

## ALSÓ-TISZA-VIDÉKI ÉS HÁRMAS-KÖRÖS MENTI HOLTÁGAK KÖRNYEZETI SZEMPONTÚ ÉRTÉKELÉSE ISZAPVIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI ALAPJÁN

TAMÁS Margit, FARSANG Andrea

Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék  
6722 Szeged, Egyetem u. 2., e-mail: tamasgitta@gmail.com

**Kulcsszavak:** holtág, üledék, nehézfém-tartalom, ökológiai kockázat, Alsó-Tisza, Hármas-Körös

**Összefoglalás:** Az alföldi folyók árterei, illetve az ártereken található holtágak rendkívüli táji, ökológiai értékek. A területek a génmegőrző funkción túl tájésztétikai, turisztikai és víztározási szereppel is bírnak. Ahhoz, hogy a holtágak képesek legyenek ezen funkciók ellátására, szükség van állapotuk folyamatos monitorozására, illetve szükség esetén javítására. A holtágak környezeti állapotát többek között vizük és üledékük minőségének elemzésével tudjuk felmérni. Kutatásunk során egyes Alsó-Tisza-vidéki és Hármas-Körös menti holtágak állapotát értékeltük vizük és üledékük minősége alapján, majd pedig a Hakanson-féle ökológiai kockázat indexszel megbecsültük az egyes hullámtéri holtágak ökológiai állapotát. Hakanson-féle kockázati index alapján az Alsó-Tisza-vidék hullámtéri holtágai mérsékelt potenciális ökológiai kockázatúak, míg a Hármas-Körös menti hullámtéri holtágak az alacsony potenciális ökológiai kockázati osztályba sorolhatók.

### Bevezetés

A Magyarországon található folyók árterei egyedülálló táji, természeti értékeket képviselnek, mivel különleges élővilágnak adnak otthont. A folyók mentén számtalan kisebb-nagyobb kiterjedésű holtágat találhatunk, melyek ökológiai jelentőségük. A holtágak üledékvizsgálata jó lehetőség egy vízi ökoszisztéma környezeti, ökológiai állapotának meghatározására. Az üledékben található szennyezőanyag-koncentrációból az állapotfelmérésen túl következtethetünk arra, hogy a jelen lévő terhelő anyagoknak milyen mértékű a potenciális ökológiai kockázata. A kockázat meghatározását követően tehetünk javaslatokat az egyes területek állapotmegőrzésére, illetve rehabilitációjára.

Az ökológiai kockázat becslésre számos statisztikai módszert alkalmaznak. A feldúlási faktor számításából és a többlépcsős nehézfém feltárás eredményeiből is következtethetünk a potenciális kockázatra (Risk Assessment Code) (TANG et al. 2010), azonban számos összetettebb módszer is létezik a kockázat becslésére. Ezen módszerek többsége a szennyező anyagok emberre gyakorolt hatását számszerűsíti (humánökológiai kockázatbecslés), melyek meghatározása számítógépes szoftverek segítségével történik. Az ökotoxikológiai kockázatbecslés talajokra széles körben alkalmazott módszere a Species Sensitivity Distributions (SSDs) (POSTHUMA et al. 2002; MALTBY et al. et al. et al. 2005; NEWMAN et al. 2000; PENNINGTON 2003; WHEELER et al. 2002) és az ms-PAF módszer (VAN VLIET et al. 2008). Mindkét módszer a különböző talajorganizmusok érzékenységét vizsgálja kémiai stressz hatására (BOEKHOLD 2008; SWARTJES et al. 2008). HAKANSON (1980) svéd kutató az ökológiai kockázat számítását szedimentológiai alapokra helyezi, figyelembe veszi az egyes nehézfémek jellemzőit és a környezetben való viselkedésüket. Így a számított kockázati érték nemcsak a nehézfém-koncentráció függvénye, hanem az előforduló elem toxikológiai-környezeti hatása által módosított érték. HAKANSON módszerét vízi rendszerek ökológiai kockázatának meghatározására dolgozta ki. Ennek megfelelően

a kockázatbecslést elsősorban üledékek ökológiai kockázatának meghatározására alkalmazzák (LÓPEZ-GALVÁN et al. 2009; QIU 2010).

### **Célkitűzések**

Kutatásunk előtt célul tűztük ki, hogy felmérjük az Alsó-Tisza-vidéken és a Hármas-Körös mentén található holtágak állapotát az őket ért környezeti hatások szempontjából. Az állapotértékeléshez vizsgáltuk a holtágak üledékének szennyezettségét. Az üledékek elemzésével célunk az Alsó-Tisza vidéki és a Hármas-Körös menti holtágak terheltségének összehasonlítása, valamint az egyes holtágtípusok közötti különbségek vizsgálata, azaz annak elemzése, hogy a holtágak mentett oldalon vagy a hullámtéren való elhelyezkedése okoz-e eltéréseket üledékük állapotában.

A holtágak üledékében található terhelő anyagok koncentrációjának meghatározását követően célunk, hogy megbecsüljük a hullámtéri holtágak ökológiai kockázatát, így javaslatot tehetünk arra vonatkozóan, hogy mely hullámtéri holtágak azok, amelyek állapotának romlását meg kell akadályozni, illetve esetleges rehabilitációját meg kell fontolni.

### **Mintaterület**

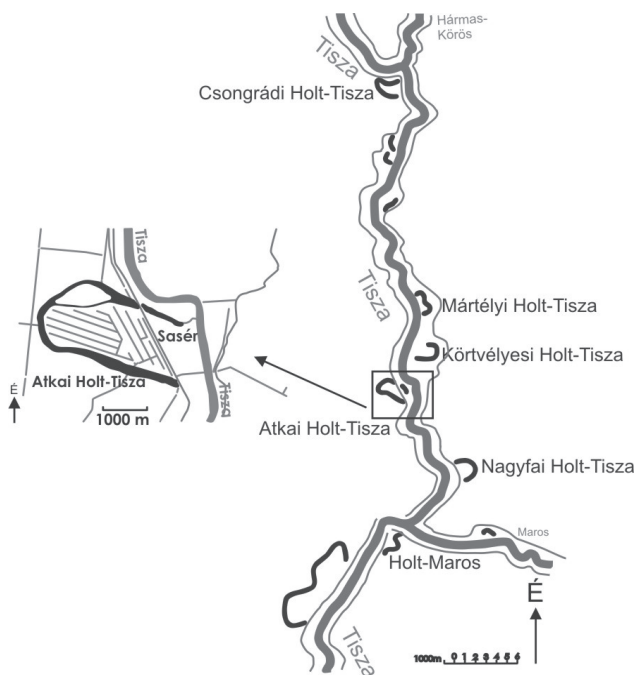
Az Alsó-Tisza-vidéken megtalálható 12 nagyobb holtág közül az 1. ábrán látható Csongrádi-, Mártélyi-, Körtvélyesi-, Nagyfai-Holt-Tiszának üledékminőségére vonatkozóan adatokat gyűjtöttünk a korábbi állapotfelmérésekből, rehabilitációt előkészítő vizsgálatokból (FARSANG 2007), majd ezt követően elvégeztük az Atkai-holtág mindkét szakaszának mintázását.

