

**Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei**

**VÍZMINŐSÉG-VIZSGÁLAT A LÓNYAY-FÓCSATORNÁN ÉS A  
TISZA TISZABERCEL-TOKAJ KÖZÖTTI SZAKASZÁN**

**Türk Gábor**

**Témavezető: Dr. Szabó Szilárd**



**DEBRECENI EGYETEM**  
**Földtudományok Doktori Iskola**

**Debrecen, 2016**

## 1. Bevezetés

A víz fizikai, kémiai, biológiai tulajdonságai alapján az élet, a társadalmi tevékenység számára elengedhetetlen, ezért a Földön a leginkább használt vegyület. A termelés és a társadalom fejlődésével a víz iránti igények egyre inkább növekednek. Ugyanakkor a termelésben, fogyasztásban történő használatával minősége folyamatosan romlik, az iparral, a mezőgazdasággal, az általános emberi felhasználással egyaránt szennyezzük vizeinket. Ez a szennyezés napjainkra már olyan méreteket ölt, mely meghaladja az öntisztulási folyamatok sebességét és rontja a felszíni és felszín alatti vízkészletek minőségét.

A vízellátás és a vízről való gondoskodás a kezdetek óta komoly problémát jelentett a társadalom számára. Kezdetben a vizet még csak „kommunális”, majd később egyre inkább mezőgazdasági célokra is használták. Az ipar fejlődése, az újabb iparágak megjelenése egyre nagyobb mennyiségű, és sokszor az ivóvíztől is tisztább technológiai vizet igényelt. Vele párhuzamosan nagy mennyiségű és egyre veszélyesebb anyagokat tartalmazó szennyvíz tisztításáról is gondoskodni kellett. Bolygónk hétmilliárdra gyarapodó népessége, az urbanizáció és a fejlődés minden korábbinál gyorsabban fokozza a vízigényt. A múlt században a vízfogyasztás több mint kétszer olyan gyors ütemben emelkedett, mint a népesség. 2007 és 2025 között a fejlődő országokban várhatóan ötven, míg a fejlett országokban 18 százalékkal fog növekedni a vízfogyasztás.

A vizek felhasználása életünk egyik legfontosabb, ugyanakkor költségekkel járó eleme. A víz nemcsak természeti, hanem társadalmi, gazdasági értékeket is hordoz, valamint jövedelemszerzési, költségmegtakarítási és környezetvédelmi lehetőségeket is kínál. A vízkészletek megfelelő minőségének megőrzése napjaink környezetvédelmének egyik legfontosabb feladata. Ennek érdekében az Európai Unió tagállamai célul tűzték ki, hogy 2015-ig ökológiailag „jó állapotba” hoznak minden felszíni és felszín alatti vizet a közösség területén. A „jó állapot” elérése érdekében 2015. december 22-én elkészült az Országos Vízyűjtő-gazdálkodási Terv felülvizsgálata, mely meghatározza azokat a lépéseket, melyeket 2021-ig és 2027-ig végre kell hajtani.

## 2. Célkitűzés

Doktori kutatásom során célul tűztem ki a Felső-Tisza vidékén Tokaj-Tiszabercel- Kótaj által közrezárt terület felszíni vizeinek a vízminőség-vizsgálatát. Kutatómunkám 3 fő részre tagolódik: (1) a Tisza és a Bodrog, a Lónyay-főcsatorna Kótaj és a tiszai torkolat közötti szakasza, valamint a Tiszabercel-Tokaj között, a Tiszát kísérő, hullámtéren elhelyezkedő főbb holtmedrek vízminőség-vizsgálata; (2) a Lónyay-főcsatorna vízkémiai hatása a Tiszára; (3) a gávavencsellői Kacsa-tó vízminőségi és geoinformatikai felmérése.

A kutatásom során a következő feladatokat kívánom megvalósítani:

- rendszeres mintavétellel és több vízminőségi paraméter (tápanyagfogyalom, makro-, mikroelemek) folyamatos vizsgálatával elemzem a vízmi-

nőség idő- és térbeli változását a Tiszán, a Lónyay-főcsatornán és a Tokaj-Tiszabercel közötti hullámtéri holtmedreken;

- a felszíni víztestekben mért vízminőségi paramétereket statisztikai vizsgálatnak vetem alá (ANOVA, főkomponens analízis)
- megvizsgálom, hogy a Lónyay-főcsatorna vízgyűjtő területén melyek azok az antropogén szennyező források, amik leginkább veszélyeztetik a felszíni vizek ökológiáját;
- megvizsgálom, hogy a Lónyay-főcsatorna csak lokálisan, vagy több kilométerrel távolabb is képes-e hatást gyakorolni a Tisza vízminőségére;
- megvizsgálom a gávavencsellői Kacsa-tó medermorfológiáját; a mélységviszonyok és vízminőségi állapot közötti kapcsolatot árvíz és kisvíz idején;
- választ keresek arra, hogy az arzén, illetve a nátrium és a stroncium alkalmas-e a természetes, vagy antropogén eredetű szennyezettség bizonyítására.

### 3. Anyag és módszer

A Tiszabercel-Tokaj között húzódó Tisza szakasz, a Tiszát kísérő főbb holtmedrek, valamint a Lónyay-főcsatorna Kótaj és a tiszai torkolat közötti szakasz vízminőség vizsgálatát 2012. márciusa és 2014. augusztusa között havi rendszerességgel végeztem. A téli jegesedés kivételével a vizsgált időszakon belül a mintavétel folyamatos volt, így részletes képet kaptam a bennük végbemenő fizikai, kémiai, biológiai folyamatokról, az őket érő antropogén szennyezés mértékéről (1. táblázat).

A Lónyay-főcsatorna vízgyűjtője teljes mértékben Magyarország területén helyezkedik el, így ez az első olyan potenciális szennyező forrás, amely kizárólag hazánk területéről származó terhelést vezet a Tiszába. Ez azért fontos, mert a mérések során így kizárólag a Lónyay-főcsatorna hatását tudtam tanulmányozni. A tápanyagforgalom vizsgálatát havi rendszerességgel, az arzén (As), a nátrium (Na) és vezetőképesség (EC) mérését heti rendszerességgel végeztem 2010 szeptembere és 2013 októbere között (1. táblázat).

A gávavencsellői Kacsa-tó vízminőségi és mélységviszonyainak felmérését 2013 áprilisa és 2013 novembere között végeztem. 2013. április 5-én a tetőzést megelőzően az árhullám (a Tiszán ezen a napon jegyzett vízállás: 615 cm, a vízhozam pedig: 1360 m<sup>3</sup>/s) módosító hatását vizsgáltam a holtmeder teljes területén, valamint feltérképeztem a meder aljzatát. A holtmeder DK-i kanyarulatán részletesebben vizsgáltam az árhullám hatását, így 10 mintavételi ponton rétegzett mintavevő segítségével 25 cm-ként vertikális vízminta-sorozatot gyűjtöttem. 2013. augusztus 18-19-én 3 órás időközönként egy 24 órás méréssorozatot végeztem 6 mintavételi ponton. A csapadékszegény időjárás következtében a holtmeder 2 közel hasonló kiterjedésű területre szakadt. Ezt követően 2013. november 4-én ismét mérést végeztem (1. táblázat).

1. táblázat. A begyűjtött minták és az elvégzett vizsgálatok összefoglaló táblázata

Mintavételi helyek	Felmérés időtartama, vízminőségi jellemzők vizsgálata	Statisztikai, geoinformatikai vizsgálat
<b>Tisza, Lónyay-főcsatorna, holtmedrek</b>	2012-2014 között pH, EC, tápanyag-forgalom, makro- és mikroelemek havi vizsgálata (465 db minta)	Hipotézisvizsgálat, korrelációanalízis, PCA
<b>Lónyay-főcsatorna hatása a Tiszára</b>	2010-2013 között Na, As, EC heti, a tápanyagforgalom havi mérése (552 db minta)	Hipotézisvizsgálat, korrelációanalízis, trendanalízis
<b>Kacsató vizsgálata</b>	2012-2014 között pH, EC, tápanyag-forgalom, makro- és mikroelemek havi vizsgálata 2013-ban tavaszi árvíz, nyári és őszi időszak megfigyelése pH, EC, oldott O <sub>2</sub> , tápanyag-forgalom, makro-és mikroelemek által (411 db minta)	Hipotézisvizsgálat, korrelációanalízis, térbeli elemzés (1850 db pontthalmaz)

A tápanyagforgalom elemeinek vizsgálatát (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, KOIps, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), továbbá a kloridion (Cl<sup>-</sup>) és p-, m-lúgosság (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) vizsgálatát a Debreceni Egyetem Földtudományi Intézet laboratóriumában, az 1973-ban megjelent Egységes Vízvizsgáló Módszerek (Literáthy, 1973<sup>1</sup>) 1. kötetében leírtak alapján végeztem. Az arzéntartalom elemzést a Debreceni Egyetem NanoFood Laboratóriumában PS Analytical Millenium Merlin típusú készülékkel végeztem. A vizsgált víz elemtartalmának vizsgálatához a vízmintákat 45 µm pórusátmérőjű szűrést követően tömény salétromsavval átsavanyítottam. Az így előkészített minták makro- (Na, K, Ca, Mg) és mikroelem (Al, Ba, Cu, Fe, Mn, Pb, Sr, Zn) tartalmát a Debreceni Egyetem Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszékén mikrohullámú plazma atom emissziós spektrométer (Agilent, MP-AES 4200) segítségével határoztam meg.

