

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
FÖLDTUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Folyóvízi rendszereket érő antropogén hatások értékelése
Alsó-Tisza és Hármas-Körös menti holtágak környezeti
állapotvizsgálatán keresztül

TAMÁS MARGIT

Témavezető:
Dr. Farsang Andrea, DSc
egyetemi docens

Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

Szeged

2018.

1. Előzmények, célkitűzések

A Tiszán és mellékfolyóin a 19. század második felében történt szabályozási munkák következtében kialakult hullámtereken szántóművelés, erdő- és gyepgazdálkodás folyik. A folyóink menti árterületeken helyezkedik el természetvédelmi területeink jelentős része (Dobrosi et al., 1993). A hullámtereken, illetve a folyók mentén a gáttal védett területeken számtalan kisebb-nagyobb kiterjedésű holtágat találhatunk. Az Alsó-Tisza mentén összesen 11 holtág található, melyek együttes területe meghaladja az 560 ha-t, a Hármas-Körös mellett 19 db morotva fekszik, melyek területe 730 ha körül van.

Kutatásom elsődleges célja, hogy minősítsem a hullámterek állapotát az Alsó-Tisza-vidéki és a Hármas-Körös menti holtágak vizének minősége, a hullámtéri talajok és a holtágak iszapjának szennyezőanyag-vizsgálatán keresztül. Ezen túlmenően célom, hogy a holtágak üledékében akkumulálódó szennyező anyagok azonosítását követően feltárjam az iszapokban található szennyezők eredetét és egy, a nemzetközi szakirodalomban alkalmazott módszer szerint értékeljem az üledékek minőségén keresztül a holtágak ökológiai kockázatát.

A doktori kutatómunkám során az alábbi célokat tűztem ki az ártéri víz-talaj-iszap rendszer vonatkozásában:

- Alsó-Tisza-vidéki holtágak állapotértékelése az 1988 és 2005 közötti vízminőségi (ammónium, nitrát, nitrit, kémiai oxigénigény és toxikus mikroszennyezők) mutatókon keresztül;
- az eltérő területhasználatú hullámtéri talajok szennyezőanyag-tartalmának (Cu, Ni, Co, Cr, Pb, Zn, Cd, As) meghatározása alapján a területhasználatból eredő eltérések feltárása az Alsó-Tisza és a Hármas-Körös mentén;
- holtágak medrében felhalmozódó szennyezőanyag-tartalom meghatározása szennyezettségi index számítással (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni) annak érdekében, hogy az egyes holtágak szennyezettsége, állapota összehasonlítható legyen;
- a mentett oldali és a hullámtéri holtágak, valamint a Tisza és Körös menti holtágak közötti különbségek megállapítása annak céljából, hogy a szükség szerint eltérő óvintézkedések legyenek kidolgozhatók;
- Felső-Tisza-vidéki és Alsó-Tisza-vidéki holtágak víz- és üledékminőségének összehasonlítása a mentett oldali és a hullámtéri elhelyezkedés figyelembe vételével;
- a hullámtéren kiülepedő szennyező anyagok akkumulációjának a meghatározása, különös tekintettel a természetes eredetű és az antropogén szennyezők elkülönítésére;
- azon szennyezők, nehézfémek kijelölése, amelyek magas, vagy kiugróan magas mobilitásuk miatt fokozott figyelmet érdemelnek;

- holtágak ökológiai kockázat becslésére is alkalmazható módszer kiválasztása, a kiválasztott Hakanson-féle ökológiai kockázat modell alkalmazása;
- sorrendiség felállítása a legnagyobb ökológiai kockázatú területektől a környezeti szempontból legkevésbé veszélyes holtágakig annak érdekében, hogy a sürgős intézkedést igénylő holt-medrek azonosíthatók legyenek;
- a holtágak rehabilitációjának elősegítése céljából a környezeti szempontból legveszélyesebb holtágak, és a „kritikus” szennyezők kijelölése.

A víz, talaj és iszap vonatkozásában rendelkezésre álló adatokat a hatályos jogszabályokban foglalt határértékek szerint értékeltem.

2. Anyagok és módszerek

Az Alsó-Tisza és a Hármas-Körös menti holtágak több okból is ideális mintaterületnek bizonyultak a kutatásomhoz. Elsősorban azért volt célszerű választás, mert a mintaterületek kellően változatosak: a védettségi fokukat, hasznosítási formájukat, a területhasznosítási módokat és a holtágak elhelyezkedését tekintve. Másodsorban mivel hasonló kutatás zajlott, zajlik a Tisza felső, magyarországi szakaszán, ezért a vizsgálati eredmények összevethetők.

