

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**A FELSŐ-TISZA ÉS HOLTMEDREINEK KOMPLEX
KÖRNYEZETANALITIKAI VIZSGÁLATA**

PhD thesis

**COMPLEX ENVIRONMENTAL ANALYTICAL EXAMINATION OF
THE UPPER-TISZA RIVER AND ITS OXBOW LAKES**

Babka Beáta

Témavezető: Dr. Szabó Szilárd



DEBRECENI EGYETEM
Földtudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2013

1. Bevezetés, témaválasztás indoklása

Hogyan tudunk hosszútávon együtt élni a környezetünkkel és az élethez nélkülözhetetlen folyóinkkal? Erre a kérdésre mielőbb gyakorlati válaszokra van szükségünk az elméletiek helyett, mivel az emberiség folyamatosan az erőforrások kiaknázásán munkálkodik, a lehetséges következmények figyelmen kívül hagyásával (Graaff et al., 2008). Az emberek gyakran csak akkor törődnek a kialakult negatív következményekkel, ha azok már maguktól helyreállni nem képesek. Ezért tenni azonban sokkal költségesebb és nehezebb, mintha a negatív következmények kialakulását akadályoznánk meg. Így az emberiség egyik feladata, hogy képes legyen időben felismerni azt a határt, amikor még csak olyan mértékig aknázza ki a vízfolyások és állóvizek nyújtotta lehetőségeket, amellyel csak korlátozott mértékben befolyásolja őket, és amellyel nem veszélyezteti ökológiai állapotukat, valamint környezetük zavartalan működését (Szlávik – Deseő, 2004). Ehhez szükséges, hogy minél közelebb kerüljünk a folyóink és környezetük megismeréséhez, megértéséhez.

A Tisza Magyarország második legnagyobb folyójaként fontos szerepet tölt be hazánk életében, ezért fontos, hogy helyes képet kapjunk környezete állapotáról. Az utóbbi években egyre több figyelmet kapnak a folyót kísérő holtmedrek is, részben az árvizekkel, cianid- és nehézfém-szennyezésekkel kapcsolatban (Lakatos et al., 2003), részben pedig az általuk képviselt természetvédelmi, vízgazdálkodási és tájképi értékek miatt (Pálfai, 2001).

A Tiszát nagyon sok antropogén hatás érte a folyószabályozásokkal kezdődően, de európai viszonylatban a Tisza és völgye még ma is az egyik legtermészetesebb állapotú folyóvölgynek számít (Szabó, 2008), jelentősen meghatározva Kelet-Magyarország természeti képét, valamint vízgazdálkodását (Zsuga, 2003). Emberi beavatkozások azonban a folyót kísérő holtmedreket is érték. A természetes úton lefűződött és a szabályozások útján kialakult holtmedrek a szukcesszió különböző stádiumaiban vannak (Dévai et al., 2001). Némelyek csak nagyobb esőzések és áradások alkalmával töltődnek fel vízzel. Típusaikat tekintve, lehetnek köztük természetes állóvizek, kopolyák, kistavak és mocsarak is (Wittner et al., 2004).

A Tisza és holtmedrei keltették fel az érdeklődésemet egy meglehetősen átfogó és hosszú ideig tartó vizsgálat sorozat iránt, amelyet nagyszámú mintavételek, valamint sokrétű elemzési és komplex kiértékelési módszerek kísérnek.

2. Célkitűzés

Munkám során a következő célkitűzéseket fogalmaztam meg:

- Átfogó képet adjak a Felső-Tisza (Tiszabecs – Tokaj) és a folyót kísérő holtmedrek környezeti állapotáról.
- Megvizsgáljam a folyóból és a holtmedrekből vett víz- és üledékmintákat izotópanalitikai, vízkémiai, és elemanalitikai szempontból.
- Megállapítsam a vizsgált Tisza szakasz és a holtmedrek vizének, valamint üledékének minőségét és szennyezettségi állapotát.
- Megvizsgáljam a mentett oldali és hullámtéri holtmedrek Tiszával való hasonlóságait, különbségeit.
- Fényt derítsek a holtmedrek vízpótlási lehetőségeire.
- Az eredményeket összehasonlító elemzéseknek vessem alá különböző kiértékelési módszerekkel.

3. Anyag és módszer

Munkám során tavaszi, nyári és őszi mintavételeket is végeztem azzal a céllal, hogy a holtmedrek aktív állapotáról azonos évszakonként kapjak információt. Így összesen 9 mintavételi időpont volt 5 év leforgása alatt: 2005. október, 2006. május, 2006. augusztus, 2007. október, 2008. október, 2009. november, 2010. március, 2010. július és 2010. augusztus.

A kutatás komplexitásának növelése érdekében a minták típusait és a vizsgálati módszereket bővítettem, így 8 mintavétel során felszíni vízmintákat gyűjtöttem be összesen 45 db holtmederből (12 mentett oldali, 33 hullámtéri) és 7 helyről a Felső-Tiszából. 3 mintavétel során üledékmintákat vettem a holtmedrek üledékéből, és 5 esetben talajvízvizsgálatokra is sor került az általam fúrt talajvíz kutakból. A talajvízminták vételekor négy hullámtéri holtmedret választottam ki Gávavencsellő, Tiszahát, Mezőladány és Gulács települések közelében, ahol a kutak a holtmedren kívül, a már elhagyott mederrészben, valamint a holtmeder és a Tisza között helyezkedtek el.

A mintákon vízkémiai, elemanalitikai és izotópanalitikai vizsgálatokat végeztem a Debreceni Egyetem Földrajzi Intézetének laboratóriumában, az Analab Kft. közreműködésével, valamint az MTA ATOMKI Hertelendi Ede Környezetanalitikai Laboratóriumában (HEKAL). A vízkémiai vizsgálatok alatt pH, víz hőmérséklet, fajlagos vezetőképesség, nitrát, nitrit, ammónium, oldott ortofoszfát és permanganátos kémiai oxigénigény méréseket végeztem. Az elemanalitikai vizsgálatok során az Al, As, Ba, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, P, Se, S, Sr és Zn koncentrációit határoztam meg. Az izotópanalitikai vizsgálatok keretében $\delta^{18}\text{O}$ és δD értékeket mértem, mivel ezek segítségével következtethetünk a vizek korára, a párolgás mértékére, így eredetükre is, valamint segítséget nyújtanak a víz útjának nyomon követésére.