A geoinformatikai felmérést GARMIN MAP 62 GPS (pontossága: 20-50 cm), és HUMMINBIRD FishFinder 525 halradar (pontossága: 1-3 m) együttes felhasználásával végeztem. Az adatokat táblázatos formába rendeztem, és további feldolgozásukat ArcGIS 10.0 szoftverkörnyezetben végeztem. A meder mélységviszonyainak bemutatásához TIN-modellt állítottam elő, a vezetőképesség térbeli eloszlását IDW (Inverse Distance Weighting) interpolációs módszerrel ábrázoltam.

A mérési adatok kiértékeléséhez az SPSS 19 for Windows és a Microsoft Excel 2010 szoftvereket használtam. Az adatokat elsőként normalitásvizsgálatnak vettem alá, majd korreláció-, ANOVA-, Kruskal-Wallis-, és főkomponens analízisek segítségével vizsgáltam meg a vízkémiai változók és a mintavételi pontok/területek közötti hasonlóságot, eltérést. A Tisza és a Lónyay-főcsatorna nátrium- és arzén-koncentrációjának időbeli változásainak trendjét Mann-Kendall teszt segítségével vizsgáltam meg.

<sup>1</sup> Literáthy P. 1973. Egységes vízvizsgáló módszerek. I. kötet. Kémiai módszerek 1. kötet. Vizsgáló Tudományos Kutató Intézet, Budapest.

A kapott eredményeket összevettem az MSZ 12749:1993-as szabványban, illetve a 10/2010 (VIII. 18.) VM rendeletben meghatározott határértékekkel, így megállapíthattam az egyes víztestek vízminőségi állapotát és szennyezettségük mértékét. A szabványt 2014.08.01-én visszavonták, azonban a vizsgálat időszakában még érvényben volt, így elvégeztem a szabvány szerinti vízminősítést is. Ezen kívül a 6/2002. (XI. 5.) KvVM rendeletben a halak életfeltételeinek biztosítására kijelölt felszíni vizek vízszennyezettségi minőségi jellemzői alapján is elvégeztem a mintaterület vízminőségi besorolását.

#### 4. Kutatási eredmények

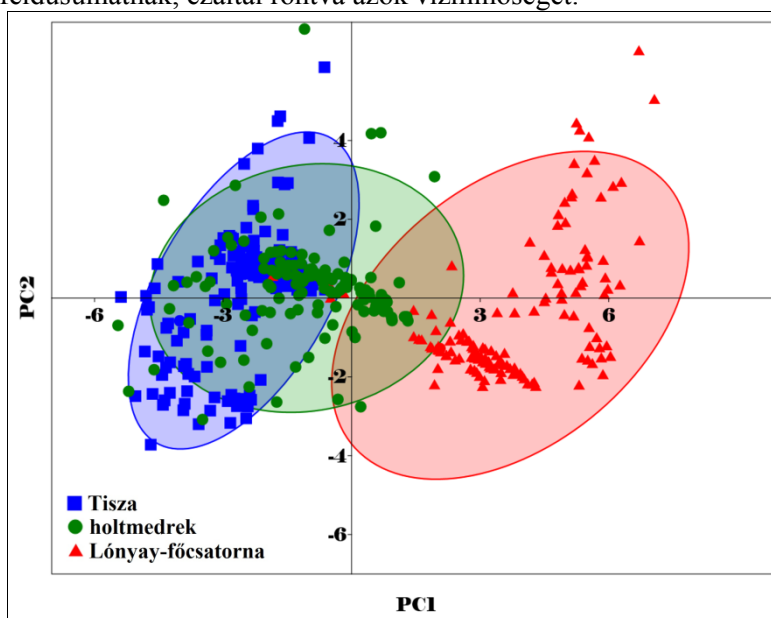
1. tézis. Megállapítottam, hogy az antropogén hatásoknak leginkább kitett víztest a Lónyay-főcsatorna, mérsékeltebb az antropogén hatás a holtmedrekben, a Tisza esetében pedig a legkisebb.

A tápanyagforgalom, a makro- és mikroelemek több mint két éves vizsgálata alapján megállapítottam, hogy az MSZ 12749:1993-as szabvány, illetve a 10/2010 (VIII. 18.) VM rendelet szerint legrosszabb a Lónyay-főcsatorna vízminősége. A mérési eredményeim azt mutatták, hogy a vezetőképesség 43%-kal; az ortofoszfát 89%-kal; az ammónium 83%-kal; a nitrát 78%-kal; a nitrit 80%-kal; a klorid 70%-kal; a réz 71%-kal; a cink 72%-kal haladta meg a rendeletben (10/2010 (VIII. 18.) VM rendelet) meghatározott határértékeket. A szabványban (MSZ 12749:1993) meghatározott erősen szennyezett határértékeket az ortofoszfát, az ammónium, a nitrit, nitrát, alumínium, vas, ólom és cink lépték túl. A terheltség kiváltó oka a Lónyay-főcsatorna vízgyűjtőjén folyó intenzív mezőgazdaság, illetve a szennyvíztisztító telepek elavultsága, nyári időszakban bekövetkező túlterheltsége és ezáltal a tisztítás hatékonyságának az elmaradása.

A Tisza és a holtmedrek eredményeit összevetve a 10/2010 (VIII. 18.) VM rendeletben meghatározott határértékekkel, megállapítható, hogy a Tisza esetében az ortofoszfát 36%-kal, az ammónium 16%-kal, a *nitrát 68%-kal*, a nitrit 43%-kal és a klorid 5%-kal, a cink 26%-kal, a réz 32%-kal; a holtmedreknél pedig az *ortofoszfát 45%-kal; az ammónium 70%-kal; a nitrát 24%-kal; a réz 43%-kal; a cink 53%-kal* gyakrabban haladta meg a határértékeket. A szabványban (MSZ 12749:1993) meghatározott szennyezett, valamint erősen szennyezett határértékeket az ortofoszfát, a nitrit, az alumínium, a vas, az ólom és a cink érték el mindkét felszíni víztestnél. Ezek alapján kijelenthető, hogy mind a Tiszát, mind pedig a holtmedreket egyaránt éri természetes (alumínium, cink, vas) és antropogén (nitrát, ortofoszfát, ammónium, ólom, réz) eredetű terhelés.

2. tézis. A holtmedrek és a Lónyay-főcsatorna a kis hígulás és a természetes állapotban alacsony szaprobitás következtében szennyezettebbek, mint a nagyobb vízhozamú Tisza.

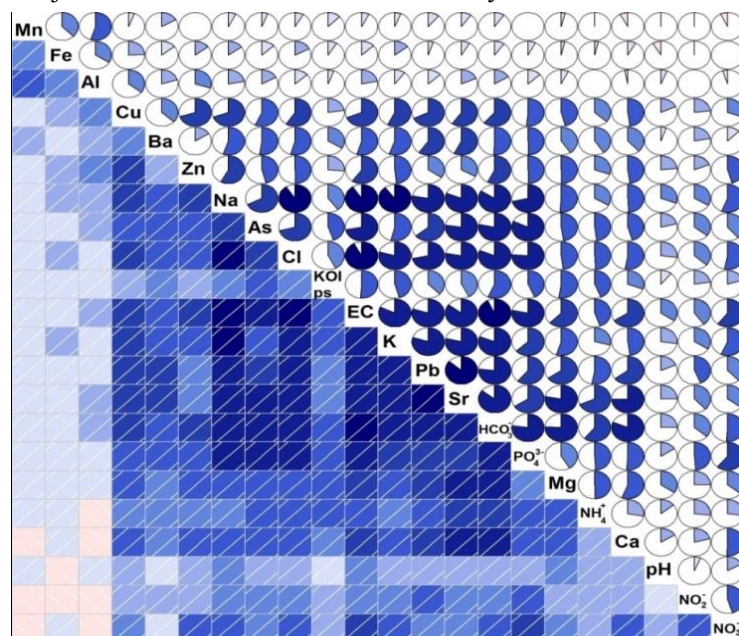
A főkomponens elemzéssel és variancia-analízissel megállapítottam, hogy a vizsgált vízminőségi paraméterek alapján egyszerre tapasztalható eltérés és hasonlóság az egyes mintaterületek vízminősége között (1. ábra). Megfigyelhető, hogy a kisebb vízhozamú és az antropogén hatásokkal (mezőgazdaság, lakossági szennyvízterhelés) erősebben terhelt Lónyay-főcsatorna vízminőség alapján lényegesen eltér a nagyobb vízhozamú Tiszától (1. ábra). A Tisza, mint főbefogadó, a nagyobb vízhozam hígító hatásának köszönhetően az antropogén forrásból származó szennyezés mértékét csökkenti, vagy akár meg is szüntetheti. Az 1. ábrán az is látható, hogy a Tisza és a hullámtéri holtmedrek vízminőségi paraméterei hasonlóak (így az 1. ábrán a 95%-os valószínűségű ellipszisek átfednek), ami az egymással való kapcsolatot, egymásra való hatásukat jelenti. Ez azonban csak azon holtmedrek esetében igaz, melyeket rendszeresen előnti a Tisza árvize, más esetekben függetlenek egymástól. Ezt mutatják az átfedésen kívüli pontok. A főcsatorna és a holtmedrek közti vízminőségbeli átfedés pedig azt bizonyítja, hogy a holtmedreket érő antropogén terhelés, illetve a bennük lezajló hidrobiológiai folyamatokból eredő belső terhelés révén a holtmedrek vízminősége időnként eléri a főcsatornánál tapasztalt szennyezett, ritkán pedig az erősen szennyezett állapotot. A korrelációs kapcsolatok, valamint a hipotézisvizsgálatok (ANOVA) alapján kijelenthető, hogy a szennyezők a felszíni lefolyás során kis hígítási kapacitású befogadóba, holtmederbe kerülve feldúsulhatnak, ezáltal rontva azok vízminőségét.



