

AZ ÜLEDÉK NEHÉZFÉMTARTALMÁNAK STATISZTIKAI ELEMZÉSE A FELSŐ-TISZA HULLÁMTERÉN

Szabó Szilárd – Gosztonyi Gyöngyi – Juhos Katalin

Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debreceni Egyetem, 4010 Debrecen, Egyetem tér 1.

Kivonat

A Tisza hazánk második legnagyobb folyójaként fontos szerepet tölt be az ország életében mind a mederben szállított vize, mind a folyót kísérő hullámtér miatt. A hullámtéren az áradások alkalmával lerakódik a hordalék, így ennek minősége nem közömbös a hasznosítás (szántó, legelő gyümölcsös stb.) szempontjából. Az elmúlt években történt szennyezések miatt irányult a figyelem a hullámtéri üledékek fémtartalmának a vizsgálatára. Ebben a munkában egy Gulács környéki területről gyűjtöttünk be talajmintákat és vizsgáltuk meg fémtartalmukat. Az eredményeket statisztikai vizsgálatoknak vetettük alá és megállapítottuk, hogy a hullámtéren szignifikánsan magasabb az üledékek fémtartalma, mint a mentett ártéren. A fémkoncentrációkban kimutattuk a területhasználat hatását, a szántókon kevesebb, a gyepen és erdőterületeken rendre több a mérhető mennyiség. A talajtulajdonságok és a fémkoncentrációk között kevés értékelhető korrelációs kapcsolat tárható fel.

Kulcsszavak: Tisza, üledék, nehézfémek, területhasználat

Bevezetés

A tiszai hullámtér jelentős része mezőgazdasági hasznosítás alatt áll: szántóföldek, gyümölcsösök, valamint extenzív legelők egyaránt előfordulnak. A nehézfémek akkumulációja a hullámtéren és bekerülésük a táplálékláncba (vagyis a bioakkumuláció és biomagnifikáció) potenciális veszély, ezért ismernünk kell annak mértékét és területi eloszlását.

A tiszai üledékek fémekkel való terheltségét nem túl régen vizsgálják: találhatunk publikációkat már az 1990-es évekből is (pl. Waijandt és Bancsi 1989, Waijandt 1993, Hum és Matschullat 2002), de a téma kutatása igazán nagy lendületet csak a 2000-ben három egymást követő alkalommal is bekövetkezett szennyezések után vett (pl. Alapi és Győri 2003, Black és William 2002, Braun et al. 2003, Fleit és Bálint 2001; Hum 2005, Papp et al. 2007, Szalai 2006, Szalai et al. 2005).

A hullámtéri fémkoncentráció elsősorban a Tisza menti szennyező források aktivitásától függ, vagyis attól, hogy a bányászat és ércfeldolgozás során mennyire tartják be a környezetvédelmi előírásokat. A bányákban a szennyező anyagokat tartalmazó zagy leeresztése időről időre megtörténik, rendszerint a folyók, patakok nagyvize idején, így a szennyező anyagok oldott, illetve kolloidokhoz kötött állapotban felhígulva (és akár határérték alatti koncentrációban) kerülnek be a felszíni vizekbe (Winkelmann-Oei et al. 2001). A kolloidokhoz kötött szennyező anyagok (elsősorban fémek) koncentrációja a hullámtéren a hordalékból kiülepedve azonban már meg is haladhatja a talajokra, üledékekre vonatkozó határértékeket. A hullámtéri fémkoncentrációt így nagy mértékben befolyásolja az is, hogy az áradás során mennyi üledék rakódik le és az, hogy ezen belül mennyi a kolloidok aránya. A lerakódás üteme, ezen belül pedig a kiülepedett kolloidok mennyisége a víz sebességétől függ. A lassan folyó víz kedvez az akkumulációnak, így nem közömbös a hullámtér növényborítottsága, mivel növeli az érdeességet, csökkenti a víz sebességét (Braun et al. 2003; Sándor és Kiss 2008; Szalai 1998).