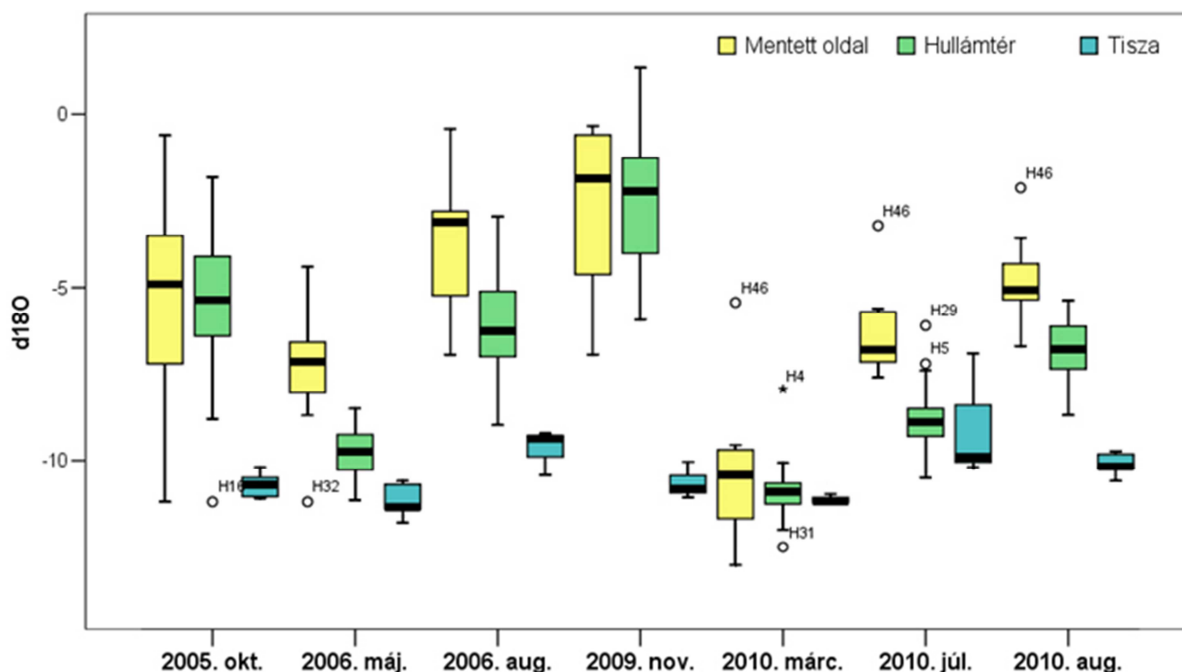
Az adatok feldolgozásához a Microsoft Excel 2010 szoftvert, a statisztikai értékeléshez SPSS 19.0 for Windows szoftvert használtam. Az eredményeket szignifikancia-, korreláció-, főkomponens-, hierarchikus klaszter- és diszkriminancia-analízisnek vettem alá.

4. Kutatási eredmények

4.1. Izotópanalitikai eredmények

1. tézis: A Tisza, valamint a hullámtéri és mentett oldali holtmedrek határozott különbséget mutatnak a vízminták stabilizotóp vizsgálata alapján. A Tisza izotóparány értékei élesen elkülönülnek a holtmedrekétől. A mentett oldali holtmedrek határozottan elválnak a hullámtériektől.

A $\delta^{18}\text{O}$ és δD értékek mintavételi terület szerinti ábrázolása (ld. 1. ábra) során határozottan látszik, hogy a holtmedrekben kevésbé negatív eredmények születtek, mint a Tiszában, illetve a mentett oldali holtmedrek a nullához közelebb álló izotóparány-eltolódásokat mutatnak a hullámtériekhez képest. Ez alapján a vizek párolgási állapotára lehet következtetni. A Tiszával mindig friss, főleg a Kárpátokból származó olvadék- és csapadékvizek érkeznek, amelyek izotóparányai jellegzetesen negatívabbak a magyarországi csapadékoknál, és igen szűk határok között mozognak (Fűrj, 2005; Elek et al., 2006). Ezért láthatjuk, hogy a tiszai minták negatívabb izotóparányokkal rendelkeznek, és a szórásuk is jóval kisebb, mint a holtmedrek esetében.



1. ábra. A vízminták $\delta^{18}\text{O}$ (‰) értékének ábrázolása az elhelyezkedésük szerint csoportosítva a mintavételi időpontok függvényében

2. tézis: A mintavételi időpontok jelentős hatással vannak a holtmedrekben mért izotóparányok alakulására. Kimutatható a tél végi hóolvadás és a Tisza áradása utáni folyamatos pozitív irányú izotóparány-eltolódás, amely a párolgás határozott jele.

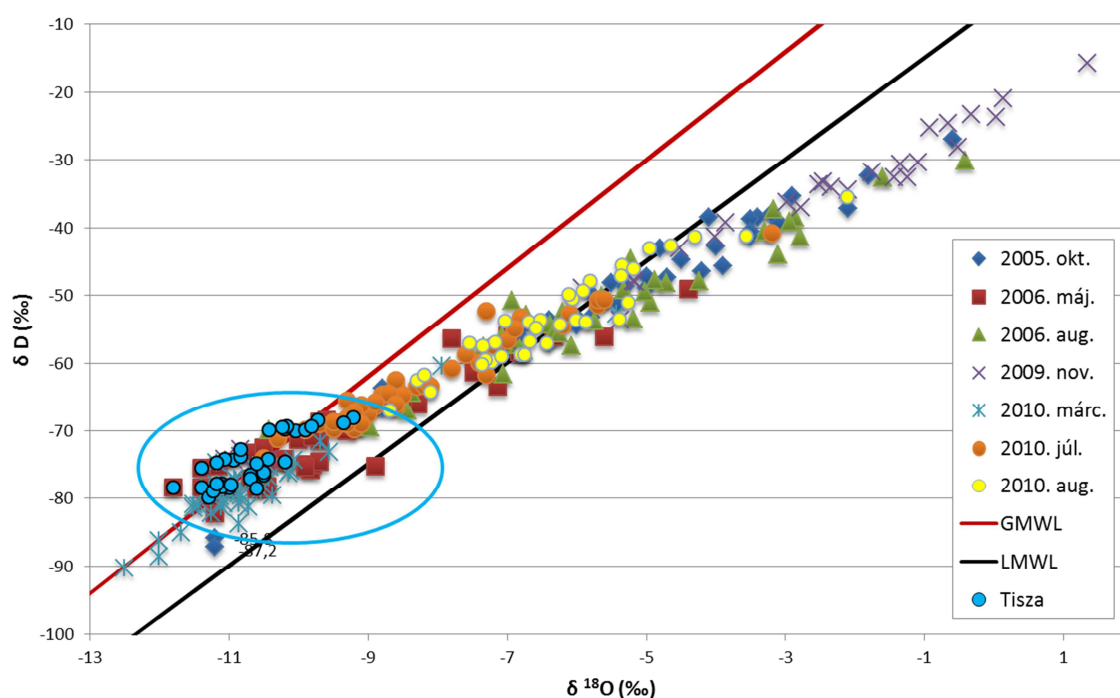
Az izotóparány értékeket megvizsgálva a mintavételi időpontok szerinti csoportosításban (ld. 1. ábra) azt tapasztaltam, hogy a δ értékeket nemcsak a mintavételi hely, hanem a mintavétel időzítése is befolyásolja. A holtmedrek és a Tisza vizének eredményeire jelentős hatással van az, hogy a mintavétel melyik hónapban történt. Tél végén, kora tavasszal a Tisza előtti a hullámtér nagy részét, és az ott található holtmedreket feltölti, ezáltal negatív irányba tolja a vizük izotóparányait. Ahogy telnek a hónapok, azok a holtmedrek, amelyek nincsenek kapcsolatban a Tiszával, akár a felszínen pl. egy csatornával vagy a felszín alatt pl. a régi folyómeder vízáteresztő talajrétegein keresztül, folyamatosan párolognak, izotóparányaik pozitív irányba tolódnak. A csapadék természetesen hígíthatja ezt a jelenséget, de hatása mégsem látványos, nem mutatható ki egyértelműen.