Az Atkai-holtág az 1862-es tiszai szabályozásokkor a 83. számú átvágásnál, a folyó jobb partján keletkezett. A gátépítések következtében szakadt ketté az egykori kanyarulat, melynek egyik része a mentett oldalra, míg egy másik – kisebb – része a hullámtérre került. Az előbbi az Atkai-Holt-Tisza, az utóbbi pedig az úgynevezett Sasér. A hullámtéri holtág a „szentély” típusú holtágak csoportjába tartozik (PÁLFAI 2001).

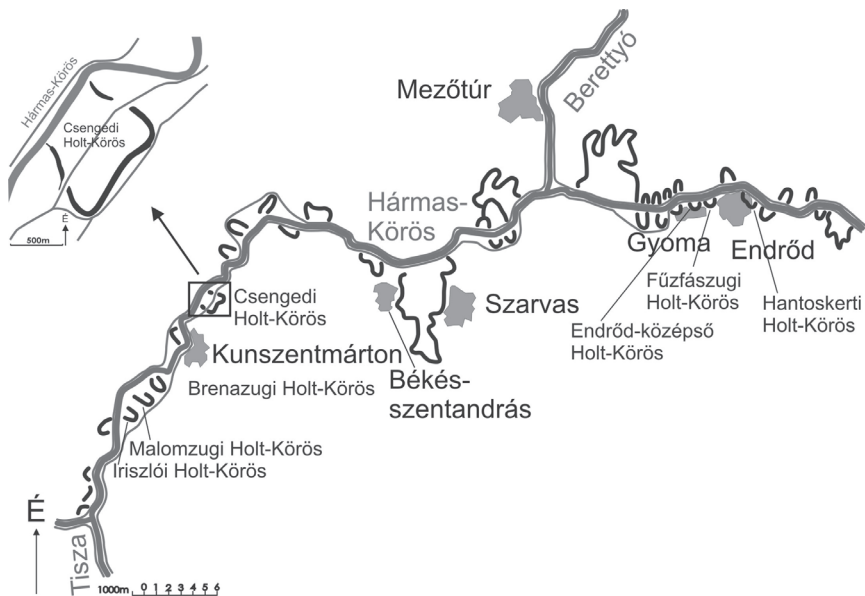
A Hármas-Körös menti holtágak közül a Csengedi-, Brenazugi-, Malomzugi- és az Iriszlói-Holt-Körösökből gyűjtöttünk üledékmintát és vetettük azokat vizsgálat alá. Ezek mellett a gyomaendrői Fűzfászugi-, Endröd-Középső-, valamint a Hantoskerti-Holt-Körös rehabilitációját megelőző iszapminőségre vonatkozó vizsgálati eredményeket dolgoztuk fel. A Hármas-Körös menti vizsgálati terület áttekintő térképe a 2. ábrán látható.

A Hármas-Körös menti Csengedi-holtág üledékének elemzésére azért került sor, mert a szabályozások során az egykori kanyarulatot három részre vágták, így ma a Csengedi-holtág legnagyobb része ármentesített területen fekszik, a két holtágvég azonban a hullámtéri területen helyezkedik el. A két ártéri csonk csak szezonálisan van vízzel borítva, azok külön holtágként nem értelmezhetők (PÁLFAI 2001).

Az Alsó-Tisza vidéken és a Hármas-Körös mentén összesen 14 holtág üledékének adatait értékeltük ki, amelyek közül kutatásunk során különösen nagy hangsúlyt fektetünk Tisza-menti Atkai-holtágra és a Körös partján fekvő Csengedi-holtágra, mivel ez két olyan egykori folyókanyarulat, amelynek a folyószabályozások következtében mentett oldali és hullámtéri része is keletkezett.



1. ábra A vizsgált Alsó-Tisza-vidéki holtágak  
 Figure 1. Studied oxbow lakes of the River Lower- Tisza



2. ábra A vizsgált Hármas-Körös menti holtágak  
 Figure 2. Studied oxbow lakes of the River Hármas-Körös

## Módszerek

2006-ban két időpontban mintáztuk meg az Alsó-Tisza vidéki Atkai-holtágat. A holtág mentett oldali részéből összesen 14, míg a hullámtéri részéből (Sasér) 4 üledékmin-tát gyűjtöttünk. A 2007-es évben vettünk mintákat a Hármas-Körös menti Brenazugi-, Malomzugi- és Iriszlói-holtágakból. Szintén 2007-ben került sor a Csengedi-holtág meg-mintázására is. A Csengedi-holtág két hullámtéri részéből 2–2 átlag iszapmintát vettünk, a mentett oldali részből pedig 4 átlagmintát gyűjtöttünk. A mintavételeket mindig ugyan-azon módszerrel végeztük. A mintákat minden esetben a holtág belső ívén, egymástól 500–500 méterre gyűjtöttük. Az üledékmin-tákat az iszap felső 10 cm-es rétegéből gyűj-töttük kézi mintavevővel. Átlagosan 1 m<sup>2</sup>-nyi területről 6 pontból vettünk iszapot, majd ezeket átkeverve nyertünk átlagmintákat.

Az üledékmin-tákat kiszárítottuk, porítottuk, majd vizsgáltuk a pH-ját, Arany-féle kötöttségét, szervesanyag- és összes-nitrogén tartalmát, valamint a nehézfém- és a felve-hető-nehézfém tartalmát. Jelen tanulmányban csak a nehézfém- és a felvehető-nehézfém vizsgálati eredményeket ismertetjük.