E munka keretében egy Felső-Tisza-vidéki mintaterületen, a Boroszló-kerti Holt-Tisza térségében – Gulács község mellett – végeztünk vizsgálatokat. Célunk az volt, hogy kimutassuk, hogy a folyó által szállított hordalék fémtartalma milyen többletet jelent a hullámtéren a mentett oldalhoz viszonyítva, a területhasználatnak van-e szerepe a fémakkumulációban, illetve azt, hogy a talajtulajdonságok hogyan hatnak a fémkoncentrációra.

A mintaterület bemutatása

A terület földrajzi jellemzőit nagy mértékben meghatározza a Tisza közelsége. Hatással van a vízháztartásra, a talajokra, a növényzetre, de a folyó halmozta fel az üledékeket és alakította ki a morfológiát is. A továbbiakban csak a téma szempontjából fontos tényezők ismertetésére térünk ki.

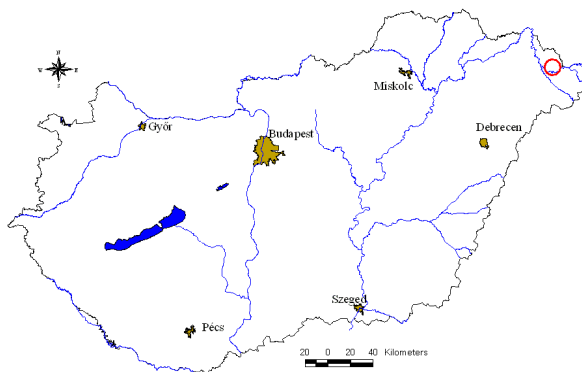
A vizsgálati terület talaja jellemzően öntéstalaj, mely mellett fokozottabb (és gyakoribb) vízhatásra a holtmeder környékén kisebb foltokban mocsári és ártéri talajok is megjelennek. A talajképző kőzet igen nagy homoktartalmú, a 0,5 m alatti rétegekben gyakran a 90%-ot is meghaladja a homok frakció aránya. A felső 0,5 m-es réteg iszapos, illetve agyagos homok.

A terület nagy részén szántóföldi művelés van, kukoricát, napraforgót, gabonát termesztenek. Nagy területen találunk gyümölcsösöket is. A hullámtér meghatározó eleme a Tisza egykori – a szabályozások során levágott – kanyarulata, a 14 hektáros Boroszló-kerti Holt-Tisza. Környezetében gyepek, erdők, nádasok vannak.

Anyag és módszerek

A tiszai hullámtér Boroszló-kerti részletéről (1. ábra) 2006-2007 folyamán 80 db felszíni talajmintát gyűjtöttünk be. A mintákat 0-25 cm mélységből szondarúddal vételeztük, és 8-10 részmintából homogenizálással átlagmintát képeztünk azért, hogy csökkentsük a talaj mikroheterogenitásából eredő hibákat.

A minták nagyobb hányada (60 db) a hullámtérről, kisebb része (20 db) a mentett ártérről származik (2. ábra), de a nagyobb lépték és a jobb áttekinthetőség miatt ez utóbbi esetében a távolabbi mintavételi helyeket nem ábrázoltuk.



1. ábra. A mintaterület elhelyezkedése



2. ábra. A talajmintavételi helyek a Boroszló-kerti Holt-Tisza térségében (o = felszíni talajminták, — = gát)

A talajmintákat 40°C-on kiszárítottuk, majd 2 mm-es szitán átszitáltuk. A talajminták szemcseösszetételét (Köhn-pipettás módszer), a humusztartalmat (Tyurin módszer), az aktív és potenciális savanyúságot ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} , y_1) az érvényben lévő magyar szabványoknak megfelelően határoztuk meg (MSZ-08-0210-1977, MSZ-08-0206/2-1978).

A talajok fémtartalmát az MSZ-08-1722/3-1989 magyar szabványnak megfelelően határoztuk meg cc. $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{HNO}_3$ -feltárással, F-AAS-sel. A felszíni minták elemzése a DE Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszéken történt Perkin-Elmer 3000 F-AAS készülékkel Co, Cu, Ni és Zn elemekre.