A holtágak vízminőségének elemzéséhez az Alsó-Tisza-vidéki Környezetvédelmi és Természetvédelmi Felügyelőség Környezetvédelmi Laboratóriuma által végzett felszíni vízvizsgálati adatokat (1988 és 2005) elemeztem a Serházzugi, Nagyfai, Mártélyi és Körtvélyesi holtág vonatkozásában (KOI, tápanyag-tartalom, ammónium, nitrit, nitrát, mikroszennyezők).

Talajmintavételeket egy időpontban (2010) végeztem két holtág környezetében. Az egyik az Alsó-Tisza vidéki Osztorai Holt-Tisza, amely környezetéből három területhasználati típusú területről (rét, erdő, szántó) gyűjtöttem feltalaj mintákat. Míg a másik a Brenazugi Holt-Körös, amely mentén legelő és erdő területek talajvizsgálatát végeztem.

Iszapminőség szempontjából összesen 15 holtág (a Hármas-Körös mentén a Brenazugi, Malomzugi, Iriszlói, Csengedi-mentett oldal, Csengedi-hullámtér, Fűzfászugi, Endrőd-Középső, Hantoskerti, az Alsó-Tisza mentén a Csongrádi, Osztorai, Mártélyi, Körtvélyesi, Nagyfai, Atkai és a Sasér) iszapvizsgálati eredményeit elemeztem. Ezek egy része korábbi állapotfelmérésekből, rehabilitációt előkészítő vizsgálatokból (Farsang A., 2003a, 2003b, 2004, 2006), egy másik része pedig saját mintagyűjtésből és laborvizsgálatokból származik (2006, 2007, 2011).

A talaj- és iszapmintáimon – a szárítást és porítást követően – az alábbi vizsgálatokat végeztem el:

- pH (H₂O, KCl) – Radelkis típusú pH mérővel MSZ-08-0206/2:1978 szabvány alapján;
- mésztartalom vizsgálat – Scheibler-féle kalciméterrel MSZ-08-0206/2:1978 szabvány alapján;
- szervesanyag-tartalom vizsgálat – kálium dikromáttal és a kénsavval történő roncsolást követően a fényelnyelést UNICAM Helios Gamma UV-VIS (Thermo Scientific) spektrofotométerrel végeztem;
- humuszminőség vizsgálat – NaF és NaOH oldatokkal való meghatározás az MSZ 21470/52:1983 szabvány alapján;
- össznitrogén tartalom mérése Gerhardt Vapodest 20 nitrogéndesztillálóval az MSZ-080458-80 szabvány alapján;

- nehézfém-koncentráció meghatározás – királyvizes feltárást követően Perkin Elmer 3110 típusú készüléken MSZ-21470/50:2006 szabvány alapján;
- szekvenciális feltárás BCR technológiával (sav oldható fázis, azaz a kicserélhető fémek és a karbonátokhoz kötött frakció; redukálható fázis, azaz a vas- és magnéziumoxidokhoz kötött frakció; oxidálható fázis, azaz a szerves anyagokhoz, illetve a szulfidokhoz kötött frakció és a maradék fázis, azaz az ásványokhoz kötött frakció).

A holtágak vízminőség szerinti osztályozása során az MSZ 12749:1993 szabvány, a 31/2004. (XII.30.) rendelet iránymutatásai és a 10/2010. (VIII.18.) a felszíni víz vízszennyezettségi határértékeiről és azok alkalmazásának szabályairól szóló VM rendeletben található határértékek szerint értékeltem.

A talaj- és üledékvizsgálataim során feltárt szennyezőanyag-koncentrációkat a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről együttes rendeletben meghatározott földtani közegre megállapított „B” szennyezettségi határértékek szerint minősítettem. Alkalmaztam továbbá a (nem hatályos) 10/2000. (VI.2.) KöM-EüM-KHVM a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről együttes rendeletben a talajokra meghatározott „A” háttérkoncentrációs értékeket, melyek megadják az anyag természetes vagy természetközeli állapotát jelentő koncentrációját a talajban.

A 40/2008. (II.26.) Kormányrendelet tartalmazza a mérgező elemek és káros anyagok megengedhető koncentrációját a talajokban. Az e rendeletben foglalt határértékek felhasználásával lehetséges az, hogy a holtágrekultivációk során kikotort iszapok mezőgazdasági területen történő kihelyezésének lehetőségeit felmérjük.

