteristická dobre humifikovaná a relatívne stála POH. Na ostatných lokalitách, boli v priebehu celého monitorovacieho obdobia hodnoty tohto parametra nižšie ako 1 a mali výrazne kolísavý charakter. Prevládanie uhlíka fulvokyselín nad humínovými kyselinami je charakteristické pre pseudogleje, kambizeme, ale aj rendziny a rankre (Barančíková, 2008, 2009).

Výrazne kolísavý charakter mali hodnoty C_{HK}/C_{FK} na pseudoglejoch a kambizemi aj na orných pôdach (Obr.15) a v priebehu takmer celého monitorovacieho obdobia hodnoty tohto parametra boli nižšie ako 1. Aj v prípade kľúčových lokalít fluvizemí, čiernic a černoze mali hodnoty pomeru uhlíka humínových a fulvokyselín v priebehu monitorovacieho obdobia výrazne kolísavý charakter, ale na černoze a čierniciach hodnoty tohto parametra boli vyššie ako 1 (Obr. 16), čo je v súlade s priemernými hodnotami tohto parametra na týchto pôdnych typoch na Slovensku (Barančíková, 2008, 2010, 2011).

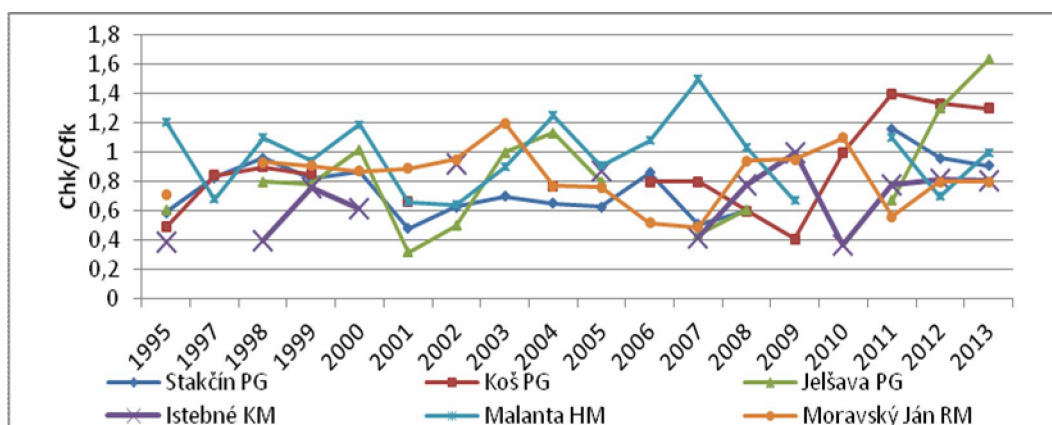
Obr. 13 Vývoj pomeru C_{HK}/C_{FK} na TTP rendziny, rankra a andozeme



Obr. 14 Vývoj pomeru C_{HK}/C_{FK} na TTP pseudoglejov a kambizemí



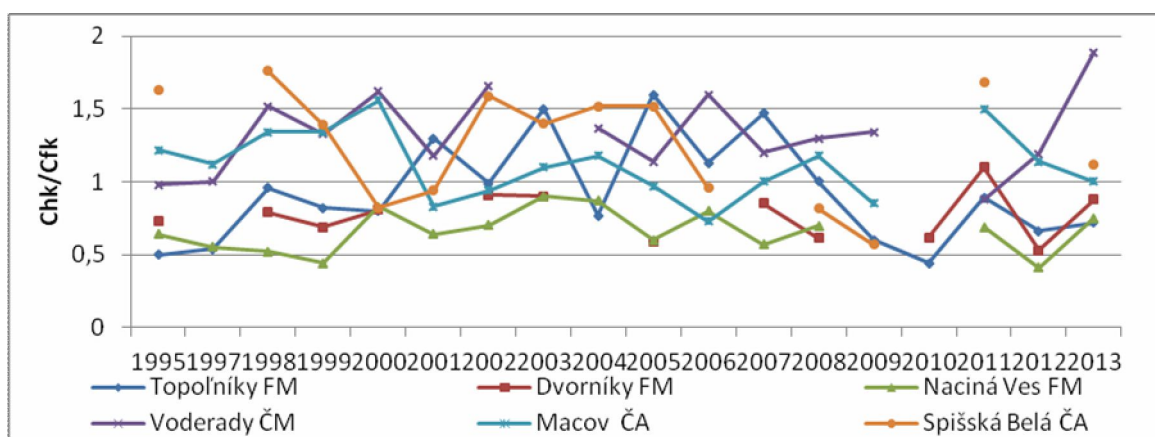
Obr. 15 Vývoj pomeru C_{HK}/C_{FK} na OP pseudoglejov, kambizeme, hnedozeme a regozeme



Hodnoty C_{HK}/C_{FK} na fluvizemiach boli podstatne nižšie, pričom najvýraznejšie prevládanie fulvokyselín nad humínovými kyselinami bolo zaznamenané na fluvizemi glejovej na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch (Nacina Ves) (Obr16).

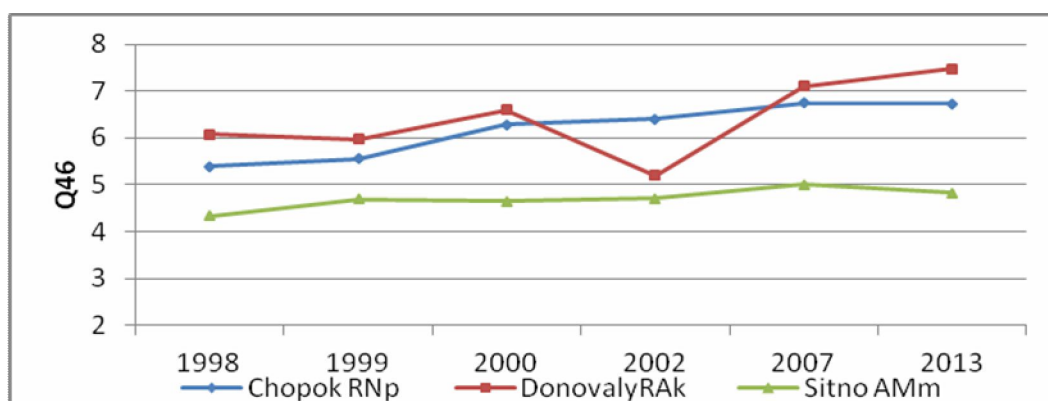
Vyzretosť pôdnej organickej hmoty môžeme v hrubých rysoch posúdiť na základe hodnôt optického parametra Q^4_6 , ktorý reprezentuje pomer hodnôt extincie nameraných pri 450 a 650 nm a je ďalším dôležitým kvalitatívnym parametrom POH. Vyššie hodnoty tohto parametra sú charakteristické pre labilnejšiu, menej vyzretú POH a naopak nižšie hodnoty Q^4_6 charakterizujú vyzretú, dobre humifikovanú POH (Sotáková, 1982).

Obr. 16 Vývoj pomeru C_{HK}/C_{FK} na OP fluvizemiach, čierniciach a černoze

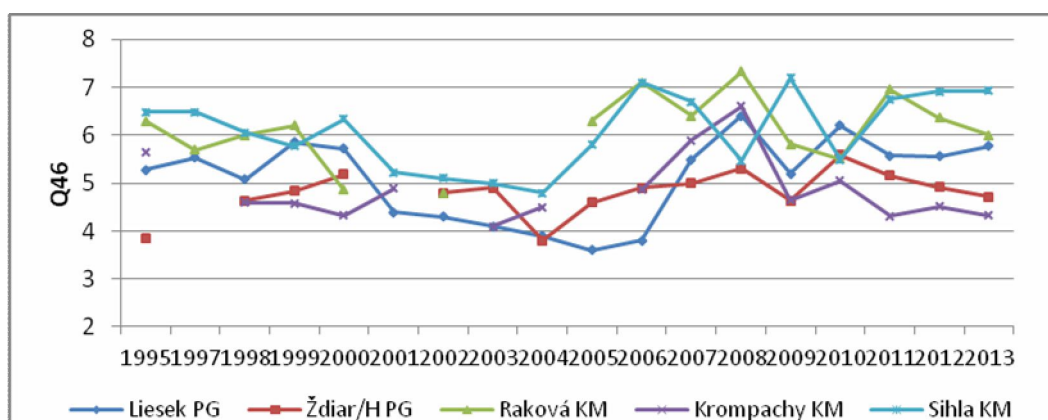


Na všetkých lokalitách na TTP, okrem andozemu, sa hodnoty optického parametra pohybovali od 5-7, čo je v súlade s hodnotami C_{HK}/C_{FK} na týchto lokalitách a charakterizuje menej humifikovanú a relatívne labilnú pôdnu organickú hmotu (Obr. 17,18). V priebehu monitorovacieho obdobia mali hodnoty tohto parametra predovšetkým na pseudoglejoch a kambizemiach na TTP výrazne kolísavý charakter (Obr. 18).

Obr. 17 Vývoj optického parametra Q_6^4 na TTP rendziny, rankra a andozeme



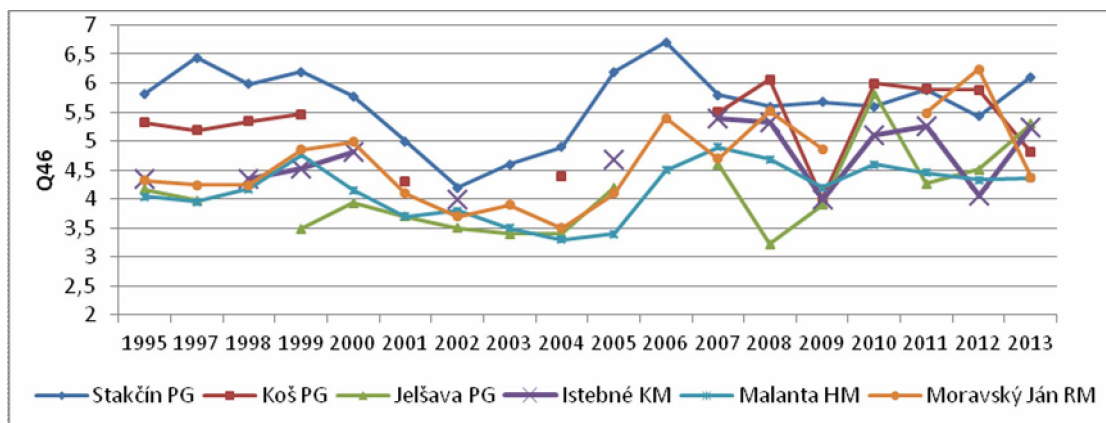
Obr. 18 Vývoj optického parametra Q_6^4 na TTP pseudoglejov a kambizemí



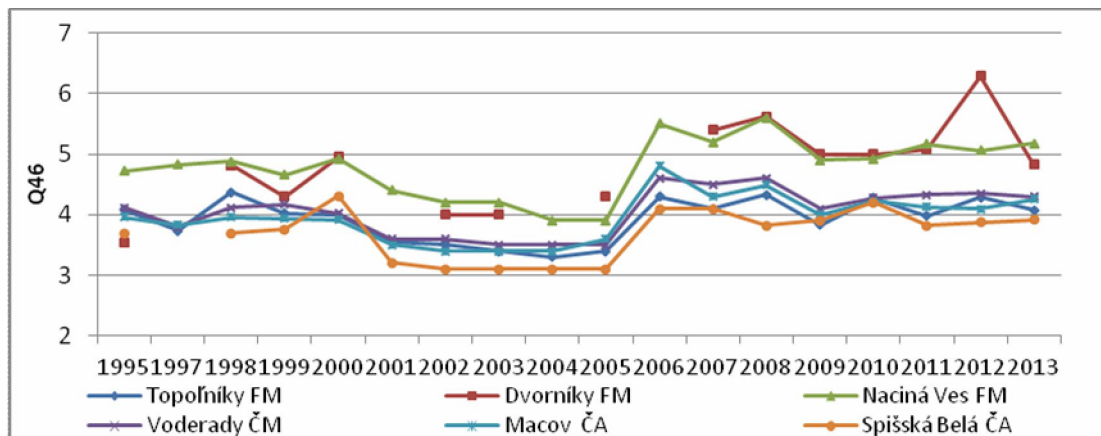
Výrazne kolísavý charakter mali hodnoty optického parametra aj na orných pôdach pseudoglejov, kambizeme, hnedozeme a regozeme, pričom najvyššie hodnoty tohto parametra v priebehu celého monitorovacieho obdobia boli zaznamenané na pseudogleji na lokalite

Stakčín (Obr. 19). Najnižšie hodnoty optického parametra Q^4_6 boli zaznamenané na černozemi a čierniciach (Obr. 20), čo je v súlade s hodnotami pomeru C_{HK}/C_{FK} na týchto lokalitách. Z hľadiska hodnôt kvalitatívnych parametrov, disponujú černozeme a čiernice nachádzajúce sa v relatívne teplých, arídnych oblastiach, pre ktoré je charakteristický humus tmavých molických a melanických horizontov (Linkeš a kol., 1997), najkvalitnejšou a najvyzretejšou organickou hmotou, čo potvrdzuje prevládanie humínových kyselín nad fulvokyselinami ($C_{HK}/C_{FK} > 1$) a nízke hodnoty farebného kvocientu ($Q^4_6 < 4.5$). Výrazne vyššie hodnoty optického parametra, teda menej kvalitný humus ako v prípade černozeme a čierníc, je charakteristický pre fluvizeme, predovšetkým fluvizeme glejové na nekarbonátových fluvialných sedimentoch (Obr. 20).

Obr. 19 Vývoj optického parametra Q^4_6 na OP pseudoglejov, kambizeme, hnedozeme a regozeme



Obr. 20 Vývoj optického parametra Q^4_6 na OP fluvizemí, čiernic a černozeme



Vývojový trend v chemickom zložení humínových kyselín na vybraných kľúčových lokalitách (1994 – 2012)

Kvalitatívne parametre pôdnej organickej hmoty C_{HK}/C_{FK} a Q^4_6 podávajú základnú informáciu o zmenách v jej štruktúre, ale pre detailné poznanie humifikačných, resp. mineralizačných procesov je dôležité sledovať tiež zmeny v detailnom zložení humínových kyselín (HK). Pri porovnaní rozdielov medzi pôdnymi typmi, ale tiež pri porovnaní zmien pri rozdielnom hospodárení na pôde, je vhodné využiť izoláciu HK, ktoré predstavujú základnú frakciu pôdnej organickej hmoty.

Humínové kyseliny, spolu s fulvokyselinami (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). Monitorovaním zmien v základných chemických parametroch HK môžeme sledovať humifikačné, resp. mineralizačné trendy POH. Z uvedeného dôvodu sa na vybraných kľúčových lokalitách izolujú humínové kyseliny a zmeny v ich chemickej štruktúre sa sledujú stanovením vybraných chemických a fyzikálno-chemických parametrov. Do roku 2007 sa izolovali HK v trojročných cykloch, v súčasnosti sa humínové kyseliny izolujú v päťročných cykloch. HK sa izolujú na orných pôdach (fluvizem, černozem, čiernica, regozem a hnedozem) ale aj na trvalých trávnych porastoch, ktorých predstaviteľmi sú kambizem a pseudoglej.

Základným parametrom stanovenia štruktúry HK je elementárna analýza C H N O, ktorá odráža dominantné charakteristiky pôdnej humifikácie. Údaje o elementárnom zložení HK sú základných zdrojom pre tvorbu minimálneho sumárneho vzorka HK (Than, 2013). Vyššie množstvo uhlíka a nižšie percento vodíka je charakteristické pre vyšší stupeň humifikácie HK. Elementárne zloženie humínových kyselín je značne rozdielne. V závislosti od pôvodu HK, množstvo uhlíka v atómových percentách sa môže pohybovať od 35 – 50% (Than, 2003). Najvyššie zastúpenie uhlíka a najnižšie vodíka je charakteristické pre HK černozeme. Na opačnej strane škály stoja kambizeme, v ktorých elementárnej štruktúre je vyššie zastúpenie vodíka v porovnaní s uhlíkom (Tabuľka 2). Z uvedených údajov vyplýva zrelšia, kvalitnejšia a stabilnejšia štruktúra organickej hmoty černozeme v porovnaní s labilnou štruktúrou POH kambizeme. Z hodnôt elementárneho zloženia HK ostatných pôdnych typov vyplýva, že relatívne stabilná štruktúra je charakteristická aj pre čiernice, naopak, pseudogleje sa hodnotami elementárneho zloženia HK blížia ku kambizemiam (Tabuľka 2).

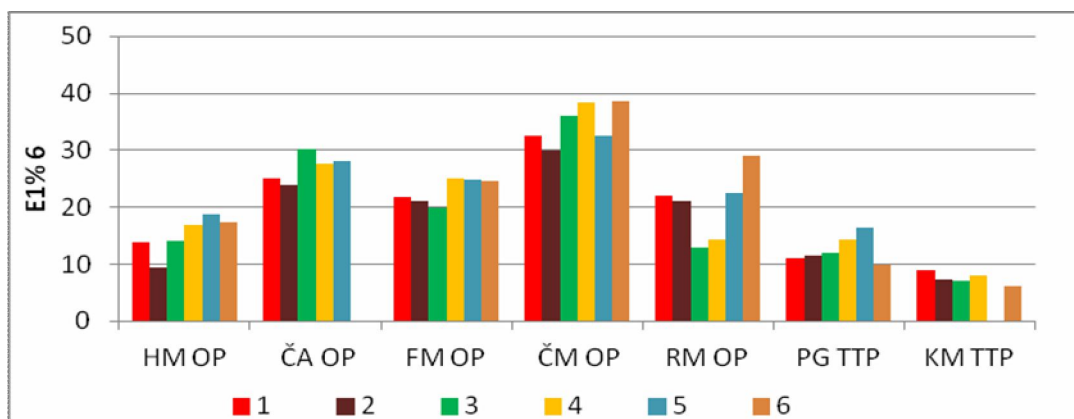
Ďalším dôležitým parametrom pri charakterizácii štruktúry humínových kyselín je optický parameter $E^{1\%}_6$, ktorý predstavuje extinciu roztoku HK nameranú pri vlnovej dĺžke 600 nm. Uvedený optický parameter Kumada (1987) nazýva stupeň humifikácie, t. j. čím sú vyššie hodnoty $E^{1\%}_6$, tým je stupeň humifikácie HK vyšší. Podobne ako pri elementárnom zložení HK, černozeme disponujú výrazne vyššími hodnotami optického parametra $E^{1\%}_6$, ako ostatné pôdne typy, pričom najnižšie hodnoty boli namerané u HK kambizemí (Obr.21). Kolísavý charakter zmien je charakteristický aj pre tento parameter, ale v prípade kambizemí môžeme pozorovať postupné znižovanie tohto parametra a teda podobne ako v prípade elementárneho zloženia, ďalšie zlabilňovanie štruktúry HK kambizeme (Obr.21).

Dôležitým parametrom pri posudzovaní kvality humínových kyselín je obsah karboxylových skupín (COOH), nakoľko postupujúci priebeh humifikácie je charakterizovaný karboxyláciou periférnych častí HK (Ševcova, Sidorina, 1988). Vyššie hodnoty COOH charakterizujú vyzrejšiu POH s vyšším stupňom humifikácie a nízke hodnoty tohto parametra nízky humifikačný stupeň HK (Rossel a kol. 1989). COOH skupiny hrajú dôležitú úlohu aj z environmentálneho hľadiska. Väzba HK s ťažkými kovmi cez COOH skupiny významným spôsobom znižuje ich mobilitu (Than, 2003). V súlade s predchádzajúcimi údajmi najvyššie hodnoty karboxylových skupín sú charakteristické pre černozem. Vysoké hodnoty tohto parametra boli tiež zistené na čiernici a najnižšie hodnoty COOH skupín boli namerané na kambizemi (Obr. 22).

Tab. 2 Hodnoty elementárnej analýzy (atóm.%) a vybrané parametre ^{13}C NMR spektier C_{alif} a C_{ar} (%) HK

lokalita	rok odberu	atómové %				%	%
		C	H	O	N	Calif	Car
Topoľníky FM OP	1994	41,82	37,93	16,51	3,74	46,52	34,1
	1997	43,04	36,42	16,85	3,70	43,85	34,98
	2000	42,18	36,35	17,88	3,59	41,37	35,92
	2003	44,16	35,16	16,95	3,73	41,35	37,66
	2006	42,94	35,46	17,73	3,87	44,36	38,34
	2009	44,18	35,50	16,50	3,82	53,66	34,85
Voderady ČM OP	1994	47,60	31,63	17,92	2,85	30,04	41,75
	1997	48,55	28,67	19,26	3,52	33,89	50,81
	2000	47,22	31,96	17,64	3,19	29,2	46,55
	2003	49,17	29,34	18,19	3,29	30,49	48,1
	2006	48,05	31,85	17,53	3,56	40,96	39,46
	2009	47,77	30,45	18,02	3,75	45,5	38,78
Macov ČA OP	1995	43,70	34,50	18,04	3,75	36,2	36,08
	1999	44,87	32,03	19,19	3,91	40,84	37,68
	2002	46,23	32,51	17,37	3,90	41,23	41,07
	2005	43,35	34,69	18,28	3,68	44,22	41,03
	2008	43,00	35,16	18,09	3,74	43,23	38,45
Moravský Ján RM OP	1995	42,6	37,25	16,69	3,43	41,77	38,6
	1998	41,7	38,3	16,8	3,23	37,15	39
	2001	42,14	36,96	17,49	3,41	46,4	34,9
	2004	40,3	40,1	16,43	3,17	41,16	38,96
	2007	42,56	36,36	17,27	3,8	54,3	30,12
	2012	41,77	37,2	17,34	3,69	55,9	31,4
Malanta HM OP	1994	43,41	36,16	17,18	3,25	41,09	33,28
	1997	40,55	39,31	17,03	3,11	48,9	41,24
	2000	41,31	38,80	16,64	3,26	44,87	33,95
	2003	43,76	35,58	17,36	3,31	42,3	37,99
	2006	39,91	39,43	17,24	3,42	51,04	34,89
	2009	42,76	38,30	15,52	3,41	47,2	41,39
Liesek PG TTP	1994	41,58	40,09	15,59	2,74	50,5	34,05
	1997	40,98	40,61	15,40	3,00	44,68	34,35
	2000	40,44	39,82	16,48	3,26	45,37	33,02
	2003	42,2	38,53	15,89	3,37	45,25	35,1
	2006	39,39	40,64	16,43	3,55	51,65	31,67
	2009	40,07	39,61	16,66	3,67	47,89	36,69
Rakova KM TTP	1995	38,8	41,49	16,1	3,64	53,83	30,7
	1998	39,4	40,37	16,65	3,6	47,3	29,97
	2001	38,62	41,26	16,11	4,01	50,5	27,6
	2004	38,81	40	17,32	3,87	50,8	25,14
	2007	39,26	40,13	16,27	4,35	64,7	21,8
	2012	37,52	40,63	17,78	4,07	55,04	28,1

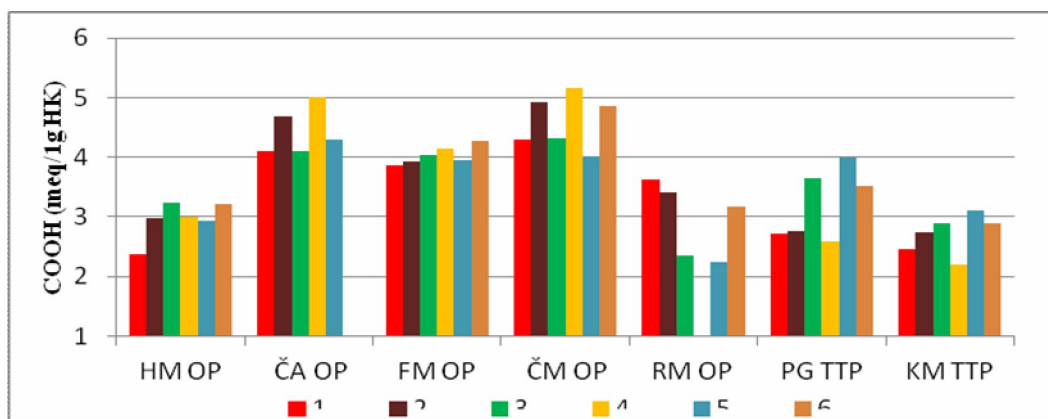
Obr. 21 Vývoj hodnôt optického parametra $E^{1\%}_6$ sledovaných humínových kyselín



1-6 odbery na jednotlivých lokalitách

Podobne ako v prípade elementárneho zloženia a optického parametra, aj hodnoty karboxylových skupín mali v priebehu monitorovacieho obdobia kolísavý charakter, ale najvyššie hodnoty tohto parametra sa udržiavali na černozemi a najnižšie na kambizemi (Obr. 22).

Obr. 22 Vývoj hodnôt karboxylových skupín COOH (meq/1g HK) sledovaných humínových kyselín

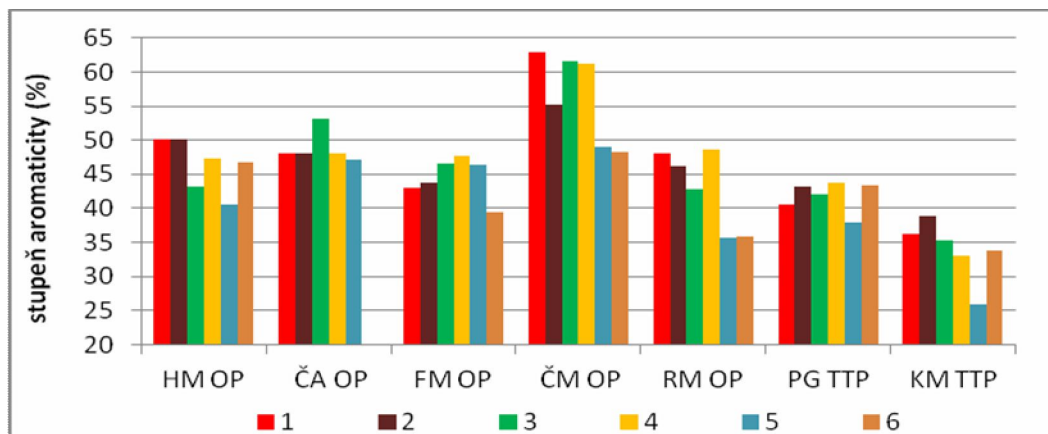


1-6 odbery na jednotlivých lokalitách

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. ^{13}C NMR významnou mierou prispieva k prehĺbeniu znalostí štruktúry HK (Novák, a Hrabal, 2011). 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 . Najvyššie zastúpenie aromatických a nízky podiel alifatických štruktúr je charakteristické pre vyzretú HK černozeme, naopak, najnižšie hodnoty Car a najvyššie hodnoty Calif boli zistené na kambizemi (Tabuľka 2). Z uvedených hodnôt vyplýva aj vysoký stupeň aromatizácie HK černozeme v porovnaní s kambizemou (Obr. 23). Vysoká aromaticita HK na černozemi môže byť dôsledkom intenzívneho obhospodarovania pôdy, nakoľko aromatické štruktúry sú voči mikrobiálnemu rozkladu odolnejšie ako O-alkyl zlúčeniny (Novák a Hrabal, 2011). Podobne ako predchádzajúce hodnotené parametre HK, aj hodnoty ^{13}C NMR parametrov mali v priebehu sledovaného

obdobia kolísavý charakter (Tabuľka 2, obr. 23). Zo sledovaných lokalít najvýraznejšie zmeny boli zaznamenané na černoze. Pokiaľ na začiatku sledovaného obdobia (1993-2003) aromatické štruktúry na tejto lokalite výrazne dominovali nad alifatickými v posledných dvoch odberoch sa cca o 10% zvýšil podiel Calif a kleslo zastúpenie Car a tým výrazne klesol aj stupeň aromaticity α . Podobný výrazný pokles stupňa aromaticity v posledných dvoch odberoch bol zaznamenaný aj na regoze (Obr. 23).