A nehézfém-meghatározást a Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék Talaj és Vízvizsgáló Laboratóriumában végeztük el. Az üle-dékmin-ták össz-elemtartalmát királyvizes feltárással, felvehető (mobilizálható) elem-koncentrációját Lakanen-Erviö-féle feltárást követően állapítottuk meg. A mérést Perkin Elmer 3110 AAS-láng típusú műszerrel végeztük a műszerkönyv által meghatározott módon. Mindkét feltárási módszer elvi alapját az MSZ 21470-50:2006 (3.3, 4.2) tartal-mazza.

A szennyezettségi indexszel ( $I_{sz}$ ) az egyes mintavételi pontok nehézfém terheltségét számítottuk az egyes elemkoncentrációkra vonatkozóan, az alábbi összefüggés alapján:

$$I_{sz} = (E_x / E_{max}) * 100,$$

ahol  $I_{sz}$ : szennyezettségi index  
 $E_x$ : elem koncentrációja adott pontban  
 $E_{max}$ : elem mért maximum koncentrációja.

Az ökológiai kockázat index számítását a Hakanson-féle módszerrel végeztük el, ami a szennyezettségi faktorról és a szennyezettségi fokkal értékeli az üledék, illetve a kör-nyezet állapotát. A módszer figyelembe veszi a nehézfémek jellemzőit, így nemcsak az üledékben található nehézfémek mennyisége adható meg, hanem következtethetünk azok környezeti, ökológiai hatásaira, illetve annak mértékére.

A módszer első lépéseként a szennyezettségi faktor megállapítása szükséges, mely az alábbi módon számítható:

$$C_f^i = C_i / C_n^i,$$

ahol  $C_i$  az átlag koncentrációja az adott elemnek  
 $C_n^i$  a háttérkoncentrációs értéke az adott elemnek  
 $C_f^i$  egyes-elem index (szennyezettségi faktor).

Második lépésként meghatároztuk a környezet szennyezettségi fokát ( $C_d$ ), melyet az összes elemre vonatkozó szennyezettségi faktor összessége ad meg.

$$C_d = \sum C_r^i$$

Hakanson négy kategóriát állapít meg a szennyezettségi fokra (amennyiben a vizsgált elemek száma nyolc).

1. táblázat Szennyezettségi osztályok  
Table 1. Degree of contamination

$C_d$ érték (8 vizsgált fém esetén)	$C_d$ érték (5 vizsgált fém esetén)	Szennyezettségi osztály
$< 8$	$< 5$	Alacsony szennyezettség
$8 \leq C_d \leq 16$	$5 \leq C_d < 10$	Mérsékelt szennyezettség
$16 \leq C_d < 32$	$10 \leq C_d < 20$	Jelentős szennyezettség
$C_d \geq 32$	$C_d \geq 20$	Magas szennyezettség

Ezt követően számoljuk az egyes elem potenciális ökológiai kockázat-indexét ( $E_r^i$ ) a következő módon:

$$E_r^i = C_r^i \times T_r^i$$

ahol

$T_r^i$  a toxikus reakció faktor, vizsgált elemenként állandó.

2. táblázat Toxikus reakció faktor elemenként  
Table 2. Toxic factor by elements

Vizsgált elemek	Hg	Pb	Cd	Cr	As	Cu	Ni	Zn
Toxikus reakció faktor	40	5	30	2	10	5	3	1

Utolsó lépésként számítjuk a potenciális ökológiai kockázat-indexet, melyet az egyes elem potenciális ökológiai kockázat indexek összessége adja:

$$R^i = \sum E_r^i$$

Az osztályba sorolás az alábbiak szerint végezhető el (amennyiben mind a nyolc megadott toxikus elemet vizsgáljuk).

3. táblázat Kockázati osztályok  
Table 3. Classes of risk index

<i>R<sup>i</sup> érték (mind a 8 vizsgált fém esetén)</i>	<i>R<sup>i</sup> érték (a Cd, Cu, Pb, Cr és Zn vizsgált esetén)</i>	<i>Kockázati osztály</i>
$R^i < 150$	$R^i < 94$	Alacsony potenciális ökológiai kockázat
$150 \leq R^i < 300$	$94 \leq R^i < 188$	Mérsékelt potenciális ökológiai kockázat
$300 \leq R^i < 600$	$188 \leq R^i < 376$	Magas potenciális ökológiai kockázat
$R^i \geq 600$	$R^i \geq 376$	Szignifikánsan magas potenciális ökológiai kockázat

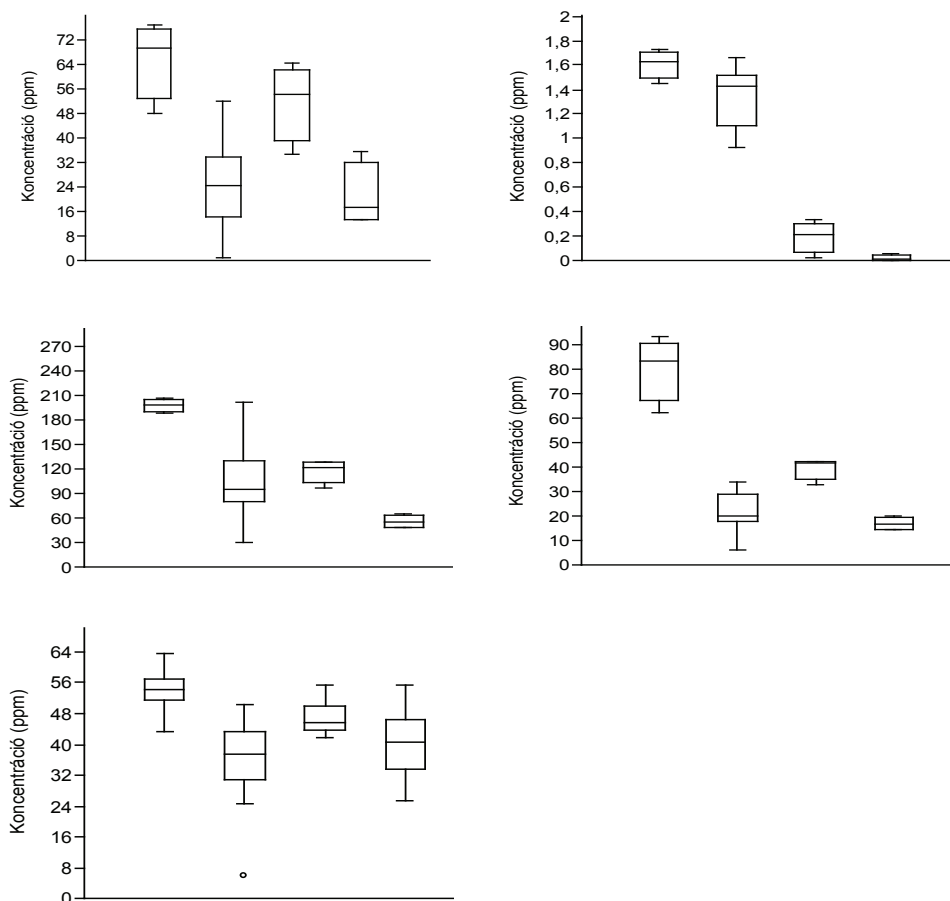
Mivel a vizsgált holtágak üledékében öt fém koncentrációját vizsgáltuk (Cd, Cu, Pb, Cr és Zn elemeket) ezért esetünkben a szennyezettségi és a kockázati osztályok is módosulnak (lásd 1. és 3. táblázat).