A mérési eredmények összesítését és értékelését az Microsoft Excel 2010 és az PAST 3.1 alkalmazások segítségével végeztem.

3. Az eredmények összefoglalása, tézisek

3.1 Kimutattam, hogy az Alsó-Tisza vidéken a mentett oldali holtágak vizei – a nitrát kivételével – magasabb tápanyag-tartalmúak (ammónium, nitrit, kémiai oxigénigény), mint a hullámtéri holtágak vizei.

A fenti megállapításomat az Alsó-Tisza-vidéki holtágak 1988 és 2005 közötti vízminőségi (ammónium, nitrát, nitrit, kémiai oxigénigény) adatainak feldolgozása alapján tettem. Ez az eredményem megegyezik a Felső-Tisza-vidéken végzett kutatások eredményeivel (Szabó-Babka, 2007).

1. táblázat. A holtágak vizében mért tápanyag-tartalom átlag- és szórásértékei

Vizsgált elem	Mentett oldali holtágak		Hullámtéri holtágak		10/2010. VM rend.sz. hatérték
	Serházzug	Nagyfa	Mártély	Körtvélyes	
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,30 ± 0,35 (n=109)	0,85 ± 1,58 (n= 102)	0,16 ± 0,16 (n=111)	0,20 ± 0,31 (n=106)	< 0,3
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,08 ± 0,11 (n=102)	0,09 ± 0,17 (n=97)	0,03 ± 0,04 (n=105)	0,04 ± 0,07 (n=96)	Nincs adat
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,87 ± 1,29 (n=105)	0,92 ± 1,07 (n=99)	1,00 ± 1,45 (n=109)	1,41 ± 2,33 (n=98)	< 0,4
KOI _p (mg/l)	13,11 ± 2,63 (n=102)	38,27 ± 24,35 (n=97)	7,65 ± 2,82 (n=105)	10,67 ± 3,85 (n=96)	< 40

Két hullámtéri (Mártély és Körtvélyes) és két mentett oldali (Serházzug és Atka) holtág vizének 1988 és 2005 közötti átlagos ammónium, nitrát, nitrit és kémiai oxigén adatait értékeltem a 10/2010. Korm. rendeletben megtalálható határértékek szerint. A 17 éves időszak átlagát tekintve a Nagyfai holtág a nitrát és ammónium tartalma is meghaladta a határértékeket, és mind a négy vizsgált holtág nitrát-tartalma a megengedett érték fölött volt.

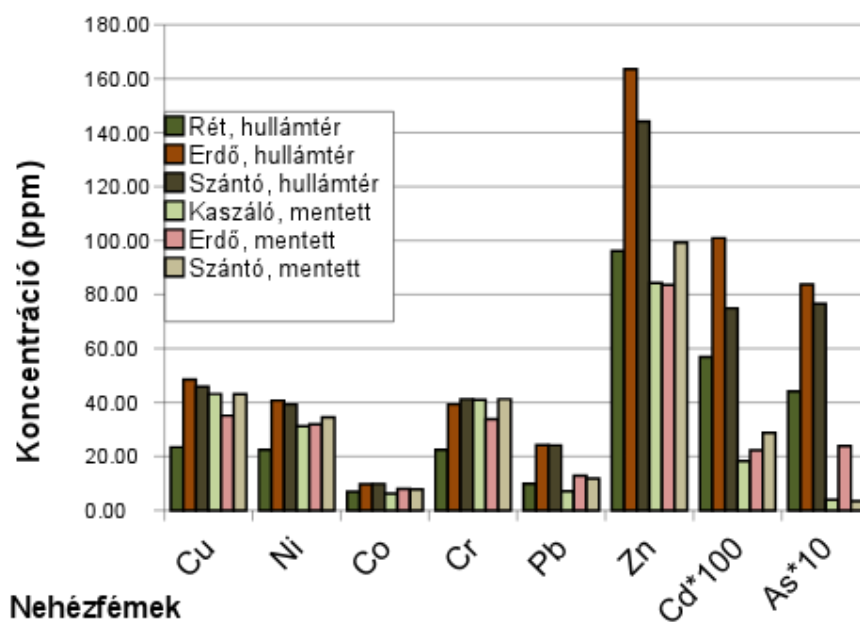
3.2 Az Pb, Zn, Cd és As elemek – a területhasználati típusoktól függetlenül – mind a tiszai, mind a Körös menti talajokban a hullámtéri területeken magasabb koncentrációban vannak jelen, mint a mentett oldali területek feltalajaiban.