Obr. 30 Vývoj hodnôt stupňa aromaticity α humínových kyselín



1-6 odbery na jednotlivých lokalitách

Postupný nárast alifatického uhlíka a tým pokles stupňa aromaticity môže byť spojený s dodaním organického materiálu. Ako uvádza Peréz (Peréz a kol. 2004), uvedený trend je charakteristický pre inkorporáciu rastlinných zvyškov. Ono (Ono a kol., 2009) tiež zistil, že po dodaní čerstvej organickej hmoty sa v prvých stupňoch humifikácie zvyšuje podiel alifatického uhlíka ako sekundárneho produktu mikroorganizmov a aromatický uhlík tanínu a lignínu sa postupne znižuje. Pomerne značná zmena v chemickej štruktúre HK predovšetkým na černoze môže byť spôsobená zvýšením celkového organického uhlíka a zvýšením zastúpenia humínových kyselín v POH, nakoľko hodnoty týchto základných parametrov POH nadobúdajú v danom období (rok odberu 2006, 2009) pomerne vysoké hodnoty (Obr. 4, 16).

Záver

Uvedená práca hodnotí zmeny kvantitatívnych (POC) ako aj kvalitatívnych parametrov (C_{HK}/C_{FK} , Q^4_6) POH na všetkých sledovaných kľúčových lokalitách a tiež zmeny v detailnej chemickej štruktúre humínových kyselín na vybraných kľúčových lokalitách v priebehu celého monitorovacieho obdobia.

Na základe hodnôt celkového uhlíka môžeme konštatovať, že pôdy na trvalých trávnych porastoch, aj v rámci toho istého pôdneho typu (kambizem, pseudoglej), disponujú podstatne vyššími hodnotami POC ako orné pôdy. V súlade s hodnotami POC sú aj hodnoty celkového dusíka, čo potvrdzujú signifikantné lineárne korelácie medzi týmito parametrami pôdnej organickej hmoty v jednotlivých skupinách pôdnych typov.

V prípade základných kvalitatívnych parametrov POH zohráva dôležitejšiu úlohu genéza pôdy a nie jej súčasné využitie. Na základe hodnôt C_{HK}/C_{FK} a Q^4_6 relatívne najkvalitnejšou organickou hmotou disponujú černoze a čiernice, naopak pre vysokohorské pôdy je sice charakteristické vysoké % POC, ale nízka kvalita POH. Nízka kvalita POH je charakteristická aj pre kambizeme a pseudogleje. Relatívne vysoký stupeň humifikácie POH na černoze a čierniciach a naopak nízku hodnotu tohto parametra na pseudoglejoch a

kambizemiach potvrdzujú aj hodnoty detailnej štruktúry humínových kyselín, ako je elementárne zloženie HK, hodnota optického parametra, karboxylových skupín a tiež hodnoty vybraných parametrov ^{13}C NMR spektier.

Vývoj koncentrácie pôdneho organického uhlíka na sledovaných kľúčových lokalitách mal značne kolísavý charakter, ale na niektorých pôdnych typoch, predovšetkým na černozemi a čierniciach, fluvizemi karbonátovej ako aj na kambizemi a pseudoglejoch na orných pôdach bol pozorovaný nárast obsahu POC, ktorý je v súlade s trendom zaznamenaným aj v základnej monitorovacej sieti.

Výrazne kolísavý charakter mali tiež kvalitatívne parametre POH ($C_{\text{HK}}/C_{\text{FK}}$ a Q^4_6), ale počas celého monitorovacieho obdobia sa hodnoty týchto parametrov udržiavajú na úrovni charakteristickej pre daný pôdny typ.

Vývoj hodnôt parametrov chemickej štruktúry najvýznamnejšej zložky pôdneho humusu, humínových kyselín mal tiež značne kolísavý charakter, ale jednotlivé hodnoty sa udržiavajú na úrovni charakteristickej pre daný pôdny typ. Pozorované zníženie aromatických štruktúr na černozemi a regozemi môže súvisieť s vyššou inkorporáciou rastlinných zvyškov na týchto lokalitách v posledných sledovaných odberov.

Použitá literatúra

- ANDREWS, S.S.- KARLEN, D.L.- CAMBARDELLA, C.A. 2004. The soil management assessment framework. *Soil Sci. Soc. A., J.*, roč. 68, 2004, s.1945-1962.
- BALDOCK, J.A. - NELSON, P.N. 1999. Soil Organic Matter. In. *Handbook of Soil Science*. (Ed. Sumner, M.E.), s. B25-B84.
- BARANČÍKOVÁ, G. 2008. Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty. In KOBZA, J. zost. *Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja*. Priebežná správa, VÚPOP Bratislava, s.65-82
- BARANČÍKOVÁ, G. 2009. Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty. In KOBZA, J. zost. *Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja*. Priebežná správa, VÚPOP Bratislava, s.65-82
- BARANČÍKOVÁ, G. 2010. Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty. In KOBZA, J. zost. *Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja*. Priebežná správa, VÚPOP Bratislava, s.71-88
- BARANČÍKOVÁ, G. 2011. Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty. In KOBZA, J. zost. *Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja*. Priebežná správa, VÚPOP Bratislava, s.63-76
- BARANČÍKOVÁ, G. 2012. Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty. In KOBZA, J. zost. *Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja*. Priebežná správa, VÚPOP Bratislava, s.63-76
- BARANČÍKOVÁ, G.- HALAS, J. - KOCO, Š. - GUTTEKOVÁ, M. 2011. Influence of soil protection system on development of organic carbon stock. In *Soil Science Agrochemistry and Ecology*, roč.. XLV, 2011 č.1-4, s. 27-31.
- BARANČÍKOVÁ, G. - SKALSKÝ, R. - TARASOVIČOVÁ, Z. - NOVÁKOVÁ, M. - KOCO, Š., 2012. Predikcia zásob organického uhlíka na orných pôdach na príklade modelového poľnohospodárskeho podniku. In *Vedecké práce VÚPOP*, roč. 34, 2012, s. 5-15, Bratislava, ISBN 978-80-89128-98-3.
- BEDRNA, Z. 1966. Obsah humusu v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. In *Poľnohospodárstvo*, roč...12, 1966, č. 10, s. 763-769
- CAMBELL, C.A. - SOUSTER, W. 1982. Loss of organic matter and potentially mineralizable nitrogen from Saskatchewan soils due to cropping. In *Can. J. Soil Sci.*, roč. 62, 1982, s. 651-656.

- DOANE, T.A. - DEVEVRE, O.C. - HORWÁTH, W.R. 2003. Short-term soil carbon dynamics of humic fractions in low-input and organic cropping systems. In *Geoderma*, roč. 114, 2003, s. 319-33.
- FRANZLUEBBERS, A.J. 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. In *Soil. Till. Res.*, roč. 66, 2002, s. 95-106.
- GUO L. B. - GIFFORD R. M. 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis." In *Global Change Biology*, roč. 8, 2002, s. 345-360.
- CHUKOV, S. N. 2000. Study by ^{13}C – NMR spectroscopy of humus acids molecular parameters in anthropogenically disturbed soils. In *Proceedings of 10th International Meeting of the IHSS*, Toulouse, 2000, s. 81-84.
- KOBZA, J. a i. 2011. *Jednotné pracovné postupy rozborov pôd*. Bratislava, VÚPOP, 2011. 136s. ISBN 978-80-89128-89-1.
- KOVÁČ, K. - L. NOZDROVICKÝ- M. MACÁK et al. 2010. *Minimalizačné a pôdoochranné technológie*. Agroinštitút Nitra, Nitra, 2010, 142s. ISBN 978-80-7139-139-5
- KUMADA, K., 1987. *Chemistry of soil organic matter*. Tokyo, Elsevier, s. 17-30. ISBN 0-444-98936-6.
- LINKEŠ, V.- KOBZA, J.- ŠVEC, M.- ILKA, P., PAVLENDÁ, P.- BARANČÍKOVÁ, G.- MATÚŠKOVÁ, L. 1997. *Monitoring pôd Slovenskej republiky. Súčasný stav monitorovacích vlastností pôd 1992-1996*. VÚPÚ Bratislava, 128 s., ISBN 80-85361-35-3.
- NOVÁK, F. – HRABAL, R. 2011. Kvantitatívni ^{13}C NMR spektroskopie huminových látok. In *Chem. Listy*, roč.105, 2011, s. 752-760.
- OGLE, M.S. - PAUSTIAN, K. 2005. Soil organic carbon as an indicator of environmental quality at the national scale: Inventory monitoring methods and policy relevance. In *Canadian Journal of Soil Science*, roč.85, 2005, s. 531-540.
- ONO. K. - HIRAI, K. - MORITA, S. - OHSE, K. - HIRADATE, S. 2009. Organic carbon accumulation processes on a forest floor during an early humification stage in a temperate deciduous forest in Japan: Evaluations of chemical composition changes by ^{13}C NMR and their decomposition rates from litterbag experiment. In *Geoderma*, roč. 151, 2009, s. 351-356.
- PERÉZ, G.M. - MARTIN-NETO, L. - SAAB, S.C., NOVOTNY, E.H. - MILORI, D.M.B.P. - BAGNATO, V.S. - COLNAGO, L.A. - MELO, W.J., KNICKER, H. 2004. Characterization of humic acids from a Brazilian Oxisol under different tillage system by EPR, ^{13}C NMR, FTIR and fluorescence spectroscopy. In *Geoderma*, roč. 118, 2004, s. 181-180.
- ROSELL, R.A. - ANDRIULO, A.E. - SCHNITZER, M. - CRESPO, M.B. - MIGLIERINA, A.M. 1989. Humic acids properties of an Argiudoll soil under two tillage systems. In *Sci. Tot. Envir.* Roč.. 81/82, 1989, s. 391-400.
- POSPÍŠIL, R. 2013. Vplyv obrábania na obsah organickej hmoty v pôde. In *Rolnícke noviny*, 15.5.2013, s.14.
- 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. In *Open Journal of Soil Science*, roč. 2, 2012, s. 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. In *Geoderma*, roč. 130, 2006, s. 141-156.
- SOTÁKOVÁ, S., 1982. *Organická hmota a úrodnosť pôdy*. Bratislava, Príroda, 234 s.

- ŠEVCOVA, L. - ROMANENKO, V. - SIROTENKO, O. - SMITH, P. - SMITH, J.U.-
LEECH, P.- KANZYVAA, S. - RODIONOVA, V. 2003. Effect of natural and
agricultural factors on long-term soil organic matter dynamics in arable soddy-podzolic
soil-modeling and observation. In *Geoderma*, roč. 116, 2003, s. 165-189.
- THAN, H.,K. 2003. *Humic Matter in Soil and the Environment*. Marcel Dekker, New York,
386 s. ISBN 0-8247-4272-9.
- THAN, H. K. 2013. Minimum formula weight of humic substances. In <http://drkhtan.weebly.com>.
- WEBB, J.- BELLAMY, P.- LOVELAND, P.J.- GOODLASS, G., 2003. *Crop residue returns
and equilibrium soil organic carbon in England and Wales*. Soil Science Society of
America Journal, 67, s. 928-936.

6.5 Hodnotenie vývoja kompaktie pôd

V súčasnosti je nevyhnutné správať sa trhovo v každej oblasti nevynímajúc poľnohospodárstvo a tomuto je nutné podriaďovať svoje ciele, ako aj výber prostriedkov, ktorými ich možno dosiahnuť. Aj v podmienkach Slovenska možno v poslednom období vidieť, že v konkurencii obstáli len tí, ktorí sa riadili týmito princípmi. Pochopili, že intenzifikácia poľnohospodárskej výroby je nevyhnutnosťou, k čomu je potrebná výkonná mechanizácia. Je nutné si však uvedomiť, že s výkonom rastie aj hmotnosť strojov a s ňou tlak na pôdu. Pri ich neuváženom používaní sa v dôsledku kompaktie pôdy môže stať, že žiadaný efekt vo forme rentabilných úrod poľnohospodárskych plodín sa nedostaví i napriek precíznemu vykonaniu mnohých ďalších intenzifikačných opatrení (hnojenie, vápnenie, zavlažovanie...). Navyše sa zvyšuje riziko erózie pôdy. Pri používaní ťažkých mechanizmov (s merným tlakom $> 0,15$ MPa) treba počítať s tým, že zhutnenie sa tu často prejavuje aj v hĺbke väčšej ako 35-40 cm (podornica), má akumulčný charakter (až do vytvorenia rovnovážneho stavu v závislosti od miery záťaže), pričom táto časť pôdy je mimo dosahu bežných kypriacich opatrení.

Materiál a metódy

V tejto časti správy sú hodnotené fyzikálne vlastnosti z hľadiska kompaktie pôdy v rámci *klúčových lokalít* na uvedených pôdnych typoch. Predmetné lokality sú:

Raková	- Kambizem modálna (KMm), stredne ťažká, hlinitá
Istebné	- Kambizem pseudoglejová kultizemná (KMga), stredne ťažká, hlinitá
Krompachy	- Kambizem modálna (KMm), stredne ťažká, hlinitá
Macov	- Čiernica kultizemná (ČAa), stredne ťažká, hlinitá
Spišská Belá	- Čiernica kultizemná (ČAa), stredne ťažká, hlinitá
Moravský Ján	- Regozem kultizemná (RMa), ľahká, piesčitá
Žiar n./Hronom	- Pseudoglej luvizemný (PGL), stredne ťažká, hlinitá
Koš	- Pseudoglej kultizemný (PGa), stredne ťažká, hlinitá
Jelšava	- Pseudoglej luvizemný kultizemný (PGLa), stredne ťažká, hlinitá
Liesek	- Pseudoglej kultizemný (PGa), stredne ťažká, hlinitá
Stakčín	- Pseudoglej kultizemný (PGa), stredne ťažká, hlinitá
Voderady	- Černozem kultizemná, var. karbonátová (ČMa ^c), stredne ťažká, hlinitá
Malanta	- Hnedozem kultizemná (HMa), stredne ťažká, hlinitá
Dvorníky	- Fluvizem kultizemná (FMa), stredne ťažká, piesčito-hlinitá
Topoľníky	- Fluvizem kultizemná, var. karbonátová (FMa ^c), stredne ťažká, hlinitá
Nacina Ves	- Fluvizem kultizemná (FMa), ťažká, ílovitá

Fyzikálne parametre indikujúce zhutnenie pôdy (objemová hmotnosť ρ_d , celková pórovitosť P_c , max. kapilárna vodná kapacita MKK, min. vzdušná kapacita V_{zK}) sa stanovujú z Kopeckého valčekov o objeme 100 cm^3 . Vzorky sa odoberajú každoročne od roku 1995 a to z ornice (0- 0,10 m) a podornice (0,30-0,40 m), pričom náš záujem sa sústreďuje predovšetkým na podornicu, ktorá je mimo bežných kypriacich zásahov. Daná hustota odberu (1x ročne počas mesiacov máj – jún) nám umožňuje snímať vplyv technológií pestovania rôznych kultúrnych plodín na uvedených pôdach v medzoročnom vývoji.

Pri vyhodnocovaní výsledkov bola použitá metóda popisnej štatistiky a grafické znázornenie. V rámci sledovaných rokov bol vyhodnotený trend vývoja sledovaných fyzikálnych parametrov na daných pôdnych typoch.

Vyhodnotenie fyzikálnych vlastností sledovaných pôd bolo urobené vo vzťahu k limitom zhutnenia pôdy pre jednotlivé pôdne druhy v zmysle vyhlášky 59/2013 (MPSR, 2013 - tab.1).

Tab.1 Limity zhutnenia pôdy pre jednotlivé pôdne druhy v zmysle vyhlášky 59/2013

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

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

Výsledky a diskusia

Kompakcia pôdy sa na Slovensku sleduje v priemere na 170 lokalitách v rámci Monitoringu pôd SR, ktorý prebieha v 5-ročných cykloch, no na vybraných z nich tzv. kľúčových lokalitách aj každoročne. Práve podrobnejšie údaje z týchto vybraných lokalít boli spracované a zhodnotené, keďže vzhľadom na značnú premenlivosť fyzikálnych vlastností pôdy v čase i v priestore je každý údaj vzácny. Na rozdiel od údajov zo základnej siete, ktoré pochádzajú z jedného odberového roku (vylúčenie premenlivosti počasia medzi rokmi), no z viacerých lokalít i klimatických regiónov v rámci SR a pri rozličných plodinách a technológiách ich pestovania, na kľúčových lokalitách možno hodnotiť zhutnenie pôdy na jednom pôdnom type a druhu viac rokov za sebou, pričom rozdiely medzi rokmi sú hlavne výsledkom kumulovaného vplyvu premenlivosti poveternostných podmienok a druhu plodiny, resp. použitej pestovateľskej technológie.

Z doterajších meraní v základnej sieti (5-ročné cykly) vyplýva, že fyzikálny stav sledovaných pôd sa zhoršoval v smere od zrnitostne ľahších ku ťažším pôdam, keď pri hlinito-piesčitých boli hodnoty meraných parametrov pod limitom, podornice piesčito-hlinitých ho už dosahovali krajnými hodnotami, rovnako ako ornice hlinitých až ílovitých pôdnych druhov. Podornice hlinitých až ílovitých pôd boli už zhutnené s výnimkou hlinitých černoziem a fluvizemí na karbonátových substrátoch. Teda kompakcia zasahovala hlavne podornice sledovaných pôd, a preto na príklade kľúčových lokalít sme sa pokúsili urobiť podrobnejšiu analýzu fyzikálneho stavu podorníc a overiť tak výsledky získané v celej monitorovacej sieti.

Sledované pôdne typy sú zastúpené ľahkými, piesčitými (RM – Moravský Ján), stredne ťažkými, piesčito-hlinitými (FM – Dvorníky) resp. hlinitými (KM-3, ČA-2, PG-5, ČM, HM, FM) a ťažkými, ílovitými (FM – Nacina Ves) pôdami. Pretože kritické hranice zhutnenia sú závislé od pôdneho druhu, bolo vyhodnotenie urobené podľa tohto členenia (tab.1).

Ľahké pôdne druhy v rámci daných pôdnych typov

Piesčité pôdy

Zastúpené sú lokalitou Moravský Ján (tab 2, obr.1, 4, 7 a 10). Ide o pôdu s veľmi nízkym (6 %) obsahom zrnitostnej frakcie o veľkosti zŕn <0,01 mm (celkový íl). Na danej lokalite sa dosahujú v priemere najvyššie hodnoty objemovej hmotnosti (1,65 g.cm⁻³), minimálnej vzdušnej kapacity (16,1 %) a najnižšie pri max. kapilárnej vodnej kapacite

Tab. 2 Štatistické ukazovatele základných fyzikálnych vlastností na jednotlivých kľúčových lokalitách v sledovanom období (1995-2013)

Pôdny typ (subtyp)	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	P _a	P _c	MKK	VzK
			g.cm ⁻³	objemové %		
Moravský Ján RMa <i>piesčitá</i>	0,30-0,40 m	x	1,64	38,0	21,8	16,1
		x _{min}	1,37	34,2	17,3	10,8
		x _{max}	1,74	48,0	25,9	30,7
		v _x %	5,8	9,5	13,4	31,9
Raková KMm <i>hlinitá</i>	0,30-0,40 m	x	1,46	44,9	37,2	7,7
		x _{min}	1,40	41,8	34,1	4,2
		x _{max}	1,55	47,3	38,9	11,4
		v _x %	3,5	4,0	5,0	29,8
Istebné KMga <i>hlinitá</i>	0,30-0,40 m	x	1,52	42,8	36,2	6,6
		x _{min}	1,34	39,0	33,0	3,7
		x _{max}	1,62	49,4	39,2	11,0
		v _x %	5,2	6,8	6,0	32,4
Krompachy KMm <i>hlinitá</i>	0,30-0,40 m	x	1,49	44,6	32,9	11,3
		x _{min}	1,12	33,4	26,3	5,2
		x _{max}	1,79	57,9	41,7	20,7
		v _x %	13,4	15,9	14,8	42,7
Spišská Belá ČAa <i>hlinitá</i>	0,30-0,40 m	x	1,41	47,0	35,2	11,2
		x _{min}	1,26	40,5	32,1	3,0
		x _{max}	1,56	51,9	37,5	17,5
		v _x %	5,8	6,6	4,6	42,3
Macov ČAa ^c <i>hlinitá</i>	0,30-0,40 m	x	1,43	46,8	36,0	10,8
		x _{min}	1,21	39,7	28,4	4,8
		x _{max}	1,63	55,1	40,9	15,5
		v _x %	9,0	10,3	8,7	30,8
Žiar nad Hr. PGI <i>hlinitá</i>	0,30-0,40 m	x	1,51	43,3	36,3	7,0
		x _{min}	1,33	38,6	34,8	2,6
		x _{max}	1,64	49,4	37,9	12,6
		v _x %	6,1	7,6	2,4	41,2
Koš PGa <i>hlinitá</i>	0,30-0,40 m	x	1,54	42,5	36,6	5,9
		x _{min}	1,44	39,8	34,3	3,9
		x _{max}	1,62	47,3	38,2	9,4
		v _x %	3,4	4,8	3,4	31,0
Jelšava PGIa <i>hlinitá</i>	0,30-0,40 m	x	1,49	44,5	36,3	7,7
		x _{min}	1,30	41,4	33,3	2,7
		x _{max}	1,57	51,1	39,2	13,3
		v _x %	5,3	6,4	4,6	43,4
Liesek PGa <i>hlinitá</i>	0,30-0,40 m	x	1,54	42,6	35,0	7,6
		x _{min}	1,42	35,4	33,2	1,4
		x _{max}	1,70	46,7	38,9	10,7
		v _x %	4,4	6,1	4,1	31,1
Stakčín PGa <i>hlinitá</i>	0,30-0,40 m	x	1,53	43,2	37,8	5,5
		x _{min}	1,35	38,4	33,5	1,3
		x _{max}	1,66	49,8	40,6	12,5
		v _x %	4,9	6,8	5,2	46,5
Voderady ČMa <i>hlinitá</i>	0,30-0,40 m	x	1,39	47,6	37,2	10,4
		x _{min}	1,32	43,2	34,3	7,6
		x _{max}	1,52	49,8	41,5	13,8
		v _x %	4,0	4,2	5,8	19,4

Tab. 2 Pokračovanie.

Pôdny typ (subtyp)	Hĺbka pôdy	Štatistická veľičina	p_d	P_c	MKK	VzK
			$g \cdot cm^{-3}$	objemové %		
Malanta HMa hlinitá	0,30-0,40 m	\bar{x}	1,54	42,3	34,3	8,1
		x_{min}	1,46	40,2	31,8	4,6
		x_{max}	1,61	45,1	35,9	12,3
		$v_x \%$	3,1	4,0	3,4	25,3
Dvorníky FMa piesčito-hlinitá	0,30-0,40 m	\bar{x}	1,35	49,7	39,1	10,5
		x_{min}	1,21	44,5	36,1	6,6
		x_{max}	1,48	54,5	42,4	14,2
		$v_x \%$	6,2	6,3	4,7	23,4
Topoľníky FMa ^c hlinitá	0,30-0,40 m	\bar{x}	1,40	48,2	38,2	10,0
		x_{min}	1,24	44,3	29,1	4,7
		x_{max}	1,52	53,9	42,2	15,9
		$v_x \%$	6,1	6,7	9,5	42,8
Nacina Ves FMa ílovitá	0,30-0,40 m	\bar{x}	1,42	47,1	40,8	6,3
		x_{min}	1,30	42,1	38,3	3,1
		x_{max}	1,55	52,0	43,9	13,0
		$v_x \%$	4,7	5,5	5,2	52,0

Vysvetlivky: KM – kambizem, ČA – čiernica, RM – regozem, LM – luvizem, PG – pseudoglej, ČM – černoziem, HM – hnedozem, FM – fluvizem, p_d – objemová hmotnosť, P – pórovitosť nekapilárna (_N), celková (_C), MKK – maximálna kapilárna kapacita, VzK – minimálna vzdušná kapacita, \bar{x} – aritm. priemer, x_{min} (x_{max}) – minimum (maximum), $v_x \%$ – variačný koeficient

(21,8 % obj.) príp. celkovej pórovitosti (38 %). I napriek niektorým negatívnym extrémnym ukazovateľom z hľadiska kompaktie majú tieto pôdy značnú odolnosť voči zhutňovaniu, tak v ornici ako aj v podornici, čo potvrdzujú výsledky získané v rámci základnej siete. Veď v priebehu 15-tich sledovaných rokov bola v podornici prekročená objemová hmotnosť len 3 krát (20 % prípadov). Celková pórovitosť bola tesne pod limitom siete 6 krát, ale na druhej strane, ťažšie dosiahnuteľná min. vzdušná kapacita len raz.

Stredne ťažké pôdne druhy v rámci daných pôdných typov

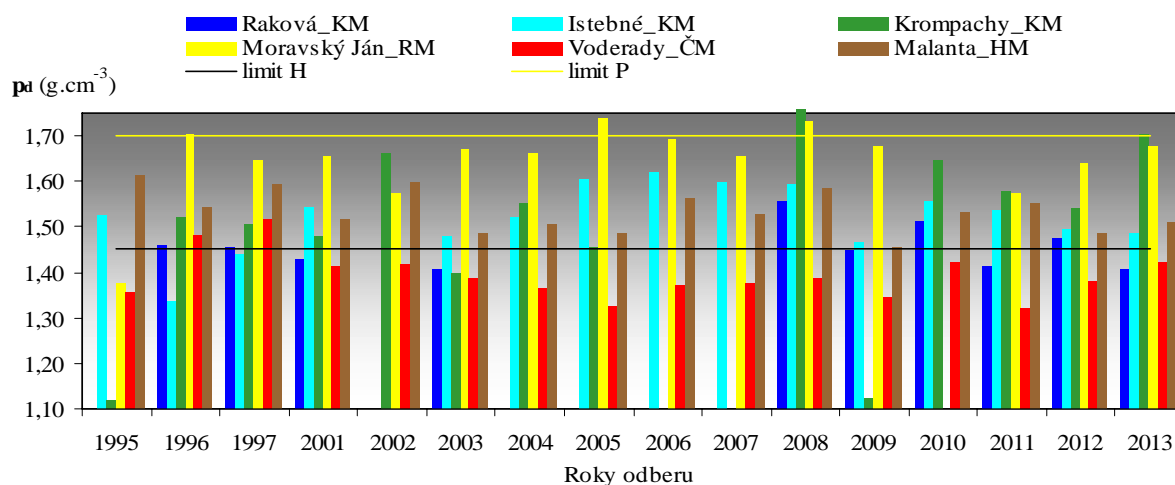
Piesčito-hlinité pôdy

Zastúpené sú lokalitou Dvorníky (tab.2, obr.3, 6, 9 a 12). Možno vidieť, že i tieto pôdy si z hľadiska kompaktie udržiavajú priaznivý fyzikálny stav, keď pri hlavných ukazovateľoch objemovej hmotnosti a pórovitosti nebol prekročený limit. Nedostatky boli zaznamenané hlavne v prípade max. kapilárnej kapacity (93 % prípadov) a čiastočne pri min. vzdušnej kapacite (19 % prípadov).