3. tézis: A holtmedrek vizét elsősorban a tél végi hóolvadás és a tavaszi áradás biztosítja, a csapadék és a Tiszából való vízpótlás nem meghatározó jelentőségű.

Ha egy „képzeletbeli” évbe összesűrítjük a mintázási hónapokat (ld. 1. ábra), akkor a folyamatos pozitív irányú eltolódás, azaz a párolgás határozottan megfigyelhető: a 2010. márciusi és 2006. májusi mintázás értékei a legnegatívabbak, utánuk 2010. július következik, majd 2010. és 2006. augusztus, végül 2005. október, és a leginkább bepárlódott a 2009. novemberi mintázás eredménye. A szórások a párolgás előrehaladtával egyre nagyobbak, és egyre nagyobb a különbség a holtmedrek és a Tisza között is, valamint egyre kisebb a különbség a mentett oldal és a hullámtér között. Vagyis a hullámtéri holtmedrek nagy része idővel „behozza” a párolgásban a lemaradást a mentett oldallal szemben. A 2010. márciusi

mintázás közvetlenül a tél végi hóolvadás után, a 2006. májusi és a 2010. júliusi mintázás pedig a tiszai áradás levonulása után történt.

A 2. ábrán láthatjuk, hogy a Tisza vizének eredményei az egyetemes csapadékvonalon (GMWL) helyezkednek el, amelynek a Tiszát tápláló olvadékvizek az okai. A holtmedrek δ értékei azonban megközelítőleg egyenest alkotva keresztezik a GMWL-t és az LMWL-t (helyi csapadékvonal) is, kisebb meredekséggel. Ez a párolgás jele, ugyanis a holtmedrek egy párolgási vonalon helyezkednek el. Azok az értékek, amelyek a GMWL (és a Tisza értékei) körül találhatók, vízpótlást kaptak a Tiszából (2010. márciusi, 2006. májusi és 2010. júliusi mintázás). Ezeket az ellipszissel jelöltem. Ahogy tovább haladunk a holtmedrek képezte egyenes mentén, azok a holtmedrek következnek, amelyekre a párolgással együtt a csapadék is hatást gyakorolt (2010. augusztus és 2006. augusztus), az ábra legmagasabb pontjait pedig azok a holtmedrek alkotják, amelyekben a párolgás dominál (2005. október és 2009. november). Ezek már átkerültek a helyi csapadékvonal jobb oldalára. A holtmedrek hiába sekélyek és nagy vízfelületűek, a csapadék mennyisége mégsem képes jelentősen befolyásolni a hónapról-hónapra végbemenő párolgási folyamatot, akár a hullámtérről, akár a mentett oldalról legyen is szó.



2. ábra. A vízminták δD (‰) értékeinek ábrázolása a $\delta^{18}O$ (‰) értékek függvényében

4.2. Vízkémiai eredmények

4. tézis: A mentett oldali holtmedrekben a vízkémiai változók nagyobb koncentrációban vannak jelen és nagyobb szórással rendelkeznek, mint a hullámtéri holtmedrekben és a Tiszában.

A mért vízkémiai változók közül a mentett oldalon a vezetőképesség, ammónium, foszfát és szervesanyag-tartalom található a legnagyobb mennyiségben. A nitrít és nitrát koncentrációja a Tiszában a legmagasabb. Olyan vízkémiai változót nem mértem, amely a hullámtéri holtmedrekben érte volna el a legmagasabb koncentrációt. Azonban a vezetőképesség, nitrít, nitrát és foszfát a hullámtéren található a legkisebb mennyiségben, az ammónium és szerves anyag pedig a Tiszában. A Tiszára jellemző értékek kisebb határok

között mozognak, mint a holtmederre jellemzők. Így a holtmedrek kategorizálása és a Tiszából történő vízpótlás ezen eredmények értékelésével bizonytalan. A vízkémiai vizsgálatoknál mértem a legtöbb kiugró adatot, amelynek az az oka, hogy ezek a vizsgálatok reagálnak legérzékenyebben a holtmedrek közelében történt változásokra (pl. mezőgazdasági tevékenység, szennyvízelvezetési problémák).

5. tézis: A holtmedrek (hullámtéri és mentett oldali) és a Tisza a vízkémiai változók alapján a legtöbb szennyezettségi határértéknek (MSZ 12749:1993 és 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet) megfelelően nem szennyezett.

Az MSZ 12749:1993 alapján a holtmedrek kb. 40 %-át a kiváló kategóriába soroltam, míg a 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet alapján az adatok kb. 65 %-a esetén határérték alatti koncentrációkat mértem. A legtöbb szennyezést okozó vízkémiai változó a foszfát, a nitrát és az ammónium lett. A hullámtéren adódott a legtöbb határérték feletti eredmény, de a mért koncentrációk összességében a mentett oldalon a nagyobbak. Ezek oka, a mentett oldali holtmedrek elszigeteltségében keresendő. Míg a hullámtéri holtmedreket a Tisza rendszeresen előnti, és friss vízzel látja el, hígítja a bekonzentrálódott oldott anyagokat, addig a mentett oldali holtmedreknél ez a jelenség nem áll fent, könnyen romolhat a vízminőségük.

4.3. Elemanalitikai eredmények

6. tézis: A mentett oldali holtmedrekben mért elemanalitikai eredmények összességében nagyobb koncentrációjúak és nagyobb szórással rendelkeznek, mint a hullámtéri holtmedrekben és a Tiszában mértek.

A mért elemek közül a mentett oldalon a Co, K, Mg, Mn és Pb, a hullámtéren az As, a Tiszában pedig a Cr, Cu, Mo, Ni, P és Na értékei vannak a legnagyobb koncentrációkban. Összességében a Cr, Fe, K, Mg, Mn, Mo és Na mérések adták a legtöbb kiugró eredményt. Az elemanalitikai méréseknél is kimutatható volt egyrészt a hóolvadás hígító hatása a 2010. márciusban mért legalacsonyabb koncentrációkkal, másrészt pedig a párolgás következtében kialakult bekonzentrálódás a 2009. novemberi és a 2010. augusztusi mintázásokkor mért legmagasabb értékekkel.

7. tézis: A szennyező elemekre vonatkozó határértékeknek (MSZ 12749:1993 és 10/2010.(VIII.18.) VM rendelet) megfelelően a holtmedrekben (mentett oldali és hullámtéri) és a Tiszában mért értékek legnagyobb része nem szennyezett.

A legtöbb kiváló (I.) vízminőségi osztályba sorolható eredményt az As, Zn és Cr adta, míg a legtöbb erősen szennyezett (V.) minősítésű elem az Al, Mn és Fe.