1. ábra. Az egyes mintaterületek vízminőség szerinti elkülönülése (ellipszisek: 95%-os valószínűség; PC1: pH, EC,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ , KOIps, Na, K, Ca, Mg,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , Ba, Cu, Pb, Sr, Zn; PC2: Al, Fe, Mn)

3. tézis. A tápanyagforgalom, makro- és mikroelemek főkomponens analízise során kapott főkomponens értékek alapján meghatároztam, hogy mely vízkémiai tényezők dominálnak a mintaterületen.

A korrelogram azt mutatja (2. ábra), hogy két vízkémiai paraméterek találkozásánál minél sötétebb a vonalkázott rész színe, illetve a kördiagramon minél teltebb és sötétebb a körcikk színe, annál közelebb van a korrelációs együttható értéke az 1-hez. Tehát, minél erősebb az ábrán a kék szín, annál nagyobb két változó között a pozitív erős kapcsolat, és minél erősebb a piros annál erősebb a negatív korreláció. Látható, hogy a *tápanyagforgalom* elemei közül a nitrit, nitrát és az ortofoszfát alkotnak erős pozitív kapcsolatot, jelezve koncentrációjuk együttes ingadozását. A nitrit-nitrát korrelációja denitrifikációs folyamatra, míg a nitrát ortofoszfáttal alkotott kapcsolata antropogén eredetre utal (műtrágyák, szennyvíz- és állattartó telepek). Ezt erősíti meg az ortofoszfát kalciummal és arzénnel alkotott erős korrelációja. A *makroelemek* közül a Na, a Cl<sup>-</sup> és a K alkotnak egymással szoros pozitív kapcsolatot, melyek elsődlegesen antropogén forrásokból erednek (szennyvíztisztító- és állattartó telepek, termálfürdők, műtrágyák bemosódása). A Ca és a Mg korrelációs kapcsolata pedig azt mutatja, hogy mint természetes eredetű vízkémiai alkotók kisebb mértékben módosítják a vízminőséget, mint az antropogén forrásból származó elemek (Na, K, Cl<sup>-</sup>). A *mikroelemek* közül a Pb, Sr, Ba, és a Cu alkotnak szoros kapcsolatot egymással. A főkomponens analízis azt mutatta, hogy nagyobb mértékben befolyásolják a vízminőséget, mint a többi vizsgált mikroelem, melyek szintén antropogén forrásból származnak. Azonban a stroncium kalciummal alkotott korrelációja természetes eredetűre lehet bizonyíték.



2. ábra. Az egyes vízkémiai alkotók egymással való kapcsolata (kék szín és jobbra dőlő vonalak: pozitív korreláció; rózsaszín és balra dőlő vonalak: negatív korreláció; minél sötétebb, illetve nagyobb a körszelet, annál szorosabb korreláció)

4. tézis. A Lónyay-főcsatorna nemcsak lokálisan, hanem a torkolattól 4,5 km-re is módosítja a Tisza vízminőségét.

4.a. A Lónyay-főcsatorna a *tápanyagforgalom, a nátrium és a vezetőképesség* eredményei alapján a *Tisza vízminőségét csak a torkolat környezetében módosítja.*

A vizsgálat során Lónyay-főcsatornán mért tápanyagforgalom, nátrium, vezetőképesség mennyisége többszöröse (5-8-szorosa) a Tiszán mért értékeknek. Ez egyrészt a területen folyó intenzív mezőgazdaság, valamint a szennyvíztisztító telepek túlterhelésének, és a technológiai fejlesztések elmaradásának a következménye. A varianciaanalízis alapján a Lónyay-főcsatorna minden vizsgált vízkémiai jellemzője szignifikáns eltérést mutatott a tiszai mintáktól, azonban a tiszai mintavételi helyekről származó eredményeket egymással összevetve nem találtam szignifikáns különbséget. Az adatok kiértékelésekor viszont azt tapasztaltam, hogy a Lónyay-főcsatorna torkolata után mért értékek – nem szignifikáns mértékben – de nagyobbak, mint a felső folyószakaszból származó minták esetében. Ez tehát azt jelenti, hogy a főcsatorna Tiszára kifejtett hatása csak a torkolat közvetlen környezetében érvényesül, 4,5 km-rel távolabb a főcsatorna által szállított magas tápanyag- és nátriumtartalmú víz felhígul, keveredik (<sup>4</sup>Türk et al., 2014).

4.b. A statisztikai vizsgálatok alapján arra a következtetésre jutottam, hogy az arzén koncentrációja 4,5 km után (Szabolcs) kis mértékben csökkent, de még mindig magasabb, mint a kontrollként kezelt tiszaberceli mintavételi pontban.

A főcsatornában mért arzén mennyisége (átlagosan 16,66 µg/l) többszöröse a tiszai értékeknek (átlagosan 0,71 µg/l). A kapott értékeket a vízhozam (Lónyay-főcsatorna átlagos vízhozama: 1,8 m<sup>3</sup>/s; Tisza átlagos vízhozama: 362,1 m<sup>3</sup>/s) függvényében ábrázolva mindkét felszíni víztestnél hatvány jelleget állapítottam meg. Ez azt jelenti, hogy a hosszabb időintervallumra, de azonos szennyezettségi szintre vonatkozó mérési eredmények, melyeket a vízhozam függvényében ábrázoltam, a nagy vízfolyások (Tisza), illetve az erősen, de egyenletesen terhelt kisvízfolyások (Lónyay-főcsatorna) esetében hiperbolára emlékeztetnek (<sup>2</sup>Türk et al., 2015).

A Tisza és a Lónyay-főcsatorna nátrium- és arzénkoncentrációjának időbeli változásainak trendjét Mann-Kendall teszt segítségével vizsgáltam meg. Minden esetben pozitív „S” értéket kaptam, ami azt jelenti, hogy mindkét vízkémiai változó növekvő tendenciát mutatott mindkét vízfolyásban.

Pearson-féle korrelációval kapcsolatot kerestem az egyes mintavételi pontok között és azt tapasztaltam, hogy a Lónyay-főcsatorna - Szabolcs mintavételi pontoknál volt a leggyengébb a kapcsolat (r=0,487), ami azt mutatja, hogy ez a két mintavételi hely eltér egymástól. A legerősebb kapcsolatot a Szabolcs-Balsa mintavételi helyeken mért arzén koncentrációértékek esetében tapasztaltam (r=0,834). Eszerint a tiszai mintavételi pontokban mért arzénkoncentrációk között jó a korrelációs kapcsolat, de a Lónyay-főcsatorna értékei ezektől eltérnek (2. táblázat). Mindezeket összevetve a 6/2002 (XI.5.) KvVM rendelet VII. számú mellékletének folyószakaszonkénti besorolása nem véletlenül adja meg a csatorna torkolata feletti

szakaszt márnás-dévères, míg alatta csak dévères besorolású vízként (<sup>2</sup>Türk et al., 2015).

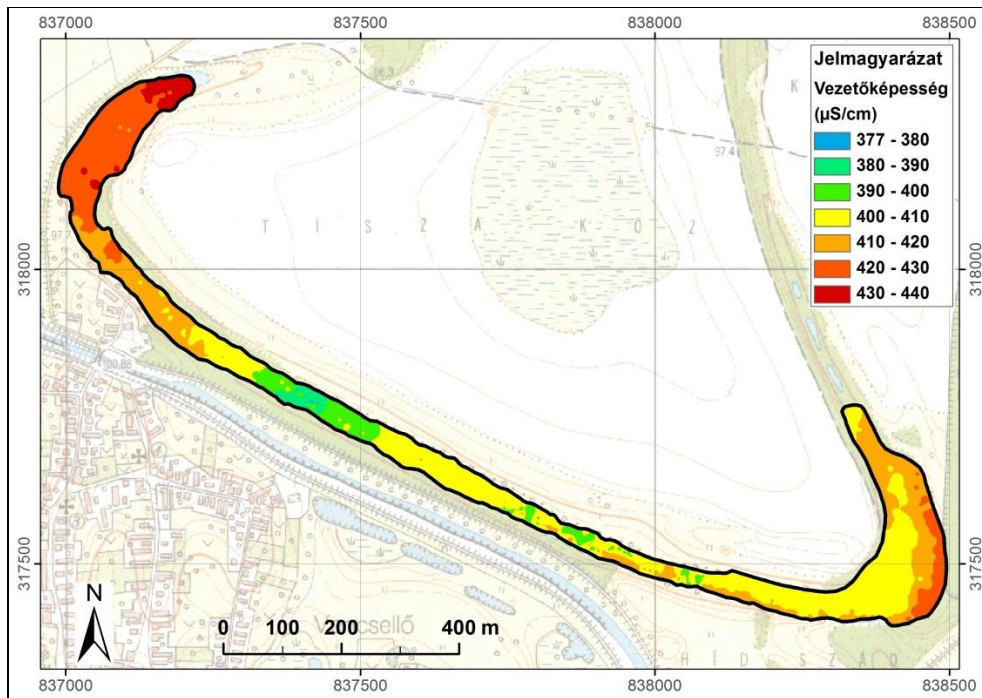
2. táblázat. Az egyes mintavételi helyeken mért arzénkoncentrációk közötti korreláció értékei ( $p < 0,01$ )

	<b>Tiszabercel</b>	<b>Balsa</b>	<b>Szabolcs</b>
<b>Lónyay-főcsatorna</b>	0,475	0,492	0,487
<b>Tiszabercel</b>	-	<b>0,762</b>	<b>0,714</b>
<b>Balsa</b>		-	<b>0,834</b>

5. tézis. A 2013. áprilisi árhullám kezdeti szakasza a holtmeder vizének vertikális és horizontális irányú átkeveredésében területi és rétegbeli eltéréseket eredményezett.