Az összes fémtartalom önmagában nem ad tájékoztatást a fémek által jelentett veszélyről, mivel azok előfordulási formájuktól függően különböző mértékben férhetők hozzá a növények számára. Ezért a felszíni minták esetében meghatároztuk a növények számára hozzáférhető mennyiséget is Lakanen-Erviö-féle (a továbbiakban LE) kivonattal (NH_4 -acetát + EDTA)(Lakanen és Erviö 1971).

A statisztikai feldolgozás során az adatokat standardizáltuk a $\log(x+1)$ képlettel, így ezzel egyúttal biztosítottuk a normál eloszlást is. SPSS for Windows 15 felhasználásával korrelációvizsgálatot, egy- és többszemponos varianciaanalízist (ANOVA) és diszkriminancia analízist végeztünk.

Eredmények és megvitatásuk

A hullámtéri és mentett oldali minták értékelése

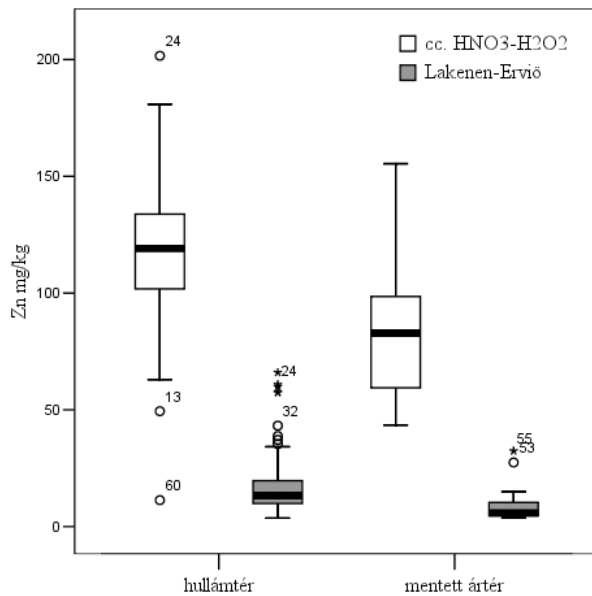
A felszíni minták elemzésével a növények gyökérszónájáról, a talaj nemezsintjéről kapunk információt. A vizsgálati területen mért fémtartalmakat az 1. táblázatban mutatjuk be.

1. táblázat. A hullámtéri és mentett oldali talajminták összes savoldható és növények számára hozzáférhető (LE-oldható) fémtartalma (átlag±szórás)

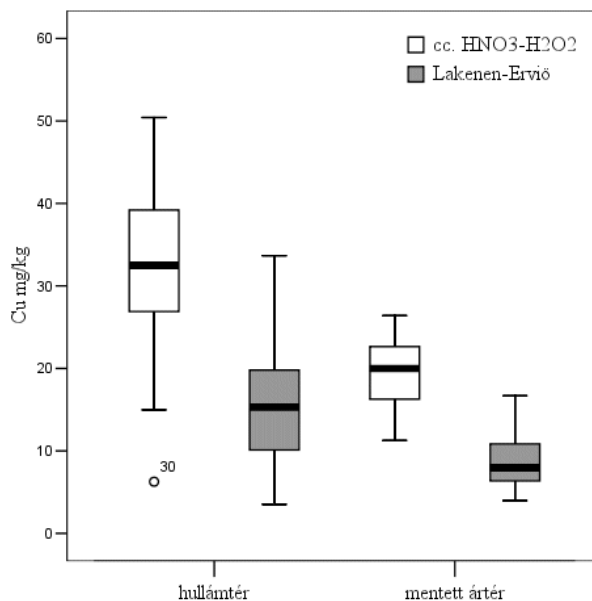
Vizsgált fém (mg/kg)	hullámtér	mentett ártér
Co-LE	6,7±1,0	4,9±0,8
Co	18,9±2,7	16,3±2,1

Cu-LE	15,6±5,8	7,24±1,1
Cu	32,9±8,3	19,3±4,0
Ni-LE	10,3±1,3	8,5±1,5
Ni	46,1±6,9	38,3±7,4
Zn-LE	15,5±9,8	7,5±6,7
Zn	118,4±24,2	84,3±30,1

A varianciaanalízis eredménye szerint a cink, réz, kobalt és nikkell koncentrációi a talaj felső 25 cm-es rétegében szignifikánsan magasabbak a hullámtéren belül, mint a kontrollként kezelt mentett ártéri minták esetében (3-4. ábrák). Bár az 1. táblázat részben tartalmazza ezen ábrák információ tartalmát, érdemesnek láttuk bemutatni az ún. boxplot-diagram segítségével is a fémek csoportonkénti szóródását. Így egy ábrán megfigyelhetjük a mediánt, az alsó és felső kvartiliseket, a 1,5-szeres interkvartilis terjedelmet, valamint a kiugró értékeket mindkét kioldási típus esetében.