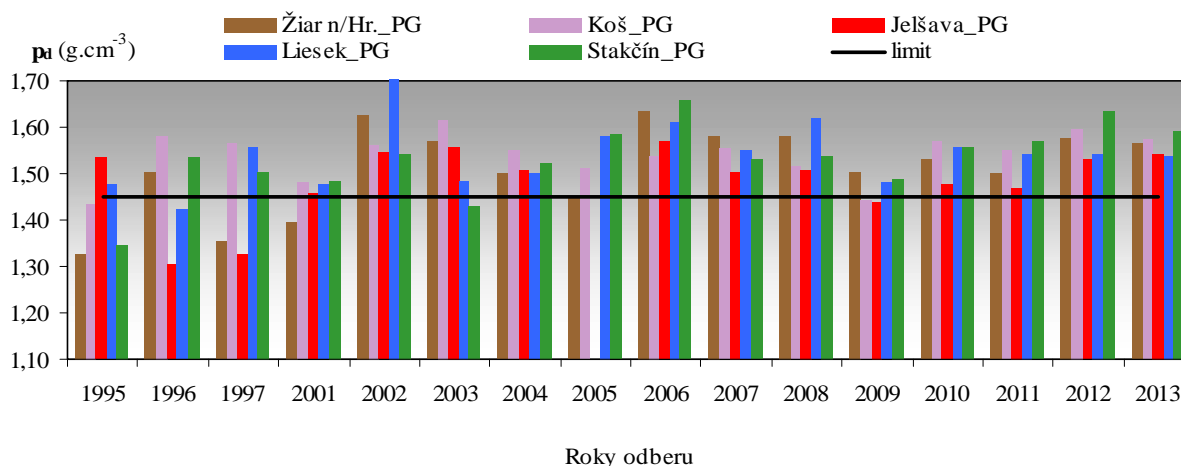
Hlinité pôdy

Zaberajú plošne najväčšiu časť poľnohospodárskych pôd Slovenska, a preto sú zastúpené najvyšším počtom lokalít na rôznych pôdných typoch (všetky ostatné lokality s výnimkou Nacinej Vsi). Zaradené boli kambizeme (KM - 3 prípady) černozieme (ČM - 1) a hnedozeme (HM - 1, tab.2, obr.1, 4, 7 a 10), ďalej pseudogleje (PG - 5, tab.2, obr.2, 5, 8 a 11) a nakoniec čiernice (ČA - 2) a fluvizeme (FM - 1 – tab.2, obr.3, 6, 9 a 12). Limity objemovej hmotnosti (obr.1-3) a celkovej pórovitosti (obr. 4-6) v rámci hlinitých pôd podľa údajov z kľúčových lokalít boli najmenej krát prekročené pri ČM, ČA a FM^c v 20-40 % prípadov, nasledovali KM (50-81 %), PG (75-93 % prípadov) a najhoršie boli na tom HM

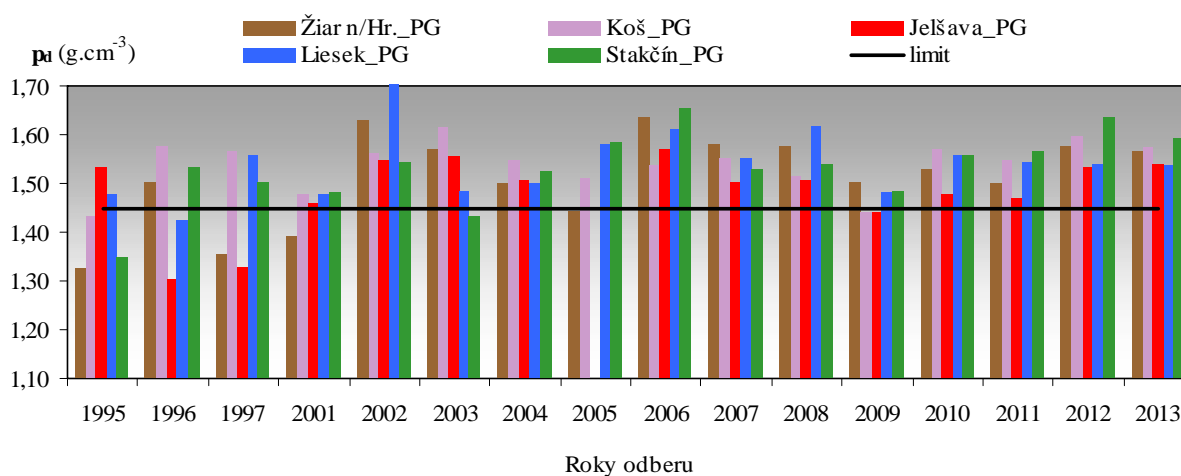
Obr. 1 Objemová hmotnosť (pd) podornice vybraných pôdných typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Kambizeme, čiernice, regozeme



Obr. 2 Objemová hmotnosť (pd) podornice vybraných pôdných typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Pseudogleje



Obr. 3 Objemová hmotnosť (pd) podornice vybraných pôdných typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Čiernice a fluvizeme.



Vysvetlivky k obr.1-3: limit P (piesčitá pôda – žltý; obr.1) platí pre lokalitu Moravský Ján (žltý stĺpec), limit PH (piesčito-hlinitá pôda – bledomodrý; obr.3) platí pre lokalitu Dvorníky (bledomodrý stĺpec), limit IV (ílovitá pôda – bledomodrý; obr.3) pre lokalitu Nacina Ves (bledomodrý stĺpec), pre ostatné platí limit H (hlinitá pôda - čierny)

reprezentované lokalitou Malanta (93 % prípadov). V prípade MKK (obr. 15 a 16) najpriaznivejší stav dosahujú lokalita Malanta na HM, Macov a Spišská Belá na ČA, Istebné a Krompachy na KM, príp. Liesek na PG (zrejme vplyvom flyšového substrátu, ktorý obsahuje viac pieskovej frakcie). Najväčšie hodnoty sú pri fluvizemiach, kde sú póry tvarované pravdepodobne v procese vzliňania podzemnej vody.

Na základe daných skutočností možno skonštatovať, že na stav fyzikálnych vlastností pôdy priaznivo vplýval obsah humusu, resp. i obsah karbonátov, keďže najlepšie vlastnosti z hľadiska kompaktácie v zóne pôdy, ktorú človek len zriedka rekultivuje (vysoké náklady), sa dosahujú pri pôdach s vyšším obsahom humusu i v podornici (ČM, ČA) resp. i vyšším obsahom karbonátov (ČM, FM^c). Tieto výsledky potvrdzujú doterajšie poznatky v tejto oblasti výskumu (Hlušíčková, Lhotský 1994, Širáň 2004, 2005, Lhotský 2000), ktoré možno využívať pri hodnoteniach a mapovaní kompaktácie pôd (Zrubec 1998, Houšková 2002, Makovníková, Pálka, Širáň, 2005a, 2005b, 2007, Heuscher, Brandt, Jardine 2005, Kobza a kol. 2005, Eckelman a kol. 2006).

Ťažké pôdne druhy v rámci daných pôdných typov

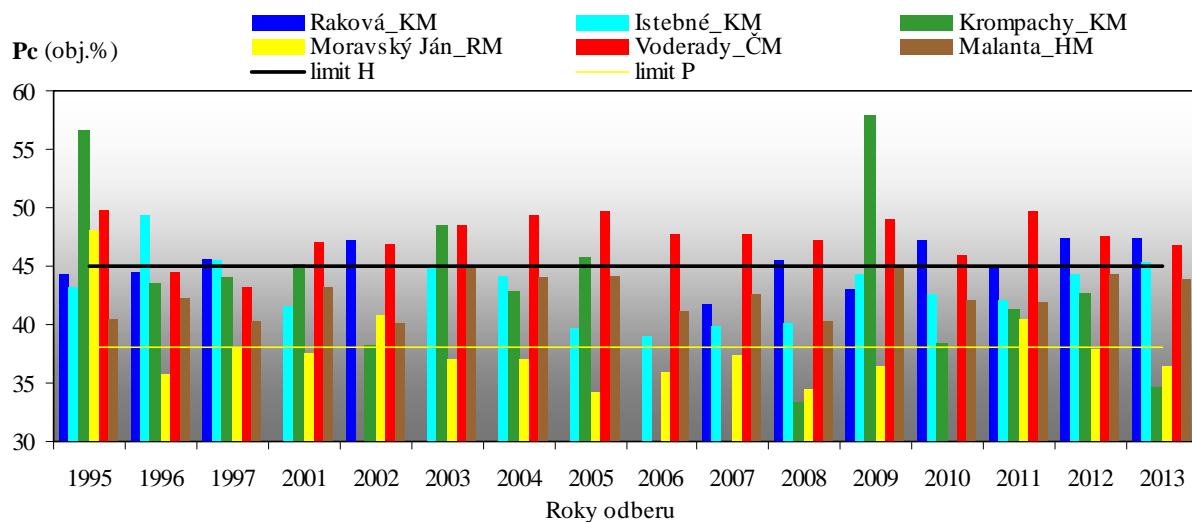
Ílovité pôdy

Zastúpené sú lokalitou Nacina Ves. Ide o veľmi ťažkú fluvizem s obsahom frakcie ílu s veľkosťou zŕn <0,01 mm 66 %, pričom v podornici jej množstvo ešte stúpa až na 74 %. Vplyvom danej textúry dosahuje táto pôda vysoké hodnoty pri max. kapilárnej kapacite (mimo 1 prípadu celé obdobie nadlimitné), nízke pri min. vzdušnej kapacite (88 % prípadov nad limitom). Majú pomerne nízku objemovú hmotnosť, resp. vysokú pórovitosť, porovnateľné najúrodnejšími hlinitými pôdami (pri obj. hmotnosti prekračujú 4 krát a pri pórovitosti 2 krát limit pre hlinité pôdy!), no dostatočné prevzdušnenie dosahujú len pri prísnejších limitoch, ktoré nedosahujú pri oboch parametroch v 88 % prípadov. Táto pôda tak trpí predovšetkým primárnym zhutnením, ktoré vyplýva z jej fyzikálnej stavby.

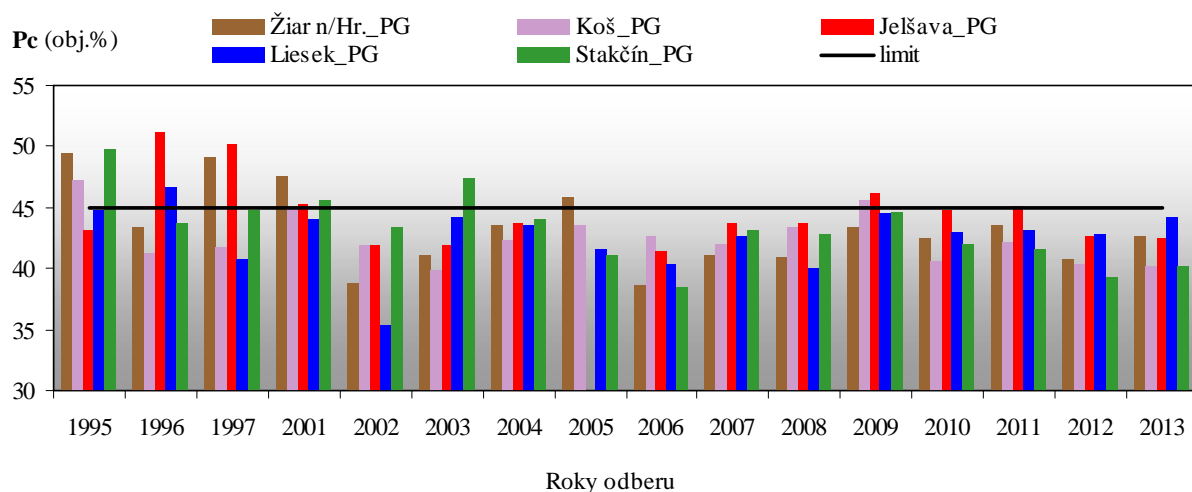
Vyhodnotenie trendov vývoja kompaktácie na kľúčových lokalitách

Čo sa týka vyhodnotenia trendov kompaktácie v rámci jednotlivých lokalít, tieto nie sú jednoznačné. Hodnoty značne kolíšu okolo priemeru pravdepodobne v dôsledku vplyvu použitých pestovateľských technológií daných plodín, príp. premenlivosti počasia. Lineárne trendy len málo vystihujú priebeh kompaktácie v čase ($R^2 < 0,5$). Smernice naznačujú nepatrný nárast objemovej hmotnosti na lokalitách s výnimkou černoze v Voderadoch a hnedozeme v Malante, čo by mohlo signalizovať mierny nárast kompaktácie pôdy používaním nových výkonných mechanizmov, ktorých na našich poliach pribúda. Lepšie prekrytie údajov sa dosiahne vo väčšine prípadov len binomickými rovnicami vyššieho stupňa.

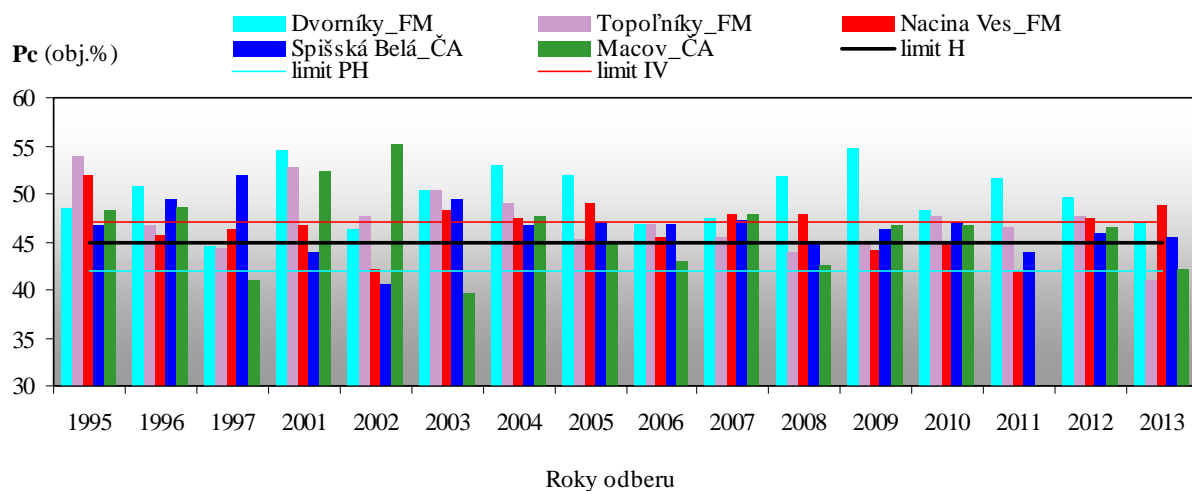
Obr. 4 Celková pórovitosť (Pc) podornice vybraných pôdných typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Kambizeme, regozeme, černoze, hnedozeme



Obr. 5 Celková pórovitosť (Pc) podornice vybraných pôdných typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Pseudogleje

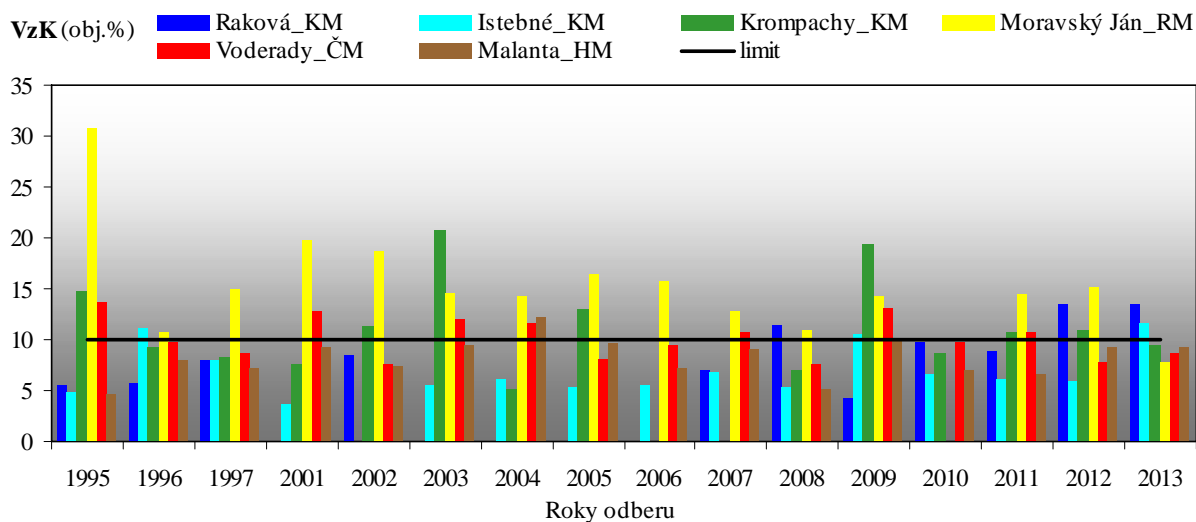


Obr. 6 Celková pórovitosť (Pc) podornice vybraných pôdných typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Čiernice a fluvizeme

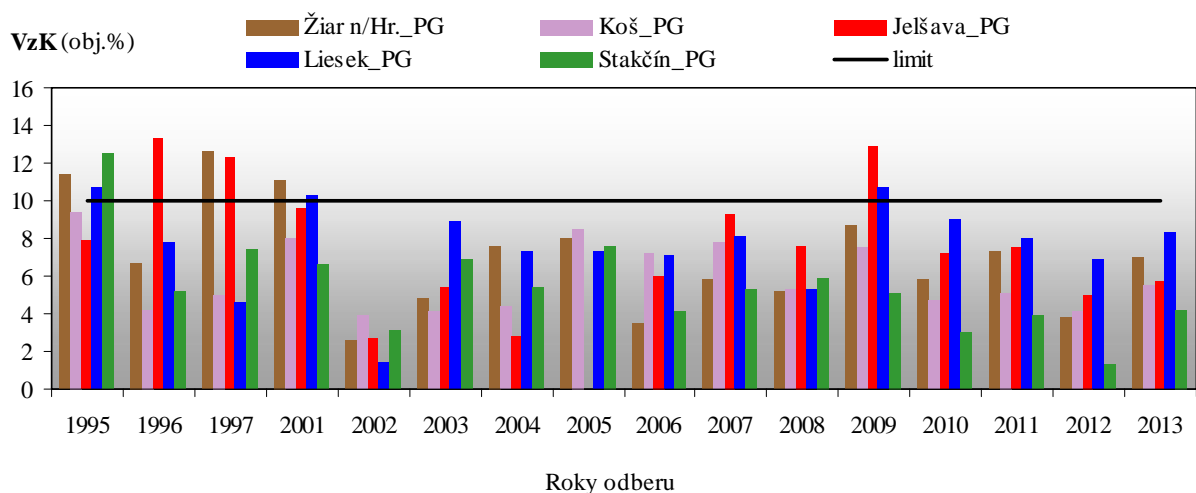


Vysvetlivky k obr. 4-6 ako pri obr. 1-3.

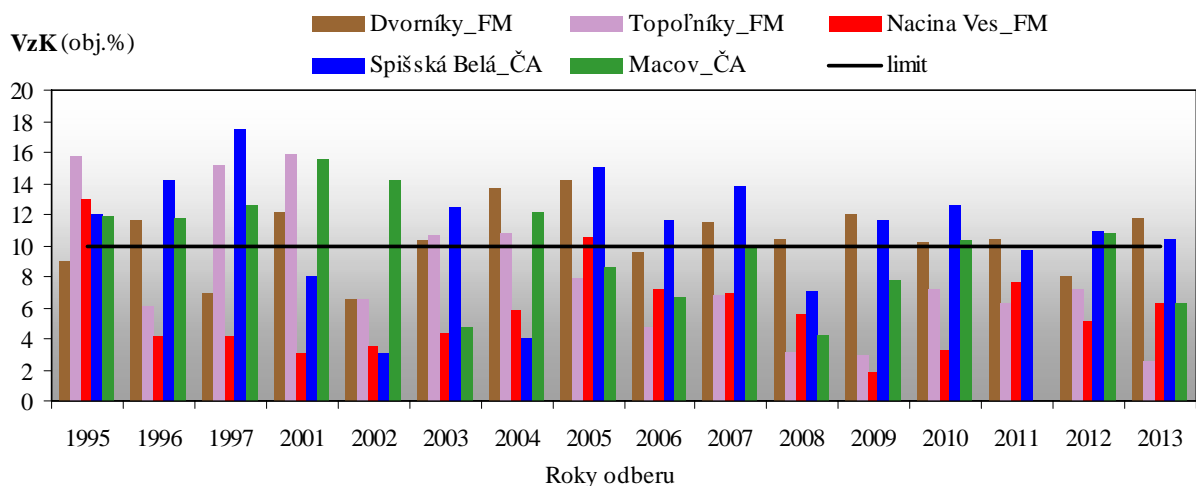
Obr. 7 Vzdušná kapacita (VzK) podornice vybraných půdních typů v rámci tzv. klíčových lokalít. Kambizeme, regozeme, černozeme, hnědozeme



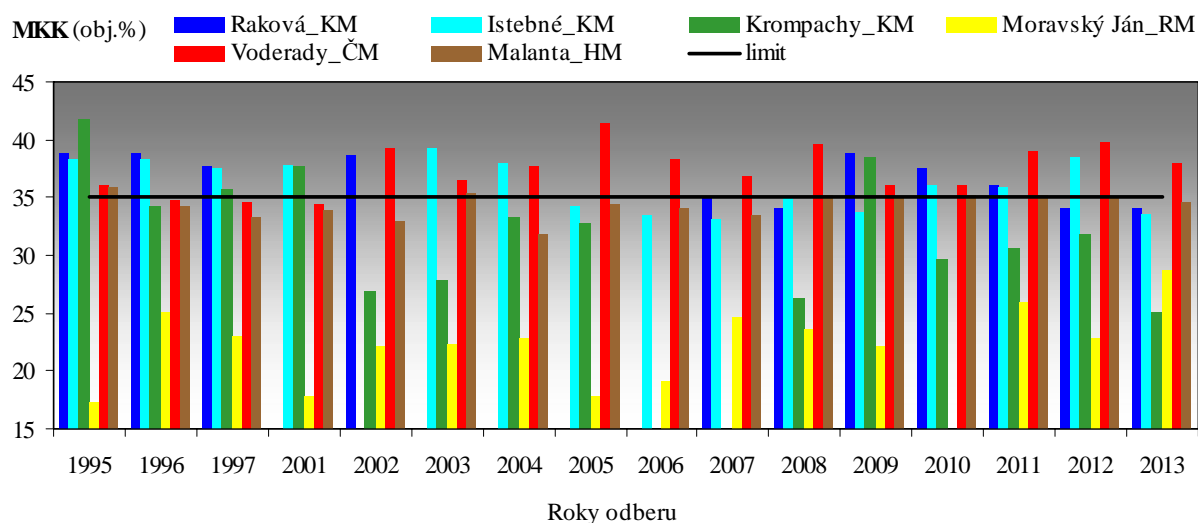
Obr. 8 Vzdušná kapacita (VzK) podornice vybraných půdních typů v rámci tzv. klíčových lokalít. Pseudogleje



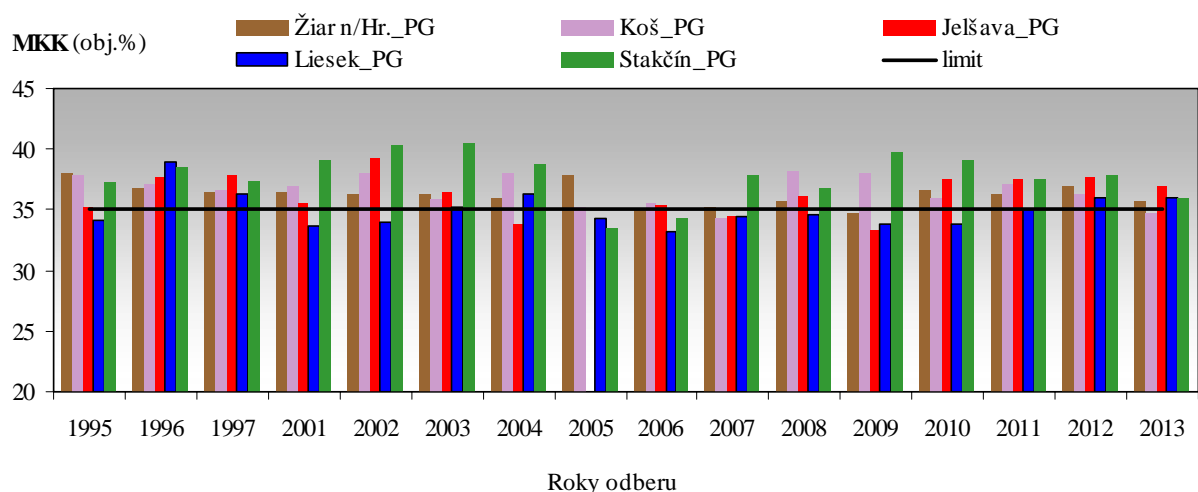
Obr. 9 Vzdušná kapacita (VzK) podornice vybraných půdních typů v rámci tzv. klíčových lokalít. Čiernice a fluvizeme



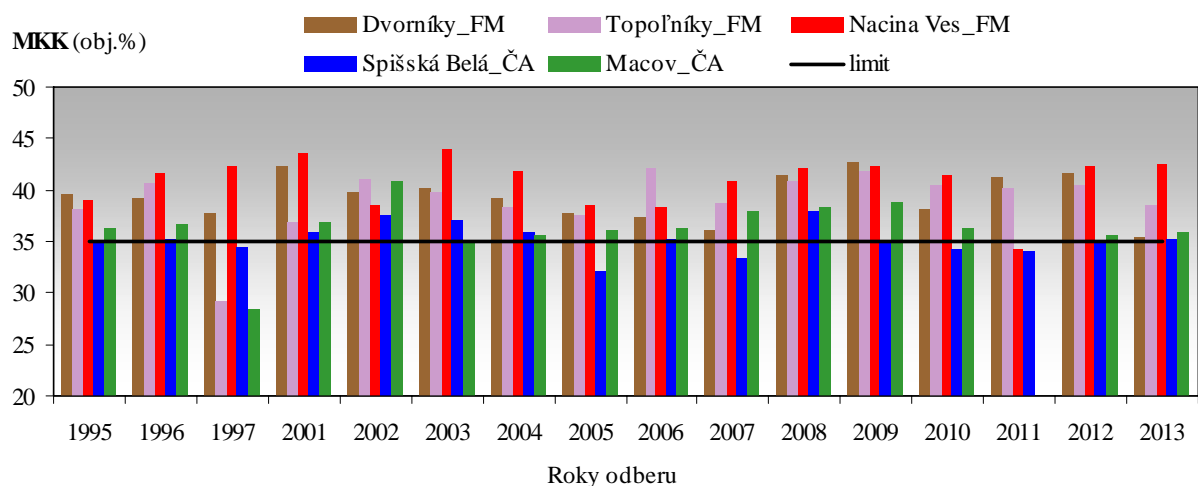
Obr. 10 Maximálna kapilárna kapacita (MKK) podornice vybraných pôdných typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Kambizeme, regozeme, černoze, hnedozeme



Obr. 11 Maximálna kapilárna kapacita (MKK) podornice vybraných pôdných typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Pseudogleje



Obr. 12 Maximálna kapilárna kapacita (MKK) podornice vybraných pôdných typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Čiernice a fluvizeme



Záver

Údaje z kľúčových lokalít nám poskytujú informácie aj o stave kompaktie mimo hlavných odberových cyklov, keďže zisťovanie fyzikálneho stavu pôdy v rámci Monitoringu pôd SR prebieha len každých 5 rokov. Výsledky možno zhrnúť v niekoľkých bodoch:

- Fyzikálny stav podorníc sledovaných pôd sa zhoršoval v smere od zrnitostne ľahších ku ťažším pôdam, čo potvrdzuje výsledky získané v rámci hlavných odberových cyklov. Priaznivý fyzikálny stav si zachovávajú pôdne druhy od piesčitých po piesčito-hlinité. Pri hlinitých pôdach je tento stav závislý od obsahu humusu, resp. karbonátov, čo súvisí s pôdnymi typmi, kým ťažšie pôdne druhy trpia primárnou kompaktiou.
- Z hľadiska pôdných typov v rámci hlinitých pôd sa ich stav zhoršoval v tomto poradí: ČM, ČA, FM^c (20-40 % prípadov nad limitom), nasledovali KM (50-81 %), PG (75-93 % prípadov) a najhoršie boli na tom HM reprezentované lokalitou Malanta (93 % prípadov)
- Čo sa týka vyhodnotenia trendov kompaktie v rámci jednotlivých lokalít nie sú jednoznačné. Hodnoty značne kolíšu okolo priemeru pravdepodobne v dôsledku vplyvu použitých pestovateľských technológií daných plodín, príp. premenlivosti počasia.