5.a. Eredményeim szerint az *árhullám* levonulásának *kezdetén* a holtmeder a felszíni 0-25 cm-es rétegben mért vezetőképesség-értékek alapján *három egymástól elkülöníthető heterogén részre tagolható* (3. ábra).

Az egyik a DK-i terület (3. ábrán a 400-420  $\mu\text{S}/\text{cm}$  tartományú terület), ahol az északi csatornaszakaszon (egykori folyómeder révén) érintkezik leghamarabb a Tiszával, így itt történik meg a leggyorsabban a keveredés. Ezt követi a keskeny csatornaszakasz (3. ábrán a 377-400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  tartományú szakasz), ahol a vezetőképesség-értékek a DK-i, nagyobb kiterjedésű területhez képest kisebb értéket mutatnak. Ezen a szakaszon, a mederfenéken gyökerező vízi növényzet növekedését tapasztaltam. A vegetációs periódus kezdetén a növekedéshez szükséges ásványi anyagok felvételével csökken a környezetükben található oldott ionok mennyisége, ami a vezetőképesség értékeiben is csökkenést mutatott. A legnagyobb koncentrációjú területet a tó ÉNy-i részén tapasztaltam (3. ábrán a 420-440  $\mu\text{S}/\text{cm}$  tartományú terület). A mélyebb részeket összekötő csatornaszakaszon az áramlás lelassul, és a távolabbi, ÉNy-i részen – a felmérés időpontjában – még nem történt meg a teljes átkeveredés (<sup>6</sup>Türk et al., 2013).



3. ábra. A Kacsató 0-25 cm-es rétegben mért vezetőképesség értékeinek területi megoszlása

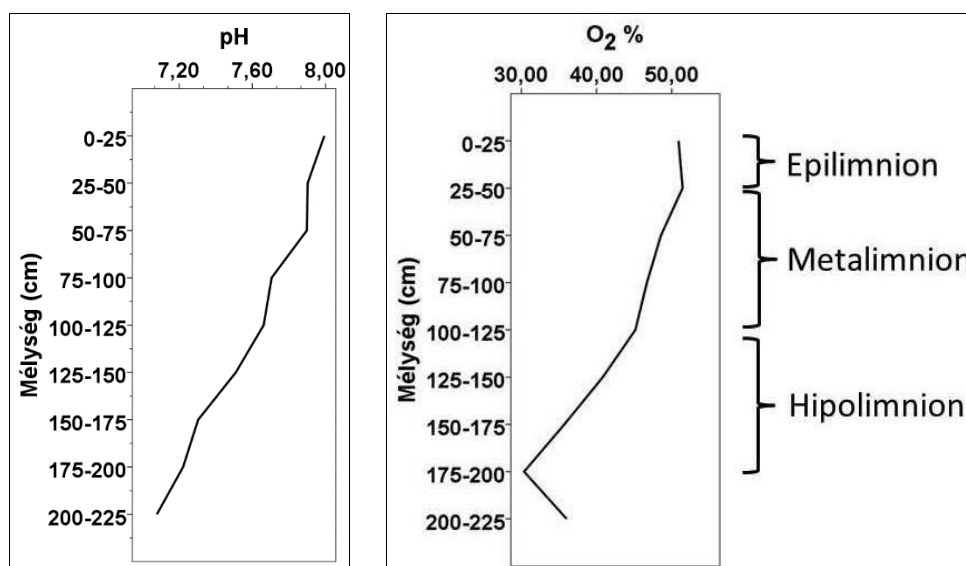
5.b. A vezetőképesség, valamint a kalcium- és a stroncium-koncentráció alapján igazolódott, hogy a levonuló árhullám fokozatosan keveredik össze a holtmeder vizével, azaz olyan állapotot is rögzítettem, amikor a holtmeder vize vertikálisan még nem keveredett át.

Vertikálisan mindhárom vízminőségi paraméter esetében három réteget tudtam elkülöníteni. A vezetőképesség értékek a felső 50 cm-es sávban voltak a legkisebbek ( $500 \mu\text{S}/\text{cm}$ -től kevesebb), tehát az árhullám módosító hatása elsőként ebben a rétegben ment végbe. A következő az 50-150 cm közötti átmeneti sáv, ahol a vezetőképesség értékek  $550 \mu\text{S}/\text{cm}$  ( $\pm 25 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) körül ingadoztak. A harmadik réteg a 150 cm-től mélyebb vízréteg, ahol a mért értékek meghaladják a  $600 \mu\text{S}/\text{cm}$ -t, ebben a rétegben mérhető a legnagyobb ionkoncentráció. Tehát a vezetőképesség alapján teljes átkeveredés még nem ment végbe.

A kalcium és a stroncium esetében a hármas vertikális rétegződés mellett már területi elkülönülés is kialakul. A Tiszához legközelebb eső mintavételi pontokban a mederfenék felé haladva a koncentrációértékek nem mutattak szignifikáns különbséget. Ez azt jelenti, hogy ezekben a pontokban teljes mértékben megtörtént az átkeveredés, és a hígulás. Azokon a mintavételi pontokon, amelyek a legtávolabb voltak a Tiszától, illetve az egykori sodorvonalat követték, a legalsó rétegben (200-250 cm) mért elemkoncentráció 1,6-1,8 szorosa a legfelső réteghez (0-50 cm) képest. Ez alapján kijelenthető, hogy az átkeveredés és a hígulás a Tiszához legközelebb eső ponton, valamint a tó középvonalában történik meg, majd a partszegély felé később fokozatosan kiteljesedik (<sup>1</sup>Türk et al., 2016).

6. tézis. A 24 órás felmérés adatai alapján megállapítottam, hogy bár a Kacsató sekély, mégis rétegzett holtmeder.

A sekély tavak rétegzettségét a hazai szakirodalom sokszor kétségbe vonja, mivel a hullámzás akár a fenéig átkeverheti a teljes víztömeget. Vizsgálataim során a holtmeder legmélyebb részén (225 cm) a mederfenék irányába haladva a pH egy egységet csökkent, valamint az  $O_2$ -telítettség fokozatosan közelített az oxigénhiány irányába (4. ábra). Ennek következtében a kémiai tulajdonságok is megváltoztak, kémiai rétegzettség alakult ki. Az átvilágított főtikus zóna és a kevésbé megvilágított afőtikus zóna biológiai aktivitásától függően bizonyos mélységen túl kevesebb oxigén van jelen. Ilyen esetben a fenéken, illetve annak környezetében élénk a vas, a mangán és a foszfor felszabadulása az üledékből, valamint az oxigénhiányos környezetben a nitrátból ammónium keletkezik. Jól mutatják ezt a jelenséget a holtmeder legmélyebb pontjáról vett minták, ahol kiugró értéket mutatott az ammónium, az ortofoszfát, a vas és a stroncium. Ezeknek az elemeknek az üledékből való felszabadulása, akkor következik be, amikor az üledék feletti vízrétegben lecsökken az oldott oxigén mennyisége, de az állapot még nem szükségszerűen teljesen anaerob. Így ezek az anyagok nyáron a deoxigenált hipolimnionban halmozódnak fel, de mivel a hipolimnion és az epilimnion nem keveredik egymással, ezek nem hozzáférhetők a tó felső, megvilágított részében élő fitoplankton számára (Türk et al., 2014). Mivel a Kacsató mind területét, mind mélységviszonyait tekintve átlagosnak mondható a Felső-Tiszai holtmedrek között, ezek az eredmények általánosíthatók is.



4. ábra. A pH és az oxigéntelítettség mélység szerinti csökkenése a holtmeder legmélyebb részén

7. tézis. Megállapítottam, hogy az arzén természetes, a nátrium és a stroncium pedig antropogén eredetű szennyezések nyomon követésére alkalmas.

A Lónyay-főcsatorna vízgyűjtő területén a geokémiai összetételből adódóan arzénnal potenciálisan szennyezett területnek minősül. A főcsatornában mért arzén mennyisége a tavaszi és a nyári időszakokban meghaladta a 10/2010 (VIII. 18.) VM rendeletben meghatározott 20 µg/l-es határértéket, majd az őszi és téli időszakokra 20 µg/l alá csökkent az arzén koncentrációja. Az időbeli eltérést az magyarázhatja, hogy a tavaszi, de különösen a nyári hónapokban megnő a vízhasználat, emiatt megnő a réteg eredetű ivóvíz kitermelése és vele együtt az arzén mennyisége is, ami a csatornahálózaton és a szennyvíztisztító telepeken keresztül bekerül a főcsatornába. Az őszi és téli időszakban lecsökken a vízigény és a termelés mértéke is, így vele együtt a koncentráció is (<sup>2</sup>Türk et al., 2014).