3. ábra. A hullámtéri és mentett ártéri minták cinktartalma (mg/kg)



4. ábra. A hullámtéri és mentett ártéri minták réztartalma (mg/kg)

A hullámtéren belül minden vizsgált fém növények által hozzáférhető (LE-oldható) átlagos koncentrációja nagyobb, mint a mentett ártéren. A cink és a réz esetében ez a különbség csaknem kétszeres. E két említett fémnél jelentős az eltérés a töltés két oldalán a LE-oldható és az összes savoldható fémtartalom arányában is (a réznél 27%-kal, a cinknél 47%-kal). Ez azzal magyarázható, hogy a fémek eltérő kémiai formában kötődtek a hullámtéren belül és kívül. A hullámtéren belüliek a gyökérsavak által könnyebben mobilizálódnak és kerülhetnek be a növényekbe, így a táplálékláncba.

A hullámtéri és mentett ártéri mintákra diszkriminancia-analízist végeztünk a cinkkel, kobalttal, rézzel és nikkellel mint független változókkal. A kiugró értékek kizárása után az eredmények szerint a 4 fém koncentrációjából 92%-os pontossággal ($p < 0,01$) becsülhető a minta gáton belüli, vagy kívüli származása (2. táblázat). A fémek közti sorrend a struktúramátrix (Pearson korrelációs együttható mátrix) értékei alapján a következő: réz (0,978), cink (0,703), nikkel (0,547) és kobalt (0,444). A réz- és cinkkoncentráció tehát igen meghatározó a függvényben, míg a másik két fém alárendeltebb szerepű ugyan, de bevonásuk a vizsgálatba mégis indokolt, mivel növelik a becslés pontosságát. A függvény a kanonikus korrelációs együttható alapján (0,746) 55%-ban magyarázza a független változó (vagyis a minták származásának) varianciáját.

2. táblázat. A diszkriminancia-analízis klasszifikációs táblázata

			becsült csoporttagság		teljes
			hullámtér	mentett ártér	
Eredeti	db	hullámtér	57	3	60
		mentett ártér	3	17	20
	%	hullámtér	95	5	100.0
		mentett ártér	15	85	100.0
Keresztvalidált	db	hullámtér	57	3	60
		mentett ártér	4	16	20
	%	hullámtér	95	5	100.0
		mentett ártér	20	80	100.0

az eredeti esetek osztályozásának pontossága 92,5%

a keresztvalidált módszerrel végzett ellenőrzés pontossága 91,3%

A területhasználat hatásának értékelése a fémeloszlásra

A területhasználat szerint a minták három típusról származtak: szántó, gyeplő, erdő. A vizsgálat azt mutatta, hogy a gyeplő és az erdő területhasználatú talajok fémtartalma nem különbözik szignifikánsan egymástól. A szántó és a gyeplő, valamint a szántó és az erdő területhasználatú talajok fémtartalma között a nikkel kivételével az eltérés szignifikáns ($p < 0,05$). A területhasználat szerint tehát a következő sorrendet tudjuk megállapítani: szántó < gyeplő ≈ erdő. Ez az eredmény összhangban van korábbi, a területhasználat hatására irányuló kutatásunkkal (Szabó et al. 2007). Az összesítés eredményét a 3. táblázatban mutatjuk be.