Komplexné výsledky o stave a vývoji kompaktie pôd na Slovensku po štvrtom odberovom cykle budú zhrnuté v rámci osobitnej publikácie.

Zoznam použitej literatúry

- 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.: Using Soil Physical and Chemical Properties to Estimate Bulk Density Data. Soil Sci. Soc. of America Journal 69, 2005, s. 51-56
- HLUŠIČKOVÁ, J., LHOTSKÝ, J.: Ochrana půdní struktury před technogenní degradací. Metodika ÚVTIZ, Praha, 1994, 40 s.
- HOUSKOVÁ, B.: Vývoj fyzikálních vlastností poľnohospodárskych pôd. In: *Kobza, J. a kol.: Monitoring pôd SR. Výsledky ČMS – pôda za obdobie 1997-2001 (2. cyklus)*, VÚPOP, Bratislava, 2002, s. 131-141
- KOBZA, J., BARANČÍKOVÁ, G., MAKOVNÍKOVÁ, J., STYK, J., ŠIRÁŇ, M., VOJTÁŠ, J.: Návrh regulačných pôdoochranných opatrení z výsledkov Monitoringu pôd SR, VÚPOP Bratislava, 2005, 24 s.
- LHOTSKÝ, J.: Zhutňování půd a opatření proti němu. In: *Rostlinná výroba*, č. 7/2000, ÚZPI Praha, 2000, 44 s.
- MAKOVNÍKOVÁ, J., PÁLKA, B., ŠIRÁŇ, M.: Modelovanie objemovej hmotnosti s využitím údajov z databáz KPP a ČMS-P, potenciálne zhutnenie a acidifikácia v záujmovom území. Štvrté pôdoznalecké dni v SR. Zborník referátov z vedeckej konferencie pôdoznalcov SR (CD ROM), Čingov, 14.-16.6.2005. VÚPOP – SPS, Bratislava, 2005a, s. 220-225
- MAKOVNÍKOVÁ, J., PÁLKA, B., ŠIRÁŇ, M.: Rezistencia vybraných pôdných typov na modelovom území Banská Bystrica. Zborník prednášok, Pedologická sekcia SSPLPVV SAV, 2005b, s. 70-72

- MAKOVNÍKOVÁ, J.- ŠIRÁŇ, M. - PÁLKA, B.: Statický model objemovej hmotnosti pôdy a jeho aplikácia v záujmovom území Banská Bystrica. In: Agrochémia, roč. 47, 2007, č. 2. s. 18-21
- MPSR.2013: Vyhláška č. 59/2013 Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky
- ŠIRÁŇ, M.: Zhutnenie pôdy a jeho vývoj. Zborník referátov, Tretie pôdoznalecké dni na Slovensku 22.-24. jún 2004, Mojmirovce, 2004, s. 317-322
- ŠIRÁŇ, M.: Spatial variability of some physical properties on arable soils of different texture with regard to soil compaction. In: Proceeding (Vedecké práce) no. 27, VÚPOP Bratislava, 2005, s.139-146
- ZRUBEC, F.: Metodika zúrodnenia zhutnených pôd. VUPOP Bratislava, 1998, 40 s.

6.6 Hodnotenie vývoja erózie pôd

Úvod

Erózia je proces pri ktorom dochádza k odnosu vrchných vrstiev zemskej kôry fyzikálnymi faktormi ako sú dážď, tečúca voda, vietor, ľad, gravitácia, ale aj inými prirodzenými alebo antropogénnymi činiteľmi, ktoré uvoľňujú, premiestňujú a akumulujú pôdny a geologický materiál (Eckelmann et al., 2006). Pri intenzívnych zrážkach, kedy voda nestíha vsakovať do pôdneho profilu, sa začína vytvárať tzv. povrchový odtok, ktorý spôsobuje uvoľnenie a následný transport pôdných častíc, na ktoré sú fixované živiny a organická hmota z erózných častí svahov do svahových depresií (vodná erózia). Výsledkom je znižovanie hĺbky pôdneho profilu (predovšetkým biologicky aktívnej humusovej vrstvy pôdy) a úbytku organickej hmoty a živín.

Monitoring intenzity erózie a jej vplyvu na kvantitatívne zmeny pôdných parametrov sa dlhodobo vykonáva na 20-tich záujmových lokalitách tzv. erózných transektoch v päťročných cykloch (každý rok na štyroch transektoch). Erózne transekty sú lokalizované na prevládajúcich pôdných typoch Slovenska a z pohľadu množstva a intenzity zrážok a morfológie reliéfu v erózne senzitívnych lokalitách. Sledovanie vodnej erózie má význam z pohľadu predikcie jej vplyvu do budúcnosti, ako aj pri výbere a realizácii účinných protieróznych postupov v konkrétnych pôdno-klimatických a geomorfologických podmienkach.

Ochrana poľnohospodárskej pôdy pred eróziou je dôležitou súčasťou zákona 220/2004 Z.z., nakoľko intenzifikáciou poľnohospodárskej výroby sa síce dosahujú vyššie hektárové výnosy, avšak zabezpečenie protieróznej ochrany pôdy je väčšinou v nedostatočnej miere. Dlhodobým alibistickým riešením problematiky erózie v erózne senzitívnej krajine dochádza k nezvratným negatívnym zmenám základných pôdných parametrov. Výsledkom je znižovanie produkčnej schopnosti poľnohospodárskej pôdy (pokles úrodnosti) a v konečnom dôsledku zhoršovanie celkového potenciálu územia a kvality života v ňom (zanášanie vodných zdrojov splaveninami, kontaminácia pôdy, eutrofizácia atď.).

Ciele riešenia pre rok 2013

- modelovanie vodnej erózie na poľnohospodárskych pôdach využitím predikčného erózneho modelu univerzálnej rovnice straty pôdy (USLE)
- stanovenie intenzity recentnej erózie na 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)

Materiál a metódy

V roku 2013 pokračujeme v treťom päťročnom cykle sledovania vodnej erózie v konkrétnych pôdno-klimatických a geomorfologických podmienkach záujmových lokalít pri Bartošovciach (okr. Bardejov), Uličí (okr. Snina), Kečove (okr. Rožňava) a Smolinskom (okr. Senica).

Všetky erózne transekt monitorované sa z pohľadu intenzity zrážok, erodovateľnosti pôdy, svahovitosti nachádzajú v erózne senzitivných lokalitách Slovenska na intenzívne obhospodarovateľných orných pôdach (okrem transektu pri Kečove, ktorý je na TTP, a transektu pri Bartošovciach, na ktorom sa nachádza dočasná trávna miešanka). Na každom záujmovom transekte sa nachádzajú tri pedologické sondy po spádnici svahu, teda v smere najväčšieho vplyvu povrchového odtoku vody 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 odobratých pôdnych vzorkách 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), zrnitosť 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 0-0,10, 0,25-0,30, 0,30-0,35, 0,35-0,40, 0,40-0,45 m.

Potenciálnu (nezohľadňuje vplyv rastlinného pokryvu a spôsobu obhospodarovania) a aktuálnu stratu pôdnej hmoty v rámci konkrétnych erózných transektov vyčíslujeme pomocou predikčného erózneho modelu, 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

Vypočítané hodnoty straty pôdnej hmoty porovnávame s limitnými hodnotami odnosu pôdy, ktoré sú uvedené vo vyhláske MPaRV SR č. 59/2013 Z.z., ktorou sa mení a dopĺňa vyhláska MP SR č. 508/2004 Z.z., ktorou sa vykonáva § 27 zákona č. 220/2004 Z.z. v znení neskorších predpisov (tab. 1).

Tab. 1 Limitné hodnoty odnosu pôdy pri vodnej erózii

Hĺbka pôdy	Strata pôdy (t/ha/rok)
Plytké pôdy (0,3 m)	5
Stredne hlboké pôdy (0,3-0,6 m)	10
Hlboké pôdy (0,6-0,9 m)	15
Veľmi hlboké pôdy (nad 0,9 m)	20

Eróziu, ktorá prebiehala na pôde v období intenzifikácie poľnohospodárskej výroby, teda za posledné dekády (recentná erózia) určujeme pomocou metódy, ktorá využíva rádioaktívny izotop ¹³⁷Cs 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 následnej akumulácii uvoľnených pôdnych 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.

Dosiahnuté výsledky

Transekt pri Bartošovciach

Záujmová lokalita pri Bartošovciach je súčasťou Ondavskej vrchoviny charakteristickej stredne členitým reliéfom. Nachádzajú sa tu stredne ťažké pôdy kambizemného typu, ktoré sa vyvinuli na zvetralinách flyšových hornín. Dĺžka erózneho transektu je 140 metrov a jeho svahovitosť sa pohybuje v rozmedzí od 8 do 12°. Priemerný ročný úhrn zrážok je v tejto lokalite 700 mm (Hrnčiarová a kol., 2002). Na celej ploche transektu sa nachádza kambizem pseudoglejová, kultizemná (Šály a kol., 2000).

Priebeh hĺbky humusového horizontu je nasledovný: plošina (referenčná časť) – Akp: 0,35 m, svah (erózna časť) – Akp: 0,30 m, akumulčná časť (báza) – Akp: 0,25 m; Ao: 0,45 m

Využitím erózneho modelu USLE sme numericky vyjadrili potenciálnu a aktuálnu stratu pôdy z plochy jedného hektára za obdobie jedného roka. V tomto roku sa vo vrcholovej časti transektu pestovala kukurica na zrno, ale na väčšej časti lokality sa už dlhšiu dobu nachádza trávna miešanka.

Potenciálna strata pôdy: 57,40 t/ha/rok

Aktuálna strata pôdy (trávna miešanka): 0,86 t/ha/rok

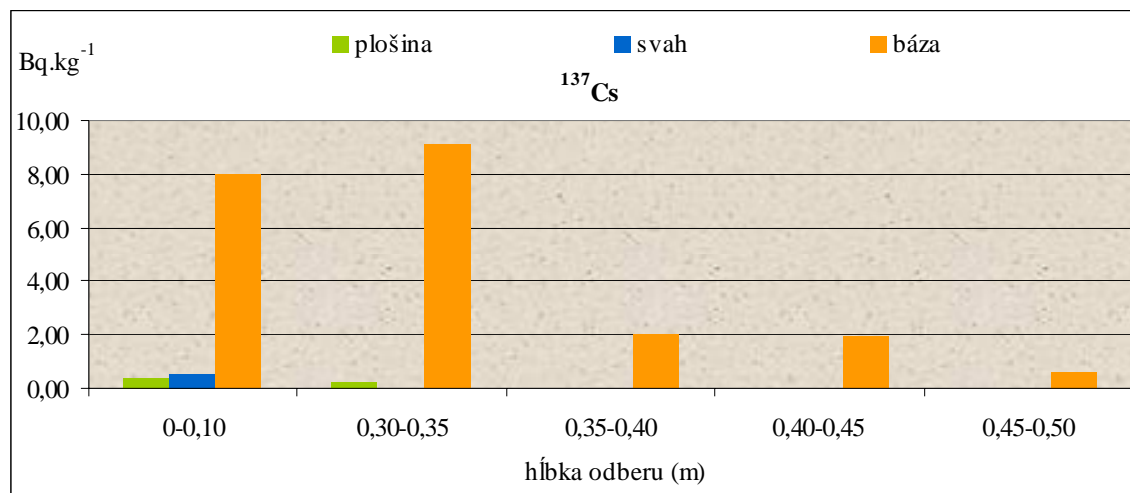
Vypočítaná hodnota potenciálnej straty pôdy prekračuje limit stanovený vyhláškou MPAVR SR č. 59/2013 Z.z. (hlboká pôda – 15 t/ha/rok). Pôdu na sledovanom transekte z pohľadu potenciálnej erózie zaraďujeme do kategórie erodovanosti: extrémna.

Pri zohľadnení aktuálneho rastlinného pokryvu (trávna miešanka) dochádza k výraznému poklesu aktuálnej erózie na hodnotu 0,86 t/ha/rok (kategória erodovanosti: žiadna, alebo nízka). Podlimitná hodnota aktuálnej erózie je výsledkom zatrávnenia transektu dočasnou trávnu miešankou, ktorá má vysokú protieróznú účinnosť.

Profilová aktivita rádioaktívneho izotopu cézia v rámci jednotlivých častí transektu nám potvrdzuje prítomnosť recentných eróžno-akumulačných procesov (akumulácia ^{137}Cs v báze svahu do hĺbky 0,45 m). Na plošine a v eróznej časti svahu sme zaznamenali klasickú schému distribúcie cézia kedy sa tento izotop nachádza iba v orbou premiešanom horizonte, pričom pod ním sú jeho hodnoty na prahu merateľnosti (obr. 1).

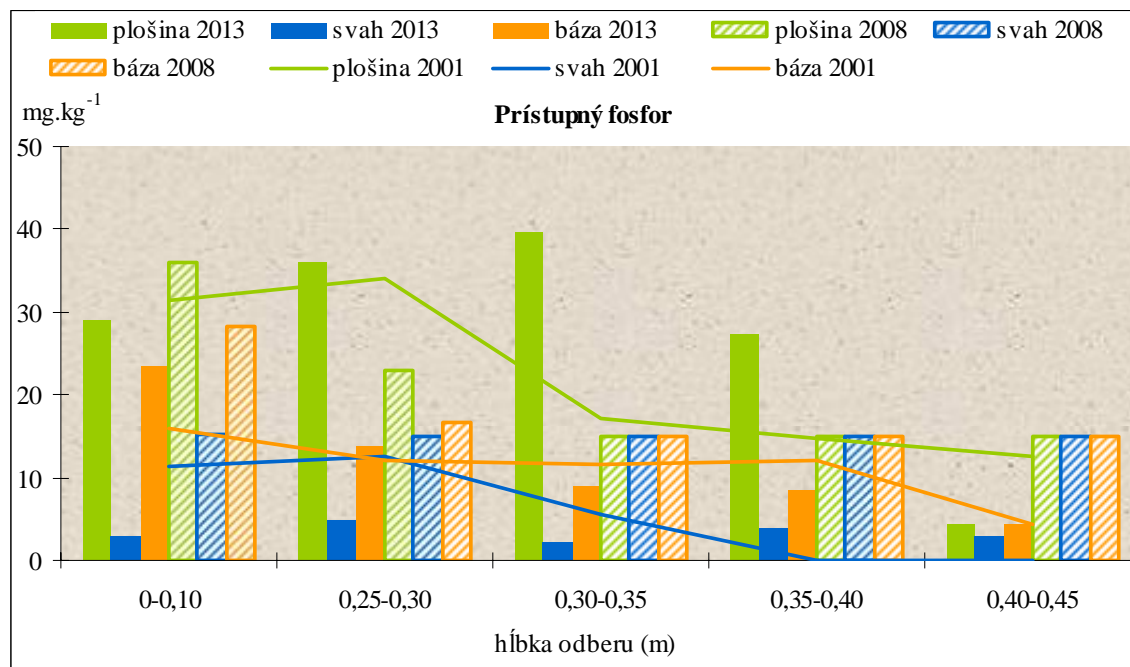
Metódou stanovenia aktivity cézia v pôdnom profile získame informáciu o priebehu erózie od roku 1963, kedy bola podľa Wallinga a Quina (1993) zaznamenaná najväčšia intenzita rádioaktívneho spádu. Priemerná strata (resp. akumulácia) pôdnej hmoty za uvedené obdobie (približne 50 rokov) je posudzovaná na základe rozdielu hĺbky jeho merateľnej koncentrácie v pôdnych profiloch sond akumulčnej (báza) a referenčnej (plošina) časti transektu. V tomto prípade sa jedná o vrstvu hrubú 150 mm (v priemere za rok 3,00 mm). Pri aktuálnej objemovej hmotnosti ornice v báze svahu ($1,67 \text{ g.cm}^{-3}$) to predstavuje priemernú ročnú akumuláciu pôdnej hmoty 50,10 t/ha v konkrétnych pôdno-klimatických a geomorfologických podmienkach záujmovej lokality.

Obr. 1 Distribúcia ^{137}Cs v pôdnych profiloch transektu pri Bartošovciach



Nízke hodnoty obsahu prístupného fosforu v pôde ju zaraďujú do kategórie s malou zásobou tohto prvku. Na základe klesajúcich obsahov fosforu v ornici v rámci rokov 2001 až 2013 môžeme konštatovať, že pôda na lokalite nebola dlhodobo prihnojovaná hnojivami obsahujúcimi tento makroprvok. Vplyv vodnej erózie na pôdu sa prejavuje okrem straty pôdnej hmoty aj kvantitatívnymi zmenami obsahu v jednotlivých častiach transektu, kedy aj pri týchto nízkych hodnotách je pozorovateľný výrazný trend znižovania obsahu fosforu na svahu a jeho nárast v báze erózneho transektu v porovnaní s referenčným profilom na plošine svahu (obr. 2).

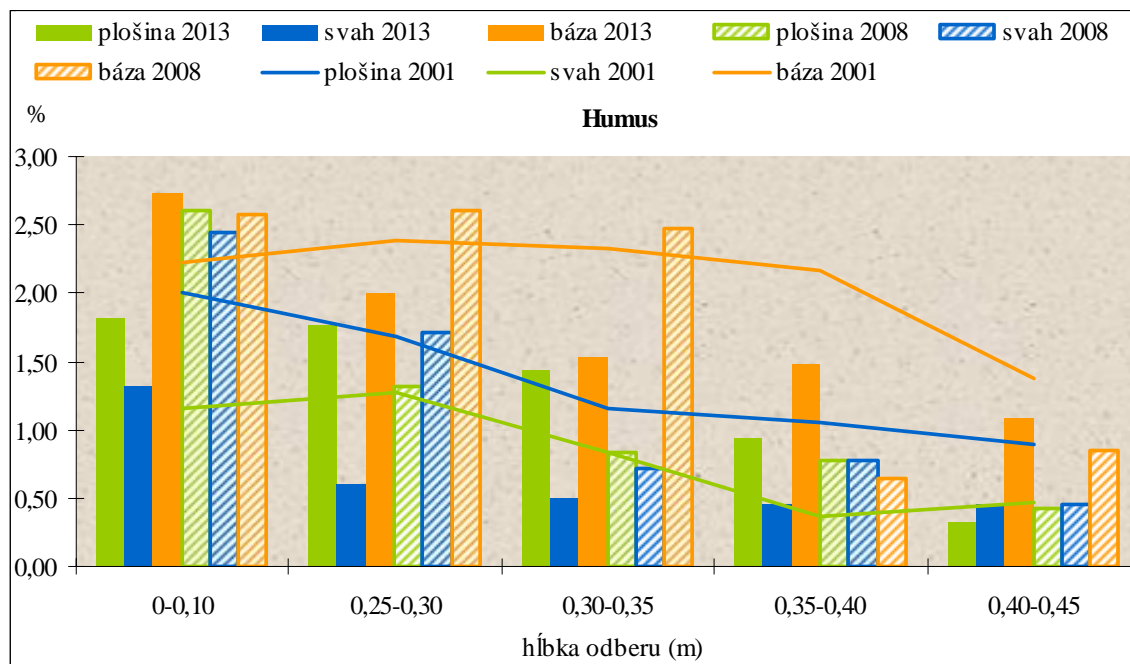
Obr. 2



Strata pôdnej hmoty z eróznej časti svahu a jej následná akumulácia v jeho báze sa prejavila priestorovou distribúciou humusu v pôde, kedy jeho relatívne vysoké obsahy boli namerané v báze svahu až do hĺbky 0,35 m, pričom v eróziou ovplyvnenej časti boli jeho obsahy podstatne nižšie (obr. 3). Tu sa na povrch dostáva na živiny a organickú hmotu chudobná podornica. Časová dynamika zmien sa prejavila poklesom obsahu humusu v ornici

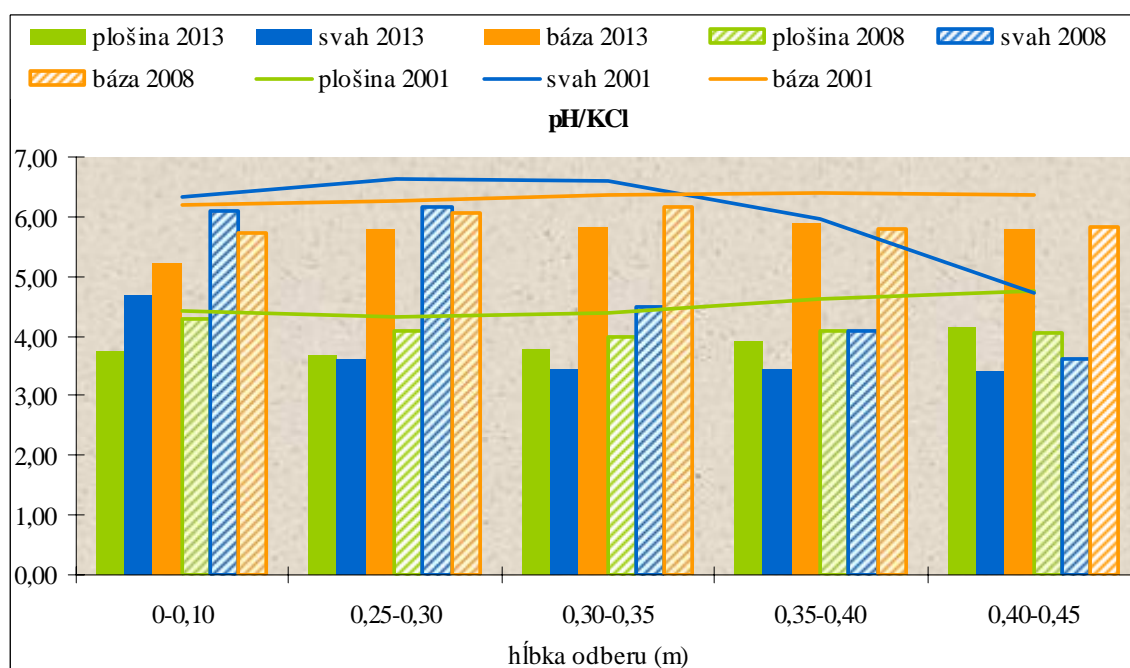
eróznej a referenčnej časti transektu, čo je výsledkom nedostatočného prísunu organickej hmoty do pôdy vo forme organických hnojív.

Obr. 3



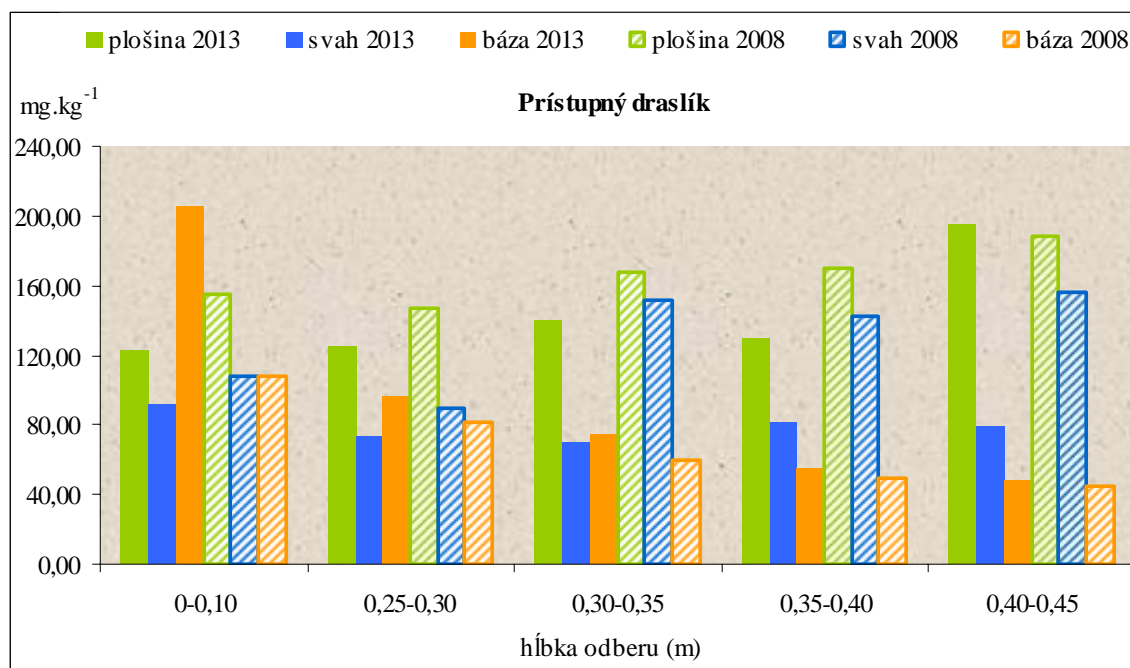
Zmeny pôdnej reakcie boli významné len v priestore (v rámci transektu), jej zmeny v čase, teda v rámci jednotlivých cyklov sledovania, boli nevýrazné. Nízke hodnoty pH sme namerali v podornici vrcholovej a eróznej časti transektu, čo je výsledkom vplyvu pôdotvorného substrátu, ktorý sa činnosťou vodnej erózie v rámci pôdneho profilu posúva smerom na povrch (obr. 4). Naopak v akumuláčnej časti kde dochádza k akumulovaniu pretransportovaných pôdnych častíc boli stanovené hodnoty pH v celom pôdnom profile vyššie.