Az iszapvizsgálati eredményeket a 10/2000. (VI.2.) KöM-EüM-KHVM együttes rendeletben megtalálható talajokra vonatkozó háttér értékek segítségével értékeltük.

## Eredmények

### Az Atkai- és a Csengedi-holtágak iszapmintáiban mért nehézfém-tartalmak elemzése

A Tisza és a Körös folyó mentén elhelyezkedő Atkai-, illetve Csengedi-holtág hullámtéri és mentett oldali szakaszának vizsgálatával célunk az volt, hogy felmérjük a két holtág-típus környezeti állapotában, illetve nehézfém-terheltségében felismerhető különbségeket. Ennek megfelelően a 3. számú ábrán boxplot diagramokon ábrázoltuk a holtágak iszapjában található nehézfém-koncentrációk értékeit, összehasonlítva ezzel a mentett oldali (Atkai-holtág és Csengedi-holtág mentett oldali szakasza) és a hullámtéri (Saséri-holtág és a Csengedi-holtág ártéri szakaszai) területeket. A diagramokon jól látható, hogy a mediánt tekintve a hullámtéri holtágak minden elem tekintetében nagyobb terheltséget mutatnak, mint a mentett oldali holtágszakaszok. A diagramokról leolvashatók az alsó- és a felső-kvartilisek, továbbá látható, hogy kiugró értékek nincsenek a mintahalmazban egy elem tekintetében sem. A mediánokat tekintve a különböző területek nehézfém értékei (a Pb, Zn, Cu, Ni tekintetében) a következő sorrendben csökkennek: Sasér-hullámtér (Tisza) > Csengedi-hullámtér (Körös) > Atkai-mentett oldal (Tisza) > Csengedi-mentett oldal (Körös), míg a Cd elem esetében a Sasér-hullámtér (Tisza) > Atkai-mentett oldal (Tisza) > Csengedi-hullámtér (Körös) > Csengedi-mentett oldal (Körös) sorrend figyelhető meg.

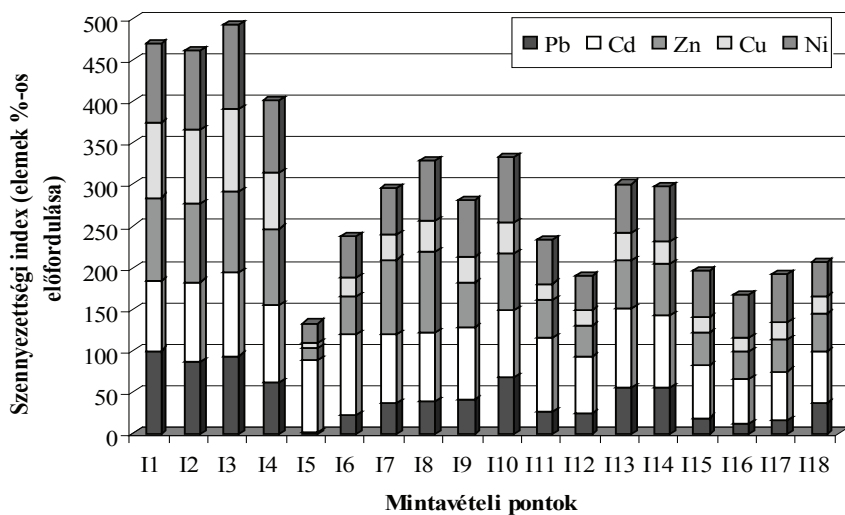


3. ábra Hullámtéri és mentett oldali minták fém-koncentrációi elemenként

Figure 3. Measured heavy metal content of oxbow lakes outside the dyke and at floodplain by elements

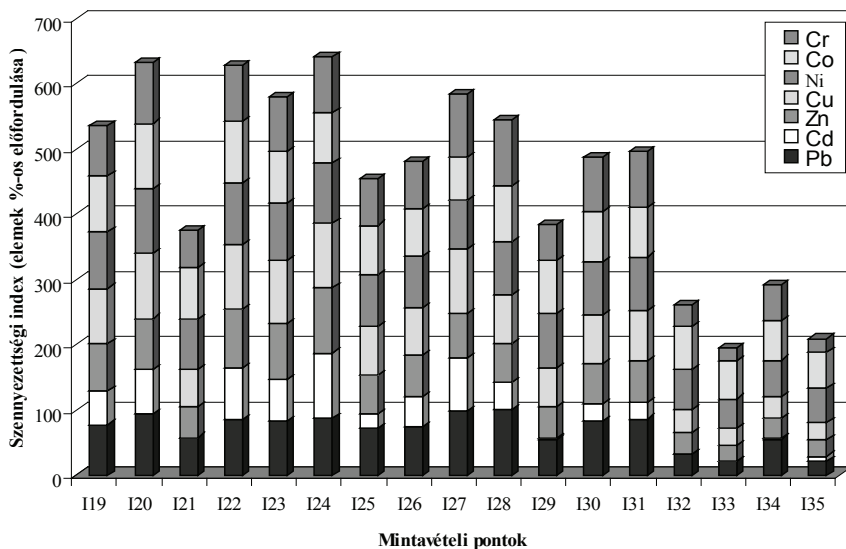
A szennyezettségi indexszel ( $I_{sz}$ ) megállapítható az egyes mintavételi pontok nehézfém terheltsége oly módon, hogy az adott elem összes pontban mért maximum értékéhez (ezt tekintve 100%-nak) viszonyítva határozzuk meg az adott pontban mért koncentráció részarányát.