A főkomponens-analízis során megmutatkozott a főelemek vízmintákban betöltött meghatározó szerepe. A főelemeket a mentett oldalon a Mn, a hullámtéren emellett a Zn, a Tiszában pedig további szennyező elemek (Cr, Fe, Pb, Al) egészítik ki. Ez annak a bizonyítéka, hogy a Tiszára kimutatható hatással vannak az időről időre érkező kisebb-nagyobb nehézfém-szennyezések.

4.4. A talajvízvizsgálat eredményei

8. Tézis: A talajvízvizsgálatok alapján nem mutatható ki a holtmeder és a Tisza között olyan felszín alatti összeköttetés (még a régi folyómeder talajrétegeiben sem), amely minden évszakra és időjárási körülménynek ellenállva stabilan pótolná a holtmedrek vizét.

A talajvízvizsgálatok izotópanalitikai eredményeit figyelembe véve feltételezhető, hogy a holtmedren kívül található talajvíz a Tiszától egy független víztestet alkot, melyet főleg az éves csapadék határoz meg. A hullámtérre jellemző, hogy a Tisza áradásakor szétterülő víz valamennyi párolgás után beszivárog a talajba, ahol több tényező függvényében módosulni tud. Ezeket a tényezőket meghatározhatja a meglévő talajvíz, a hullámtér felszínéről beszivárgó víz, a holtmederből szivárgó víz, a Tiszából szivárgó víz, valamint a csapadék mennyisége és izotóparányai. E befolyásoló tényezők jelentősége azonban területenként különbözik. A talajvízvizsgálat alapján is megállapítható, hogy a 2010. márciusi mintavétel jellemezhető a legnegatívabb (azaz legkevésbé bepárlódott) izotóparányokkal, és a 2008. októberi valamint a 2010. augusztusi mintázások eredményeinél tapasztaltam a párolgás legnagyobb hatását (természetesen a 2009. novemberi mintázás után, amikor nem volt víz a kutakban).

A talajvízminták vízkémiai és elemanalitikai vizsgálatánál sem tapasztaltam olyan szabályszerűséget, amely segítségével a vízpótlást egyértelműen ki lehetne mutatni a holtmeder és a Tisza között, vagy a régi folyómeder talajrétegein keresztül.

9. tézis: A hullámtéri talajvíz összetételét leginkább a tiszai árhullámok vízminősége, és a hullámtéri antropogén hatások befolyásolják.

Megállapítható, hogy a négy holtmeder esetében mezőgazdasági művelés folyik a gáton belüli területeken, ahol az esetleges szennyeződések (pl. műtrágyázás miatt) a talajvízbe szivárogva kimutathatókká válnak, és megváltoztathatják a környező területekről odaszivárgó talajvíz tulajdonságait.

A fűrt kutakból rendkívüli szennyeződések nem mutattam ki. A legtöbb határérték (6/2009. (IV. 14.) KvVM–EüM–FVM együttes rendelet) feletti koncentrációt a vízkémiai változók közül az ammónium és a foszfát adta, az elemek közül pedig az Al, Ni, Cr és Pb eredményei között szerepeltek határértéket meghaladók.

4.5. Üledékvizsgálat eredményei

10. tézis: Az elemösszetétel alapján összességében a hullámtéri holtmedrek üledékében található a nagyobb koncentrációk a mentett oldalhoz képest. Ez a szennyezettségi határértékek (6/2009. (IV. 14.) KvVM–EüM–FVM együttes rendelet) túllépésében is megmutatkozik.

A mért elemek közül a hullámtéren az Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb és Zn található a legnagyobb koncentrációban, míg a mentett oldalon csak a Na-ról mondható el ugyanez. A mintavételek közül a 2009. novemberi mintázás adta a legmagasabb koncentrációkat, hasonlóan a vízminták eredményeihez.

A holtmedrek esetében a határérték feletti koncentrációk többségét a Cd, Ni, Pb és Zn elemek adták. A hullámtér mentett oldallal szembeni nagyobb szennyezettségéért azonban a Tiszán időnként levonuló, áradások alkalmával a hullámtérre is kikerülő, majd a holtmedrekben akkumulálódó szennyező anyagok okolhatók.

5. Az értekezés új tudományos eredményei

Doktori dolgozatom legfontosabb következtetései az alábbiak:

Vízminták eredményi alapján

- A mentett oldali holtmedreket intenzívebben érinti a párolgás, mint a hullámtéri holtmedreket, így a bennük oldott anyagok jobban be tudnak koncentrálni.
- Tavasszal a holtmedrekben tisztább víz található (a tél végi hóolvadás miatt), mely a tél kezdetére egyre szennyezettebbé válik.
- A hullámtéri holtmedrek vize tisztább a mentett oldaliaknál, mivel a Tisza rendszeresen átmossa őket az áradások alkalmával.
- A Tisza vize alapvetően nem szennyezett, de időről-időre nehézfém-szennyezések érkezhetnek vele.
- A Tiszával érkező szennyeződések az áradásokon keresztül a hullámtéri holtmedrekben is kimutathatókká válnak.

Üledékminták eredményei alapján

- A hullámtéri holtmedrek üledéke szennyezettebb, mint a mentett oldaliaké.
- A Tisza szennyezései a hullámtéren az áradások miatt akkumulálódnak és kimutathatókká válnak.

Talajvízminták eredményei alapján

- Nincs egyértelmű felszín alatti összeköttetés a holtmedrek és a Tisza között, még a régi mederrész talajrétegein keresztül sem, amely stabilan pótolná a holtmedrek vizét.

A felszín alatti vízpótlás tehát a holtmedrek többségénél nem meghatározó.

1. Introduction and motivation

How can we live sustainably with our environment and with our life-giving water-courses over a long period of time? We need practical answers for this question instead of theoretical ones, since humanity is continuously working on exploiting resources while leaving the implications out of consideration (*Graaff et al., 2008*). The formed negative results are frequently concerned when they are not recoverable on their own. Changing this paradigm is much more expensive and difficult than preventing the negative results. Thus one of the tasks of humanity is to be able to recognize the limits of the exploitation of water-courses and standing waters. It is important to find the scale by which they can be influenced only in a restricted extent, and we do not endanger their ecological state or disturb the operation of their environment (*Szlávik – Deseő, 2004*). For this it is necessary to gain knowledge of our rivers and their environment.

The Tisza River, as the second largest river in Hungary, plays a significant role in the life of the country. For this reason it is important to get to know as much as possible about the state of its environment. In recent years the oxbow lakes near the river have been getting more and more attention partly in connection with floods, cyanide and heavy metal contaminations (*Lakatos et al., 2003*), and also partly due to their nature conservation, water management and landscape values (*Pálfai, 2001*).