Obr. 4



Priestorová distribúcia draslíka v jednotlivých častiach transektu neodráža vplyv vodnej erózie na jeho kvantitatívne zmeny tak významne ako pri iných hodnotených pôdnych parametroch. Vplyv vodnej erózie na jeho priestorovú bilanciu sa v tomto prípade hodnotí nie celkom jednoducho, nakoľko jeho hodnoty v podornici akumuláčnej časti svahu sú nižšie ako v zvyšných častiach lokality (obr. 5). Časová dynamika zmien tohto parametra vykazuje mierny pokles hodnôt v referenčnej a eróznej časti transektu, čo môže byť spôsobené nielen vplyvom vodnej erózie, ale aj odčerpávaním tohto makroprvku poľnohospodárskymi rastlinami.

Obr. 5



Priestorová distribúcia draslíka v jednotlivých častiach transektu neodráža vplyv vodnej erózie na jeho kvantitatívne zmeny tak významne ako pri iných hodnotených pôdnych parametroch. Vplyv vodnej erózie na jeho priestorovú bilanciu sa v tomto prípade hodnotí nie celkom jednoducho, nakoľko jeho hodnoty v podornici akumuláčnej časti svahu sú nižšie ako v zvyšných častiach lokality (obr. 5). Časová dynamika zmien tohto parametra vykazuje mierny pokles hodnôt v referenčnej a eróznej časti transektu, čo môže byť spôsobené nielen vplyvom vodnej erózie, ale aj odčerpávaním tohto makroprvku poľnohospodárskymi rastlinami.

Vplyv vodnej erózie sa prejavil v zastúpení jednotlivých zrnitostných kategórií v rámci pôdnych profilov častí erózneho transektu, kedy v referenčnej časti je ornica aj podornica prachovito-hlinitá (stredne ťažká). V eróziou ovplyvnenej časti svahu výrazne stúpol podiel ílu v podornici (prachovito-ílovitá) ako výsledok translokácie častíc jemného prachu a jemného piesku do akumuláčnej časti svahu. Na povrch sa tak dostáva zrnitostne ťažšie podložie (tab. 2).

Tab. 2 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Bartošovciach

Transekt Voderady	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)			
		< 0,002 mm íl	0,002-0,05 mm prach	0,05-2,0 mm jemný piesok	pôdny druh
plošina	0-0,10	14,45	57,64	27,91	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	14,40	53,87	31,73	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	13,28	56,87	29,85	prachovito-hlinitá
	0,35-0,40	14,52	52,68	32,80	prachovito-hlinitá
	0,40-0,45	16,47	50,52	32,98	prachovito-hlinitá
svah	0-0,10	24,96	44,20	30,85	hlinitá
	0,25-0,30	38,17	47,86	13,97	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	40,14	47,33	12,53	prachovito-ílovitá
	0,35-0,40	41,09	48,94	9,97	prachovito-ílovitá
	0,40-0,45	40,46	51,37	8,17	prachovito-ílovitá
báza	0-0,10	19,65	45,78	34,56	hlinitá
	0,25-0,30	18,79	44,67	36,53	hlinitá
	0,30-0,35	18,37	43,04	38,58	hlinitá
	0,35-0,40	43,01	19,14	37,85	ílovitá
	0,40-0,45	17,93	43,46	38,61	hlinitá

Časová dynamika zmien sledovaných fyzikálnych parametrov sa prejavila zvýšením objemovej hmotnosti a znížením celkovej pórovitosti v eróznej a akumuláčnej časti záujmovej lokality, kde dochádza k prekročeniu limitov zhutnenia pre hlinité pôdy (objemová hmotnosť $>1,45 \text{ g.cm}^{-3}$, pórovitosť $< 42\%$ pre piesčito-hlinité pôdy) (tab. 3). Jednou z príčin je strata prachových častíc a častíc jemného piesku, kedy sa zvyšuje podiel ílovej frakcie v eróznej časti svahu. Druhou z príčin môže byť skutočnosť, že tieto časti transektu sa dlhšiu dobu nepreorávajú, pretože sa na nich pestujú trávne miešanky.

Tab. 3 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Bartošovciach

Transekt Rišňovce	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť' (g.cm^{-3})			PO (obj. %)		
		2001	2008	2013	2001	2008	2013
plošina	0-0,10	1,42	1,37	1,48	45,90	47,41	47,64
	0,30-0,35	1,55	1,53	1,54	40,81	44,21	42,93
svah	0-0,10	1,54	1,53	1,60	43,05	43,10	40,30
	0,30-0,35	1,60	1,61	1,53	36,43	41,53	43,43
báza	0-0,10	1,43	1,50	1,67	45,15	43,29	37,38
	0,30-0,35	1,50	1,65	1,63	42,30	38,07	39,83

PO - celková pórovitosť

Transekt pri Uliči

Záujmová lokalita pri obci Ulič bola umiestnená v členitom reliéfe flyšovej pahorkatiny Bukovských vrchov na svahu, ktorý má dĺžku 160 m a sklon 10-12°. Nachádzajú sa tu väčšinou stredne ťažké (hlinité) pôdy, kambizemného a pseudoglejového typu. Vrcholová a akumulčná časť erózneho transektu je charakterizovaná pseudoglejom kultizemným, pričom na svahu sa nachádza kambizem pseudoglejová, kultizemná. Priemerný ročný úhrn zrážok je v tejto lokalite 850 mm (Hrnčiarová a kol., 2002).

V rámci jednotlivých častí erózneho transektu je priebeh hĺbky humusového horizontu nasledovný: plošina (referenčná časť) – Akp: 0,32 m, svah (erózna časť) - Akp 0,25, akumulčná časť (báza) – Akp: 0,42 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:

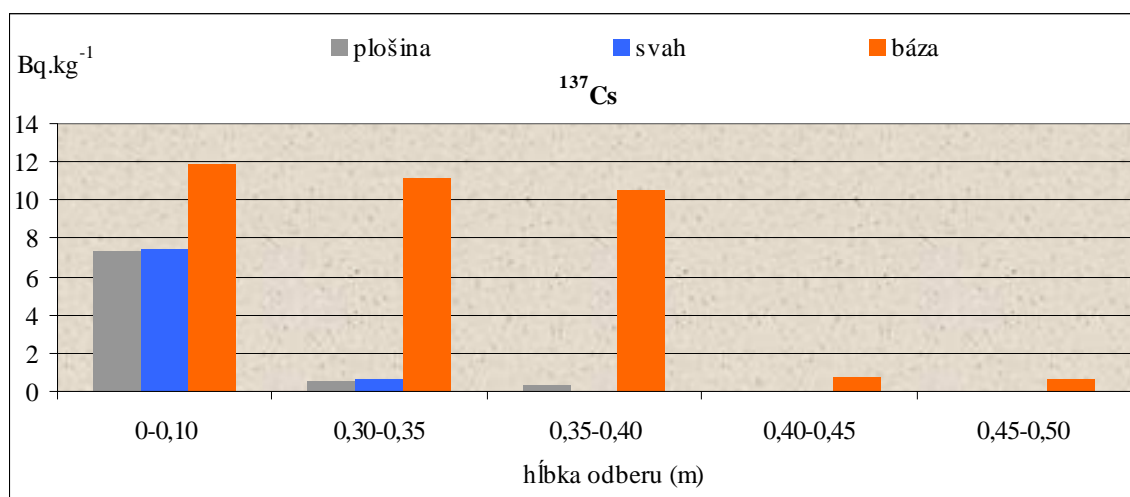
Potenciálna strata pôdy: 76,09 t/ha/rok

Aktuálna strata pôdy (kukurica na zrno): 46,41 t/ha/rok

V zhode s platnou vyhláškou MPA RV SR č. 59/2013 Z.z. je pre hlbokú pôdu stanovený limit straty pôdy 15 t/ha/rok. Vypočítané hodnoty potenciálnej a aktuálnej erózie v obidvoch prípadoch túto limitnú hodnotu výrazne prekračujú, čo pôdu na sledovanom eróznom transekte zaraďuje do kategórie erodovanosti: extrémna. Aj pri zohľadnení aktuálneho rastlinného pokryvu, ktorým je kukurica na zrno, hodnota straty pôdy neklesla pod povolený limit.

Na obr. 6 môžeme vidieť klasickú schému distribúcie rádioaktívneho izotopu cézia v pôdnych profiloch erózne senzitívnej krajiny, kedy sa tento prvok nachádza v najvyšších koncentráciách v orbou premiešanom ornícovom horizonte referenčnej a eróznej časti svahu, pričom v akumuláčnej časti sme jeho merateľné koncentrácie zaznamenali až do hĺbky 0,50 m. Je to výsledok prítomnosti recentnej vodnej erózie prebiehajúcej na záujmovej lokalite v posledných dekádach.

Obr. 6 Distribúcia ^{137}Cs v pôdnych profiloch transektu pri Uliči



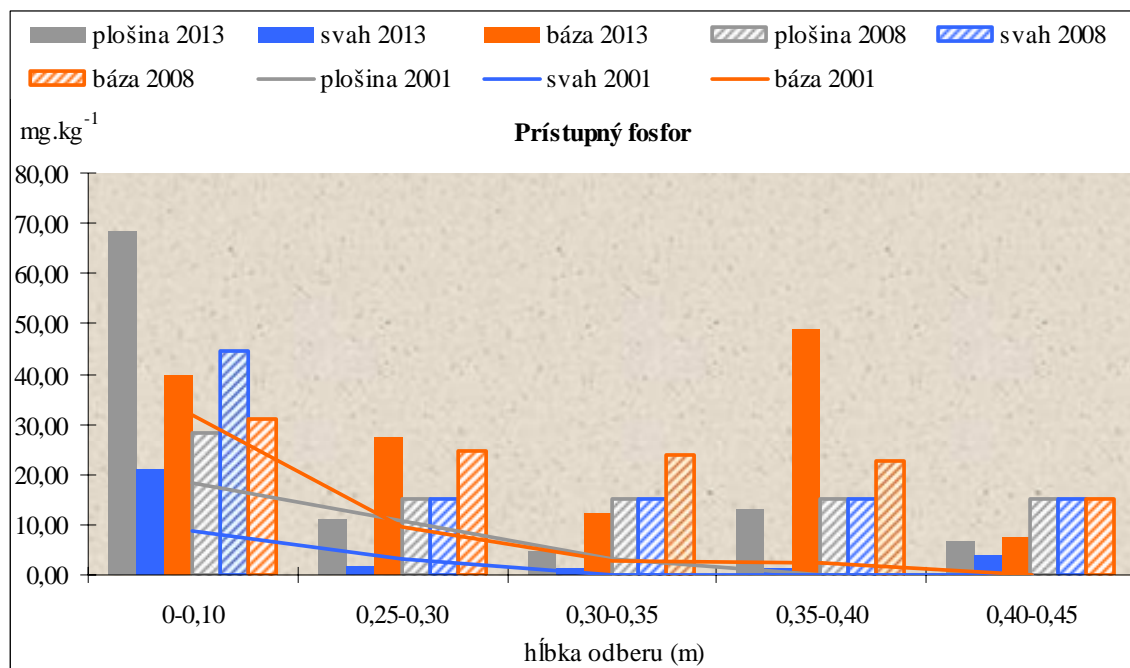
Na základe porovnania priestorovej aktivity ^{137}Cs v pôdnych profiloch referenčnej a akumuláčnej časti erózneho transektu sme zistili, že za obdobie približne 50 rokov pribudla v báze transektu vrstva pôdneho materiálu hrubá cca 150 mm, čo značí, že priemerná ročná akumulácia pôdnej hmoty v báze svahu za obdobie datované od najväčšieho spádu cézia je 3,00 mm. Pri zohľadnení aktuálnej objemovej hmotnosti ornice akumuláčnej časti transektu, ktorá je 1,24 g.cm⁻³) získame hodnotu priemernej ročnej akumulácie pôdy 37,20 ton z hektára plochy.

Schéma priestorovej distribúcie prístupného fosforu a humusu v rámci jednotlivých pôdnych profilov poukazuje na prítomnosť intenzívnej vodnej erózie dlhodobo prebiehajúcej na tejto záujmovej lokalite. V pôdnom profile akumuláčnej časti svahu, kde sa presúva pretransportovaná pôdna hmota, sme počas všetkých sledovaných rokov namerali výrazne vyššie obsahy týchto parametrov v porovnaní s profilom v eróziou ovplyvnenej časti transektu (obr. 7, 8).

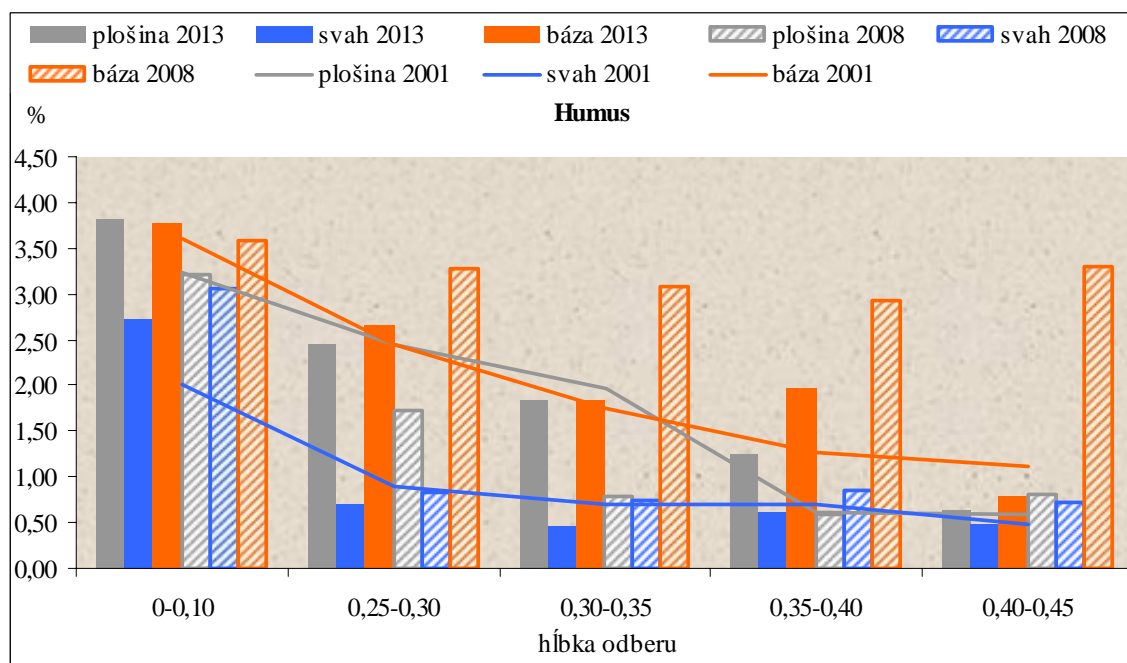
Časová dynamika zmien počas prvých troch cyklov sledovania bola významná len v prípade prístupného fosforu, keď v roku 2013 sme zaznamenali zvýšenie jeho obsahov na

celom sledovanom úseku v porovnaní s prvým cyklom sledovania erózie, čo je pravdepodobne výsledok prihnojovania priemyselnými hnojivami v poslednom období (obr. 7). Bilancia zmien obsahu humusu v čase nie je významná a v porovnaní s rokom 2001 nedošlo v ornici na celom transekte k výraznejším zmenám (obr. 8).

Obr. 7



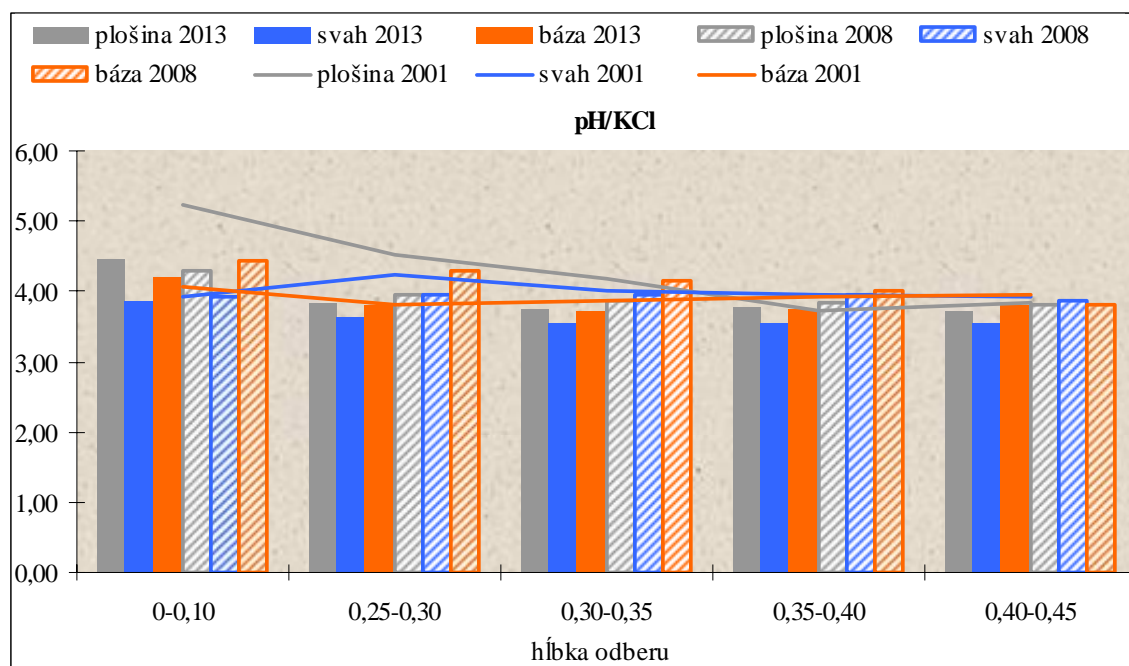
Obr. 8



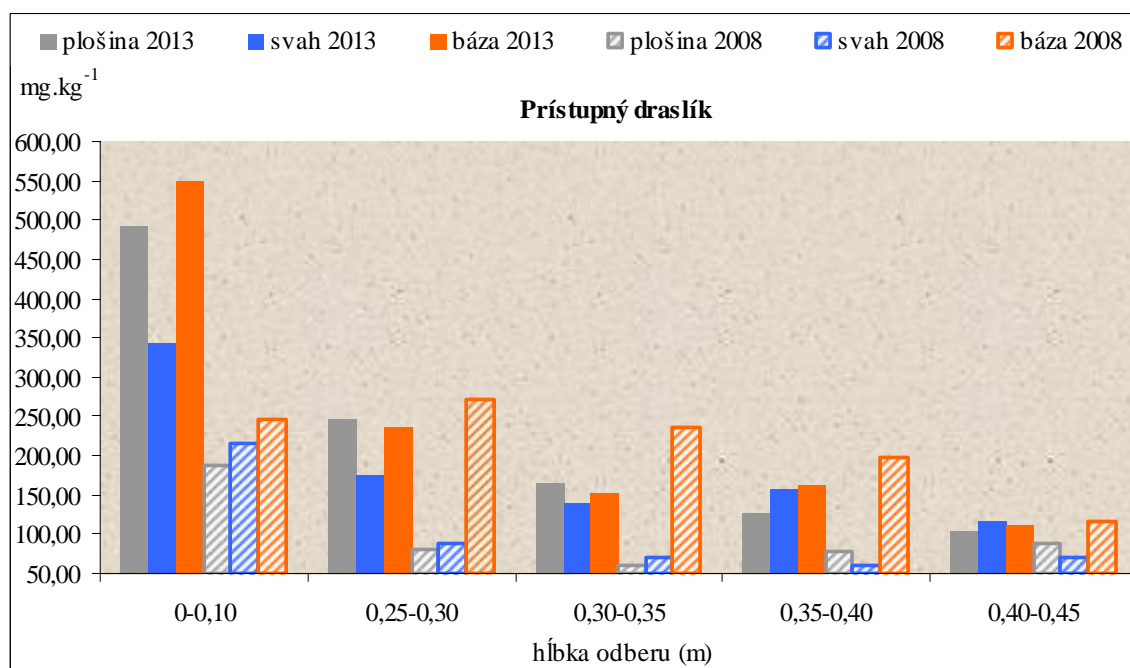
Hodnoty pôdnej reakcie na transekte sú veľmi nízke a pôda sa zaraďuje do kategórie silne kyslá. Acidita pôdy je primárne ovplyvnená jej genézou na kyslom pôdotvornom substráte, ktorým sú polygenetické hliny a zvetraliny flyšových hornín. Priebeh pôdnej reakcie je praktický rovnaký v rámci celého pôdneho profilu vo všetkých sledovaných častiach územia, pričom sa nemení ani časová dynamika zmien (obr. 9).

Priestorová distribúcia draslíka v pôdnych profiloch monitorovaných častí erózneho transektu je (podobne ako v prípade fosforu a humusu) významne ovplyvnená prítomnosťou dlhodobo prebiehajúcich eróžno-akumulačných procesov, kedy najvyššie obsahy sme zaznamenali v akumuláčnej časti svahu. Naopak v eróznej časti transektu sú hodnoty výrazne nižšie pričom s rastúcou hĺbkou pôdneho profilu klesajú. V roku 2013 (v porovnaní s rokom 2008) sme zaznamenali nárast obsahov prístupného draslíka v ornici na celom sledovanom úseku, čo je podobne ako v prípade fosforu, výsledkom prihnojovania priemyselnými hnojivami v poslednom období.

Obr. 9



Obr. 10



Na pôdotvorných substrátoch, ktorými sú polygenetické hliny a zvetraliny flyšových hornín, sa vyvinuli stredne ťažké, prachovito hlinité pôdy. V rámci jednotlivých pôdných profilov výrazne dominuje zastúpenie frakcie prachu (tab. 4). V eróznej časti transektu sa na povrch dostáva zrnitostne ťažšie podložie ako výsledok translokácie jemných častíc pôdnej hmoty do akumulácie časti svahu (tab. 4).

Tab. 4 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Uliči

Transekt Voderady	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)			
		< 0,002 mm íl	0,002-0,05 mm prach	0,05-2,0 mm jemný piesok	pôdny druh
plošina	0-0,10	22,85	61,11	16,04	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	24,81	64,83	10,36	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	22,98	70,70	6,32	prachovito-hlinitá
	0,35-0,40	23,85	62,46	13,69	prachovito-hlinitá
	0,40-0,45	25,18	61,26	13,56	prachovito-hlinitá
svah	0-0,10	19,24	57,77	22,99	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	25,89	53,34	20,77	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	25,60	34,63	39,76	hlinitá
	0,35-0,40	27,31	33,67	39,02	hlinitá
	0,40-0,45	26,16	42,39	31,45	hlinitá
báza	0-0,10	16,66	59,15	24,19	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	16,16	64,88	18,96	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	15,95	64,33	19,72	prachovito-hlinitá
	0,35-0,40	16,82	71,00	12,18	prachovito-hlinitá
	0,40-0,45	17,55	67,32	15,13	prachovito-hlinitá

Zmeny objemovej hmotnosti a pórovitosti ornice v rámci celého erózneho transektu nie sú významné, nakoľko je pôda na celom sledovanom úseku charakteristická relatívne vysokým zastúpením prachovej frakcie (tab. 5). Vyššie hodnoty objemovej hmotnosti a zároveň nižšie hodnoty pórovitosti sme zaznamenali len podornici, sú výsledkom nepreorávania tejto časti pôdneho profilu (prekročení limitných hodnoty objemovej hmotnosti a pórovitosti vzťahujúcej sa k zhutneniu pôdy pre pôdny druh hlinitá).

Tab. 5 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Uliči

Transekt Rišňovce	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť' (g.cm ⁻³)			PO (obj. %)		
		2001	2008	2013	2001	2008	2013
plošina	0-0,10	1,25	1,23	1,24	51,64	53,24	51,17
	0,30-0,35	1,38	1,58	1,48	48,42	40,28	44,56
svah	0-0,10	1,30	1,48	1,30	49,75	44,01	51,22
	0,30-0,35	1,43	1,47	1,60	45,45	44,97	39,80
báza	0-0,10	1,21	1,39	1,24	53,71	46,39	52,96
	0,30-0,35	1,38	1,41	1,52	47,28	45,67	42,72

PO - celková pórovitosť

Transekt pri Kečove

Erózný transekt sa nachádza pri obci Kečovo (v blízkosti jaskyne Domica) v Slovenskom krase, ktorý je charakteristický členitým reliéfom. Vo vrcholovej časti ležala tohto roku pôda úhorom, pričom v svahovej a akumulácii časti bol druh pozemku trvalý trávny porast. V minulosti sa celý pozemok intenzívne poľnohospodársky využíval. Záujmové územie má dĺžku 154 m, svahovitosť transektu sa pohybuje od 10 do 12°. Celá lokalita je

charakteristická stredne ťažkou kambizemou pseudoglejovou. Priemerný ročný úhrn zrážok je v tejto lokalite 700 mm (Hrnčiarová a kol., 2002).

Priebeh hĺbky humusového horizontu je nasledovný: plošina (referenčná časť) – Akp: 0,30 m, svah (erózna časť) – Ao: 0,30 m, akumulčná časť (báza) – Ao: 0,35 m.

Použitím empirického modelu USLE sme pre konkrétne podmienky záujmovej lokality vypočítali potenciálnu a aktuálnu priemernú ročnú stratu pôdnej hmoty:

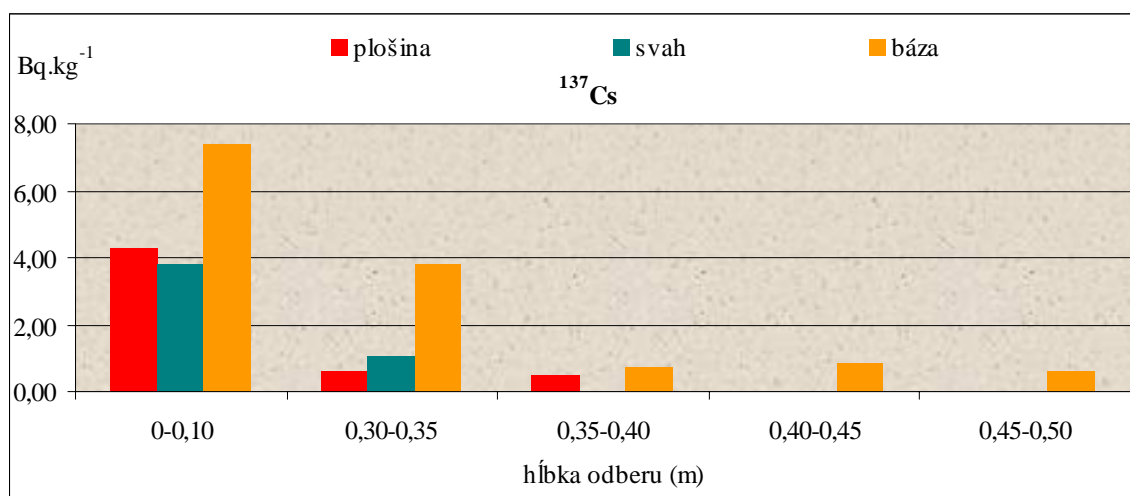
Potenciálna strata pôdy: 71,94 t/ha/rok

Aktuálna strata pôdy (TTP): 0,36 t/ha/rok

Vypočítané numerické hodnoty potenciálnej straty pôdnej hmoty zaraďujú pôdu na transekte do kategórie extrémnej erodovanosti (vysoko prekračujú limit upravený vyhláškou MPA RV SR č. 59/2013 Z.z.). Pri zohľadnení aktuálneho pôdneho pokryvu, ktorým sú trvalé trávne porasty, dochádza k významnému poklesu hodnoty aktuálnej erózie na 0,36 t/ha/rok, čo je v porovnaní s potenciálnou eróziou výrazne nižšia hodnota (vysoký protierózný účinok trávnych porastov).