Mintaterületeimen feltártam az eltérő területhasználatú hullámtéri talajok szennyezőanyag-tartalmát és a területhasználatból eredő különbségeket:

- A Körös menti hullámtéri feltalajok nem mutatnak különbséget a pH, mésztartalom, humuszmenyiség és –minőség, valamint a fémkoncentrációt tekintve sem területhasználatonként (rét és erdő).
- Az Alsó-Tisza menti hullámtéri mintaterületen a pH-t, mésztartalmat, humuszmenyiséget és -minőséget vizsgálva nem állapítható meg

törvényszerűség a területhasználati típusok vonatkozásában. A mért átlagos szennyezőanyag-tartalmat tekintve megállapítható, hogy a réti parcellák minden vizsgált elem esetében alacsonyabb értékeket mutatnak, mint az erdő vagy szántó területhasznosítású talajok.

- A vizsgált talajtani paraméterek esetében nincsen törvényszerű eltérés vagy hasonlóság a területhasználati típusok figyelembe vételével sem a Tisza és a Körös talajainak vonatkozásában, sem a mentett oldali és a hullámtéri területek viszonylatában (1. ábra). A Pb, Zn, Cd és As elemek koncentrációja mind a tiszai, mind a Körös menti talajokban a hullámtéri területeken magasabb, mint a mentett oldali területek feltalajaiban.

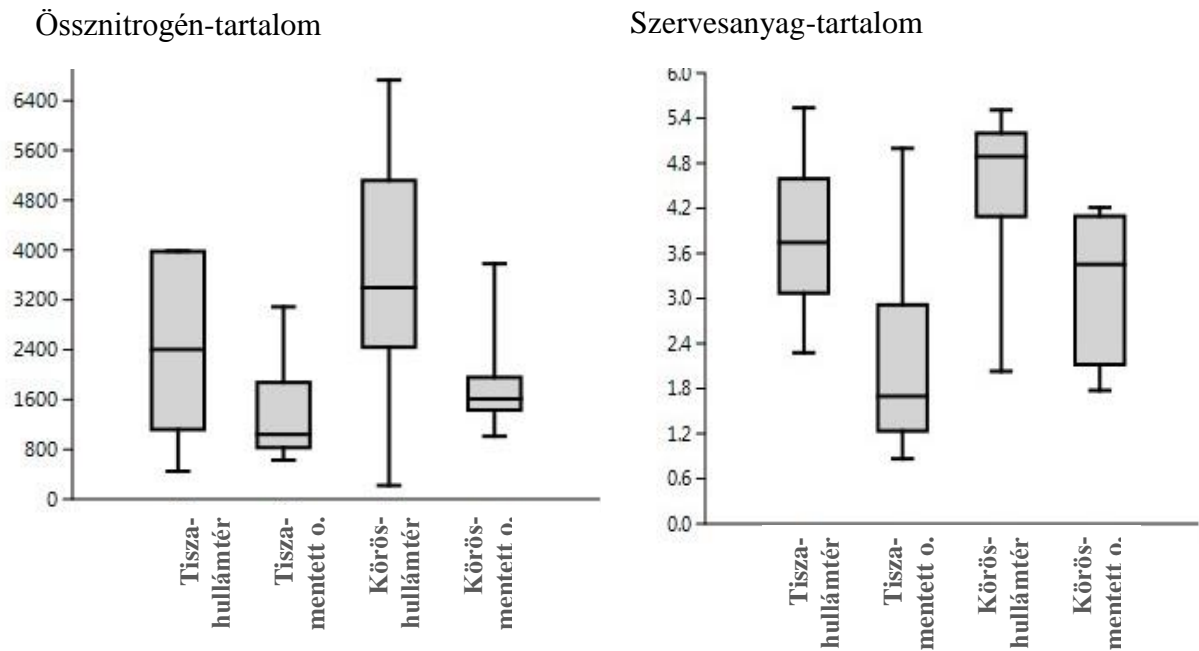


1. ábra. Tisza menti területek feltalajának fémvizsgálati eredményei

3.3 Megállapítottam, hogy mind az össznitrogén-tartalom, mind pedig a szervesanyag-tartalom eredményeket tekintve a Körös-menti holtágak üledékei magasabb össznitrogén és szervesanyag-tartalommal rendelkeznek, mint a Tisza mentiek, valamint ugyanez az állítás igaz a hullámtér – mentett oldal viszonylatában is.