A 4. ábrán látható, hogy a Saséri (I1 – I4) holtágrészen minden elem koncentrációja arányosan nagyobb, mint az Atkai-holtágban (I5 – I18), ebből következően az össz-szennyezettség is lényegesen magasabb értéket mutat az I1 – I4 mintákkal reprezentált hullámtéri holtágszakaszon.



4. ábra Szennyezettségi index mintavételi pontonként a Saséri és az Atkai-holtágban  
 Figure 4. Contamination index of the Atka and Sasér oxbow lakes by sampling points

Az 5. ábrán a Körös menti Csengedi-holtág hullámtéri (I28-I30) és mentett oldali (I32-I35) szakaszainak üledékében mért fémkoncentrációs értékeket ábráztuk a szennyezettségi indexszel ( $I_{sz}$ ), továbbá a diagramot kiegészítettük a szintén vizsgált Iriszlói- (I19-I21), Brenazugi- (I22-I24) és a Malomzugi-Holt-Körösök (I25-I27) iszapjában mért értékekkel.



5. ábra Szennyezettségi index mintavételi pontonként Körös menti holtágokban  
 Figure 5. Contamination index of the oxbow lakes of Körös by sampling points



A Csengedi-holtág tekintetében ugyanazok a tendenciák fedezhetők fel, amelyeket az Atkai-holtág vizsgálata során tártunk fel. Az 5. ábrán látható, hogy az összes vizsgált fém viszonylatában a Csengedi-holtág mindkét hullámtéri (I28, I29 a déli szakasz, illetve I30, I31 az északi rész) szakasza nagyobb terheltségű, mint a mentett oldalon fekvő szakaszai (I32-I35). Az ártéren elhelyezkedő Iriszlói- (I19-I21), Brenazugi- (I22-I24) és a Malomzugi-Holt-Körösök (I25-I27) hasonló értékeket mutatnak az össz-szennyezettség tekintetében, mint a Csengedi holtág hullámtéri (I28-I31) szakasza.

**Az Atkai-holtág iszapmintáiban mért nehézfém-tartalmak „felvehető” elemhányada**

Az összes-nehézfém tartalom mellett az Atkai- és a Saséri-holtágakból begyűjtött valamennyi iszapmintában megvizsgáltuk a növények által „felvehető” elemhányadot. Mindkét holtágszakasz esetében elemenként vizsgáltuk, hogy az összes elemtartalom átlagértékeinek hány százalékát képezi az átlagos felvehető elemtartalom (4. és 5. táblázat). A hullámtéri holtágszakasz üledékében a legnagyobb, mintegy 80%-os felvehető elemhányadot az ólom esetében mértünk. Szintén igen nagy százalékban van jelen az iszapokban mobilis formában a kadmium, valamint a cink és a réz is.

4. táblázat A Saséri holtág összes- és felvehető elemtartalma  
 Table 4. Total and mobile heavy metal content of the Sasér oxbow lake

<i>Saséri holtág</i>	<i>Pb</i>	<i>Cd</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>
Összes elemtartalom (ppm) (átlag)	65,93	1,60	197,53	80,49	59,66
Felvehető elemtartalom (ppm) (átlag)	53,01	0,89	47,92	27,88	5,65
Felvehető elemtartalom (%)	80%	55%	24%	35%	9%

Az Atkai-holtág mentett oldali szakaszának iszapjában szintén magas felvehető elemhányad tapasztalható (5. táblázat). A mentett oldali holtág üledékében – a Saséri holtághoz hasonlóan – az ólom mutatja a legnagyobb felvehető elemhányadot az összes elemtartalomhoz képest (68%). Az ólom mellett a kadmium és a réz mutat még igen magas százalékos értékeket.

5. táblázat Az Atkai-holtág összes- és felvehető elemtartalma  
 Table 5. Total and mobile heavy metal content of the Atka oxbow lake

<i>Atkai-holtág</i>	<i>Pb</i>	<i>Cd</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>
Összes elemtartalom (ppm) (átlag)	25,46	1,35	107,55	22,34	35,05
Felvehető elemtartalom (ppm) (átlag)	17,35	0,35	9,72	10,62	2,95
Felvehető elemtartalom (%)	68%	26%	9%	48%	8%

Figyelembe véve mindkét holtágszakaszt, elmondható, hogy a vizsgált holtágak üledékében az ólom és a réz van jelen legnagyobb arányban mobilis formában. A felvehető ólom aránya egy mintavételi pont vizsgálati eredményétől eltekintve minden mintavételi helyen meghaladja az 50%-ot, és egy pontban a 90%-ot is átlépi. A mobilizálható réz-