Na základe priestorovej aktivity rádioaktívneho izotopu ^{137}Cs v pôdnych profiloch sond umiestnených na eróznom transekte môžeme potvrdiť intenzívny vplyv vodnej erózie na pôdu v období keď sa poľnohospodársky využívala. Výsledkom akumulácie pretransportovaných pôdnych častíc v báze svahu je merateľná koncentrácia cézia zaznamenaná až do hĺbky 0,50 m pôdneho profilu (obr. 11).

Obr. 11 Distribúcia ^{137}Cs v pôdnych profiloch transektu pri Kečove



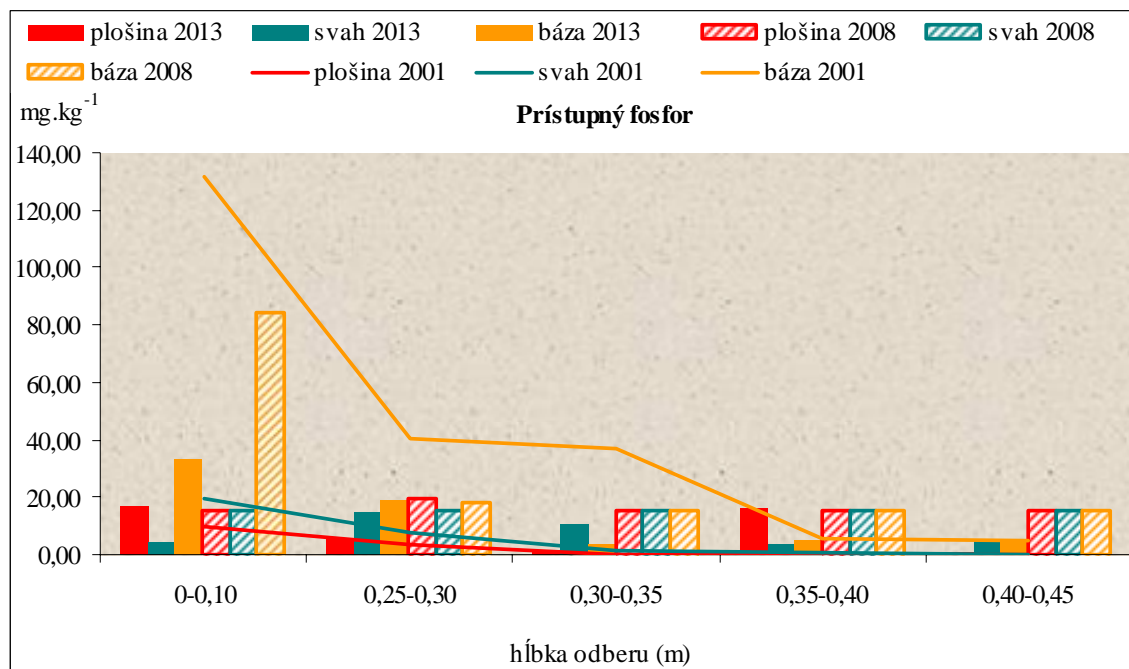
Recentnú eróziu, ktorá na lokalite prebiehala v posledných dekádach, vyjadrujeme rozdielom hĺbky merateľnej koncentrácie izotopu cézia v pôdnych profiloch sond akumuláčnej a referenčnej časti transektu. V tomto prípade to predstavuje vrstvu pôdy hrubú približne 150 mm, čo v prepočte za obdobie približne 50 rokov činí priemernú ročnú akumuláciu pôdy 3,00 mm. Pri aktuálnej objemovej hmotnosti ornice v báze svahu (1,39 g.cm⁻³) to predstavuje priemernú ročnú akumuláciu pôdnej hmoty 41,70 t/ha.

Podobne ako v prípade transektu pri Bartošovciach, boli aj tu v treťom odberovom cykle namerané extrémne nízke hodnoty prístupného fosforu v rámci celého sledovaného úseku (obr. 12). Nízke hodnoty sme zaznamenali aj v akumuláčnej časti svahu kde v predchádzajúcich cykloch boli obsahy fosforu vplyvom akumulácie pôdnej hmoty vyššie. Je tu pozorovaný trend výrazného znižovania obsahu tohto makroprvku pôde na celom eróznom transekte za obdobie rokov 2001 až 2013. Táto časová dynamika zmien fosforu je výsledkom

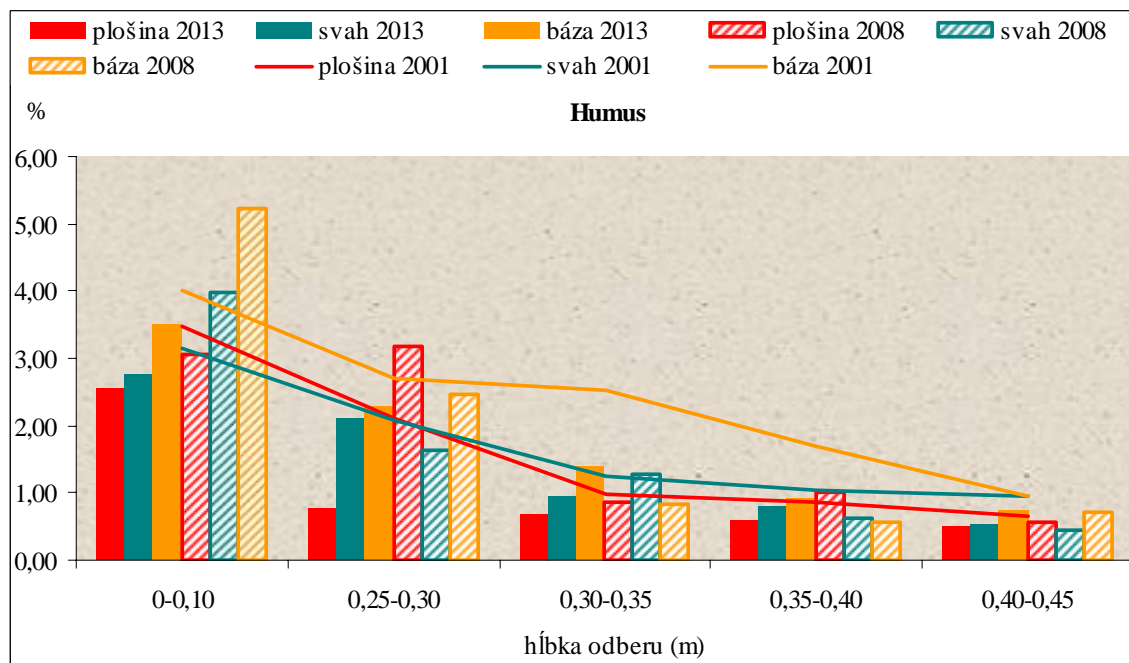
nevyužívania tohto pozemku od čias keď tu prebiehala intenzívna poľnohospodárska činnosť. Dlhodobou absenciou priemyselných a organických hnojív dochádza k spotrebe prístupného fosforu trávny porastom.

Priestorová diferenciácia humusu v jednotlivých častiach erózneho transektu potvrdzuje prítomnosť v minulosti intenzívne prebiehajúcich erózo-akumulačných procesov. Jeho najvyššie obsahy sme zaznamenali v akumuláčnej časti svahu (obr. 12). V rámci jednotlivých cyklov sledovania dochádza len k nepatrným zmenám v priestorovej distribúcii obsahu humusu. Nedochádza k jeho viditeľnému znižovaniu vplyvom mineralizácie nakoľko je tu zabezpečený prísunu odumretej organickej hmoty z tráv do pôdy.

Obr. 12



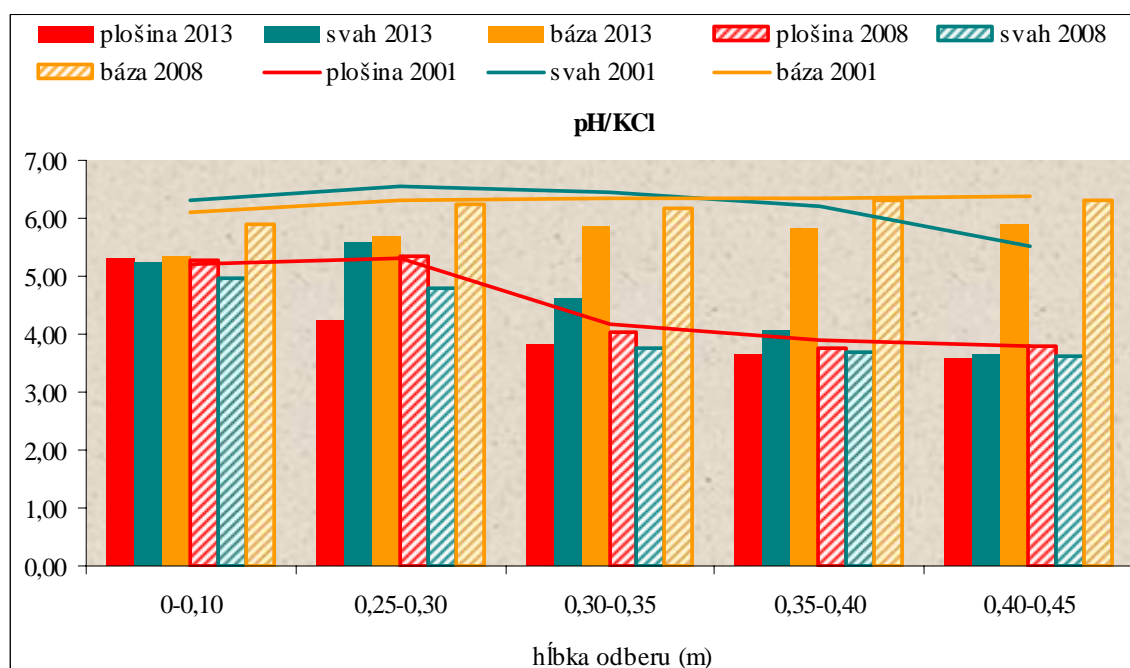
Obr. 13



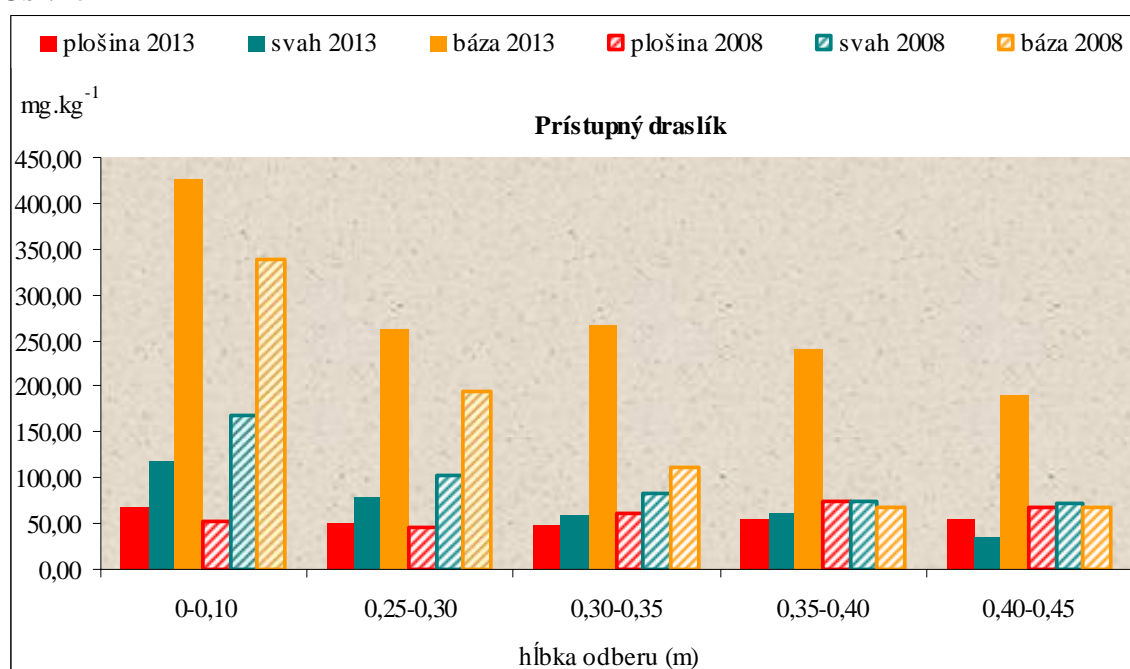
Genéza pôdy nachádzajúcej sa na monitorovanej lokalite prebehla na neogénnych sedimentoch. Vplyvom pôdotvorného substrátu je pôdna reakcia v referenčnej a eróznej časti transektu kyslá a zvyšujúcou sa hĺbkou pôdneho profilu ešte viac klesá. V akumuláčnej časti svahu, kde dochádzalo k sedimentovaniu pretransportovaných častíc, sa pH prakticky nemení v celom vzorkovanom profile (obr. 14).

Eróznno-akumulačné procesy, ktoré na tejto lokalite intenzívnejšie prebiehali v minulosti sa prejavili aj na priestorovom rozšírení draslíka v pôdnych profiloch. Výsledkom sú výrazne vyššie hodnoty tohto makroprvku v pôdnom profile akumuláčnej časti svahu v porovnaní s ostatnými časťami. Transportom pôdnej hmoty dochádzalo aj k transportu draslíka a jeho následnej kumulácii v báze monitorovanej lokality (obr. 15).

Obr. 14



Obr. 15



Ornica všetkých sledovaných častí erózneho transektu je stredne ťažká (hlinitá, prachovito-hlinitá). Zmeny v zastúpení jednotlivých frakcií, predovšetkým zvýšenie podielu ílovej frakcie v pôdnom profile eróznej časti svahu, sú výsledkom v minulosti prebiehajúcich erózných procesov, kedy stratou vrchných vrstiev pôdneho profilu vystúpila na povrch zrnitostne ťažšia podornica. Pretransportovaná pôdna hmota (predovšetkým frakcia prachu a jemného piesku) sa akumulovala v báze transektu (tab. 6).

Tab. 6 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Kečove

Transekt Voderady	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)			
		< 0,002 mm íl	0,002-0,05 mm prach	0,05-2,0 mm jemný piesok	pôdny druh
plošina	0-0,10	22,36	55,21	22,42	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	31,79	48,11	20,11	ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	39,35	42,76	17,89	ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	45,71	38,97	15,33	ílovitá
	0,40-0,45	45,76	42,24	12,00	ílovitá
svah	0-0,10	26,01	48,80	25,19	hlinitá
	0,25-0,30	26,89	50,06	23,05	hlinitá
	0,30-0,35	45,55	39,15	15,30	ílovitá
	0,35-0,40	49,94	39,31	10,75	ílovitá
	0,40-0,45	47,65	38,71	13,64	ílovitá
báza	0-0,10	17,28	54,11	28,61	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	19,00	50,69	30,30	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	16,19	47,79	36,02	hlinitá
	0,35-0,40	16,54	47,41	36,05	hlinitá
	0,40-0,45	17,45	45,28	37,27	hlinitá

Vplyv erózo-akumulačných procesov na zmeny základných fyzikálnych vlastností ornice v priestore a čase je nevýrazný. Ornicová vrstva má podobnú objemovú hmotnosť aj celkovú pórovitosť vo všetkých častiach monitorovaného územia (tab. 7) (len mierne prekročenie limitu zhutnenia pre objemovú hmotnosť a pórovitosť) v poslednom cykle sledovania. Časová dynamika zmien základných fyzikálnych vlastností za sledované obdobie je nevýznamná.

Tab. 7 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Kečove

Transekt Rišňovce	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť (g.cm ⁻³)			PO (obj. %)		
		2001	2008	2013	2001	2008	2013
plošina	0-0,10	1,35	1,30	1,47	49,40	51,47	44,36
	0,30-0,35	1,48	1,51	1,47	44,95	44,80	46,23
svah	0-0,10	1,42	1,33	1,46	46,12	49,81	44,99
	0,30-0,35	1,45	1,43	1,42	47,34	48,89	48,87
báza	0-0,10	1,14	1,23	1,39	54,30	52,67	46,68
	0,30-0,35	1,34	1,52	1,57	51,20	43,51	41,53

PO - celková pórovitosť

Transekt pri Smolinskom

Proluviálno-eolická nížinná Chvojnická pahorkatina, kde bol umiestnený erózný transekt, je charakteristická výskytom typických viatych pieskov a sprašoidných sedimentov. Na spomínaných substrátoch vznikali stredne ťažké pôdy hnedozemného, regozemného

a černoziemného typu. Pôda (hnedozem kultizemná) na monitorovanom eróznom transekte sa vyvinula na sprašových hlinách. Hodnota priemerného ročného úhrnu zrážok je v tejto lokalite 550 mm. Dĺžka transektu je 197 metrov a jeho svahovitosť sa pohybuje v rozmedzí od 8 do 12°.

Mocnosť orbou premiešaného orniceového humusového horizontu v rámci eróznej katény je variabilná (referenčný profil – Akp: 0,28 m, erózný profil – Akp: 0,23 m, akumulčný profil – Akp: 0,30 m; Ao: 0,40 m).

Využitím erózneho modelu USLE sme vypočítali potenciálnu a aktuálnu stratu pôdnej hmoty:

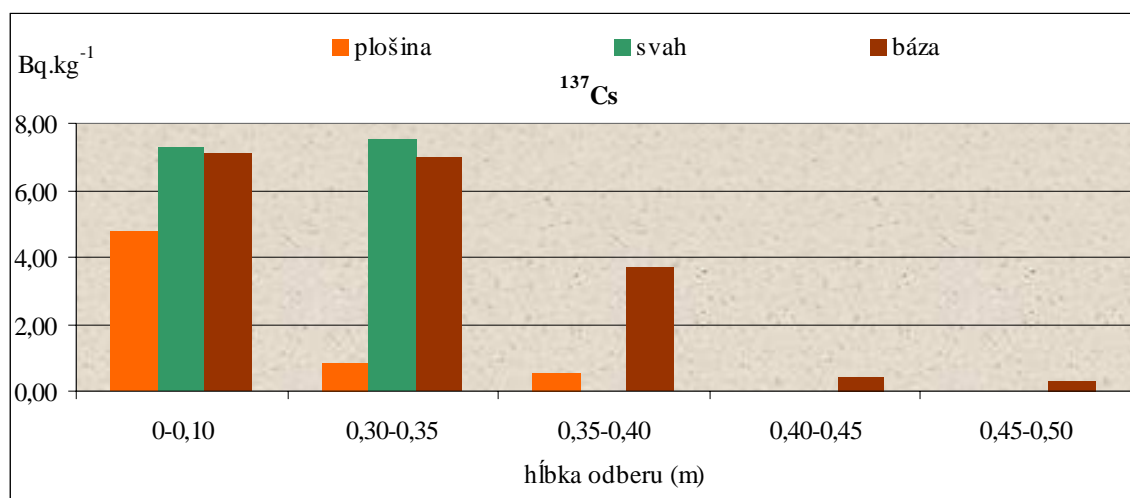
Potenciálna strata pôdy: 29,02 t/ha/rok

Aktuálna strata pôdy (kapusta repková pravá): 6,38 t/ha/rok

Vypočítaná hodnota potenciálnej straty pôdnej hmoty prekračuje limit (15 t/ha/rok), ktorý bol v roku 2013 upravený vyhláškou MPaRV SR č. 59/2013 Z.z. a zaraďuje túto pôdu do kategórie erodovanosti vysoká. Zohľadnením aktuálneho pôdneho pokryvu, ktorým bola ozimná repka (kapusta repková pravá), dochádza k významnému poklesu hodnoty aktuálnej erózie na 6,36 t/ha/rok, čo je v porovnaní s potenciálnou eróziou výrazne nižšia hodnota (relatívne dobrá protierózna účinnosť ozimnej repky).

Výsledkom akumulácie eróziou pretransportovanej pôdnej hmoty do bázy svahu je merateľná aktivita rádioaktívneho izotopu cézia v pôdnom profile až do hĺbky 0,45 m. V referenčnej a eróznej časti transektu sú jeho koncentrácie na rozhraní ornice a podornice prakticky na hranici merateľnosti.

Obr. 16 Distribúcia ^{137}Cs v pôdných profiloch transektu pri Smolinskom



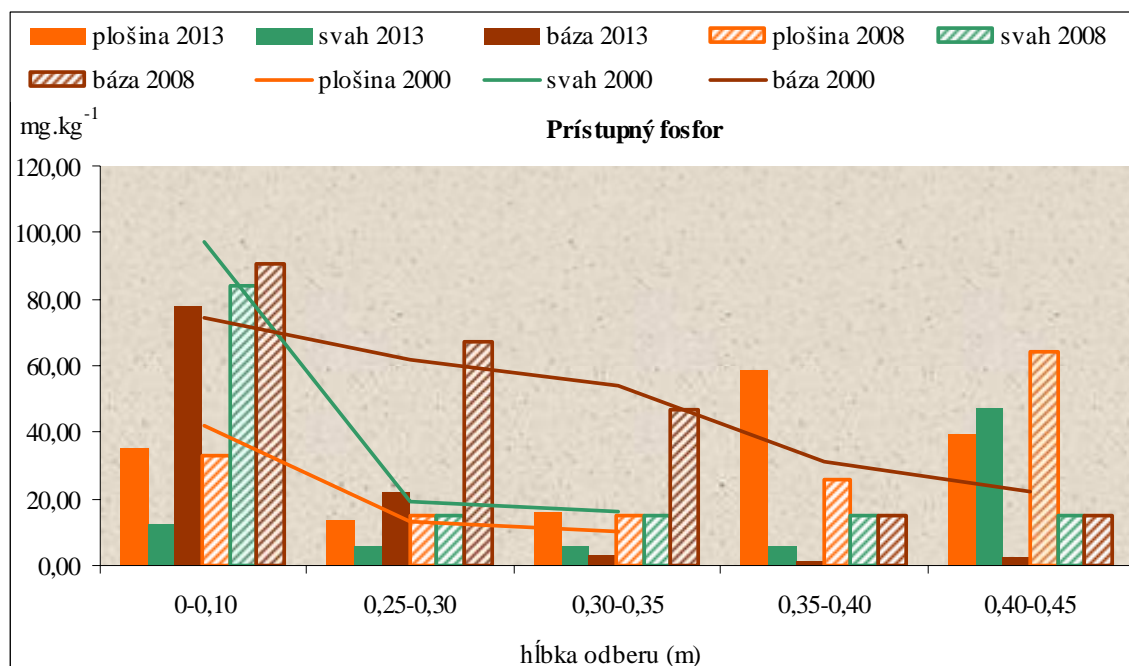
Podľa distribúcie cézia v pôdných profiloch za obdobie cca 50 rokov vidíme že bola pretransportovaná vrstva pôdy len v hrúbke 100 mm (priemerná ročná akumulácia pôdnej hmoty je vo výške vrstvy 2,00 mm) hoci sme očakávali väčšiu akumuláciu. Pri zohľadnení aktuálnej objemovej hmotnosti ornice v báze svahu (1,35 g.cm⁻³) to predstavuje priemernú každoročnú akumuláciu pôdy 27,00 t/ha.

Zhodnotením výsledkov analýz obsahu prístupného fosforu a humusu môžeme konštatovať, že eróziou (orbovou) bola v minulosti ovplyvnená už aj vrcholová časť transektu, kde obsah týchto parametrov bol v tomto bode sledovaného úseku najnižší (obr. 17). Erózia z orania (nižšie obsahy humusu a fosforu na vrchole svahu) vzniká pri nesprávnom smere orby od vrchola smerom k báze svahu. Mechanickou silou pluhy dochádza

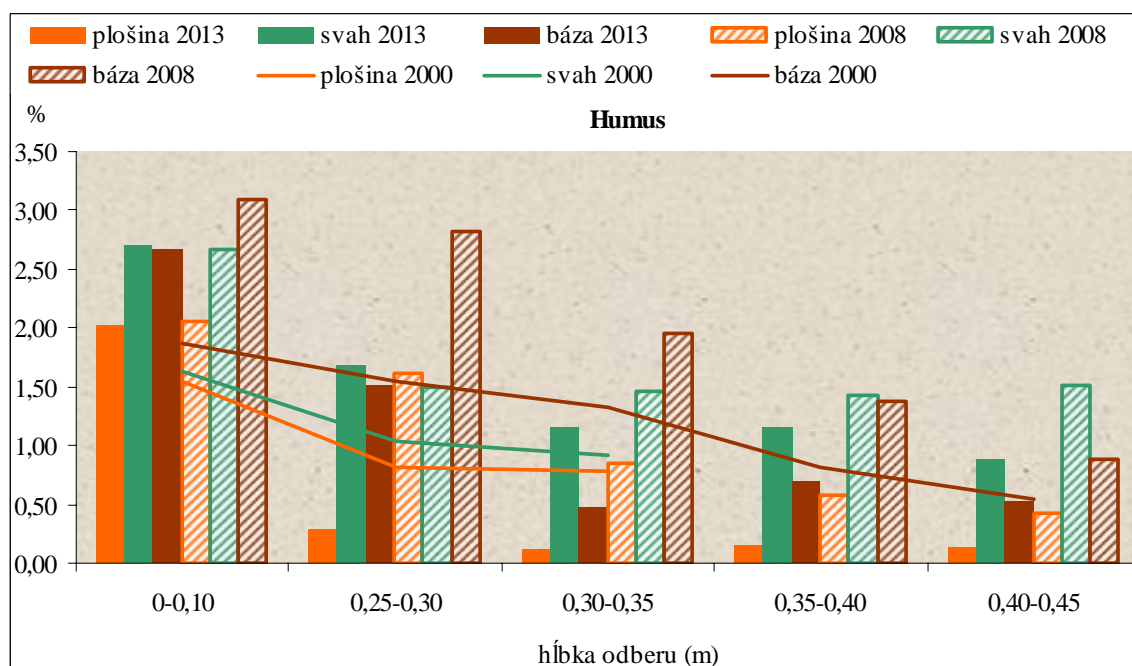
k presúvaniu pôdnej hmoty do nižších častí svahu. V akumulačnej časti záujmovej lokality sa prejavujú procesy akumulácie pôdnej hmoty a spolu s ňou prebiehala aj akumulácia pretransportovaného fosforu a humusu (čo potvrdzuje najvyšší obsah humusu a pomerne vysoký obsah fosforu aj vo väčších hĺbkach pôdneho profilu).

Časová dynamika zmien sa prejavila len v prípade humusu, kedy sme zaznamenali jeho nárast vo všetkých častiach erózneho transektu v porovnaní s rokom 2000. Je to spôsobené buď používaním organických hnojív, alebo zaorávaním pozberových zvyškov do pôdy v minulosti. Podobne ako v prípade prístupného fosforu aj priestorová distribúcia humusu je ovplyvnená nesprávnou agrotechnikou (orba po spádnicí svahu) čo umocňuje negatívny vplyv orbovej erózie na pôdu.