The Tisza River has been influenced many times since river controls but it is considered to be one of the most natural river valleys in Europe (*Szabó, 2008*). It is a significant factor in the natural image and water management of Eastern Hungary (*Zsuga, 2003*). Oxbow lakes next to the river were influenced by humanity as well. The natural meanders and the oxbow lakes formed by the river controls are in different states of succession (*Dévai et al., 2001*). Some of them can get water only from heavy rainfalls and floods. Regarding their types, they could be natural standing waters, small lakes and marshes as well (*Wittner et al. 2004*).

The Tisza River and its oxbow lakes aroused my interest for an extensive and long lasting examination series accompanying numerous samplings as well as multiple analysing and complex evaluating methods.

2. Objectives

During my work I composed the following goals:

- To give a comprehensive picture about the environmental state of the Upper-Tisza River (Tiszabecs – Tokaj) and its oxbow lakes.
- To analyse the water and sediment samples derived from the river and the oxbow lakes from isotope analytical, water chemical and element analytical respect.
- To determine the quality and the contamination level of the water and the sediment of the examined Tisza reach and the oxbow lakes.
- To examine the similarities and dissimilarities amongst the reclaimed side, the floodplain oxbow lakes and the Tisza River.
- To bring the water addition of the oxbow lakes to light.
- To submit the results to comparative analysis with the help of different evaluating methods.

3. Materials and methods

Sampling was done in spring, summer and autumn with the goal to acquire information about the active state of the oxbow lakes in the same seasons. Thus 9 samplings occurred in 5 years: October 2005, May 2006, August 2006, October 2007, October 2008, November 2009, March 2010, July 2010 and August 2010.

For increasing the scope of the research the sample types and the examination methods were widened. During 8 samplings, surface water samples were taken from 45 oxbow lakes (12 from the reclaimed side, 33 from the floodplain) and from 7 different places of the Upper-Tisza River. During 3 samplings sediment samples were taken from the oxbow lakes. During 5 samplings groundwater was examined from drilled monitoring boreholes. On taking the groundwater samples, 4 floodplain oxbow lakes were selected near Gávavencsellő, Tiszahát, Mezőladány and Gulács settlements. The boreholes were drilled outside the oxbow lakes, between the Tisza River and the oxbow lakes and in the abandoned part of the river-bed.

Water chemical, element analytical and isotope analytical examinations were done on the samples at the Institute of Geosciences of the University of Debrecen, Analab Ltd. and Hertelendi Laboratory of Environmental Sciences (ATOMKI). During water chemistry pH, water temperature, conductivity, nitrate, nitrite, ammonium, phosphate and chemical oxygen demand (with potassium permanganate) measurements were executed. During element analytical analysis Al, As, Ba, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, P, Se, S, Sr and Zn were measured. For isotope analytical examination, $\delta^{18}\text{O}$ (‰) and δD (‰) were measured for help concluding the age and origin of waters and the extent of the evaporation as well. These values provide the possibility of tracing the water.

For data processing Microsoft Excel 2010 software was used and for statistical analysis SPSS 19.0 for Windows software was used. The results were subjected to significance, correlation, principal component, hierarchical cluster and discriminant analysis.

4. Results of the research

4.1. Isotope analytical results

Thesis 1: The Tisza River as well as the floodplain and the reclaimed side oxbow lakes show exact differences on the basis of the stabile isotope examination of the water samples. The isotope ratios of the Tisza River are sharply isolated from those of the oxbow lakes. Reclaimed side oxbow lakes are definitely separated from floodplain oxbow lakes.

In the course of plotting $\delta^{18}\text{O}$ and δD values against sampling sites (Fig. 1) it can be seen that less negative results were found in the oxbow lakes than in the Tisza River. Moreover the isotope ratio shift of the reclaimed side oxbow lakes are closer to zero compared to that of the floodplain oxbow lakes. On the basis of this we can conclude the evaporation state of the waters. Melt and precipitation waters deriving from the Carpathian Mountains come with the Tisza River whose isotope ratios are typically more negative than those of the Hungarian precipitations and they are within specifically narrow bounds (Fűrj, 2005; Elek et al., 2006). Therefore it can be found that water samples of the Tisza River have more negative isotope ratios and their standard deviation is also smaller than in the case of the oxbow lakes.

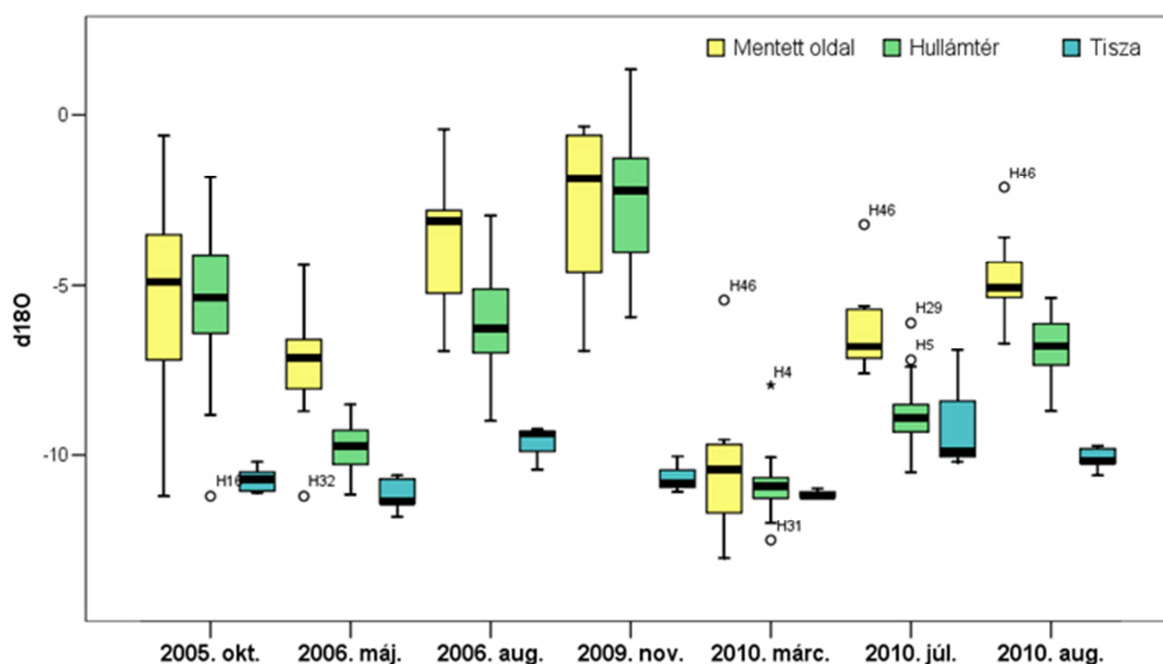


Fig. 1. $\delta^{18}\text{O}$ (‰) of the water samples divided into the sampling sites of the different sampling periods

Thesis 2: The isotope ratios of the oxbow lakes are affected significantly by the sampling periods. The continuously positive isotope ratio shift, which is the sign of the evaporation, can be detected after the thawing of the snow (at the end of winter) and flooding of the Tisza River.