3. táblázat. Talajminták összes savoldható és növények számára hozzáférhető (LE-oldható) fémtartalma (átlag±szórás) területhasználati bontásban

Vizsgált fém (mg/kg)	szántó	gyeplő	erdő
Co-LE	5,9±1,1	6,8±1,3	6,7±1,2

Co	17,2±2,6	19,6±3,3	19,2±2,9
Cu-LE	10,9±4,1	17,4±8,0	16,4±7,5
Cu	25,8±8,9	33,4±9,1	33,4±8,9
Ni-LE	9,1±1,6	9,8±1,6	9,8±1,8
Ni	42,0±9,5	45,9±6,4	46,4±7,6
Zn-LE	12,6±11,0	19,8±16,3	18,7±15,0
Zn	96,9±33,9	120,9±34,1	118,3±25,4

A növények által felvehető mennyiség (Lakanen-Erviö kioldás) a kobalt és nikkelt esetében nem tér el a különböző területhasználati kategóriák talajaiban (sőt szinte pontosan megegyezik). A szántó és gyep (valamint az erdő) esetében viszont a cinknél és a réznél is kb. 20%-os eltérést tapasztaltunk: a szántókon rendre kevesebb a hozzáférhető hányad.

Ennek magyarázatát négy dologban látjuk. (1) a mezőgazdasági termelés – ezen belül is elsősorban a szántás – miatt a felső 15-20 cm-es réteg elkeveredik, a fémkoncentráció homogénebbé válik, kisebb lesz. (2) A termelt növények felveszik a számukra fontos (esszenciális) elemeket, így a cinket és a rézet is. Megtörténik ez a gyepen és az erdőterületeken is, de a termelés során – főleg az itt termelt gabonafélék és kukorica esetében – elszállításra kerül a növények termésén kívül a szár is, így ezek a fémek nem kerülnek vissza a talajba. (3) Mindemellett a szántás miatt jobb a szántott réteg vízvezető képessége, hatékonyabban tud érvényesülni a kilúgzás, és ez az előbbieken említett termelés miatti kationkivonással együtt savanyúbb kémhatást alakít ki, ami szintén a fémkoncentráció csökkenését vonja maga után. A pH-val való összefüggést a korrelációanalízis is alátámasztja ($r_{\text{pH-Cu}}=0,6$ és $r_{\text{pH-Zn}}=0,55$, $p<0,01$). (4) A gyep, valamint az erdők aljnövényzete hatékonyabban fogja meg a hordalékot a szántók sima felszínéhez viszonyítva (az érdességi tényező legalább kétszeres közöttük, de akár nagyságrendi különbség is lehet), így itt több üledék rakódik le, aminek potenciálisan magasabb a fémtartalma.

A területhasználat és a hullámtér együttes szerepének az értékelése

Ezt követően azt is megvizsgáltuk, hogy a terület hasznosításának jellege, illetve a minták gáthoz viszonyított relatív helyzete együttesen befolyással van-e a kialakult fémkoncentrációkra. Az ennek során alkalmazott többszemponos varianciaanalízis eredménye szerint a két tényező együttes hatást a fémkoncentrációra nem gyakorol.

A talajtulajdonságok és a fémtartalom elemzése

Korrelációvizsgálatot végeztünk és azt tapasztaltuk, hogy a fémek egymással jól korrelálnak ($r_{\text{Cu-Zn}}=0,55$; $r_{\text{Cu-Ni}}=0,76$; $r_{\text{Cu-Co}}=0,68$; $r_{\text{Ni-Zn}}=0,63$, $p<0,01$), ami azt bizonyítja, hogy a lerakódó üledékekben együttesen vannak jelen, vagyis rendszerint együtt érkeznek. Az eddigi kutatások és tények ezt alá is támasztják (Fleit és Bálint 2001, Hum és Matschullat 2002), mivel a Tisza határainkon túli felső szakaszán számos olyan üzem van, amely folyamatosan kis mennyiségben, illetve haváriszerűen nagy koncentrációban szennyezi a folyót ezekkel a fémekkel.

A talajtulajdonságok és a fémek között árnyaltabb a kép: a begyűjtött mintákat együtt elemezve csak a pH-val találtunk kapcsolatot (lásd korábban). A többi talajtulajdonsággal nem volt értékelhető kapcsolat. A továbbiakban a talajminták vizsgálati eredményeit csoportosítottuk a hullámtérhez viszonyított helyzet, valamint a területhasználat szerint (ez utóbbi esetében az előzőekben ismertetett statisztikai elemzésre támaszkodva szántó és gyep+erdő kategóriákra nézve végeztük el a vizsgálatokat).