Az Alsó-Tisza vidékről hat, a Hármas-Körös mentéről pedig nyolc holtág iszapjának össznitrogén- és szervesanyag-tartalmát vizsgáltam. Megállapítottam, hogy a hullámtéri holtágak össznitrogén- és szervesanyag-tartalma is magasabb, mint a mentett oldaliaké. A Körös hullámterének holtágai magasabb össznitrogén-

tartalommal rendelkeznek, mint a tiszaiak, valamint, hogy a Körös gátakkal védett morotvák magasabb szervesanyag százalékkal rendelkeznek, mint a Tisza mentett oldalán elhelyezkedő holtágak (2. ábra). Összességében elmondható, hogy össznitrogén- és szervesanyag-tartalom alapján a holtágak csoportjai az alábbi csökkenő sorrendben állnak: Körös (hullámtér) > Tisza (hullámtér) > Körös (mentett oldal) > Tisza (mentett oldal).



1. ábra. Tisza és Körös menti hullámtéri és mentett oldali holtágak összehasonlítása össznitrogén-tartalom és szervesanyag-tartalom szempontjából

3.4 Megállapítottam, hogy minden vizsgált szennyezőt tekintve a Tisza-menti holtágak üledékei magasabb elem-tartalommal rendelkeznek, mint a Körös mentiek, valamint ugyanez az állítás igaz a hullámtér – mentett oldal viszonylatában is.

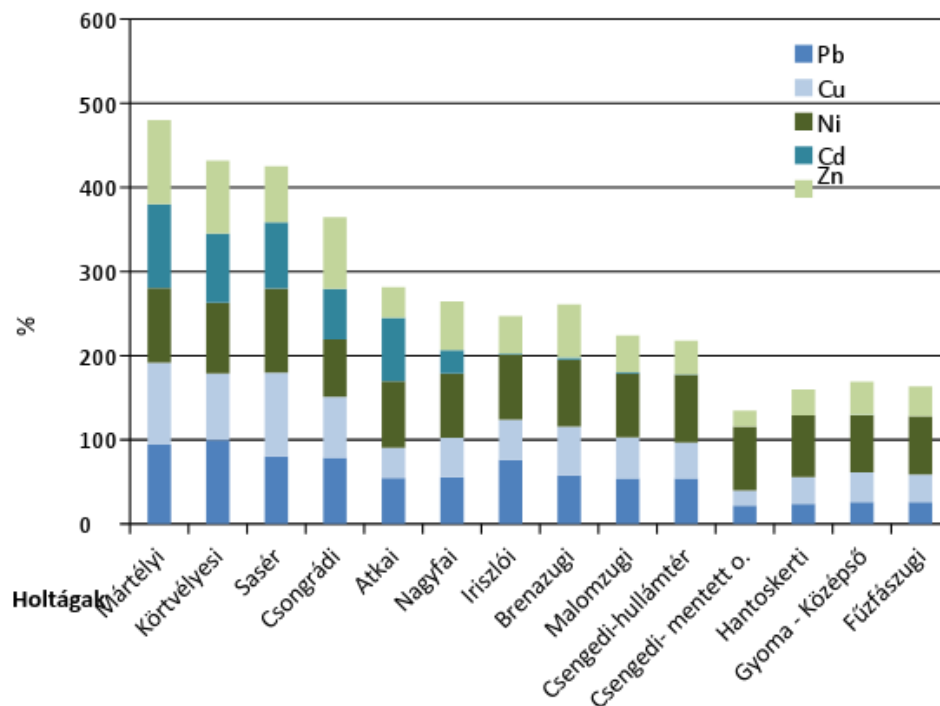
A felszíni víz- és a talajvizsgálatok kiértékelését követően került sor a holtágak üledékének analitikai vizsgálatára, majd ezek több szempont (határértékek szerinti értékelés, szennyezettségi index, mentett oldal és hullámtér összehasonlítása, mobilis szennyező anyagok kijelölése) szerinti kiértékelésére.

A vizsgált Körös menti holtágak átlagos elemtartalmát összevetve a 6/2009. (IV.14.) rendeletben meghatározott „B” határértékkel megállapítottam, hogy a nikkel-tartalom egy holtág kivételével (Csengedi, mentett oldal) minden holtág üledékében meghaladja a rendeletben meghatározott limit értéket. Az átlagos

nikkel- és krómtartalom minden Körös-vidéki hullámtéri holtág esetében meghaladja a rendeletben foglalt határértéket. Az Alsó-Tisza-vidéki hullámtéri holtágak esetében több vizsgált fém tekintetében is tapasztaltam „B” szennyezettségi határértéket meghaladó koncentrációt, úgy mint a kadmium, réz, nikkel, cink és króm esetében. A tiszai mentett oldali holtágakat vizsgálva szintén határérték-túllépés figyelhető meg a kadmium, nikkel és cink elemek kapcsán. Mind a tiszai holtágak, mind a Körös-menti holtágak üledék-vizsgálata igazolta, hogy a mentett oldali holtágak kevésbé terheltek szennyező fémek tekintetében, mint a hullámtéri morotvák. Emellett az is kimutatható, hogy összességében véve a Körös-vidéki holtágak terheltsége kisebb, mint a tiszai holtágaké.