Obr. 17



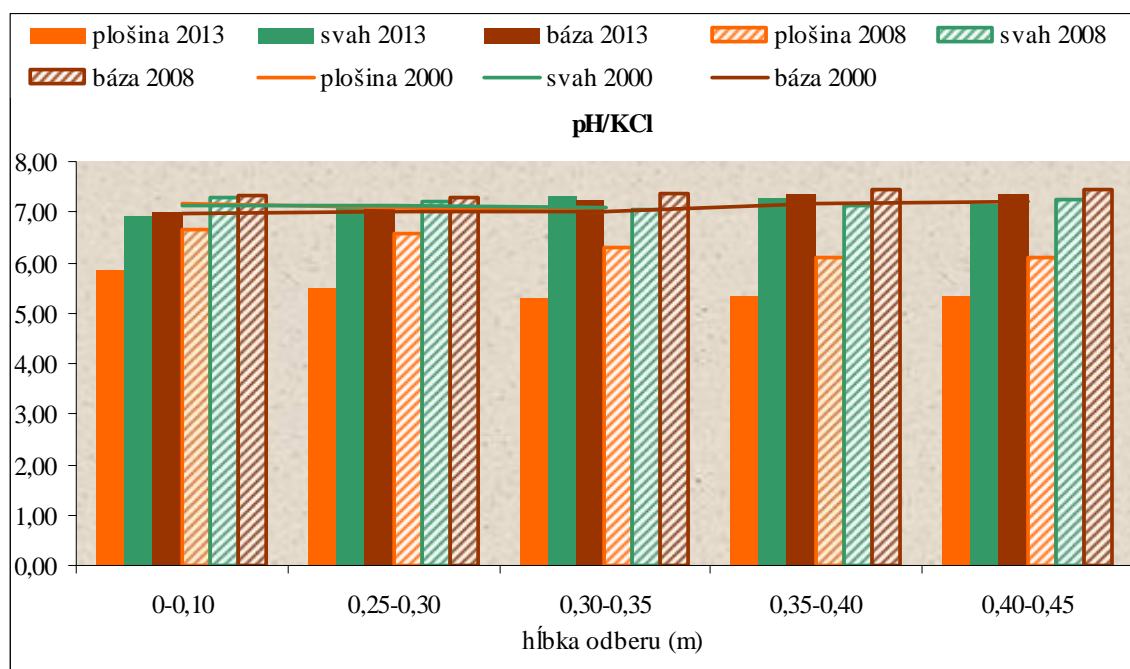
Obr. 18



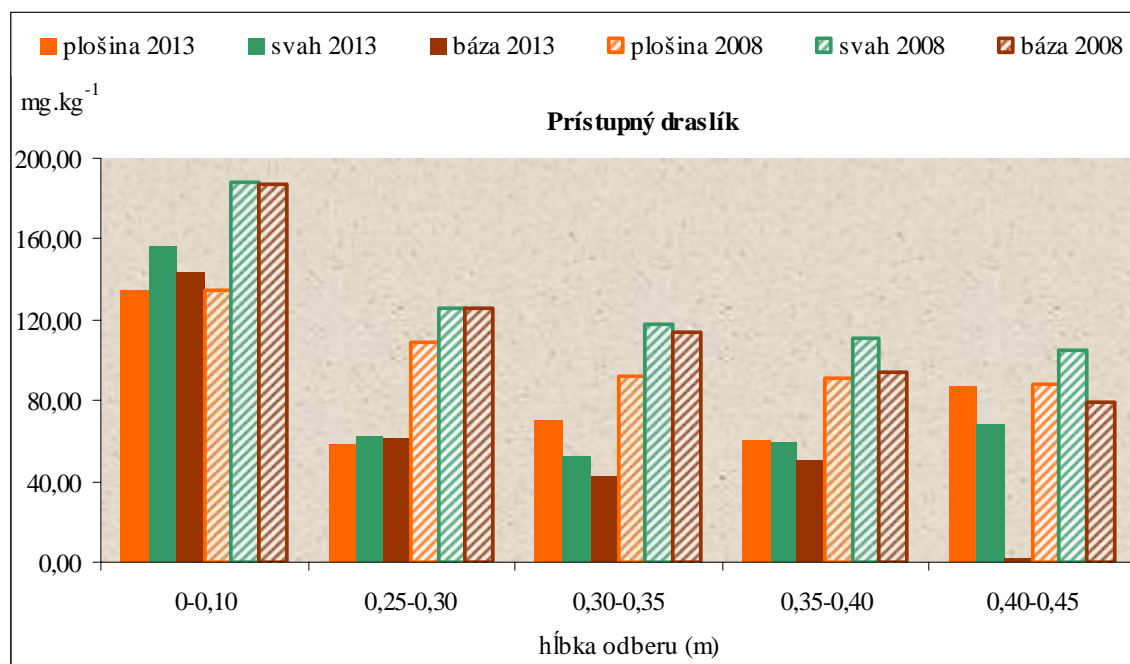
V rámci erózneho transektu sa pH pôdy mení len nevýrazne a väčšinou sa pohybuje okolo hodnoty 7, nakoľko pôda vznikla na karbonátovom substráte, ktorým sú sprašové hliny (obr. 19). Časová dynamika zmien pôdnej reakcie nebola na tejto lokalite významná. Vplyv vodnej erózie na zmeny pôdnej reakcie sme na transekte nezaznamenali.

Priebeh grafu profilovej distribúcie prístupného draslíka na eróznom transekte pri Smolinskom, podobne ako v prípade ostatných sledovaných parametrov, dokumentuje okrem prítomnosti vodnej erózie aj relatívne intenzívny vplyv orbovej erózie, ktorou je ovplyvnená už aj vrcholová časť transektu (obr. 20). V porovnaní s rokom 2008 došlo k zníženiu zásob prístupného draslíka vo všetkých častiach sledovaného územia, čo môže byť výsledok nerovnovážnej bilancie medzi prísunom tohto makroprvku do pôdy a jeho spotrebou rastlinami.

Obr. 19



Obr. 20



Na celom eróznom transekte sa nachádza stredne ťažká pôda (hlinitá, prachovito-hlinitá) (tab. 8). Zastúpenie jednotlivých frakcií pôdnej hmoty sa v rámci záujmového územia významne nemení, a teda vplyv erózie nie je až taký výrazný ako v prípade predchádzajúcich transektov

Tab. 8 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Smolinskom

Transekt Voderady	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)			
		< 0,002 mm íl	0,002-0,05 mm prach	0,05-2,0 mm jemný piesok	pôdny druh
plošina	0-0,10	21,47	39,58	38,95	hlinitá
	0,25-0,30	22,19	35,32	42,49	hlinitá
	0,30-0,35	21,31	50,62	28,07	prachovito-hlinitá
	0,35-0,40	21,44	57,85	20,71	prachovito-hlinitá
	0,40-0,45	20,20	42,59	37,21	hlinitá
svah	0-0,10	27,02	40,32	32,66	ílovito-hlinitá
	0,25-0,30	24,63	40,33	35,04	hlinitá
	0,30-0,35	20,06	44,74	35,19	hlinitá
	0,35-0,40	20,38	42,32	37,30	hlinitá
	0,40-0,45	20,46	41,65	37,90	hlinitá
báza	0-0,10	23,96	38,64	37,40	hlinitá
	0,25-0,30	22,17	37,74	40,08	hlinitá
	0,30-0,35	19,85	39,12	41,04	hlinitá
	0,35-0,40	20,92	38,62	40,46	hlinitá
	0,40-0,45	23,84	39,62	36,55	hlinitá

Na celom eróznom transekte vytvára ornica (nie sú prekročené limity zhutnenia pôdy) svojimi základnými fyzikálnymi vlastnosťami (objemová hmotnosť, pórovitosť) pre väčšinu poľnohospodárskych plodín optimálne podmienky vodného, vzdušného a teplotného režimu (Hanes a kol., 1996). V podornici všetkých častí záujmového územia sú limity pre zhutnenie pôdy v prípade objemovej hmotnosti a pórovitosti prekročené (zákon 220/2004 Z.z.). Je to výsledok nepreorávania tejto časti pôdneho profilu.

Tab. 9 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Smolinskom

Transekt Rišňovce	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť (g.cm ⁻³)			PO (obj. %)		
		2000	2008	2013	2000	2008	2013
plošina	0-0,10	1,27	1,30	1,41	52,72	50,84	46,23
	0,30-0,35	1,48	1,58	1,67	45,13	40,43	37,89
svah	0-0,10	1,26	1,26	1,34	53,83	53,02	49,40
	0,30-0,35	1,55	1,63	1,49	42,93	39,93	44,55
báza	0-0,10	1,30	1,36	1,35	51,55	49,35	49,00
	0,30-0,35	1,61	1,56	1,48	40,30	42,21	42,13

PO - celková pórovitosť

Záver

Negatívny vplyv vodnej erózie na priestorovú diferenciáciu a časovú dynamiku významných pôdnych parametrov sme vzhľadom na cieľmi čiastkovej úlohy sledovali a vyhodnocovali v konkrétnych geomorfologických a pôdno-klimatických podmienkach monitorovaných erózných transektov pri Bartošovciach (okr. Bardejov), Uliči (okr. Snina), Kečove (okr. Rožňava) a Smolinskom (okr. Senica).

Využitím predikčného erózneho modelu USLE sme získali hodnoty potenciálnej vodnej erózie, ktoré vo všetkých prípadoch významne prekročujú limity straty pôdnej hmoty

uvedené vo vyhláške MPaRV SR č. 59/2013 Z.z., ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška MP SR č. 508/2004 Z.z., ktorou sa vykonáva § 27 zákona č. 220/2004 Z.z. v znení neskorších predpisov.

Zohľadnením konkrétnej pestovanej plodiny získame hodnoty aktuálnej erózie, ktoré sú nižšie v závislosti od jej protierózneho účinku. Potvrdila sa výrazná protierózna účinnosť trvalých trávnych porastov (Kečovo) a dočasných trávnych miešaniek (Bartošovce), ale aj pomerne dobrá pôdoochranná schopnosť ozimnej repky (Smolinské), kedy vypočítané hodnoty aktuálnej erózie poklesli pod limity odnosu pôdy. V prípade transektu pri obci Ulič, kde sa pestovala kukurica na zrna po spádnici svahu, sú hodnoty aktuálnej erózie stále nadlimitné (nevhodný výber rastliny a agrotechniky v erózne senzitívnej lokalite).

Recentnú eróziu prebiehajúcu na lokalite v posledných dekádach (v období s najväčšou intenzitou poľnohospodárskej výroby) sme zhodnotili využitím metódy stanovenia aktivity ^{137}Cs v jednotlivých pôdnych profiloch erózných transektov, kde cézium využívame ako tzv. značkovací prvok. Týmto spôsobom dokážeme približne vyčíslieť priemernú ročnú stratu (resp. akumuláciu) pôdnej hmoty od roku 1963, kedy bol zaznamenaný najvyšší spád tohto rádioaktívneho izotopu. Hodnoty recentnej erózie sú v porovnaní s aktuálnou eróziou takmer vo všetkých prípadoch vyššie (okrem transektu pri Uliči). Musíme si však uvedomiť, že ide o priemer za obdobie približne 50, rokov kedy jeden rok môže byť erózia na transekte vysoká až extrémna, ale na druhý rok nemusí byť vôbec pozorovaná (v závislosti množstva a intenzity zrážok, pestovanej plodiny, použitej agrotechniky atď.).

Prístupný fosfor a humus v dôsledku odnosu a následnej akumulácii pôdnej hmoty vplyvom erózne-akumulačných procesov translokujú a následne sedimentujú spolu s pretransportovanou pôdnou hmotou. Klasická schéma priestorovej distribúcie prístupného fosforu, a humusu kedy dochádza k výraznému poklesu ich obsahov v pôde eróznej časti a naopak k ich akumulácii v pôdnom profile bázy svahu bola zaznamenaná na všetkých sledovaných lokalitách. Nižšie hodnoty humusu a fosforu namerané v referenčnej časti transektu Smolinské (v porovnaní s eróznou a akumulačnou časťou) dokumentujú prítomnosť orbovej erózie na vrchole svahu.

Časová dynamika zmien za obdobie 2001 – 2013 sa prejavila predovšetkým zvýšením obsahu humusu v ornici transektu Smolinské a v humusovej vrstve transektov Kečovo a Bartošovce. V prípade Smolinského to môže byť výsledkom používania organických hnojív, alebo zaorávaním pozberových zvyškov do pôdy a v prípade Kečova a Bartošoviec je to výsledok dlhodobého prísunu odumretej organickej hmoty z tráv do pôdy.

Pôdna reakcia je vo všetkých prípadoch je ovplyvnená genézou pôdy na konkrétnom pôdotvornom substráte. Vplyv vodnej erózie na priestorové zmeny pôdnej reakcie sa prejavil len v prípade transektov pri Bartošovciach a Kečove, kedy hlbšie vrstvy pôdneho profilu vrcholovej a eróznej časti sledovaného územia mali výrazne nižšie hodnoty v porovnaní s akumulačnou časťou transektu, kde dochádza k akumulovaniu pretransportovanej pôdnej hmoty. Pôdotvorný substrát, ktorý je kyslejšej povahy sa činnosťou vodnej erózie (strata pôdnej hmoty) v rámci pôdneho profilu posúva smerom nahor.

Významnejšie zmeny v priestorovej distribúcii prístupného draslíka v pôdnych profiloch záujmových lokalít sme pozorovali len v prípade transektov pri Uliči a Kečove, kde profilový priebeh tohto makroprvku má podobnú charakteristiku ako v prípade prístupného fosforu.

V prípade transektov pri Bartošovciach, Uliči a Kečove sa vplyv vodnej erózie prejavil aj na priestorovej zmene zastúpenia jednotlivých zrnitostných kategórií v rámci pôdnych profilov, kedy v eróznej časti svahov stúpol podiel ílovej frakcie v hlbších vrstvách pôdneho profilu. Je to výsledok straty častíc jemného piesku a prachu (na povrch sa dostalo zrnitostne ťažšie podložie), ktoré sa akumulovali v bázach sledovaných úsekov.

Vyššie hodnoty objemovej hmotnosti a nižšie hodnoty pórovitosti (kedy dochádza až k prekročeniu limitu zhutnenia) v podornici erózných častí transektov sú výsledkom zvýšenia zastúpenia ťlovej frakcie a nepreorávania tejto časti pôdneho profilu.

Na základe zhodnotenia nameraných výsledkov môžeme na záver konštatovať, že na všetkých sledovaných erózných transektoch viac či menej intenzívne prebiehali a prebiehajú erózne - akumulčné procesy. Túto skutočnosť potvrdzujú ako analýzy priestorovej aktivity rádioaktívneho izotopu cézia, ktorou môžeme identifikovať tzv. recentnú eróziu, tak aj zaznamenané výrazné kvantitatívne zmeny sledovaných pôdných parametrov v priestore a čase (významné zníženie obsahov prístupných živín fosforu a draslíka, a obsahu humusu v eróziou ovplyvnených častiach sledovaných lokalít). Okrem vplyvu vodnej erózie na pôdu sme v prípade transektu pri Smolenskom pozorovali aj negatívne účinky nesprávneho manažmentu obhospodarovania pôdy (orba po spádnici svahu), ktorý umocňuje tzv. orbovú eróziu (strata pôdnej hmoty a zníženie obsahov prístupného fosforu a draslíka, a obsahu humusu už vo vrcholovej časti záujmovej lokality).

Je treba pripomenúť, že na lokalitách kde došlo k zatrávneniu transektov (Kečovo, Bartošovce), negatívny vplyv vodnej erózie sa znížil. Na sledovaných transektoch kde sa nevyužívajú štandardné protierózne opatrenia (Ulič – pestovanie erózne senzitívnej rastliny, ktorá je v tomto prípade kukurica na zrno, Smolinské – orba po spádnici svahu) 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.

Použitá literatúra

- ECKELMAN, W., BARITZ, R., BIALOUSZ, S., BIELEK, P., CARRE, F., HOUŠKOVÁ, B., JONES, R.J.A., KIBBLEWHITE, M.G., KOZÁK, J., LE BAS, C., TÓTH, T., VÁRALLYAY, G., YLI HALLA, M., ZUPAN, M., 2006. Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats. European Soil Bureau Research Report No.20, EUR 22185 EN, Office for Official Publication of the European Communities, Luxembourg, 2006, 94 pp
- 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
- Kolektív autorov, 2011. Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. VÚPOP Bratislava, 2011, 136 s., 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. Vedecké 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
- MPRVSR 2013. Vyhláška MPaRV SR č. 59/2013 Z.z., ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška MP SR č. 508/2004 Z.z., ktorou sa vykonáva § 27 zákona č. 220/2004 Z.z. v znení neskorších predpisov
- 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 ^{137}Cs profile distribution on selected soil transect. Agriculture (Poľnohospodárstvo), Journal for agriculture sciences, 53, 2007 (1), Istia Nitra, p. 23-30
- ŠÁLY, R., BEDRNA, Z., BUBLINEC, E., ČURLÍK, J., FULAJTÁR, E., GREGOR, J., HANES, J., JURÁNI, B., KUKLA, J., RAČKO, J., SOBOCKÁ, J., ŠURINA, B., 2000. Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. 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 and sedimentation. Handbook for the application of the caesium-137 technique. UK Overseas Development Administration Research Scheme R4579, University of Exeter, 1993
- WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D., 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 (GONDA a i., 2010). Táto funkcia poľnohospodárstva je integrovaná v spracovaných výhladoch a prognózach ďalšieho rozvoja poľnohospodárstva, stáva sa súčasťou koncepčných, strategických a legislatívnych nástrojov štátu a EÚ (KRÍŠŠÁK A I., 2006, ÚRADNÝ VESTNÍK EU, 2009, STRAKA 2009, POVRAZ A I, 2010).

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 organickej hmoty v pôde, indikátorov pufrácie 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 (Kolektív., 2011) 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 vrbý (*Salix viminalis*) pestovanej na energetické účely. V prvom roku výsadby bolo aplikované organominerálne kvapalné hnojivo Darina. Na jeseň v roku 2012 bol porast rýchlorastúcej vrbý zrezaný, v čase odberu vzorky bol na ploche porast vrbý o výške cca 1 m.

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).

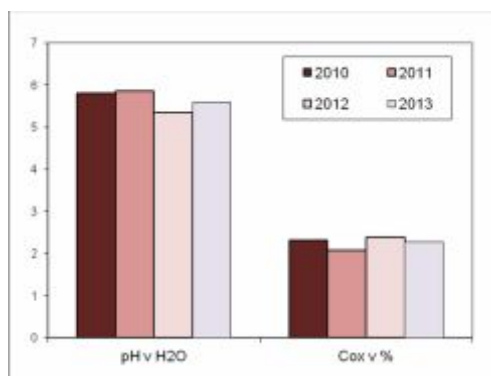
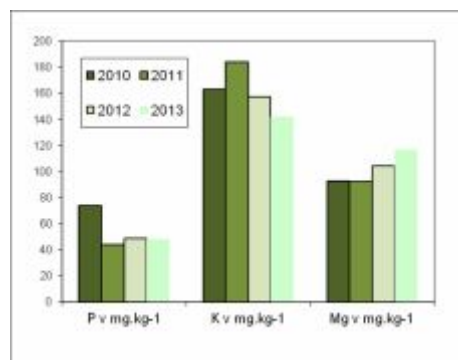
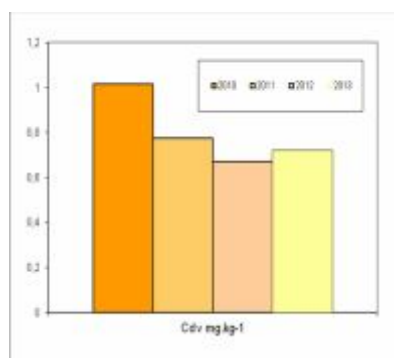
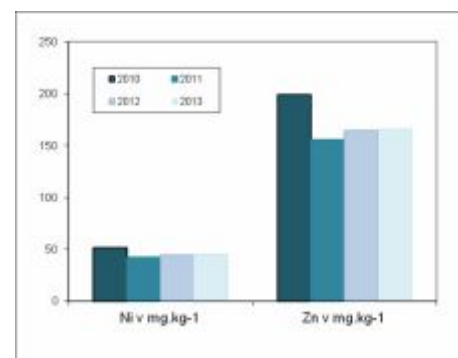
Celkový obsah anorganických polutantov na danej lokalite sme hodnotili v súlade s Vyhláškou 59/2013 MPRV SR, ktorou sa mení a dopĺňa Zákon o pôde 220/2004 Z.z.. Obsah As je podlimitný a miene stúpa smerom k substrátu. Obsah Cd je najvyšší v hĺbke 0 – 10 cm a smerom k substrátu klesá, výrazne však prekračuje 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 2013	rok 2010	rok 2013
pH v H ₂ O		5,81	5,59	5,80	5,91
pH v KCl		5,21	4,78	5,21	5,04
pH v CaCl ₂		5,23	4,97	5,31	5,26
výmenné kationy v cmol(p+).kg ⁻¹	Na ⁺	0,150	0,098	-	-
	K ⁺	0,506	0,484	-	-
	Ca ²⁺	11,230	10,920	-	-
	Mg ²⁺	0,890	0,824	-	-
Cox v %		2,318	2,270	1,958	1,910
Q ₆ ⁴		4,09	4,01	3,91	3,88
makroživiny v mg.kg ⁻¹ (Mehlich III.)	P	73,70	48,48	43,50	18,20
	K	163,00	142,60	106,00	61,40
	Mg	92,70	117,64	119,00	130,40
stopové prvky v pôde v mg.kg ⁻¹ (celkový obsah v lúčavke kráľovskej)	Cd	1,016	0,720	0,822	0,790
	Zn	199,000	166,000	287,000	216,000
	Ni	51,500	45,800	69,600	62,300
stopové prvky v pôde v mg.kg ⁻¹ (vo výluhu 1 M NH ₄ NO ₃)	Cd	0,009	0,007	-	-
	Zn	0,320	0,336	-	-
	Ni	0,176	0,160	-	-
stopové prvky v rastlinách (r. 2013 v štiepke) v mg.kg ⁻¹	Cd	7,154	6,410	-	-
	Zn	250,000	227,000	-	-
stopové prvky v rastlinách (v 1-ročnom dreve) v mg.kg ⁻¹	Cd	-	2,730	-	-
	Zn	-	68,600	-	-

V hĺbke 0 – 10 cm (tab. 1) došlo v porovnaní rokov 2010 a 2013 k poklesu hodnoty aktívnej pôdnej reakcie o 0,46 jednotiek (obr. 2a), čo sa prejavilo znížením obsahu výmenného sodíka o 35 %. Výrazne sa znížil obsah výmenného fosforu (o 34 %) (obr. 2b). V treťom roku sledovania sa neprejavilo výraznejšie 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 34 % (z kategórie strednej presun do kategórie nízkej zásobenosti pôd) a výmenného draslíka o 13 % (z kategórie dobrej presun do kategórie strednej zásobenosti pôd) (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 niklu sa dostal tesne pod limitnú hodnotu, v prípade kadmia a zinku sa naďalej jedná o nadlimitný obsah tohto prvku podľa Vyhlášky 59/2013 MPRV SR, ktorou sa mení a dopĺňa Zákon o pôde 220/2004 Z.z.. Zmeny indikátorov kvality pôdy sú na obr. 2a-2d.

V hĺbke 35 – 45 cm v priebehu štyroch rokov sledovania došlo k poklesu hodnoty pôdnej reakcie a k výraznému zníženiu obsahu makroživín v prípade fosforu o 59 %, v prípade výmenného draslíka o 42 %. Zmeny v obsahu rizikových prvkov sú v tejto hĺbke menej výrazné, zaznamenali sme zníženie celkového obsahu zinku o 25 %, celkového obsahu niklu o 10 % a celkového obsahu kadmia len o 4 %. Hodnoty kadmia, niklu aj zinku sú v tejto hĺbke podľa Zákona o pôde 220/2004 Z.z.. nadlimitné.

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, v obsahu prístupných živín, a to fosforu a draslíka 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 NH₄NO₃ boli v sledovanom období nižšie ako kritické limitné hodnoty vo vzťahu pôda – rastlina podľa Vyhlášky 59/2013 MPRV SR, ktorou sa mení a dopĺňa Zákon o pôde 220/2004 Z.z..

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 kg.ha⁻¹ s delením 30 kg na jar, 30 kg koncom mája a 30 kg v polovici júla a jednorázovo fosforom v dávke 30 kg.ha⁻¹ a draslíkom v dávke 30 kg.ha⁻¹, ktoré sú aplikované s prvou dávkou dusíka. Dusík je vo forme liadku vápenato-amónneho 27% N, fosfor vo forme hyperkornu 26 % P₂O₅ a draslík vo forme draselnej soli 58 % K₂O. 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 (DANIELA HABOVŠTIK, 2011).

Obr. 3 Lokalita Krivá-Liesek, fluvizem kultizemná



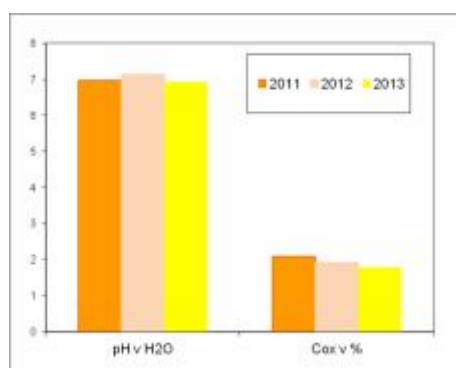
Lokalita Krivá-Liesek, fluvizem kultizemná (tab. 2) patrí k pôdam s neutrálnou hodnotou pôdnej reakcie. Vyšší obsah organickej hmoty ale nízkej kvality v celom profile spolu s hodnotou pôdnej reakcie a stredným obsahom prístupných živín zaraďujú túto lokalitu k stredne rezistentným pôdam vzhľadom k acidifikácii (MAKOVNÍKOVÁ, 2007, MAKOVNÍKOVÁ., 2011). Celkový obsah anorganických polutantov na danej lokalite sme hodnotili v súlade s Vyhláškou 59/2013 MPRV SR, ktorou sa mení a dopĺňa Zákon o pôde 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.

Tab. 2 Indikátory kvality pôdy

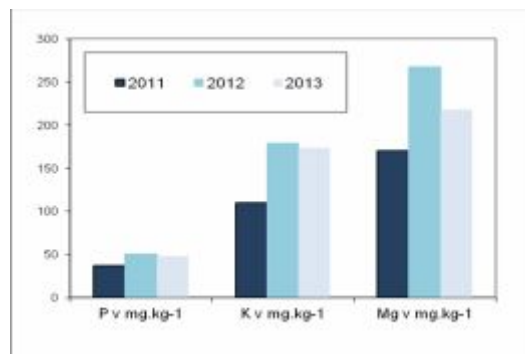
parameter		hĺbka 0 – 10 cm		hĺbka 35 – 45 cm	
		rok 2011	rok 2013	rok 2011	rok 2013
pH v H ₂ O		6,96	6,92	6,93	7,08
pH v KCl		6,47	6,31	6,68	6,60
pH v CaCl ₂		6,80	6,66	6,84	6,82
výmenné kationy v cmol(p+).kg ⁻¹	Na ⁺	0,110	0,080	-	-
	K ⁺	0,310	0,630	-	-
	Ca ²⁺	12,460	10,400	-	-
	Mg ²⁺	1,860	1,710	-	-
Cox v %		2,08	1,78	1,45	1,15
		6,49	6,59	5,91	6,03
makroživiny v mg.kg ⁻¹ (Mehlich III.)	P	37,00	48,02	31,30	25,13
	K	110,00	173,40	82,90	54,52
	Mg	170,00	218,40	200,00	202,20
stopové prvky v pôde v mg.kg ⁻¹ (celkový obsah v lúčavke kráľovskej)	Cd	0,298	0,396	0,295	0,390
	Pb	8,470	6,272	9,430	7,184
stopové prvky v pôde v mg.kg ⁻¹ (vo výluhu 1 M NH ₄ NO ₃)	Cd	0,002	0,001	-	-
	Pb	0,182	0,009	-	-
stopové prvky v rastlinách v mg.kg ⁻¹	Cd	2,100	1,250	-	-
	Pb	1,150		-	-

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). 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 .