A 4. táblázatban látható, hogy a hullámtéri minták esetében sokkal kevesebb a feltárható összefüggés, mint a mentett ártéren, ahol a kapcsolatok erőssége is nagyobb. A mentett ártéri minták mindegyikénél szoros ($r>0,7$; $p<0,05$) összefüggéseket figyelhetünk meg a fizikai

talajfélésekkel, míg a hullámtéren a kapcsolatok száma és erőssége is kisebb. A humusztartalom, a pH, a hidrolitos aciditás és a CaCO₃-tartalom, valamint a vizsgált fémek között nem volt értékelhető kapcsolat egyik típus esetében sem. Ennek magyarázata a hullámtér sajátos viszonyaiban keresendő, vagyis az ismétlődő elöntések, illetve az árvizekkel érkező és lerakódó hordalék miatt állandóan változó talajtulajdonságokban. Az áradások során eltérő mechanikai összetételű és minőségű üledékek rakódnak ki, melyeken időről időre megindul a talajképződés, amit az üledékképződés mellett az árvizes időszakokkal együtt járó anaerob viszonyok is befolyásolnak. A mentett ártéren ezzel szemben a folyószabályozások után megindulhatott a talajképződés, így az azóta eltelt kb. 150 év alatt lényegesen más körülmények alakultak ki: az elöntések elmaradásával a vízhatás jelentősen csökkent, a szerves anyag lebomlása aerob viszonyok között történik. Igen fontos, hogy a hullámtérhez képest kiegyenlítettebbek a körülmények az egyensúlyi folyamatok lejátszódásához a fémek és kolloidok között, mivel a fémtartalmat befolyásoló redoxpotenciál-változások itt árvízkor is kisebb volumenűek.

4. táblázat. A fizikai talajfésülés és a fémtartalom Pearson-féle korrelációs koefficiensei ($p < 0,05$) a minták származás helye szerint

	hullámtér (N=60)				mentett ártér (N=20)			
	Co	Cu	Ni	Zn	Co	Cu	Ni	Zn
homok	-0,34	-	-0,68	-0,40	-0,76	-0,77	-0,80	-0,80
iszap	-	-	0,54	0,56	0,70	0,80	0,81	0,72
agyag	-	-	0,40	-	0,76	0,72	0,74	0,78

Területhasználati bontásban csak a hullámtéri talajokra vonatkoztatva végeztük el a vizsgálatot, mivel az elsődleges cél a folyóvíz által lerakott üledékek fémtartalmának és a területhasználat összefüggésének a feltárása volt. Szoros összefüggések a talajtulajdonságok és a fémkoncentráció között így sem mutathatók ki (5. táblázat). A talajtulajdonságok a szántó és a gyeperdő területhasználat szerint különböznek, amelyhez a fémkoncentrációk is igazodnak, de ez a hullámtéri öntéstalajok esetében nem ad szignifikáns összefüggéseket. Az időről időre kiáradó folyó a vízhozamhoz igazodva elönti a teljes hullámteret, vagy annak alacsonyabb részeit és lerakja a hordalékát. A leülepedő hordalék a meder érdességétől függően vékonyabb-vastagabb üledékréteget képez, amin a víz levonulása után megindul a talajképződés, ami egészen a következő elöntésig tart. Az így kialakuló talaj különböző vastagságú (de rendszerint nem vastag) rétegeiben eltérő lesz a szervesanyag-tartalom, a pH, a mechanikai összetétel és a fémtartalom is. A szántók esetében ezt a rétegzettséget a mezőgazdasági művelés, főként a szántás elkeveri, homogenizálja; megváltoztatja a levegőzöttséget és a vízvezető képességet: oxidatívabb és kilúgzottabb.