3.5 Megállapítottam, hogy a szennyezettségi index egyrészt alkalmas arra, hogy meghatározzuk azokat az elemeket, amelyek egy holtág rekultiváció során környezeti szempontból legveszélyesebbek, másrészt használható a vizsgált holtágak relatív szennyezettségi sorrendjének felállítására.

Az összes vizsgált (14 darab) holtág összehasonlítását a szennyezettségi indexszel végeztem el, mely a vizsgált holtág összes pontjában mért maximum elemkoncentrációnak és az összes vizsgált holtág minden pontjában mért maximum koncentrációnak (ezt tekintve 100%-nak) a hányadosa (3. ábra).



3. ábra Alsó-Tisza-vidéki és Hármas-Körös menti holtágak iszapjának szennyezettségi indexe

A szennyezettségi index számítások szerint a szennyezettségi sort döntően befolyásolja a kadmium mennyisége az iszapokban, míg kisebb hatása van a cink, a réz és az ólom arányának.

A szennyezettségi index alkalmas a vizsgálatba vont holtágak relatív szennyezettségi viszonyának meghatározására. Megállapítottam, hogy a legterheltebb holtágak a Tisza menti, hullámtéren elhelyezkedő morotvák (ezek a Mártélyi-, Körtvélyesi-, Saséri-holtágak), majd viszonylagosan magas terheltséget mutatnak a Tisza mentett oldali holtágai (Csongrád, Atkai, Nagyfa). Ezt követik azok a Körös menti holtágak, melyek az ártéren találhatók (Brenazug, Iriszló, Malomzug, valamint a Csengedi-holtág ártéri szakasza), majd a legkisebb nehézfém-terheltséget a Körös ártéri holtágai mutatják (Csengedi-holtág mentett oldali szakaszai, Hantoskerti, Gyoma-Középső és Fűzfászugi). A szennyezettségi index alapján az alábbi szennyezettségi sor állítható fel: Körös (hullámtér) > Körös (mentett oldal) > Tisza (hullámtér) > Tisza (mentett oldal).

3.6 Megállapítottam, - az összes elemtartalom és a mobil frakció aránya alapján – hogy az Alsó-Tisza-vidéki holtágakat tekintve, mindkét holtág típust figyelembe véve a legkevésbé mobilis elemek a Pb és a Cr, míg a környezeti szempontból legveszélyesebb a Cd.

A legkritikusabb, legszennyezettebb holtágak azonosítását követően, annak érdekében, hogy megállapíthassam azon szennyezőket, nehézfémeket, amelyek magas vagy kiugróan magas mobilitásuk miatt fokozott figyelmet érdemelnek, elvégeztem ezen elemek (As, Zn, Cd, Pb, Ni, Co, Mn, Cr, Cu) szekvenciális feltárását. Azaz hét tiszai holtágra vonatkozóan (Csongrádi-, Osztorai-, Mártélyi-, Körtvélyesi-, Nagyfai-, Atkai-, Saséri) megvizsgáltam az elemek frakciónkénti eloszlását. Elkülönítve a hullámtéri és a mentett oldali holtágak iszapjában mért elemeket, mobilitási sort állítottam fel az összes elemtartalom és a mobil frakció aránya alapján. A hullámtéri holtágak iszapjának mobilitása növekvő sorrendben a következőképpen alakul: Pb<Cr<Ni<Co<As<Cu<Zn<Mn<Cd, a mentett oldalon pedig: Pb<Cr<Cu<Co<Ni<Zn<As<Cd<Mn. Megállapítható tehát, hogy mindkét vizsgált területen a legkevésbé mobilis elemek a Pb és a Cr, míg a környezeti szempontból legveszélyesebb a Cd.. Míg tehát az összes elemtartalmat tekintve a nikkell, króm, cink és kadmium elemeket helyeznénk fókuszba a holtágak iszapjának minősítése, illetve az iszapok lehetséges ökológiai hatásának vizsgálatakor, addig látható, hogy – mivel erősen kötött formában vannak jelen – így a nikkell és a króm nem „kritikus” elem.