Examining the isotope ratios divided according to the sampling periods (Fig. 1) I experienced that δ values are affected not only by sampling sites but the time of the sampling as well. In which month the sampling occurred has a significant effect on the water of the oxbow lakes and the Tisza River. At the end of winter or early spring the Tisza River floods the most part of the floodplain and fills in the oxbow lakes, hereby it shifts the isotope ratios of their water in negative direction. As the months pass, those oxbow lakes which do not have a connection with the Tisza River on the surface (through a canal) or in the ground (through the permeable layers of the old river bed) evaporate continuously and their isotope ratios shift in a positive direction. Precipitation dilutes this phenomenon but its effect is still not spectacular and cannot be clearly proved.

Thesis 3: The water of the oxbow lakes is provided by the thawing of the snow at the end of the winter and the spring flooding. Precipitation and water addition from the Tisza River do not have much significance.

We can observe the evaporation that is the continuous positive shift if we watch the sampling months independently of the years (Fig. 1). The most negative values were measured in March 2010 and May 2006. After those July 2010, August 2010 and August 2006 followed. Finally October 2005 and November 2009 represent the most evaporated results. Standard deviations grew with evaporation. The difference between the Tisza River and the oxbow lakes is getting larger, but the difference between the reclaimed side and the floodplain is getting smaller with time. It has been found that most of the floodplain oxbow lakes catch up gradually with the reclaimed side oxbow lakes due to evaporation. The March

2010 sampling occurred right after the melting of the snow, samplings in May 2006 and July 2010 occurred after the flood of the Tisza River.

It can be seen in Fig. 2 that the results of the Tisza River take place around the Global Meteoric Water Line. This is caused by the Tisza River being fed by snowmelt waters. However, the δ values of the oxbow lakes cross the GMWL and the LMWL (Local Meteoric Water Line) forming a straight line with a lesser slope. This is the sign of evaporation because oxbow lakes are located on an evaporation line. The values around the GMWL (and the Tisza River) received their water supply from the Tisza River (March 2010, May 2006, July 2010 samplings) and are marked with the ellipse in Fig. 2. As we move along the line formed by the oxbow lakes, those oxbow lakes which were affected by both rains and evaporation come next (August 2010 and 2006). The highest points of the figure represent those oxbow lakes in which evaporation was dominant (October 2005, November 2009). These points were transferred to the right side of the Local Meteoric Water Line. In spite of the fact that the oxbow lakes are shallow (about 1 m depth) with large water surface (about 13 ha) the amount of rain has no significant effect on evaporation tendencies from month to month on either the floodplain or the reclaimed side.

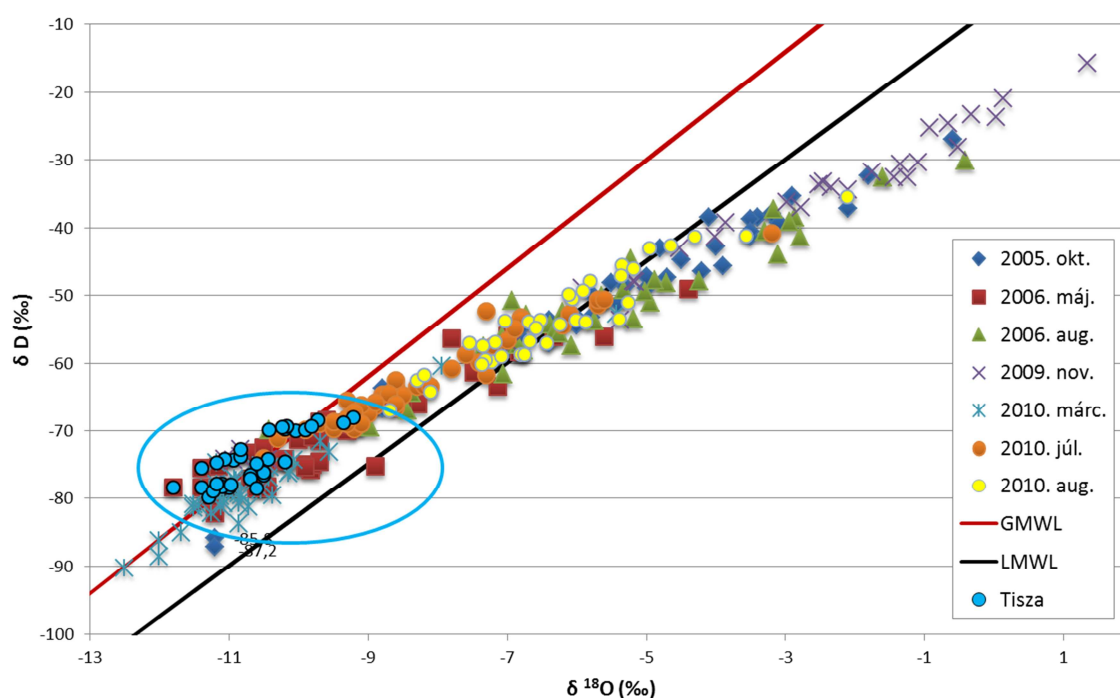


Fig. 2. The isotope ratios of the water samples

4.2. Water chemical results

Thesis 4: Water chemical variables are in greater concentration in the reclaimed side oxbow lakes with larger standard variation than in the floodplain oxbow lakes and in the Tisza River.

I experienced that on the reclaimed side the conductivity, ammonium, phosphate and organic matter, and in the Tisza River the nitrite and nitrate were found in the largest quantities. No water chemical variables were found in the highest concentration in the floodplain oxbow lakes. However the conductivity, nitrite, nitrate and phosphate are in the lowest levels in the floodplain, and ammonium and organic matter are found in the lowest

levels in the Tisza River. The values of the Tisza River are in narrower bounds than those of the oxbow lakes. Thus on the basis of these results the categorization of the oxbow lakes and the estimation of the water addition from the Tisza River are rather difficult. Numerous outstanding data were measured in the water chemical examination because the water chemical examinations are those which can respond the most sensitively to the changes occurring near the oxbow lakes (e.g. agricultural activity and sewage disposal problems).

Thesis 5: The oxbow lakes (floodplain and reclaimed side) and the Tisza River are not contaminated according to the most of the limit values (*MSZ 12749:1993 and 10/2010. (VIII. 18.) VM standard*) on the basis of the water chemical variables.

On the basis of the *MSZ 12749:1993* standard about 40 % of the measured results belong to the excellent category, while on the basis of the *10/2010. (VIII. 18.) VM standard* 65 % of those are under the limits. Water chemical variables giving the highest values above the limits are phosphate, nitrate and ammonium. Most values above the limit were measured on the floodplain but the measured concentrations are higher on the reclaimed side. This is caused by the fact that the reclaimed side oxbow lakes are more isolated than the floodplain oxbow lakes. While the floodplain oxbow lakes are systematically flooded by the Tisza River, and their concentrated dissolved materials are diluted, this phenomenon is not valid for the reclaimed side oxbow lakes, whose water quality can deteriorate easily.

4.3. Element analytical results

Thesis 6: On the whole, the element analytical results measured in the reclaimed side oxbow lakes have greater concentrations and standard deviations than in the floodplain oxbow lakes and the Tisza River.