5. táblázat. A talajtulajdonságok és a fémtartalom Pearson-féle korrelációs koefficiensei ($p < 0,05$) területhasználati bontásban

	szántó (N=19)				gyep és erdő (N=41)			
	Co	Cu	Ni	Zn	Co	Cu	Ni	Zn
homok	-0,75	-	0,68	-	-	-	-0,64	-
iszap	0,79	0,51	0,73	-	0,31	-	0,63	-
agyag	-	-	-	-	-	-	0,34	-
humusz	-	-	-	-	-	-	0,41	-
CaCO ₃	-0,55	-	-	-	-	-	0,45	-

Összességében a teljes hullámtéren vertikálisan annyira összetett talajviszonyok alakulnak ki, amik a korrelációelemzések során elfedik a feltárható összefüggéseket. Amennyiben ezt akarjuk vizsgálni, javaslatunk az, hogy ehhez a vizsgálatához a környezetvédelmi gyakorlatban elfogadott, sőt javasolt átlagmintavétel helyett arra kell törekedni, hogy a talaj/üledékréteget a lehető

legjobban válasszuk szét. Ehhez nagyfelbontású vertikális mintavételre van szükség, ami nagy mértékben megemeli a vizsgálandó minták számát, viszont sokkal pontosabb képhez juthatunk mind a fémek mélységbeli eloszlása, mind a hullámtér talajtani sajátosságainak feltárása során. Ez nem jelenti azt, hogy az átlagmintavétel rossz mivel az éppen a szántott réteget jellemzi általánosan, így az esetleges mikroheterogenitását a talajnak elfedi. A talajtérképezések során nagyon fontos, hogy a lehetséges anomáliákat kiküszöböljük és ez a módszer alkalmas erre. Öntéstalajok esetében a korrelációvizsgálat során azonban nem ezekre a „simított” értékekre lenne szükség, hanem az adott pontban uralkodó valódi mennyiségekre.

Összegzés

Mintáink vizsgálata feltárta, hogy a hullámtéren a talaj felső rétegében szignifikánsan nagyobb a fémek koncentrációja, és a mentett ártéri mintákhoz képest nagyobb a növények számára hozzáférhető hányad is. A területhasználat hatásaként a szántókon kisebb, a gyepek és erdők talajaiban nagyobb a fémek koncentrációja. A gyepek és erdők talajainak fémtartalma közel azonos. A talajtulajdonságok és fémtartalom között feltárható összefüggések korlátozottak, aminek okát a hullámtéri üledékképződés és talajfejlődés sajátosságaiban látjuk. Az árvizek alkalmával lerakódó üledékek időről időre (évente akár kétszer is) megszakítják a talajképződést, így a vertikális profil váltakozó vastagságú és szemcseösszetételű rétegekből áll, melyek fémtartalma is eltér. A fémtartalmat befolyásoló tényezők gyakran változhatnak (pH, Eh, szerves és szervetlen kolloidtartalom), így egy-egy mért tulajdonsággal nem tudunk szoros összefüggéseket feltárni. A kapcsolatok szorossága feltehetően megvan, és ennek bizonyítására a jövőben rétegmintavételt alkalmazunk, igazodva az üledékképződés dinamikájához.

Statistical analysis of heavy metal content of sediment samples from the floodland of Tisza River

Sz. Szabó – Gy. Gosztonyi – K. Juhos

Quality of Tisza River is significantly influenced by the industrial activity of Ukraine and Romania. The main problem is the heavy metal loading which can be in dissolved form in the water or bounded on the colloid surface in the sediments. In this paper an investigation was carried out of soil samples were taken from the floodland of the river. Surface samples were collected and profiles were created. The results showed that the soil samples of the active floodland had significantly higher heavy metal concentration than ones from the reclaimed side. This statement is true for the amount of metals available for the plants (Lakenen-Erviö extraction). There were difference in metal content among land use categories: soils from plough lands had smaller than the soils of grasslands and forests. There were not found strong correlation between metal content and soil properties. The complexity of Fluvisols disturbs the coherence of the well-known and published connections.

Key words: Tisza, heavy metals, accumulation, land use

Szabó Szilárd: okleveles geográfus, környezetvédelmi szakmérnök, PhD, Debreceni Egyetem Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, egyetemi adjunktus, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1. Pf. 9.