A Lónyay-főcsatornán tapasztalt természetes vizektől eltérő nagy nátriumkoncentráció (108,65 ± 57,10 mg/l) főként antropogén eredetű. A vízgyűjtőterületen több szennyvíztisztító telep üzemel, amelyek tisztított vizüket a főcsatornába vezetik, emellett a Nyírségben működő állattartótelepek szintén potenciális szennyezők. A mérési eredmények elemzésekor az évszakok között szignifikáns eltérést tapasztaltam. A szezonális elkülönülésre az évszakok közötti hőmérsékletkülönbség, az emiatt módosuló biológiai folyamatok, az eltérő vízhasználat és a tisztítótelepek terhelés/kapacitás aránya ad magyarázatot. Továbbá a geológiai szerkezetnek köszönhetően a területen több hévízkút és azokra települt gyógyfürdő is található (Nyíregyháza-Sóstógyógyfürdő, Nagykálló, Nyírbátor), melyek használt vize közvetlen, vagy közvetett módon a felszíni befogadóba kerül, növelve ezzel a nátrium mennyiségét. (Nyíregyháza-Sóstógyógyfürdői termálvíz ionösszetétele a következő: Na: 1286 mg/l; K: 19,1 mg/l; Ca: 23,6 mg/l; Mg: 4,3 mg/l;).

A stroncium természetes forrásból is megjelenhet a természetes vizekben, azonban a mintaterületemen a legvalószínűbb, hogy antropogén, mezőgazdasági eredetűből származik. Bizonyított, hogy azokban az egyszerű és összetett műtrágyák, melyek alapanyagául természetes ásványok szolgálnak, nagyobb mennyiségben tartalmaznak stronciumot, mint azok, amiket szintetikus úton állítottak elő. Mivel mind a Lónyay-főcsatorna, mind pedig a vizsgált holtmedrek környezetében az intenzív mezőgazdasági művelés révén, a kiszórt műtrágyával együtt stroncium is bekerül a talajba, majd a csapadék lemosó hatására a felszíni vizekbe is bemosódik. Megvizsgáltam a Nyírségben üzemelő ivóvízfigyelő kutak és a termálvíz kutak nyersvizét is, de a stroncium egyik helyszínnél sem volt kiugró mennyiségű. Így kijelenthető, hogy a mintaterületemen a stroncium antropogén, mezőgazdasági (műtrágya) eredetűnek tekinthető.

## Az értekezés témájából megjelent publikációk

### Külföldi, referált folyóiratban megjelent közlemények

<sup>1</sup>**Türk Gábor**, Bertalan László, Balázs Boglárka, Fehérné Baranyai Edina, Szabó Szilárd. Process of overturning due to a floodwave in an oxbow lake of Tisza River. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 11:(1) pp. 255-264. IF: 0,63 (2016) (ISSN Online:1844 - 489X) (Referált, lektorált, nemzetközi)

<sup>2</sup>**Türk Gábor**, Prokisch József, Simon Edina, Szabó Szilárd. Loading and dilution: arsenic, sodium and nutrients in a section of the River Tisza, Hungary. *Open Geosciences* 7:(1) pp. 627-636. IF: 0,66 (2015) (ISSN Online: 2391-5447) (Referált, lektorált, nemzetközi)

<sup>3</sup>Szabó Szilárd, Gosztonyi Gyöngyi, Babka Beáta, Dócs Nikoletta, Braun Mihály, Csorba Péter, **Türk Gábor**, Molnár Lajos Szabolcs, Bakos Beáta, Szabó György, Futó István, Gönczy Sándor, Ágoston Csaba, Szabó Magdolna, Szabó Gergely, Prokisch József: GIS database of heavy metals in the floodplain of the River Tisza. *Studia Universitatis Vasile Goldis Arad – Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series)* 20:(4) pp. 97-104. (2010) (ISSN: 1584-2363) (Referált, lektorált, nemzetközi)

### Közlemények magyar nyelven

<sup>4</sup>**Türk Gábor**, Prokisch József. Növényi tápanyagforgalom, nátrium és az arzén koncentrációjának vizsgálata a Felső-Tiszán. *Tájökológiai Lapok* 12:(1) pp. 11-24. (2014) (ISSN: 1589-4673) (Lektorált, referált, angol absztrakttal)

<sup>5</sup>**Türk Gábor**, Balázs Boglárka, Harangi Sándor, Fehérné Baranyai Edina, Gyulai István, Szabó Szilárd: A vízminőség vizsgálata egy Felső-Tisza menti holtmedren. *Hidrológiai Közlöny* 94:(2) pp. 41-46. (2014) (ISSN: 0018-1323) (Lektorált, referált, angol absztrakttal)

<sup>6</sup>**Türk Gábor**, Balázs Boglárka, Mecser Nikoletta: Medermorfológia és a vezetőképesség modellezése egy tiszai holtmedren. *Hidrológiai Közlöny* 93:(4) pp. 61-65. (2013) (ISSN: 0018-1323) (Lektorált, referált, angol absztrakttal)

<sup>7</sup>**Türk Gábor**, Szabó Szilárd: A Lónyay-főcsatorna vízkémiai hatása a Tiszára a nitrogénformák szemszögéből. *Hidrológiai Közlöny* 92:(2) pp. 45-48. (2012) (ISSN: 0018-1323) (Lektorált, referált, angol absztrakttal)

<sup>8</sup>Túri Zoltán, **Türk Gábor**, Négyesi Gábor, Szabó Szilárd, Demeter Gábor, Lóki József: A hidrológiai elemek térbeli sajátosságainak vizsgálata a Lónyay-csatorna

vízgyűjtő területén. *Acta Biologica Debrecina-Supplementum Oecologica Hungarica* 27:(1) pp. 237-249. (2012) (ISSN: 0236-8684)

### **Konferencia kiadványokban megjelent magyar nyelvű absztrakt**

<sup>9</sup>**Türk Gábor**, Balázs Boglárka: Vízkémiai paraméterek 3D modellezése egy tiszai holtágon. In: Lóki József (szerk.) *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IV.: Térinformatika Konferencia és Szakkiállítás.* pp. 520-521. (2013). (ISBN: 978-963-318-334-2)

<sup>10</sup>**Türk Gábor**, Balázs Boglárka: Medermorfológia és a vezetőképesség modellezése egy tiszai holtmedren. In: Princz Péter (szerk.) *XI. Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Konferencia: Innovatív környezetdiagnosztikai módszerekkel és technológiákkal az egészségesebb emberi környezetért.* 111 p.(ISBN: 978-963-9970-40-3)

### **Egyéb publikációk**

**Türk Gábor**, Balázs Boglárka: Magyarország térképének utolsó fehér foltjai. *Mit rejt a mélység? Élet és Tudomány* 69:(15) pp. 463-465. (2014) (ISSN: 0013-6077)

Túri Zoltán, Négyesi Gábor, **Türk Gábor**, Lóki József, Balázs Boglárka, Szabó Szilárd. *Spatiotemporal analysis of the hydrological factors in the subcatchment of the River Tisza, NE-Hungary.* *Advanced Research in Engineering Science* 1:(1) pp. 43-51. (2013) (E-ISSN: 2347- 4130)



Jelölt: Türk Gábor  
Neptun kód: GIST7E  
Doktori Iskola: Földtudományok Doktori Iskola  
MTMT azonosító: 10031649

### A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

#### Magyar nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (5)

1. **Türk G.**, Balázs B., Harangi S., Fehérmé Baranyai E., Gyulai I., Szabó S.: Vízminőség-vizsgálata egy Felső-Tisza menti holtmederen.  
*Hidrol. Közöny.* 94 (2), 41-46, 2014. ISSN: 0018-1323.
2. **Türk G.**, Prokisch J.: Növényi tápanyagforgalom, nátrium és az arzén koncentrációjának vizsgálata a Felső-Tiszán.  
*Tájékol. lapok.* 12 (1), 11-24, 2014. ISSN: 1589-4673.
3. **Türk G.**, Balázs B., Mecser N.: Medermorfológia és a vezetőképesség modellezése egy tiszai holtmederen.  
*Hidrol. Közöny.* 93 (4), 61-65, 2013. ISSN: 0018-1323.
4. **Türk G.**, Szabó S.: A Lónyay-főcsatorna vízkémiai hatása a Tiszára a nitrogénformák szemszögéből.  
*Hidrol. Közöny.* 92 (2), 45-48, 2012. ISSN: 0018-1323.
5. Turi Z., **Türk G.**, Négyesi G., Szabó S., Demeter G., Lóki J.: A hidrológiai elemek térbeli sajátosságainak vizsgálata a Lónyay-főcsatorna vízgyűjtő területén.  
*Acta biol. Debr., Suppl. oecol. Hung.* 27, 237-249, 2012. ISSN: 0236-8684.





Idegen nyelvű tudományos közlemény(ek) külföldi folyóiratban (3)

6. **Türk, G.**, Bertalan, L., Balázs, B., Fehérné Baranyai, E., Szabó, S.: Process of overturning due to a floodwave in an oxbow lake of Tisza River.  
*Carpath. J. Earth Environ. Sci.* 11 (1), 255-264, 2016. ISSN: 1842-4090.  
IF:0.63 (2014)
7. **Türk, G.**, Prokisch, J., Simon, E., Szabó, S.: Loading and dilution: Arsenic, sodium and nutrients in a section of the River Tisza, Hungary.  
*Open Geosci.* 7 (1), 627-636, 2015. EISSN: 2391-5447.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/geo-2015-0035>  
IF:0.663 (2014)\*
8. Szabó, S., Gosztönyi, G., Babka, B., Dócs, N., Braun, M., Csorba, P., **Türk, G.**, Molnár, L.S., Bakos, B., Szabó, G., Futó, I., Gönczy, S., Ágoston, C., Szabó, M., Szabó, G., Prokisch, J.: GIS database of heavy metals in the floodplain of the Tisza river.  
*Stud. Univ. "Vasile Goldiș" Arad, Ser. Științ. vieții.* 20 (4), 97-104, 2010. ISSN: 1584-2363.