Amongst the measured elements, the reclaimed side had the highest values of Co, K, Mg, Mn and Pb, the floodplain had the highest As value, and the Tisza River had the highest Cr, Cu, Mo, Ni, P and Na values. As a whole the most outstanding data can be found in the results of Cr, Fe, K, Mg, Mn, Mo and Na measurements. The smallest values were measured in March 2010 right after the thawing of the snow at the end of the winter, demonstrating the diluting effect of it. The sampling in November 2009 and August 2010 can be characterized with the highest concentrations, when the water of the oxbow lakes were the most concentrated because of evaporation.

Thesis 7: According to the limit values referring to the contaminating elements (*MSZ 12749:1993 and 10/2010. (VIII. 18.) VM standard*), most of the results measured in the oxbow lakes (both reclaimed side and floodplain) and the Tisza River were not contaminated.

Amongst the measured elements As, Zn and Cr provided most results classified to the excellent (I.) quality class, and Al, Mn and Fe provided most results classified as strongly contaminated (V.).

During the principal component analysis I found the determining role of major elements in the water samples. The main elements are completed by Mn on the reclaimed side, by Zn on the floodplain and by additional contaminants (Cr, Fe, Pb, Al) in the Tisza River. This is proof that occasionally variable heavy metal contaminations have detectable influence on the Tisza River.

4.4. Results of the groundwater analysis

Thesis 8: On the basis of the groundwater examination an underground connection cannot definitely be found between the oxbow lake and the Tisza River (even in the soil layers of the old river bed), which could supply the water of the oxbow lakes stably while resisting seasonal and weather conditions.

On the basis of isotope analytical results of groundwater it can be supposed that groundwater outside the oxbow lakes is an independent water body from the Tisza River, which is determined mainly by the precipitation from the whole year. The floodplain is characterized by the water of the flooding Tisza River seeping into the soil after evaporation. This can be modified by several factors determined by the amount and the isotope ratios of the existing groundwater, the water seeping from the surface of the floodplain, the water seeping from the oxbow lake or the Tisza River and the precipitation. However, the significance of these influencing factors is different locally. On the basis of the groundwater examination it can be stated that the March 2010 sampling can be characterized with the most negative (that is the less evaporated) isotope ratios. I experienced the largest effect of evaporation from the results in October 2008 and August 2010 (after the sampling in November 2009 when water was not found in the boreholes).

Examination of the water chemistry and element analysis of the groundwater showed no regular sign of water addition between the oxbow lake and the Tisza River or through the gravelled layers of the old river-beds.

Thesis 9: The composition of the floodplain groundwater is influenced by the quality of the flooding Tisza River and the anthropogenic effects on the floodplain.

It can be proved that agricultural cultivation is going on in the surrounding areas of all of the four oxbow lakes, where the accidental contaminations (e.g. because of fertilizing) can become detectable by seeping into the groundwater and altering its quality.

Extreme contamination was not detected in the groundwater boreholes. From the water chemical variables mostly ammonium and phosphate were measured in concentration over the limit value, and from the elements mostly Al, Ni, Cr and Pb were above the limit values (6/2009. (IV. 14.) KvVM–EüM–FVM common standard).

4.5. Results of the sediment analysis

Thesis 10: As a whole, on the basis of the element composition, greater concentrations can be found in the sediment of the floodplain oxbow lakes compared to the reclaimed side. It is also shown in the exceeding limit values (6/2009. (IV. 14.) KvVM–EüM–FVM common standard).

From the measured elements, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb and Zn are in larger concentration on the floodplain, but on the reclaimed side only the Na is in higher concentration. Similarly to the results of the water samples, the November 2009 sampling provided the most concentrated values.

In the case of the oxbow lakes Cd, Ni, Pb and Zn gave numerous concentrations above the limit value. The sediment of the floodplain was more polluted than that of the reclaimed side, which was caused by the contaminations coming with the Tisza River occasionally, spreading on the floodplain and accumulating in the oxbow lakes.

5. New scientific results of the dissertation

The most important conclusions of my Ph.D. dissertation are these:

On the basis of the water samples

- Oxbow lakes on the reclaimed side are more intensively affected by evaporation than the oxbow lakes on the floodplain. Thus dissolved materials in them can become more concentrated.
- Clearer water can be found in the oxbow lakes in spring (owing to the thawing of the snow at the end of the winter), which becomes more contaminated until the beginning of winter.
- The water of the floodplain oxbow lakes is clearer than that of the reclaimed side oxbow lakes as the Tisza River flushes them on the occasion of floods.
- The water of the Tisza River is fundamentally not polluted but heavy metal contaminations can arrive periodically.
- Contaminants coming with the Tisza River are detectable in the floodplain oxbow lakes owing to the floods.

On the basis of the sediments samples

- The sediment of the floodplain oxbow lakes is more contaminated than that of the reclaimed side oxbow lakes.
- The contaminations of the Tisza River can accumulate on the floodplain due to the floods and eventually become detectable.

On the basis of the groundwater samples

- There is no clear connection between the oxbow lakes and the Tisza River not even through the soil layers of the old river bed which could steadily supply the water of the oxbow lakes.

Consequently the underground water addition is not determined at the majority of the oxbow lakes.

6. A tézisekben hivatkozott szakirodalom / references

- Dévai Gy. – Aradi Cs. – Wittner I. – Olajos P. – Gőri Sz. – Nagy S. A. 2001. Javaslat a Tiszai-Alföld vízi és vizes élőhelyeinek állapotértékelésére a holt medrek példáján. In: Borhidi A. és Botta-Dukát Z. ed.: Ökológia az ezredfordulón III. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest. pp. 183-205.
- Elek Á. – Svingor É. – Szántó Zs. – Futó I. – Palcsu L. 2006. Környezeti izotópok vizsgálata a Lónyai-főcsatormán. Hidrológiai Közlöny. 86. évf. 6. sz. pp. 36-38.
- Fűrj D. 2005. Izotóp-hidrológiai vizsgálatok a Tisza mentén. Diplomamunka. Debreceni Egyetem. 63 p.
- Graaff J. – Amsalu A. – Bodnár F. – Kessler A. – Posthumus H. – Tenge A. (2008). Factors influencing adoption and continued use of long-term soil and water conservation measures in five developing countries. Applied Geography 28, pp. 271-280.
- Lakatos Gy. – Fleit E. – Mészáros I. 2003. Ecotoxicological studies and risk assessment on the cyanide contamination in the Tisza River. Toxicology Letters 140-141, 333-342.
- Pálfai I. 2001. Magyarország holtágai, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest. p. 231.
- Szlávik L. – Deseő É. 2004. A folyóinkkal való gazdálkodás fejlesztéséről. II. Magyar Földrajzi Konferencia. Szeged, 2004. szeptember 2-4. CD-kiadvány. (ISBN 963 482 687 3) p. 11.
http://geography.hu/mfk2004/mfk2004/cikkek/szlavik_deseo.pdf
- Szabó M. 2008. Vizes élőhelyek helyreállításának elméleti kérdései és gyakorlati vonatkozásai. In: Csorba P. és Fazekas I. ed.: Táj kutatás-Tájökológia. Debrecen. pp. 177-183.
- Wittner I. – Dévai Gy. – Kiss B. – Müller Z. – Miskolczi M. – Nagy S. A. 2004. A Felső-Tisza menti holtmedrek állapotfeltárása. 1. rész: Állapotfelmérés, Hidrológiai Közlöny, 2004. 84. évf.
- Zsuga K. 2003. A Tisza vizének minősége. In: Teplán I. ed.: A Tisza és vízrendszere. MTA Budapest, pp.151-185.
- MSZ 12749:1993. Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés
(http://www.agr.unideb.hu/ebook/vizminoseg/az_msz_12749_szm_magyar_szabvny.html)
(http://www.vkkt.bme.hu/feltoltesek/2012/03/msz_12749.pdf)
- 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet. A felszíni víz vízszennyezettségi határértékeiről és azok alkalmazásának szabályairól
(http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1000010.VM)
- 31/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet. A felszíni vizek megfigyelésének és állapotértékelésének egyes szabályairól
(http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0400031.KVV)
- 6/2009. (IV. 14.) KvVM–EüM–FVM együttes rendelet. A földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről
(http://www.complex.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0900006.KVV)