Obr. 4a Zmeny hodnoty pH v H_2O a Cox

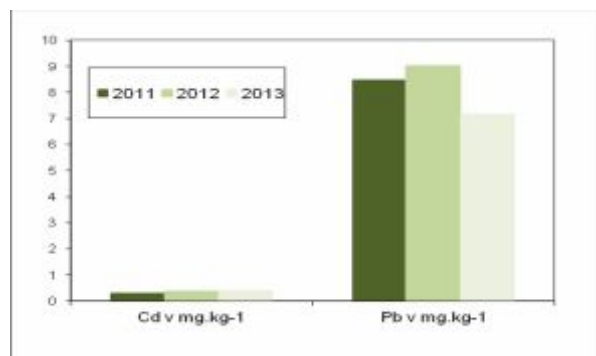


Obr. 4b Zmeny v obsahu makroživín



Hodnota pôdnej reakcie v roku 2013 ostáva v neutrálnej až slabo alkalickéj oblasti, znížil sa obsah organickej hmoty v pôde o 14 % v hĺbke 0 – 10 cm (obr. 4a) a o 21 % v hĺbke 35 – 45 cm (tab. 2). Pravidelná aplikácia hnojív sa odrazila vo zvýšenom obsahu makroživín v provnaní s rokom 2011, a to fosforu a draslíka na sledovanej lokalite (obr. 4b) na rozdiel od lokality Kuchyňa, kde v prípade týchto makroživín dochádza k ich poklesu. Napriek tomu je na lokalite stále nízky obsah prístupného fosforu.

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 v oboch hĺbkach a poklesu celkového obsahu Pb (obr. 4c) v oboch hĺbkach, ktoré však naďalej ostávajú v podlimitnej oblasti podľa Vyhlášky 59/2013 MPRV SR, ktorou sa mení a dopĺňa Zákon o pôde 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.

Od roku 2013 monitorujeme lokalitu Starňa. Lokalita Starňa, fluvizem kultizemná, stredne ťažká, sa nachádza sa vo východnej časti Juhoslovenskej kotliny v Bodvianskej pahorkatine v nadmorskej výške 181 m n.m. v teplej klimatickej oblasti. Pôdne vzorky sme odoberali v období prípravy pôdy (podmietka) na výsadbu rýchlorastúcej dreviny jelše, ktorá

bola sadená v máji 2013.

Obr. 4 Lokalita Starňa, fluvizem kultizemná



Tab. 3 Indikátory kvality pôdy v hĺbke 0 – 10 cm a 35- 45 cm (rok 2013)

parameter		hĺbka 0 – 10 cm			hĺbka 35 – 45 cm		
		min	max	x	min	max	x
pH v H ₂ O		5,78	5,90	5,86	6,07	6,54	6,23
pH v KCl		4,75	4,98	4,87	5,01	5,52	5,24
pH v CaCl ₂		5,12	5,38	5,25	5,42	6,07	5,70
výmenné kationy v cmol(p+).kg ⁻¹	Na ⁺	0,090	0,110	0,093	-	-	-
	K ⁺	0,360	0,550	0,440	-	-	-
	Ca ²⁺	11,400	12,300	11,800	-	-	-
	Mg ²⁺	1,520	1,880	1,730	-	-	-
Cox v %		1,360	1,380	1,370	0,670	1,050	0,920
Q ₆ ⁴		6,48	6,71	6,59	5,82	6,16	6,03
makroživiny v mg.kg ⁻¹ (Mehlich III.)	P	63,80	111,00	83,80	16,40	23,00	19,70
	K	158,00	208,00	195,67	61,30	78,80	72,90
	Mg	167,00	214,00	197,00	245,00	365,00	289,00
stopové prvky v pôde v mg.kg ⁻¹ (celkový obsah)	As	-	-	13,200	-	-	16,400
	Cd	-	-	0,180	-	-	0,140
	Co	-	-	6,670	-	-	8,310
	Cr	-	-	19,500	-	-	22,800
	Cu	-	-	21,900	-	-	20,100
	Ni	-	-	23,300	-	-	25,000
	Pb	-	-	14,000	-	-	7,780
	Zn	-	-	61,500	-	-	58,300
	Hg	-	-	0,099	-	-	0,100
	Se	-	-	-	-	-	-

Lokalita Starňa patrí k pôdam s hodnotou pôdnej reakcie v kyslej oblasti, predovšetkým v hĺbke 0 – 10 cm, pričom hodnota pôdnej reakcie len mierne stúpa s rastúcou hĺbkou odberu. Nižší obsah organickej hmoty s výrazným úbytkom v hĺbke 35 – 45 cm, 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).

Obsah prístupného fosforu je stredný, prístupného draslíka a horčíka dobrý, celkove sú obsahy prístupných živín vyššie ako na lokalite Kuchyňa a Krivá-Liesek.

Celkový obsah anorganických polutantov na danej lokalite sme hodnotili v súlade s Vyhláškou 59/2013 MPRV SR, ktorou sa mení a dopĺňa Zákon o pôde 220/2004 Z.z.. Obsah

všetkých sledovaných prvkov je podlimitný. V prípade As, Co, Cr a Ni ich celkový obsah len mierne vertikálne stúpa, pokles s hĺbkou sme zaznamenali len v prípade celkového obsahu Cd, Pb a Zn. Distribúcia ostatných rizikových prvkov v oboch hĺbkach je porovnateľná a nezaznamenali sme výrazné rozdiely.

Hodnota pH v kyslej oblasti, nízky obsah organickej hmoty v pôde nízkej kvality spolu s podlimitným celkovým obsahom anorganických polutantov radia túto lokalitu k pôdam so stredným potenciálom imobilizácie vzhľadom na anorganické polutanty (Makovníková a i., 2007). Pri zvýšení obsahu anorganických polutantov by sa táto lokalita pre nízky potenciál sorpcie polutantov dostala do kategórie s nízkym potenciálom imobilizácie.

Lokalita Starňa má nižší obsah organickej hmoty v sledovaných hĺbkach ako lokalita Krivá-Liesek (na oboch lokalitách ide o fluvizem kultizemnú), podlimitný obsah anorganických polutantov a strednú až dobrú zásobu prístupných živín. Pozornosť bude treba venovať hlavne obsahu organickej hmoty v pôde, v prípade ktorej podobne ako na lokalite Krivá-Liesek môžeme očakávať jej pokles. Na lokalite Krivá-Liesek sledujeme vplyv rýchlorastúcej vrbý a na tejto lokalite budeme sledovať vplyv jelše na pôdu pri jej využívaní na pestovanie rýchlorastúcich drevín.

Záver

Cieľom 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 sledovania využívania poľnohospodárskej pôdy na pestovanie energetických plodín na čiernici (lokalita Kuchyňa) pozorujeme negatívny trend v obsahu prístupných živín (fosfor a draslík) a pozitívny trend vo vývoji celkového obsahu rizikových prvkov v pôde. Remedialná schopnosť vrbý vzhľadom k rizikovým prvkom sa prejavila výrazným znížením obsahu kadmia, zinku a niklu na danej lokalite. Bez pravidelnej aplikácie hnojív, predovšetkým fosforečných a draselných, nie je možné udržať obsah prístupných živín na dobrej úrovni, najvýraznejšie klesá obsah fosforu. Na lokalite Krivá-Liesek (fluvizem), 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 Vyhlášky 59/2013 MPRV SR, ktorou sa mení a dopĺňa Zákon o pôde 220/2004 Z.z.. Hodnota pôdnej reakcie v roku 2013 ostáva v neutrálnej až slabo alkalicknej oblasti, avšak znížil sa obsah organickej hmoty v pôde v hĺbke 0 – 10 cm ak aj v hĺbke 35 – 45 cm.

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

Použitá literatúra

- BENEŠ S. 1993. Obsahy a bilance prvku ve sférach 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.
- DANIEL J., HABOVŠTIAK, 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., OBRCIANOVÁ, D, PEPICH, Š.:2010, Poľnohospodárska biomasa – obnoviteľný prírodný zdroj. CVRV Piešťany 2010

- KOLEKTÍV 2011. *Jednotné pracovné postupy rozborov pôd*. Bratislava: VUPOP Bratislava, 124pp. ISBN 978-80-89128-89-1
- 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. - BARANČIKOVÁ, 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.
- MAKOVNÍKOVÁ, J., 2011: Acidifikácia pôd. In: Kobza, J., Barančíková, G., Bezáková, Z., Dodok, R., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Styk, J., Širáň, M.: Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja. VUPOP Bratislava, 2011, str. 18-28
- MAKOVNÍKOVÁ, J., 2012. Hodnotenie zmien a trendov vlastností pôd využívaných na energetické účely. In: Kobza, J., Barančíková, G., Dodok, R., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Styk, J., Širáň, M.: Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja. Záverečná správa za roky 2010-2012, 137 str, VUPOP Bratislava, 2012, str.113-121
- 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
- Vyhláška 59/2013 MPRV SR
- 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
- Vyhláška č. 59/2013 Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky

6.8 Hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja poľnohospodársky spustnutých pôd

V poslednom období sme sa začali bližšie zaoberať aj spustnutým pôdam. Tzv. „spustnutie“ môže mať rôzny pôvod. Môže sa jednať o dlhodobo kontaminované pôdy, taktiež sa jedná o pôdy, ktoré sa v minulosti využívali najmä salašníckym spôsobom (niektoré vysokohorské polohy, napr. hole Nízkych Tatier), taktiež pôdy v oblastiach, ktoré museli byť vysídlené z dôvodu výstavby vodných diel, aby nedošlo k znečisťovaniu nádrží s pitnou vodou (napr. v okolí vodného diela Starina a ďalšie). Taktiež sem zaraďujeme pôdy, kde došlo k zmene druhu pozemku, či už vplyvom neefektívnosti doterajšieho využívania (najmä vzdialenejšie pozemky), vplyvom zmeny vlastníckych vzťahov a pod. Častým fenoménom v našich horských a podhorských oblastiach je opúšťanie pozemkov v dôsledku migrácie obyvateľstva do miest. Takto dochádza k výraznému pustnutiu pozemkov, ktoré sa v minulosti poľnohospodársky využívali. Celkom u nás evidujeme do 500 tis. ha spustnutých pôd, ktoré sú pokryté extenzívnym zaburineným trávny porastom s náletom kríkov a drevín.

Z týchto dôvodov bolo v priebehu riešeného obdobia rokov 2010-2013 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).

Spustnuté pôdy vplyvom dlhodobého znečisťovania 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 zasolňovali pôdy.

Obr. 1 Spustnutá pôda v okolí alkalických odpadov z výroby hliníka (Žiarska kotlina)



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 (%)		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013
0-10	8,95	7,85	8,78	0,41	0,05	0,43	49,6	6,9	46,9
10-20	9,44	7,79	9,02	0,14	0,12	0,60	8,9	0,9	47,6
20-30	9,58	7,88	8,86	0,15	0,10	0,63	15,0	1,4	-
30-45	9,61	7,67	9,40	0,34	0,06	1,43	26,4	1,4	-
55-65	9,22	7,91	8,91	0,27	0,09	0,61	38,9	3,7	-
75-85	8,45	7,68	6,39	0,27	0,08	0,21	38,8	4,3	-

ESP - % výmenného sodíka

Všetky uvedené parametre dokumentujú výrazný stupeň zasolenia (celkový obsah viac ako 0,1%, ESP>5%) – podľa U.S. Soil Salinity Laboratory Staff, 1954 - ex. Fulajtár, 1996. I po stabilizácii skládky alkalických hnedočervených odpadov v roku 2012 nepozorujeme zatiaľ zlepšenie parametrov základných vlastností pôdy. Výrazné sú aj hodnoty pôdnej reakcie (v oblasti alkalickej) 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 pôdných 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).

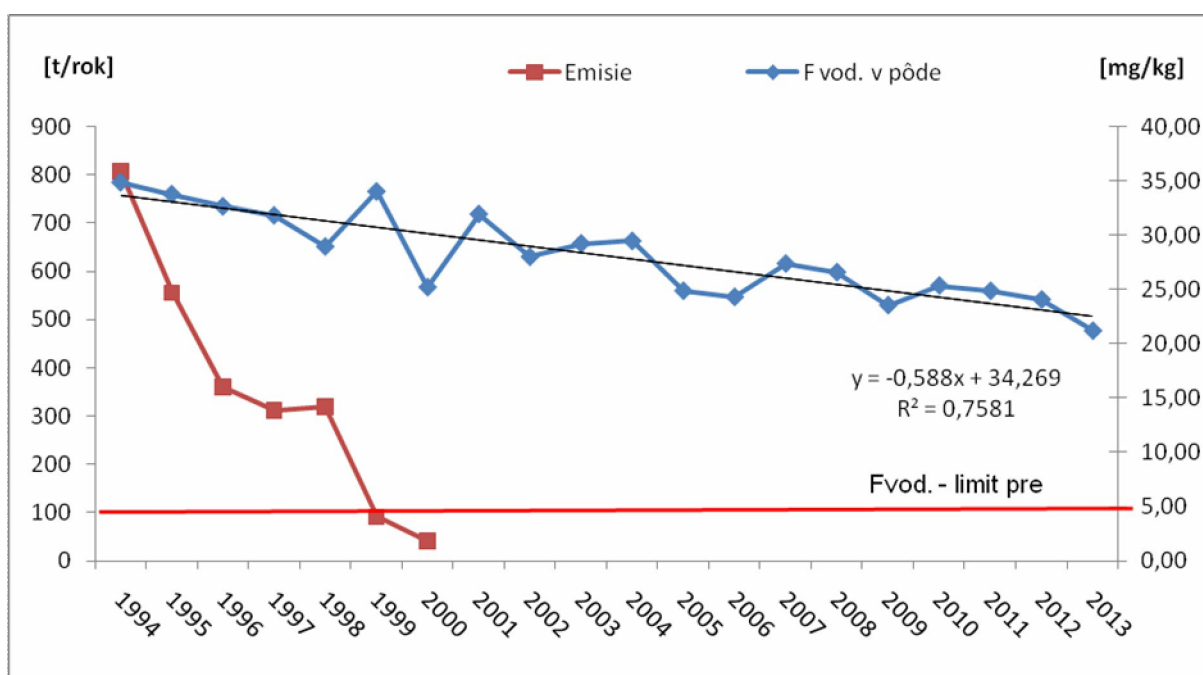
Druhá lokalita spustnutej pôdy sa nachádza oproti hlinikárni na polygenetických sprašových a svahových hlinách (pseudoglej luvizemný).

Obr. 2 Spustnutá pôda oproti hlinikárni v k.ú. Horné Opatovce



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 fluóru sa v emisiách výrazne zlepšil a od roku 2000 je už prakticky v norme, obsah fluóru vodorozpustného v pôde len veľmi pozvoľne klesá a v súčasnosti dosahujú jeho hodnoty takmer 5-násobok platného hygienického limitu (MPSR, 2004 a MPRV SR, 2013). Uvedená lokalita sa od roku 1994 poľnohospodársky nevyužíva (predtým orná pôda) a zostala spustnutou pôdou.

Obr. 3 Vývoj fluóru v Žiarskej kotline (oproti hlinikárni)



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 nížine.

Obr. 4 Spustnutá prirodzene zasolená pôda na Východoslovenskej nížine (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.

Tab. 2 Základné parametre zasolenej pôdy na Východoslovenskej nížine (Malé Raškovce) v roku 2013

Hĺbka (cm)	pH/H ₂ O	Celkový obsah solí (%)	ESP (%)	SAR	ECe (mS.m ⁻¹)
0-10	6,30	0,25	1,3	0,18	44
20-30	5,80	0,59	3,7	0,46	25
35-45	7,80	0,08	5,4	0,74	27
50-60	7,78	0,07	6,1	0,89	42
70-80	7,90	0,09	9,8	2,66	45
120-130	9,70	0,25	21,5	11,30	104

Uvedená lokalita vykazovala aj v tomto roku 2013 parametre, ktoré indikujú mierne zasolenie najmä v spodnej časti pôdneho profilu. Na rozdiel od lokality v Žiarskej kotline sa nejedná o kontaminovanú lokalitu, táto môže skôr slúžiť pre ochranu halofytnej flóry a fauny.

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.3).

Tab. 3 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).

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.

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.4).

Tab. 4 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.

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. V oboch prípadoch sa jedná o kambizem na flyšových substrátoch.

Tab. 5 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, 2001, 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 prekorenением bez spásania a kosenia).

S fenoménom postupného pustnutia pôd sa stretávame vo viacerých oblastiach Slovenska v dôledku postupnej migrácie obyvateľstva z vidieka do miest a tak zhoršovania demografickej štruktúry týchto oblastí. Ako jeden z príkladov bola vybraná lokalita **Osrblie** pri Brezne na kambizemi (reprezentuje zároveň najrozšírenejší pôdny typ na Slovensku, a teda aj týchto spustených 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.

Obr. 5 Pozostatky terás spustnutej pôdy na lokalite Osrblie



Jedná sa o kambizem kultizemnú pod extenzívnym trávnyim porastom, ktorá sa v minulosti orala. Ide o novo odobraný pôdny profil, preto v tejto časti hodnotíme len základný, aktuálny stav pôdnych vlastností.

Základné pôdne vlastnosti tejto lokality sú uvedené v tab. 6

Tab. 6 Základné pôdne vlastnosti KMa (lokalita Osrblie)

Hĺbka v cm	pH/H ₂ O	pH/KCl	C _{ox} %	N _t %	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	15,4
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	30,6	179,0	0,50	0,11	0,51

* mikroelementy Cu, Zn, Mn, (DTPA), makroelementy P, K, Mg (Mehlich III.), Cox – organický uhlík, Nt – celkový dusík

V nadväznosti na litologické zloženie, jedná sa o pôdu kyslú v celom pôdnom profile. Pomerne vysoký obsah organického uhlíka je charakteristický pre takéto neobhospodarované pôdy s extenzívnym trávny porastom a pomerne silným prekorením, najmä vrchnej časti pôdy. Veľmi vysoký je aj celkový obsah dusíka (Nt) vo vrchnej časti pôdy (0,45%) – Bielek, 1998. Obsah prístupných živín – fosforu a draslíka je nízky (Kobza a Gáborík, 2008), čo napokon zodpovedá súčasnému stavu „obhospodarovania“ danej lokality. Napokon ani v minulosti sa tu nepredpokladal zvýšený prísun priemyselných hnojív do pôdy, nanajvýš aplikácia organického hnojiva, najmä vo forme maštalného hnoja. Obsah prístupného horčíka je tu 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).

Na základe dosiahnutých výsledkov vybranej pôdnej lokality v Osrblí, ako aj ďalších spustnutých pôd, ktoré boli v minulosti využívané jednotlivo hospodariacimi roľníkmi a ktoré sme už uvádzali v minuloročnej správe (Starina, Ruské), možno konštatovať, že tieto pôdy sa vyznačujú nízkym obsahom prístupných živín – fosforu a draslíka, ktoré sa zrejme ani v minulosti do pôdy neaplikovali vo vyšších dávkach priemyselných hnojív. Sú to pôdy porastené extenzívnym trávny porastom často zarastenými kríkmi a samonáletom drevín. Obsah humusu je pomerne vysoký (značné prekorenenie porastami tráv), podobne vysoký je aj obsah celkového dusíka. Jedná sa prevažne o pôdy kyslé, avšak s vyhovujúcou zásobenosťou mikroelementami (Cu, Zn, Mn).

Použitá Literatúra

- BIELEK, P., 1998. Dusík v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. VUPU Bratislava, 256 s. ISBN 80-85361-44-2.
- FULAJTÁR, E. 1996. Prognóza zasoľovania pôd Podunajskej roviny. VÚPÚ Bratislava.
- Kobza, J. 2001. Vývoj spustnutých pôd. Ved. práce VÚPOP Bratislava, č. 24, 2001, s. 33-38. ISBN 80-85361-95-7.
- KOBZA, J., GÁBORÍK, Š. 2008. Súčasný stav a vývoj obsahu makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. VÚPOP Bratislava, 58s. ISBN 978-80-89128-47-1.
- 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 pôdoochranných opatrení. VÚPOP Bratislava, 2009, 86 s. ISBN 978-80-89128-53-2.
- KOBZA, J., BARANČÍKOVÁ, G., DODOK, R., HRIVŇÁKOVÁ, K., MAKOVNÍKOVÁ, J., PÁLKA, B., PAVLENDÁ, P., SCHLOSSEROVÁ, J., STYK, J., ŠIRÁŇ, M., 2013. Monitoring pôd SR. Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu. Výsledky ČMS-P za obdobie rokov 2007-2012 (4. cyklus). VÚPOP Bratislava, t.č. v tlači
- LINKEŠ, V. 1986. Vznik sekundárnych slancov v okolí depónií odpadov z výroby hliníka. Poľnohospodárstvo, roč. 32, č.5, 1986, s. 430 – 437.
- MPSR, 2004. Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 o integrovanej prevencii a o kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- MPRV SR, 2013. Vyhláška MPRV SR č. 59/2013 Z.z., ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška MPSR č. 508/2004 Z.z., ktorou sa vykonáva § 27 zákona č. 220/2004 Z.z. v znení neskorších predpisov

7. REALIZÁCIA VÝSLEDKOV RIEŠENIA A TVORBA VÝSTUPOV

Vstupom SR do 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 udržateľnom stave aj pre budúce generácie. To znamená, že problém riešenia nespočíva len v mechanickom zaznamenávaní získaných údajov v jednotlivých časových radoch, ale spočíva predovšetkým v jeho výskumnom a vedeckom chápaní úlohy pôdy v životnom prostredí. Pri realizácii výsledkov riešenia vychádzame preto z konkrétnych ohrození pôdy (v súlade s európskou stratégiou monitorovania pôd), ako sú kontaminácia pôd, acidifikácia, salinizácia a sodifikácia pôd, vývoj kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdneho humusu, kompakcia a erózia pôd. Novým prístupom riešenia je sledovanie aktuálneho stavu a vývoja pôd, ktoré sú využívané na pestovanie energetických plodín a drevín, ako aj problematika spustnutých pôd, ktoré sa v minulosti poľnohospodársky využívali.

Získané poznatky z riešenia úlohy sú podkladom pre tvorbu realizačných výstupov – metodík, publikácií a doporučení, ktoré využíva Pôdna služba zriadená na základe Zákona 220/2004 Z.z. pri Výskumnom ústave pôdoznanectva a ochrany pôdy, ako aj pre dôsledný výkon legislatívy v oblasti ochrany a využívania pôdy. V roku 2013 boli vypracované a už vydané, resp. odovzdané do tlače nasledovné realizačné výstupy:

- bola vypracovaná publikácia: Kobza, J. a kol. 2013. „Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitívneho územia Ružomberok a okolie s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení“, VÚPOP Bratislava, 88 s. ISBN 978-80-8163-000-2.
- bola vypracovaná odborná listovka „Monitoring pôd Slovenska“ pri príležitosti 20. výročia realizácie monitoringu na Slovensku, VUPOP Bratislava, 26 s.
- bola vypracovaná odborná listovka v anglickom jazyku „Soil monitoring of Slovakia“ pri príležitosti 20. výročia realizácie monitoringu na Slovensku, VUPOP Bratislava, 26 s.
- v súčasnosti je tesne pred vydaním najnovšia publikácia „Monitoring pôd SR“ (Výsledky za 4. monitorovací cyklus)
- priebežne bola vypracovaná a zdokonaľovaná databáza monitorovacej siete pôd Slovenska (v súčinnosti so SAŽP v Ban. Bystrici)

Svojím charakterom sa jedná o závažné a obsiahle materiály, hodnotiace najaktuálnejší stav a vývoj našich pôd, ako aj metodické postupy ich hodnotenia, pričom získané poznatky sú využiteľné v decíznej sfére, v rôznych rezortoch a odvetviach národného hospodárstva, vo vede a univerzitách najmä environmentálneho zamerania, ako aj pre širokú odbornú verejnosť, a to nielen u nás, ale aj v rámci EÚ. Svedčí o tom aj zvyšujúci sa medzinárodný dopyt po dôležitých informáciách o aktuálnom stave a vývoji pôd Slovenska so zámerom ich postupného prepojenia do európskych štruktúr a databáz, čo napokon vyplýva aj z nášho členstva v EÚ.

8. PREDPOKLADY VYRIEŠENIA ÚLOHY V ZOSTÁVAJÚCOM ČASE RIEŠENIA

Predpoklady úspešného riešenia úlohy v nasledovnom období závisia od výšky pridelených finančných prostriedkov, ktoré sú nevyhnutné pre realizáciu tejto úlohy. Za predpokladu, že finančné prostriedky budú v plánovanom rozsahu (bez ich krátenia), existujú reálne predpoklady úspešného vyriešenia úlohy v požadovanom termíne, o čom svedčí aj

odborne erudovaný pracovný tím riešiteľov, ktorý sa na realizácii tejto úlohy podieľa. V opačnom prípade by to ovplyvnilo plánovaný rozsah riešenia.

9. ČERPANIE FINANČNÝCH ZDROJOV A POROVNANIE S PLÁNOM

Plánované finančné prostriedky pre rok 2013 boli vyčerpané v súlade s Vykonávacím plánom VÚPOP (98 678.- €).

10. ZÁVER A PRÍNOS VÝSLEDKOV PRE VEDU A PRAX

V predkladanej správe za rok 2013 sme sa zamerali na hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja základných pôdných parametrov na príklade kľúčových monitorovacích lokalít, resp. špeciálnej siete lokalít (salinizácia a sodifikácia pôd, erózia pôd, pôdy využívané na energetické účely, ako aj spustnuté pôdy) pri zohľadnení druhu pozemkov (orná pôda, trvalé trávne porasty). Dosiahnuté a hodnotené výsledky nadväzujú na doterajší trend sledovaných vlastností pôd Slovenska. Ako najvariabilnejšie v čase sa ukazuje obsah pôdnej organickej hmoty, obsah makroelementov – fosforu a draslíka, v poslednom období sa ukazuje klesajúci trend obsahu mikroelementov v pôde, nepriaznivý je vývoj kompakcie a erózie pôd, čo sme potvrdili aj v základnej monitorovacej sieti.

Získané výsledky a poznatky z riešenia úlohy sú podkladom pre tvorbu realizačných výstupov – metodík, publikácií, doporučení, ktoré využíva Pôdna služba zriadená na základe Zákona 220/2004 Z.z. pri VÚPOP Bratislava, ako aj pre dôsledný výkon legislatívy v oblasti ochrany a využívania pôdy. Dosiahnuté výsledky sú taktiež významné v decíznej sfére, ako aj v rezortoch a odvetviach národného hospodárstva, vo vede a univerzitách najmä environmentálneho zamerania, ako aj pre širokú odbornú verejnosť ako v rámci SR, tak aj v rámci EÚ pri uplatňovaní environmentálnej politiky v Európe.