Gosztonyi Gyöngyi: okleveles környezetkutató (vegyész szakirány), Debreceni Egyetem Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék – Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék, PhD-hallgató

Irodalom

- Alapi K. – Győri Z. (2003): Iszapvizsgálatok a nehézfémekkel terhelt tiszai ártéren. *Acta Agraria Debreceniensis* p. 6 p.
- Black, M. – William, P. (2001): Preliminary assessment of metal toxicity in the Middle Tisza River (Hungary) flood plain. *Journal of Soils and Sediments* 1 (4): 213-216.
- Braun M. – Szalóki I. – Posta J. – Dezső Z. (2003): Üledék felhalmozódás sebességének becslése a Tisza hullámterében. MHT XXI. Vándorgyűlés 2003. július 2-4. CD-kiadvány
- Fleit, E. – Bálint, M. (2001): A tiszai üledék és halak nehézfém-tartalma a 2000. évi szennyezések után. *Vízügyi Közlemények* 83 (3): 355-375.
- Hum L. (2005): Mocsos arany. A 2000. év cianidos és nehézfém-tartalmú szennyező hullámai és az üledékek nehézfém-tartalma. A környezettudomány elmélete és gyakorlata c. konferencia, Szeged, CD kiadvány 10 p.
- Hum L. – Matschullat J. (2002): A Tisza és mellékfolyói üledékeinek nehézfém- és arzéntartalma 1999/2000 őszi-téli állapot. *Hidrológiai Közöny* 82 (1): 23-30.
- Papp I. – Braun M. – Szalóki I. – Leermakers, M. (2007): Investigation of the effects of Baia Borsa pollution event in the sediment of Boroszló-kert oxbow lake of the Tisza. *Acta GGM Debrecina. Geology, Geomorphology, Physical Geography Series* 1 (2): 181-186.
- MSZ-08-0206/2-1978. A talaj egyes kémiai tulajdonságainak vizsgálata. Laboratóriumi vizsgálatok (pH-érték, szórában kifejezett fenolftalein lúgosság, vízben oldható összes só, hidrolitos és kicserélődési aciditás), Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Ágazati Szabvány, 12 p.
- MSZ-08-0210-1977. A talaj szerves szén tartalmának meghatározása, Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Ágazati Szabvány, 6 p.
- MSZ-08-1722/3-1989. Talajvizsgálatok. A talaj oldható toxikus- és nehézfém-tartalmának meghatározása, Magyar Köztársaság Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Ágazati Szabvány, 11 p.
- Lakanen, E. – Erviö, R. (1971): A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agr. Fenn.* 123: 223-232.
- Sándor A. – Kiss T. (2008): A területhasználat változás hatása az üledék-felhalmozódásra, közép-tiszai vizsgálatok alapján. In Csorba P. – Fazekas I. szerk.: *Tájkutatás – tájökológia*, in print
- Szalai Z. (1998): Trace metal pollution and microtopography in a floodplain. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 21: 75-78.
- Szalai Z. – Baloghné Di Gléria M. – Jakab G. – Csuták M. – Bádonyi K. – Tóth A. (2005): A folyópartok alakjának szerepe a hullámtereken kiülepedő üledékek szemcse- és nehézfém frakcionációjában, a Duna és a Tisza példáján. *Földrajzi Értesítő* 54 (1-2): 61-84.
- Szalai Z. (2006): A lépték szerepe a hatótényezők erősségében, avagy a nehézfémek elérhetősége a hazai hullámtereken. III. Magyar Földrajzi Konferencia, MTA-FKI, Budapest, CD-kiadvány 3 p.
- Waijandt J. – Bancsi I. (1989): A Tisza és mellékfolyó vizének minősége és üledékének nehézfém-tartalma. *Hidrológiai Közöny* 2: 83-87.
- Waijandt J. (1993): A kiskörei tározó üledékeinek minősége. Országos Környezetvédelmi Konferencia, I. kötet, Siófok pp. 97-110
- Winkelmann-Oei, G. – Varduca, A. – Geisbacher, D. – Pinter, Gy. – Liska, I. (2001): Analysis of Accidental Risk Spots in the Catchment area of the Danube. In. Inventory of Potential Accidental Risk Spots in the Danube River Basin. International Commission for the Protection of the Danube River. ARS-ad-hoc Expert Panel of the AEPWS EG 131 p.