7. A szerző fontosabb publikációi

7.1. Az értekezés témájából

Közlemény angol nyelven

- **Beáta Babka** – István Futó – Szilárd Szabó 2011. Clustering oxbow lakes in the Upper-Tisza Region on the basis of stabile isotope measurements. Journal of Hydrology 410 (2011) pp. 105-113. (IF: 2,514) (ISSN: 0022-1694) (Referált, lektorált, nemzetközi)
- Szilárd Szabó – Gyöngyi Gosztonyi – **Beáta Babka** – Nikoletta Dócs – Mihály Braun – Péter Csorba – Gábor Türk – Lajos Szabolcs Molnár – Beáta Bakos – György Szabó – István Futó – Sándor Gönczy – Csaba Ágoston – Magdolna Szabó – Gergely Szabó – József Prokisch 2010. GIS database of heavy metals in the floodplain of the Tisza River. Studia Universitatis “Vasile Goldiș”. Seria Științele Vieții. Vol. 20. issue 4. 2010. pp. 97-104. (ISSN: 1584-2363) (Referált, lektorált, nemzetközi)
- **Babka Beáta** – Szabó Szilárd 2007. Water chemical analysis of the oxbow lakes near the Upper Tisza River. Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment Series, Volume 1. Issue 1., pp. 36-43. (ISSN: 1789-7556) (Referált, lektorált, nemzetközi)

Közlemény magyar nyelven

- **Babka Beáta** – Futó István – Szabó Szilárd 2009. Felső-Tisza-vidéki holtmedrek csoportosítása stabilizotópos vizsgálatok alapján. Hidrológiai Közöny 2009. 89. évf. 6. sz. pp. 5-8. (ISSN: 0018-1323) (Lektorált, referált, angol absztrakttal)

Konferenciakötetben teljes cikk angol nyelven

- **Babka Beáta** – Szabó Szilárd – Braun Mihály 2009. Classification of oxbow lakes based on the analytical characteristics of their water and sediment. In: Ing. A. Čelková ed: Transport of water, chemicals and energy in the soil-plant-atmosphere system. 17th International Poster Day, Bratislava, pp. 13-21. (ISBN: 978-80-89139-19-4)

Konferenciakötetben teljes cikk magyar nyelven

- **Babka Beáta** – Szabó Szilárd – Futó István 2008. Izotópanalitikai vizsgálatok a Felső-Tisza-vidéki holtmedrekben. In: Orosz Z., Szabó V., Molnár G., Fazekas I. ed: IV. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, I. kötet, pp. 276-282. (ISBN: 978-963-06-4625-3)
- **Babka Beáta** – Szabó Szilárd – Braun Mihály 2008. Felső-tiszai holtmedrek víz- és üledékkémiai sajátosságai. In: Csima P., Dublinszki-Boda B. ed: III. Magyar Tájökológiai konferencia kiadványa, pp. 179-186. (ISBN: 978-963-503-387-4)

Cikk tanulmánykötetben

- Szabó Szilárd – **Babka Beáta** 2007. A Felső-Tisza menti holtmedrek szennyezettsége, In: Süli-Zakar I. ed: Tiszteletkötet dr. Korompai Gábor 70. születésnapjára, Debreceni Egyetem, pp. 51-55.
- Szabó Szilárd – **Babka Beáta** 2007. Felső-Tisza menti holtmedrek vízkémiai vizsgálata, In: Süli-Zakar I. ed: A FLAPP Projekt szerepe és jelentősége a Felső-Tisza völgyében, a határon átnyúló vízgazdálkodás területén, Debreceni Egyetem, pp. 83-91. (ISBN: 978-963-473-080-4)

7.2. Egyéb témában

Közlemény angol nyelven

- Marie Spohn – **Beáta Babka** – Luise Giani 2013. Changes in soil organic matter quality during sea-influenced marsh soil development at the North Sea coast. Catena 107 (2013) pp. 110-117. (IF: **1,889**) (ISSN: 0341-8162) (Lektorált, referált, nemzetközi)
- Éva Domokos-Szabolcsy – Márton László – Sztrik Attila – **Babka Beáta** – Prokisch József – Fári Miklós 2012. Accumulation of red elemental selenium nanoparticles and their biological effects in *Nicotinis tabacum*. Plant Growth Regulation. 68 (3). pp. 525-531. (IF: **1,604**) (ISSN: 1573-5087) (Lektorált, referált, nemzetközi)
- József Prokisch – Attila Sztrik – **Beáta Babka** – Péter Eszenyi – Judit Pardi – Zsófia Mika – Mohsen Zommara 2011. Novel Fermentation Technology for Production of Selenium Nanospheres (Lactomicrosel®) and its Testing for Feed and Food Applications. In. Gary Banuelos ed.: Selenium Global Perspectives of Impacts on Humans, Animals and the Environment, Z.Q. Lin. University of Science and Technology. China. pp. 69-70. (ISBN 978-7-312-02929-5) (Lektorált, referált, nemzetközi)
- Péter Eszenyi – Attila Sztrik – **Beáta Babka** – József Prokisch 2011. Elemental, Nano-Sized (100-500 nm) Selenium Production by Probiotic Lactic Acid Bacteria. International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics, Vol. 1, No. 2. pp. 148-152. (ISSN: 2010-3638) (Lektorált, referált, nemzetközi)

Konferenciakötetben teljes cikk angol nyelven

- Péter Eszenyi – Attila Sztrik – **Beáta Babka** – József Prokisch 2011. Production of LactomicroSel® and nanosize (100-500 NM) selenium Spheres by probiotic lactic acid bacteria. International Proceedings of Chemical, Biological & Environmental Engineering. In: Wu Kaijin ed.: Food Engineering and Biotechnology. IACSIT Press, Singapore, pp. 97-101.