**További közlemények**

Idegen nyelvű közlemény(ek) külföldi folyóiratban (1)

9. Túri, Z., Négyesi, G., **Türk, G.**, Lóki, J., Balázs, B., Szabó, S.: Spatiotemporal analysis of the hydrological factors in the subcatchment of the river Tisza, Ne Hungary.  
*Adv. Res. Eng Sci.* 1 (2), 43-51, 2013. EISSN: 2347-4130.

Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (3)

10. **Türk G.**, Balázs B.: Vízkémiai paraméterek 3D modellezése egy tiszai holtágon.  
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IV.: Térinformatika Konferencia és Szakkiallítás. Szerk.: Lóki József, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 520-521, 2013.  
ISBN: 9789633183342

\*Az Open Geosciences (ISSN 2391-5447) előző címváltozatának (Central European Journal of Geosciences (2009-2014) ISSN 2081-9900) 2014 évi IF értéke



11. **Türk G.**, Balázs B.: Medermorfológia és a vezetőképesség modellezése egy tiszai holtmedren.  
In: XI. Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Konferencia: Innovatív  
környezetdiagnosztikai módszerekkel és technológiákkal az egészségesebb emberi  
környezetért. Szerk.: Princz Péter, Magyar Kémikusok Egyesülete, Hajdúszoboszló, 87-87,  
2013. ISBN: 9789639970403
12. **Türk G.**: Vízminőség-változások a Tiszán a Lónyay-főcsatorna torkolatának környezetében.  
In: Kockázat-konfliktus-kihívás: A VI. Magyar Földrajzi Konferencia, a MERIEXVA  
nyitókonferencia, és a Geográfus Doktoranduszok Országos Konferenciájának absztrakt  
kötete. Szerk.: Blanka Viktória, Kiadó SZTE természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
Szeged, 231, 2012.

Idegen nyelvű absztrakt kiadvány(ok) (1)

13. **Türk G.**, Szabó, S.: Spatial and temporal changes in water quality in the Upper-Tisza region,  
Hungary.  
*Geomorfologický sborník 1*, 49-50, 2013.

Ismeretterjesztő, népszerűsítő cikk(ek) (1)

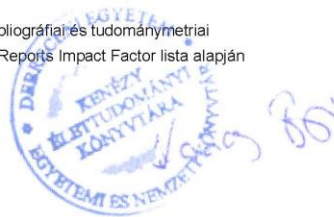
14. **Türk G.**, Balázs B.: Magyarország térképének utolsó fehér foltjai: Mit rejt a mélység?  
*Élet Tud. 69* (15), 463-465, 2014. ISSN: 0013-6077.

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 1,293**

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapján szolgáló közleményekre):  
1,293**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai  
ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján  
elvégezte.

Debrecen, 2016.05.25.



**Propositions of PhD theses**

**WATER QUALITY STUDY REGARDING THE MAIN CANAL LÓ-  
NYAY AND THE TISZA RIVER BETWEEN TISZABERCEL AND  
TOKAJ**

**Gábor Türk**

Supervisor: **Dr. Szilárd Szabó**



UNIVERSITY OF DEBRECEN  
PhD Program in Geosciences

Debrecen, 2016

## 1. Introduction

Since water is essential for both life and society based on its physical, chemical and biological properties it is the most widely used compound on Earth. With the development of the society and production demand for water also increases, however, its quality deteriorates gradually as it is used in production and consumption and natural waters are contaminated via industrial and agricultural activities and usage. This contamination increased by today so that it exceeds the rate of self-purification and the quality of surface and subsurface waters deteriorates gradually.

Water supply has presented significant problems for the society since ancient times. Initially water was used for only “communal” then increasingly for agricultural purposes as well. Development of the industry and the appearance of new industrial branches required increasing amount of frequently cleaner technological water than drinking water. Simultaneously increasing amount of sewage containing increasingly dangerous material had to be treated. Population of our planet increasing to seven billion, urbanization and development intensify water demand faster than ever. Water consumption increased twice as fast as population in the previous century. Increase of water consumption is expected to reach 50% and 18% in developing and developed countries respectively between 2007 and 2025.

Using water is one of the most important elements of our life, however, it has its costs. Water bears not only natural but social and economic values as well offering income and saving possibilities also. Preserving the appropriate quality of water is one of the most important tasks today. In order to do so, member states of the European Union targeted to achieve an ecologically “good state” for all surface and subsurface waters in the area of the EU by 2015. In order to achieve the good state overhaul of the National Water Catchment Management Plan was performed on 22nd December 2015 identifying the steps to be performed by either 2021 or 2027.

## 2. Aims

My primary aim in this PhD research was to study the water quality of the surface waters of an area enclosed by Tokaj – Tiszabercel – Kótaj in the Upper Tisza Region. The research could be divided into three major parts: (1) studying the water quality of oxbow lakes larger than 6 ha located along the wave-plain of the Tisza and the Bodrog Rivers and of the section of the Lónyay Main Channel between Kótaj and its estuary into the Tisza and on the left shore of the Tisza River between Tiszabercel and Tokaj; (2) water chemical effect of the Lónyay Main Channel on the Tisza; (3) surveying the water quality and bed morphology of the Kacs Lake at Gávavencsellő.

The following tasks are challenged in this research:

- temporal and spatial changes of water quality are evaluated on the basis of regular sampling and studying several water quality parameters (nutrient budget, macro- and micro-elements) along the Tisza, the Lónyay

Main Channel and the oxbow-lakes in the wave-plain between Tokaj and Tiszabercel;

- water quality parameters measured in the surface water bodies are analysed statistically (ANOVA, major component analysis);
- anthropogenic pollution sources in the catchment area of the Lónyay Main Channel are studied to identify those that endanger most the ecology of surface waters;
- I study whether the effects of the Lónyay Main Channel are only local or they effect the system from several kilometres as well;
- In the case of the Kacs Lake at Gávavencsellő bed morphology is studied together with the relationship between depth conditions and water quality at the time of flooding and low water as well;
- It is studied whether arsenic, sodium and strontium are suitable for proving natural or anthropogenic pollution.

### **3. Material and method**

Water quality study of the Tisza section between Tiszabercel and Tokaj, the major oxbow-lakes along the Tisza and the section of the Lónyay Main Channel between Kótaj and its estuary in the Tisza was performed monthly between March 2012 and August 2014. Sampling was continuous in the studied period except for winter icing providing a detailed image on physical and chemical and biological processes and on the rate of anthropogenic pollution continuously (Table 1).

Water catchment of the Lónyay Main Channel is located completely in the area of Hungary therefore this is one of the contamination possibility that drives load into the Tisza originated solely from Hungary. This is important because only the effects of the Lónyay Main Channel in the measurements. Studying nutrient budget monthly, studying Arsenic (As) and Sodium (Na) and conductivity (EC) are analysed respectively between September 2010 and October 2013 (Table 1).

Water quality and depth conditions of the Kacs Lake at Gávavencsellő were surveyed between April and November 2013. Modification effect of flooding prior to the culmination on 5th April 2013 (water level of Tisza on this day: 615 cm, water yield: 1360 m<sup>3</sup>/s) in the entire area of the oxbow-lake and the basement of the bed was surveyed. Effects of the flooding was studied in more detail in the SE curve of the oxbow-lake since vertical water sample series were taken by 25 cm at 10 sampling sites using a layered sampler. At six sampling sites a 24 hours measurement series and another with 3 hours periods were performed on 18th and 19th August 2013. Due to the lack of precipitation the oxbow-lake was divided into two parts with almost similar areas. Following this another measurement was performed on 4th November 2013 (Table 1).

Table 1. Summarizing table of samples and performed analyses

<b>Sampling sites</b>	<b>Measurement intervals, studying water quality characteristics</b>	<b>Statistical, geoinformatic</b>
<b>Tisza, Lónyay Main Channel, oxbow-lakes</b>	Between 2012 and 2014 monthly measurement of pH, EC, nutrient budget, macro- and micro-elements (465 samples)	Hypothesis study, correlation analysis, PCA
<b>Effects of Lónyay Main Channel on Tisza</b>	Between 2010 and 2013 weekly measurement of Na, As, EC and monthly measurement of nutrient budget (552 samples)	Hypothesis study, correlation analysis, trend analysis
<b>Studying Kacs Lake</b>	Between 2012 and 2014 monthly measurement of pH, EC, nutrient budget, macro- and micro-elements In 2013 observation of spring flooding, and the summer and autumn period via measuring pH, EC, dissolved O <sub>2</sub> , nutrient budget, macro- and micro-elements (411 samples)	Hypothesis study, correlation analysis, spatial analysis (1850 point set)

Analysis of the elements of nutrient circulation ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , KOIps,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) together with chloride ion (Cl) and p, m basicity ( $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$ ) were performed in the laboratory of the Institute of Earth Sciences, University of Debrecen on the basis of volume 1, Uniform Water Analysis Methods published in 1973 (Literáthy, 1973<sup>2</sup>). Arsenic content measurement was performed in the NanoFood Laboratory, University of Debrecen using a PS Analytical Millenium Merlin type device. For the element analysis of the studied waters water samples were treated by concentrated nitric acid following filtering using 45  $\mu\text{m}$  pores. Macro-element (Na, K, Ca, Mg) and micro-element (Al, Ba, Cu, Fe, Mn, Pb, Sr, Zn) content of the prepared samples were measured using a microwave plasma atomic emission spectrometer (Agilent, MP-AES 422).