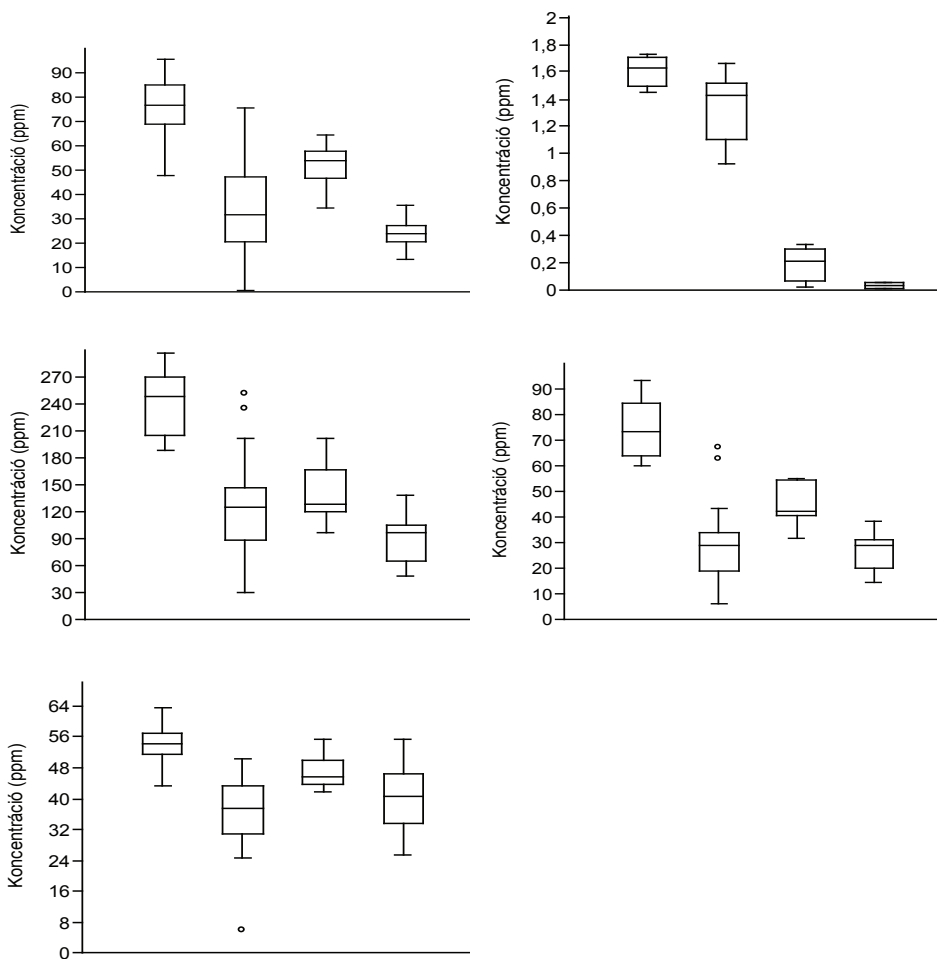
tartalmat vizsgálva megállapítottuk, hogy a Saséri holtágban alacsonyabb a felvehetőréz-tartalom, mint a mentett oldali területek iszapjában. A mentett oldali üledékmintákban az átlagos felvehetőréz-tartalom 34%, míg a mentett oldali mobilizálható réz-tartalom 50%. Ez a fordított arány más vizsgált elemek esetében nem mutatkozott. Összességében elmondható, hogy a mobilizálódó elemtartalom – a réz kivételével – minden elem tekintetében alacsonyabb a mentett oldali holtágban, mint a hullámtéri holtág üledékében. A két holtágszakasz közötti különbség tehát, amelyet megállapítottunk az összes-elemtartalomra vonatkozóan, a réz elem kivételével a felvehető elemtartalomra vonatkozóan is kirajzolódik.

### **A Tisza- és a Körös-menti holtágak iszapminőségének összehasonlítása**

Az összesen vizsgált (14 darab) Tisza- és Körös-menti holtág eredményeinek összehasonlítása céljából az iszapok fémkoncentráció-értékeit boxplot diagramon ábrázoltuk (6. ábra). A diagramokon elemenként vetjük össze a Tisza-vidéki és a Körös-menti holtágak két típusát. A diagramokból megállapítható, hogy a mediánt tekintve minden elem esetében magasabb értékeket mutat az adott folyó hullámtérén elhelyezkedő holtágainak iszapjában mért fémkoncentráció, mint a mentett oldali holtágak üledékében. A mediánokat tekintve a Pb, Zn, Cu elemek tekintetében a következő sorrend állapítható meg: Tisza (hullámtér) > Körös (hullámtér) > Tisza (mentett oldal) > Körös (mentett oldal). A Cd elem tekintetében a nagyobb terheltséget a Tisza menti holtágak mutatják a Körös ártéren fekvő holtágak iszapjának Cd-tartalmához képest.

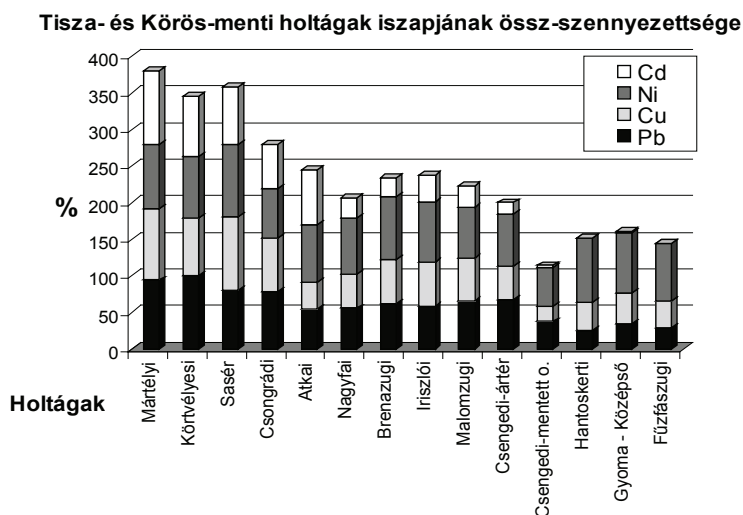
A vizsgált holtágak iszapminőség szerinti összehasonlításához holtágakra vonatkoztatva kiszámítottuk az össz-szennyezettséget a Cd, Ni, Pb és a Cu elemekkel, mivel ezek az elemek mind a tizenöt holt-meder üledékében mérésre kerültek (TAMÁS et al. 2011). A holtágak összehasonlítása során a szennyezettségi index a vizsgált holtág összes pontjában mért maximum elem-koncentrációnak és az összes vizsgált holtág minden pontjában mért maximum koncentrációnak (ezt tekintve 100%-nak) a hányadosa. Ezzel a vizsgálataba vont holtágak relatív szennyezettségi viszonyát kapjuk meg.

A 7. ábrán látható, hogy a legerheltebb holtágak a Tisza menti, hullámtéren elhelyezkedő morotvák, melyeket az első három oszlop reprezentál (ezek a Mártélyi-, Körtvélyesi-, Saséri-holtágak). Viszonylagosan magas terheltséget mutatnak azok a Körös-menti holtágak, melyek az ártéren találhatók (Brenazug, Iriszló, Malomzug, valamint a Csengedi-holtág ártéri szakasza). A Tisza mentett oldali holtágai (Atka, Nagyfa) közel azonos nehézfém-terheltséget mutatnak, mint a Körös ártéren fekvő holt-medrei. A legalacsonyabb össz-szennyezettséget a Körös-mentén található, mentett oldalon elhelyezkedő holtágak mutatják. Megállapítható, hogy a tiszai holtágak üledék-vizsgálata során tett megállapítás – miszerint a mentett oldali holtágak kevésbé terheltek szennyező fémek tekintetében, mint a hullámtéri morotvák – a Körös-mentén fekvő holtágak vizsgálata során is bizonyítást nyert. Megállapítható az is, hogy összességében véve a Körös-vidéki holtágak terheltsége kisebb, ennél fogva a két holtágtípus közötti különbségek sem mutatkoznak meg olyan élesen, mint a tiszai holtágak esetében.