Így a hullámtéri holtágak iszapjának cinktartalmával és a kadmium előfordulásokkal számolnunk kell akkor, amikor az iszapok mezőgazdasági területen való

kihelyezése vagy a holtág ökológiai állapota a kérdés csakúgy, mint a mangán és az arzén elemekkel, melyek esetében a fémtartalom kevesebb, mint 30%-a van erősen kötött állapotban az iszapokban.

3.7 Adaptáltam hazai viszonyokra, kifejezetten holtágak esetére a Hakanson-féle kockázatbecslési eljárást és megállapítottam, hogy az általam vizsgált minden Körös menti holtág a mérsékelt szennyezettségi osztályba sorolandó és alacsony ökológiai kockázati besorolású. A Tisza menti mentett oldali holtágak mérsékelt szennyezettségi, míg a hullámtéri holtágak a jelentős szennyezettségi osztályba sorolandók. Minden vizsgált tiszai morotva mérsékelt ökológiai kockázatúnak minősült. Ezek alapján megállapítható, hogy előnyben kell részesítenünk a hullámtéri holt medrek rehabilitációját a mentett oldali vizes élőhelyekével szemben.

Egy egyszerű, kizárólag az iszapok fémkoncentrációja alapján történő minősítésre alkalmas eljárás a Hakanson-féle kockázatbecslési eljárás, mellyel számszerűsíthető és jellemezhető a holtágak szennyezettsége. A Hakanson-féle módszer a szennyezettségi fokkal és kockázat indexszel értékeli a vizsgált területet. A számításokat öt vizsgált elemre vonatkoztatva végeztem el (Cd, Cu, Pb, Cr és Zn). Háttérkoncentrációnak a 10/2000. (VI.2.) KöM-EüM-FVM-KHVM együttes rendeletben meghatározott földtani közegre vonatkozó „A” háttérkoncentráció értékeket használtam, mivel jelenleg nem áll rendelkezésre az üledékekre általánosan meghatározott háttérkoncentrációs érték. Az általam vizsgált minden Körös-menti holtág (beleértve a mentett oldali és a hullámtéri holtágakat is) a mérsékelt szennyezettségi osztályba sorolandó és alacsony ökológiai kockázati besorolású. A Tisza-menti mentett oldali holtágak a mérsékelt szennyezettségi, míg a hullámtéri holtágak a jelentős szennyezettségi osztályba sorolandók. Minden vizsgált tiszai morotva mérsékelt ökológiai kockázatúnak minősült. A potenciális ökológiai kockázat index értékeit áttekintve megállapítható, hogy elsősorban a Mártélyi és a Saséri, majd pedig a Körtvélyesi holtágakat kell fókuszba helyezni, ezt követően pedig az Atkai holtág rehabilitációja lehet szükséges és csak ezeket követően kerülhet sor a többi tiszai, majd pedig a Körös-menti holtágak rehabilitációjára. Mivel a hullámtéri holtágak potenciális ökológiai kockázata nagyobb, mint a mentett oldali holtágaké, ezért – amennyiben további vizsgálati adatok nem állnak rendelkezésre, akkor is – előnyben kell részesítenünk a hullámtéri holt medrek rehabilitációját a mentett oldali vizes élőhelyekével szemben.

3.8 Javaslatot fogalmaztam és számításokkal igazoltam, hogy a holtág rekultivációk során keletkező kotrási iszapok kihelyezéséhez kapcsolódóan célszerű a befogadó mezőgazdasági terület nagyságának meghatározásakor a nehézfém mobil hányadával történő vizsgálatok és számítások lefolytatása, majd ennek korrigálása az összes nitrogén-tartalommal.