Geoinformatic measurements were performed by using both a GARMIN MAP 62 satellite navigation (accuracy: 20-50 cm) and a HUMMINBIRD FishFinder 525 fish radar (accuracy: 1-3 m). Data were organized in tables and their further progressing was performed using ArcGIS 10.0. For presenting the depth conditions of the bed a TIN model was generated and the spatial distribution was depicted by Inverse Distance Weighting interpolation method.

For evaluating measurement data SPSS 19 for Windows and Microsoft Excel 2010 softwares were used. Data were studied for normality then similarities and differences among sampling sites and areas and water chemical variables were studied using correlation, ANOVA, Kruskal-Wallis and major component analyses.

<sup>2</sup> Literáthy P. 1973. Egységes vízvizsgáló módszerek (*Uniform water analysis methods*). Volume I. Chemical methods, Volume 1. Water management Scientific Research Institute, Budapest.

Trends in changes in time of the sodium and arsenic concentration of the Tisza and Lónyay Main Channel were studied using Mann-Kendall tests.

Obtained results were compared to limit values involved in Hungarian Standards (HS) 12749:1993 and in the Water Ministry decree 10/2010 (VIII. 18.) so that the water quality state and pollution state of the water bodies could be determined. The standard was withdrawn on 1st August 2014, however, it was in force in the studied period therefore water qualification was performed according to this decree as well. Water quality grouping of the sampling site was performed based on water pollution quality conditions of surface waters assigned for providing the life condition of fish included in the KvVM decree. Based on these the water quality of the sampling site was performed.

#### 4. Research Results

Thesis 1. I determined that the water body most exposed to anthropogenic effects is the Lónyay Main Channel, anthropogenic effects are smaller in the oxbow-lakes and smallest in the case of the Tisza.

Based on studying nutrient supply and macro- and micro-elements for more than two years, standard MSZ 12749:1993 and Water Ministry decree 10/2010 VIII 18. Based on the measurement results conductivity increased by 43 % while orthophosphate, ammonia, nitrate, nitrite, chloride, copper and zinc exceeding the limit set in the decree (10/2010 (VIII. 18.)) by 83%, 78%, 80%, 70%, 70%, 72% respectively. Limit values of strongly polluted category (strongly polluted) regulated in the standard (MSZ 12749:1993) were exceeded by orthophosphate, ammonia, nitrate, nitrite, aluminium, iron, lead and zinc. This load was caused mostly by intense agricultural activities in the catchment area of the Lónyay Main Channel together with the obsolescence of sewage treatment plants and their overuse in the summer and thus the lack of efficient cleaning.

Comparing the results of the Tisza and the oxbow-lakes to the limit values in the decree 10/2010 (VIII. 18.), in the case of the Tisza, orthophosphate, ammonia, nitrate, nitrite and chloride, zinc, copper exceeded the limit values 36%, 16%, 68%, 43%, 5%, 26%, 32% respectively while in the case of oxbow-lakes. Strongly polluted areas regulated by Hungarian Standard (MSZ 12749:1993).

Contaminated and strongly contaminated limit values regulated by (Hungarian Standard 12749:1993) were reached by orthophosphate, nitrite, aluminium, iron, lead and zinc at both surface water bodies.

Based on this it can be stated that both the Tisza and other tributaries are characterised by both natural (aluminium, zinc, iron) and anthropogenic (nitrate, orthophosphate, ammonia, lead and copper).

Thesis 2. Oxbow-lakes and the Lónyay Main Channel are more polluted than Tisza with its higher discharge due to the low rate of dilution and saprobity in natural state.

Based on main component analysis and variance analysis, both differences and similarities can be detected among the water quality of the stud areas at the same time (Figure 1). With smaller discharge and stronger anthropogenic effects (agriculture, communal sewage) the Lónyay Main Channel differs significantly from Tisza with higher discharge regarding water quality (Figure 1). The Tisza due to its higher discharge reduces or may even make disappear pollution from anthropogenic sources. Figure 1 also shows that water quality parameters of the Tisza and the oxbow-lakes in the wave-plain are similar (thus ellipsoids with 95% of probability overlap in Figure 1) suggesting their effects on each other. This is true, however, only for oxbow-lakes that are flooded regularly by Tisza. In other cases they are independent from each other. This is indicated by points outside the overlap. Water quality overlap between the main channel and the oxbow-lakes prove that the water quality of oxbow-lakes may reach the polluted or even strongly polluted state experienced at the main channel due to the inner load of the oxbow lakes resulted by anthropogenic load and hydrobiological processes. Based on correlation connections and hypothesis analyses (ANOVA) it can be stated that pollutants may concentrate as they enter into agents with small dilution capacity due to their run-off on the surface.

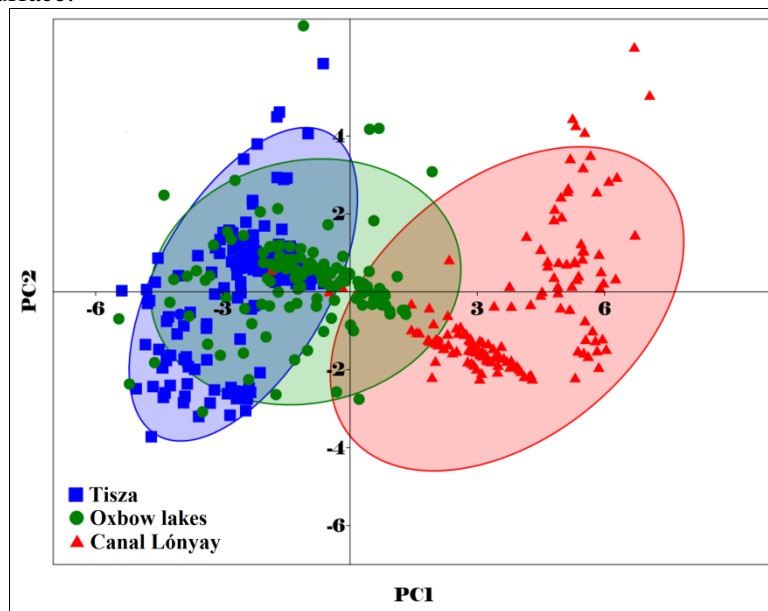


Figure 1. Identification of the study areas regarding water quality (ellipsoids: 95% probability; PC1: pH, EC,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ , KOIps, Na, K, Ca, Mg,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , Ba, Cu, Pb, Sr, Zn; PC2: Al, Fe, Mn)

Thesis 3. Based on main component values obtained by the main component analysis of macro- and micro-component values and the nutrient circulation, the direction of relationship between certain water chemical factors was determined.

Correlogram indicates (Figure 2) that at the meeting of two water chemical parameters the darker is the colour of the striped part and the darker is the colour of the sector on Figure 2 the closer the value of correlation coefficient will be to one. I.e. the stronger the blue colour is on the figure stronger the more positive strong connection will be between the two variables and the stronger is the red colouring the stronger of negative correlation will be. It is clear then that nitrite, nitrate and orthophosphate out of the correlation tools form strong positive connections indicating their strongly and simultaneously alternating concentrations. Correlation of nitrite and nitrate suggest denitrification processes while the relationship between nitrate and orthophosphate indicates anthropogenic origin (artificial fertilizers, sewage ad cattle keeping areas). This reinforces the strong correlation between orthophosphate, calcium and arsenic. Regarding macro-elements, Na, Cl<sup>-</sup> and k form close positive relationship that have their origin in anthropogenic sources (sewage treatment plants, cattle keeping, thermal baths, artificial fertilizers). Correlation of Ca and Mg shows that as natural water chemical components they modify water quality in smaller grade than elements from anthropogenic sources (Na, K, Cl<sup>-</sup>). Among micro-elements Pb, Sr, Ba and Cu form strong correlation with each other. Based on main component analysis, they influence water quality in greater grade than the rest of the studied micro-elements that originated from anthropogenic sources. Correlation of strontium with calcium, however, may prove their natural origin.

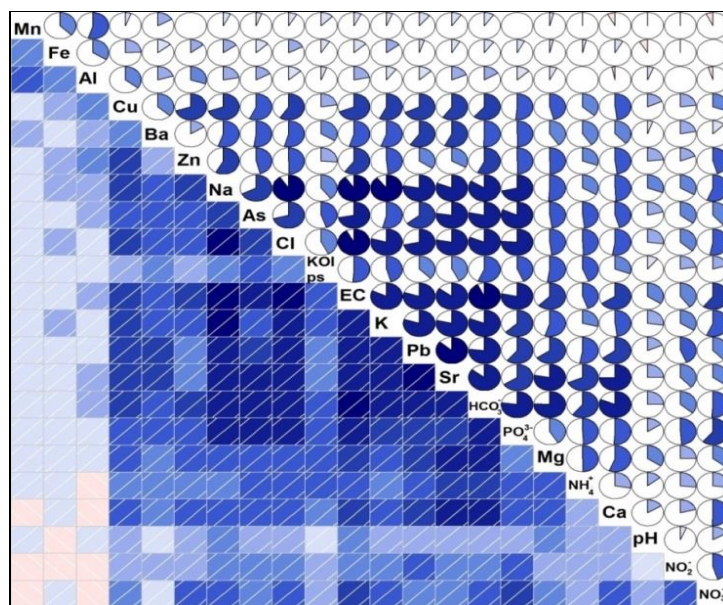


Figure 2. Correlation of the water chemical components with each other (blue colour and lines dipping right: positive correlation; rose colouring and lines dipping left: negative correlation; darker and greater segments of the circle indicate stronger correlation)

Thesis 4. Lónyay Main Channel influences the water quality of the Tisza not only locally but 4.5 km from its estuary as well.