6. ábra Tisza- és Körös-menti holtágak fém-koncentrációi elemenként

Figure 6. Measured heavy metal content of oxbow near the Tisza and the Körös rivers by elements



7. ábra Tisza- és Körös-menti holtágak iszapjának szennyezettségi indexe (vizsgálatba vont holtágak relatív szennyezettsége)

Figure 7. Contamination index of the oxbow lakes near the Tisza and Körös (relative contamination of the analysed oxbows)

### Alsó-Tisza menti hullámtéri holtágak iszapjának ökológiai kockázata

Az Alsó-Tisza-vidéken elhelyezkedő hullámtéri holtágak szennyezettségét a Hakanson-féle szennyezettségi fokkal és kockázat indexszel értékeltük. A számításokat az öt vizsgált elemre vonatkoztatva végeztük el (Cd, Cu, Pb, Cr és Zn). A  $C_n^i$  háttérkoncentrációnak a 10/2000. (VI.2.) KöM-EüM-FVM-KHVM együttes rendeletben meghatározott földtani közegre vonatkozó „A” háttér koncentráció értékeket használtuk, mivel jelenleg nem áll rendelkezésünkre az üledékekre általánosan meghatározott háttér koncentrációs érték.

6. táblázat Az Alsó-Tisza-vidék hullámtéri holtágainak szennyezettségi osztályba sorolása  
Table 6. Degree of contamination of Lower-Tisza oxbow lakes

Vizsgált holtágak	Környezet szennyezettségi foka ( $C_d$ )	Szennyezettségi osztály
Mártély	14	Jelentős szennyezettség
Körtvélyes	12	Jelentős szennyezettség
Sasér	14	Jelentős szennyezettség

A szennyezettségi osztályokat vizsgálva megállapítható, hogy mindhárom Tisza menti hullámtéri holtág a jelentős szennyezettségi osztályba sorolható (6. táblázat), mivel a hullámtéri holtágak iszapjának nehézfém koncentrációja és a földtani közegre vonatkozó háttér értékek hányadosa viszonylag magas. Mindhárom holtág potenciális ökológiai kockázata a mérsékelt kockázati osztályba esik (7. táblázat), tehát a szennyező anyag toxikológiai tulajdonságaival súlyozott aránya alacsony.

7. táblázat Az Alsó-Tisza-vidék hullámtéri holtágainak ökológiai kockázata  
 Table 7. Risk index of Lower-Tisza oxbow lakes of floodplain

<i>Vizsgált holtágak</i>	<i>Potenciális ökológiai kockázat index (R<sup>i</sup>)</i>	<i>Kockázati osztály</i>
Mártély	151	Mérsékelt potenciális ökológiai kockázat
Körtvélyes	118	Mérsékelt potenciális ökológiai kockázat
Sasér	131	Mérsékelt potenciális ökológiai kockázat

### Hármas-Körös menti hullámtéri holtágak iszapjának ökológiai kockázata

A Hármas-Körös mentén vizsgált hullámtéri holtágak ökológiai kockázatának becslését szintén az öt vizsgált fém tekintetében végeztük el.

A szennyezettségi fok meghatározása során mind a négy vizsgált holtág a mérsékelt szennyezettségi kategóriákba került (8. táblázat), mivel a hullámtéri holtágak iszapjában mért értékek és talajokra vonatkozó háttér koncentrációs értékek közötti különbségek nem jelentősek.

8. táblázat Hármas-Körös menti hullámtéri holtágainak szennyezettségi osztályba sorolása  
 Table 8. Degree of contamination of Hármas-Körös oxbow lakes

<i>Vizsgált holtágak</i>	<i>Környezet szennyezettségi foka (C<sub>d</sub>)</i>	<i>Szennyezettségi osztály</i>
Iriszló	8	Mérsékelt szennyezettség
Brenazug	9	Mérsékelt szennyezettség
Malomzug	7	Mérsékelt szennyezettség
Csengedi	6	Mérsékelt szennyezettség

A toxikus reakció faktorról súlyozott értékek – melyek megadják a környezeti kockázatot – igen alacsonyok, minden R<sup>i</sup> érték >94, így mind a négy vizsgált Hármas-Körös menti holtág az alacsony potenciális ökológiai kockázat kategóriába sorolandó.

9. táblázat Hármas-Körös menti hullámtéri holtágainak ökológiai kockázata  
 Table 9. Risk index of Hármas-Körös oxbow lakes of floodplain

<i>Vizsgált holtágak</i>	<i>Potenciális ökológiai kockázat index (R<sup>i</sup>)</i>	<i>Kockázati osztály</i>
Iriszló	34	Alacsony potenciális ökológiai kockázat
Brenazug	36	Alacsony potenciális ökológiai kockázat
Malomzug	30	Alacsony potenciális ökológiai kockázat
Csengedi	28	Alacsony potenciális ökológiai kockázat

## Megvitatás

Munkánk során megállapíthatóvá vált, hogy mind a Tisza menti, mind a Körös menti holtágak esetében a hullámtéri tavak nehézfém-terheltsége magasabb, mint a mentett oldali morotváké. Az iszapokon végzett vizsgálatokból és mérési eredményekből következtünk arra, hogy a két holtágtípus fejlődési folyamataiban eltérő tényezők dominálnak (lásd 6. ábra), valamint hogy az ártéri morotvák magasabb nehézfém-koncentrációinak hátterében antropogén hatások, azaz a folyóvíz által szállított fémekkel terhelt üledékek állnak.