A holtág rehabilitációjához kapcsolódóan az egyik leglényegesebb feladat a holtágak medrében felhalmozódott iszapréteg eltávolítása. A kitermelt iszap elhelyezésére kézenfekvő megoldás lehet az üledék mezőgazdasági területekre történő kihelyezése. Ehhez a folyamathoz figyelembe vettem a 40/2008. (II.26.) Kormányrendeletben megfogalmazott követelményeket és a 49/2001. (IV.3.) és a 27/2006. (II.7.) Kormányrendeletekben foglaltakat. Fenti jogszabályok határozzák meg az évente egy hektár mezőgazdasági területre kihelyezhető elemek maximális mennyiségét. Fentiek figyelembe vételével vizsgáltam azt, – mind az iszapok össznitrogén tartalma, mind a károsanyagok mennyisége vonatkozásában – hogy az egyes limitáló tényezők függvényében 1 hektár mezőgazdasági területre hány m³ iszap kihelyezése történhet meg. Ha az összes elemtartalmat és az összes nitrogéntartalmat vizsgáljuk, akkor a kobalt és a nikkelt azok az elemek, amelyek koncentrációja meghatározza a kihelyezhető iszap térfogatát. Az üledék kobalttartalmából kifolyólag ugyanis maximum ~100-160 m³ iszap helyezhető ki egy hektár mezőgazdasági területre. (Ebben az esetben a Mártélyi-holtág teljes rehabilitációja esetén több, mint 900 hektár terület lenne szükséges az üledék-elhelyezéshez). Ha azonban a számításunk alapját nem az összes elemtartalom, hanem a növények által hozzáférhető elemhányad alapján végezzük el, akkor az egy hektárra egy év alatt kihelyezhető iszapmennyiség jelentősen megnövekszik. Ebben az esetben az összesnitrogén-tartalom válik a kihelyezés szűk keresztmetszetévé. Amennyiben a Mártélyi holtág 95.000 m³-nyi iszapjának kihelyezése a cél, akkor – mivel egy hektárra ~220 m³ iszap helyezhető ki – kb. 420 hektárnyi terület kijelölése szükséges. Amennyiben csak a mobilis elemhányadot vennénk figyelembe a kihelyezés során, akkor a kobalt elem bizonyulna a szűk keresztmetszetnek a vizsgált Alsó-Tisza-vidéki holtágak esetében. Kivétel ez alól az Atkai-holtág, ahol a kadmium elem az, amelynek mobilis hányada miatt a legkevesebb iszap helyezhető ki egy hektár mezőgazdasági területre.

Míg az összeselem-tartalom vizsgálatok szerint a Körös-vidéki holtágak esetében a nikkelt és a krómt, az Alsó-Tisza-vidéki holtágak esetében pedig a kadmium, a nikkelt, a cinkt és a krómt bizonyultak a legszennyezőbb, kritikus elemeknek, addig a felvehető elemhányad és a rehabilitációt modellező számítások szerint a kobalt és a krómt elemek hatásai jelentősebbek lehetnek a mezőgazdasági kihelyezés során. A fenti megállapítások igazolják, hogy – mivel a holtágak, mint vizes élőhelyek állapotának fenntartása sok esetben csak a mederüledék kitermelésével valósulhat

meg, – ezért a kitermelt iszap költség-hatékony elhelyezéséhez a rehabilitálandó terület komplex környezetértékelése (azaz a környezeti szempontból veszélyes állapotú holtágak és szennyezők kijelölése) elengedhetetlen.

Az értekezés témakörében megjelent publikációk:

1. Tamás, M. – Farsang, A. (2011a): Evaluation of environmental condition: water and sediment examination of oxbow lakes. *ADG Landscape and Environment*, 5, 2, 84-92.
2. Tamás, M. – Farsang, A. (2011): Nehézfém-szennyezettség vizsgálat Alsó-Tisza-vidéki hullámterületeken. In: Mócsy I., Szacsvai K., Urák I., Zsigmond A. R., Szikszai A. (szerk), VII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, II. kötet. Sapiientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Kolozsvár, 634-642.
3. Tamás, M. – Farsang, A. – Vavra, Á. (2011): Az Alsó-Tisza vidéki és a Hármaskörös völgyi holtágak környezeti állapot vizsgálata iszapminőségi mutatók alapján, *Hidrológiai Közöny*, 91, 27-34.
4. Tamás, M. – Farsang, A. (2012): Alsó-Tisza-vidéki és Hármaskörös menti holtágak környezeti szempontú értékelése iszapvizsgálatok eredményei alapján, *Tájökológiai Lapok* 10 (2) 231-245.
5. Tamás, M. – Farsang, A. (2012): Folyóvízi rendszerekre gyakorolt antropogén hatások feltárása holtágak üledékvizsgálatán keresztül. Lóczy D. (szerk), *Geográfia a Kultúra Fővárosában I.: az V. magyar Földrajzi Konferencia természetföldrajzi közleményei*. Pécsi Tudományegyetem, Pécs, Publikon Kiadó, 283-295.
6. Tamás, M. – Farsang, A. (2016): Determination of heavy metal fractions in the sediments of oxbow lakes to detect the human impact on the fluvial system (Tisza River, SE Hungary). *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 10.5194/hess-2016-207.