Az elemzett tizennégy tiszai és Körös menti holtág közül a Tisza árterén megtalálható – védett természeti területen elhelyezkedő – Mártélyi- és Saséri-holtág a legterheltebb. Az iszapminőséget figyelembe véve a vizsgált holtágak közül a legkedvezőbb állapotban Körös menti Csengedi-holtág mentett oldali szakasza, valamint a három, Gyoma város területén fekvő – Hantoskerti, Gyoma-Középső, és Fűzfászugi – holtág van. Az elvégzett Hakanson-féle ökológiai kockázat becslés alátámasztotta azt a feltevésünket, hogy nem elegendő a holtágak iszapjában mért nehézfémek alapján döntenünk egy holtág rehabilitációját illetően. Az ökológiai kockázatbecslést követően megállapítható, hogy a talajokra vonatkozó háttér értékekhez viszonyítva mind a tiszai, mind a Körös-menti hullámtéri holtágak potenciális ökológiai kockázata alacsony vagy mérsékelt. A holtágak állapotának értékelése és a rehabilitációt illető döntés-előkészítés során nem hagyható figyelmen kívül az iszapok magas felvehető, mobilizálható elem hányada, ugyanis ezek a magas százalékos értékek igen nagy kockázati tényezőt jelentenek akkor, amikor a holtágak rehabilitációja kapcsán a kotrási iszapot a termőföldön helyezik ki. Számolnunk kell tehát azzal, hogy a mobilizálható elemhányad minden esetben szűk keresztmetszete lesz a kotrási iszap hasznosítási módjának, így nehezítheti a holtágak rehabilitációjának lehetőségeit.

## Irodalom

- BOEKHOLD A.E. 2008: Ecological risk assessment in legislation on contaminated soil in The Netherlands. *Science of the Total Environment* 406: 518–522.
- FARSANG A. 2003, 2004, 2006, 2007: Talajtani szakvélemény a Mártélyi Holt-Tisza, a Csongrádi Holt-Tisza, a Nagyfai Holt-Tisza, a Holt-Maros, a Körtvélyesi Holt-Tisza, valamint a Hármas-Körös három holtága, az Endrődi Középső-Holtág, a Fűzfászugi- és a Hantoskerti-Holtágak vízelenített fenéküledékének, kotrási iszapjának termőföldön történő elhelyezésére. Kézirat. SZMEKTIT Bt.
- HAKANSON L. 1980: An ecological risk index for aquatic pollution control, a sedimentological approach. *Water research* 14(8): 975–1001.
- IRMGARD HENNING-DE JONG ET AL. 2009: The impact of an additional ecotoxicity test on ecological quality standards. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Elsevier, Pages 72(8): 2037–2045.
- LÓPEZ-GALVÁN E., BARCELÓ-QUINTAL I., SOLÍS-CORREA HE., BUSSY AL., AVILA-PÉREZ P., DELGADILLO SM. 2009. Calculation of the Ecological Risk Index in the José Antonio Alzate Dam, State of Mexico, Mecixo. *Biological Trace Element Research* 135: 121–135.
- MALBY L., BLAKE N., BROCK TCM., VAN DEN BRINK PJ. 2005: Insecticide species sensitivity distributions: importance of test species selection and relevance to aquatic ecosystems. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24: 379–388.
- NEWMAN MC., OWNBY DR., MEZIN LCA., POWELL DC., CHRISTENSEN TRL., LERBERG SB., ANDERSON B-A. 2000: Applying species-sensitivity distributions in ecological risk assessment: assumption of distribution type and sufficient number of species. *Environmental Toxicology and Chemistry* 19: 508–515.

- PÁLFAI I. 2001: Magyarország holtágai. Kiadta a Közlekedési és Vízügyi Minisztérium, Budapest.
- PENNINGTON DW. 2003: Extrapolating ecotoxicological measures from small data sets. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 56: 238–250.
- POSTHUMA L., SUTER GW., TRAAS TP. 2002: Species sensitivity distributions in ecotoxicology. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- QIU H. 2010: Studies on the Potencial Ecological Risk and Homology Correlation of Heavy Metal in the Surface Soil. *Journal of Agricultural Science* 2: 194–201.
- SWARTJES F., CARLON C., DE WIT N. 2008: The possibilities for EU-wide use of similar ecological risk-based soil contamination assessment tools. *Sciences of the Total Environment* 406: 523–529.
- TAMÁS M., FARSANG A., VAVRA Á. 2011: Az Alsó-Tisza vidéki és a Hármas-Körös völgyi holtágak környezeti állapot vizsgálata iszapminőségi mutatók alapján. *Hidrológiai Közöny* 91: 27–34.
- TANG W., SHAN B., ZHANG H., MAO Z. 2010: Heavy metal sources and associated risk in response to agricultural intensification in the estuarine sediments of Chaohu Lake Valley, East China. *Journal of Hazardous Materials* 176: 945–951.
- VAN VLIET PCJ., DE GOEDE RGM. 2008: Nematode-based risk assessment of mixture toxicity in a moderately polluted river floodplain in The Netherlands. *Science of the Total Environment* 406: 449–454.
- WHEELER JR., GRIST EPM., LEUNG KMY., MORRITT D., CRANE M. 2002: Species sensitivity distributions: data and model choice. *Marine Pollution Bulletin* 45: 192–202.
- MSZ 21470-50:2006 Környezetvédelmi talajvizsgálatok. Az összes és az oldható toxikus elem-, a nehézfém-, és króm- (VI) tartalom meghatározása.
- 10/2000. (VI. 2.) KÖM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelet a felszíni alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF ASSESSMENT OF OXBOW LAKES NEAR ALSÓ-TISZA  
AND HÁRMAS-KÖRÖS BASED ON SEDIMENT ANALYSES RESULTS

M. TAMÁS, A. FARSANG

Department of Physical Geography and Geoinformatics, University of Szeged  
Szeged H-6722, Egyetem u. 2., e-mail: tamasgitta@gmail.com, farsang@geo.u-szeged.hu

Keywords: oxbow, sediment, heavy metal content, ecological risk, Lower-Tisza, Hármas-Körös

Floodplains and oxbow lakes of the plains represent extraordinary natural and ecological values. Besides their gene preserving function, they have got a role in landscape diversity, tourism and water reserve. To let the oxbows be able to provide these functions, there is a need for continuous monitoring and repair. The condition of oxbow lakes can be measured by analyzing the quality of water and sediment. During our research we appraised the status of oxbow lakes of Lower-Tisza and Hármas-Körös rivers by the quality of their surface water and bottom sediment, then we assumed the ecological status of the floodplain oxbows based on the ecological risk index defined by the Hakanson-method. According to the Hakanson ecological risk index, the floodplain oxbows of Lower-Tisza river carry a moderate potential ecological risk, while the floodplain oxbows of Hármas-Körös river can be categorized with low potential ecological risk.