4.a. The Lónyay Main Channel on the basis of *nutrient circulation, sodium and conductivity* values *modifies the water quality of the Tisza only around its mouth*.

Nutrient circulation, sodium and conductivity values measured in the Lónyay Main Channel are several times higher (5-8 times) than those measured in the Tisza. This can be the result of intense agricultural activity, overloading of the sewage treatment plants and the lack of technological developments. Based on variance analysis every studied water chemical characteristics of Lónyay Main Channel shown significant difference from samples from the Tisza while comparing the values of sampling sites along the Tisza to each other no significant difference was found. When evaluating the results, however, differences – not significant – could be detected before and after the mouth of Lónyay Main Channel as values are higher after this mouth than those from the higher sections of the river. This means that the effects of the Lónyay Main Channel on the Tisza appear only in the direct vicinity of its mouth, 4.5 km away from its mouth the high nutrient and sodium content dilute (<sup>4</sup>Türk et al., 2014).

4.b. Based on statistical analyses, the concentration of arsenic decreased slightly after 4.5 km (Szabolcs), however, it is still higher than at the sampling site at Tiszaberceli treated as a control site.

Quantity of arsenic in the main channel is several times higher (16.66 µg/l on average) than that of the value in the Tisza (0.71 µg/l on average). Depicting the obtained values against discharge (average discharge of Lónyay Main Channel is 1.8 m<sup>3</sup>/s; average discharge of Tisza: 362.1 m<sup>3</sup>/s) power characteristic was found in the case of both water bodies. This means that measurement results for longer time periods but similar pollution levels depicted against discharge resemble a hyperbola in the cases of both large rivers (Tisza) and strongly but evenly loaded smaller rivers (Lónyay Main Channel) (<sup>2</sup>Türk et al., 2015).

Trends of sodium and arsenic concentration changes in time in the Tisza and Lónyay Main Channel were studied using Mann-Kendall tests. Tests yielded positive “S” values in every cases meaning that both water chemical variables showed increasing tendencies in both rivers.

Using Pearson’s correlation the relationship between sampling sites was studied. Based on the results, poorest relationship ( $r=0.487$ ) was found among sampling sites in Szabolcs along the Lónyay Main Channel suggesting that these two sampling sites differ from each other. Strongest relationship ( $r=0.834$ ) were found in the cases of arsenic concentration values measured in Szabolcs-Balsa sampling site. This indicates that correlation is good between arsenic concentrations measured at sampling sites along the Tisza, however, values of the Lónyay Main Channel differ from them (Table 2). Based on all these, the attachment VII of the KvVM decree 6/2002 (XL. 5.) indicates barbel and bream waters above the mouth of the channel and only bream below it (<sup>2</sup>Türk et al., 2015).

Table 2. Correlation values between arsenic concentrations measured at certain sampling sites ( $p < 0.01$ ).

	<b>Tiszabercel</b>	<b>Balsa</b>	<b>Szabolcs</b>
<b>Lónyay Main Channel</b>	0.475	0.492	0.487
<b>Tiszabercel</b>	-	<b>0.762</b>	<b>0.714</b>
<b>Balsa</b>		-	<b>0.834</b>

Thesis 5. Initial part of the flooding in April 2013 resulted spatial and stratigraphic differences in the vertical and horizontal mixing of the water of the oxbow-lake

5.a. According to my results, at the *beginning* of the *flooding* the oxbow-lake *could be divided into three heterogeneous parts* (Figure 3) based on conductivity values measured in the 0-25 cm deep layers.

One part is the southeastern area (400-420  $\mu\text{S}/\text{cm}$  range in Figure 3) where the oxbow-lake connects to the Tisza along the northern channel section (via an abandoned riverbed) thus mixing is fastest here. This part is followed by the narrow channel section (377-400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  range in Figure 3) where conductivity values are smaller than those of the southeastern, larger area. In this section aquatic vegetation rooting in the bed were found. At the beginning of the vegetational time period these plants take mineral material for their growth therefore the amount of dissolved ions decreases in their vicinity resulting in a decrease of the conductivity values as well. The northwestern part of the lake has highest concentration values (420-440  $\mu\text{S}/\text{cm}$  range in Figure 3). In the channel sections connecting deeper parts waterflow becomes slower and therefore mixing was not complete – at the time of the survey – in the northwestern part (Türk et al., 2013).

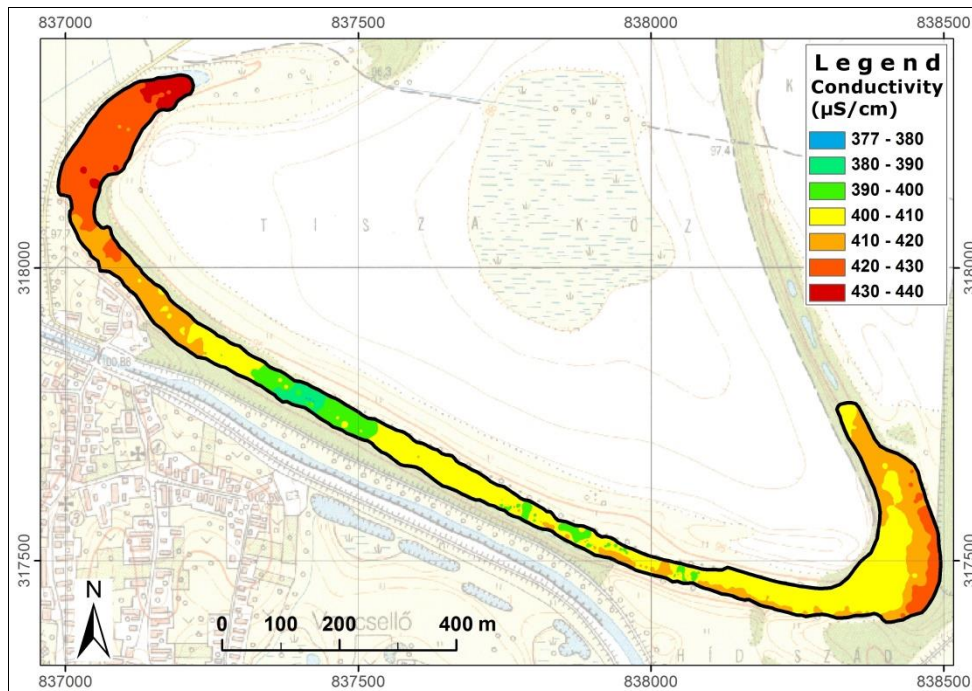


Figure 3. Spatial distribution of conductivity values measured in the layers at 0-25 cm in the Kacs Lake

5.b. Conductivity together with calcium and strontium concentration values proved that flooding mixes gradually with the water of the oxbow-lake, *i.e. such state when the water of the oxbow-lake did not mix completely vertically was recorded as well.*

Vertically three layers have been identified in the case of all three water quality parameters. Smallest conductivity values were found in the upper 50 cm (smaller than 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), *i.e.* the effect of the flooding appeared first in this belt. The next was a transitional layer in a depth between 50 and 150 cm where conductivity values varied around 550  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ( $\pm 25 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). The third layer was deeper than 150 cm where measured values exceeded 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Highest ion concentrations were measured in this layer. Based on conductivity, mixing was not complete at that time.

In the cases of calcium and strontium spatial separation developed as well apart from vertical layering. Concentration values showed no significant differences towards the bed in the sampling sites closest to the Tisza. This means that mixing and dilution was complete in these points. At sampling sites furthest away from the Tisza or along the former thalweg, however, the element concentration in the bottom layer (200-250 cm) was 1.6 – 1.8 times higher than that in the top layer (0-50 cm). Based on the above, mixing and dilution appears first in the area closest to the Tisza and in the central zone of the oxbow-lake and towards the shores they appear slightly later (<sup>1</sup>Türk et al., 2016).

Thesis 6. Based on the data of the 24 hour survey, although Kacs Lake is shallow it is still a stratified oxbow-lake.

Layering of shallow lakes is ambiguous in the Hungarian literature because waves may mix the complete water body down to the bed. During my research in the deepest part of the oxbow-lake (225 cm) pH decreased one unit and O<sub>2</sub> saturation approached anoxia gradually towards the bed (Figure 4). As a result chemical properties changed as well and a chemical layering developed. Depending on the biological activity of the photic and the aphotic zone the amount of oxygen decreases below a certain depth. In such cases iron, manganese and phosphorous are released from the bottom sediments in high concentration and also from nitrate ammonium is formed in anoxic conditions. Samples from the deepest part of the oxbow-lake represent these phenomena with high concentration values for ammonium, orthophosphate, iron and strontium. These elements are released from the sediments when the amount of dissolved oxygen is decreased in the water above the sediment, however, conditions are not completely anaerobic. These material therefore are accumulated in the deoxygenated hipolimnion in the summer. Since hipolimnion and epilimnion do not mix with each other such elements cannot be accessed by phytoplankton living in the upper zone of the lake (<sup>5</sup>Türk et al., 2014). Since the Kacs Lake can be regarded as average considering both size and depth among oxbow-lakes in the Upper Tisza Region these results can be regarded as general.

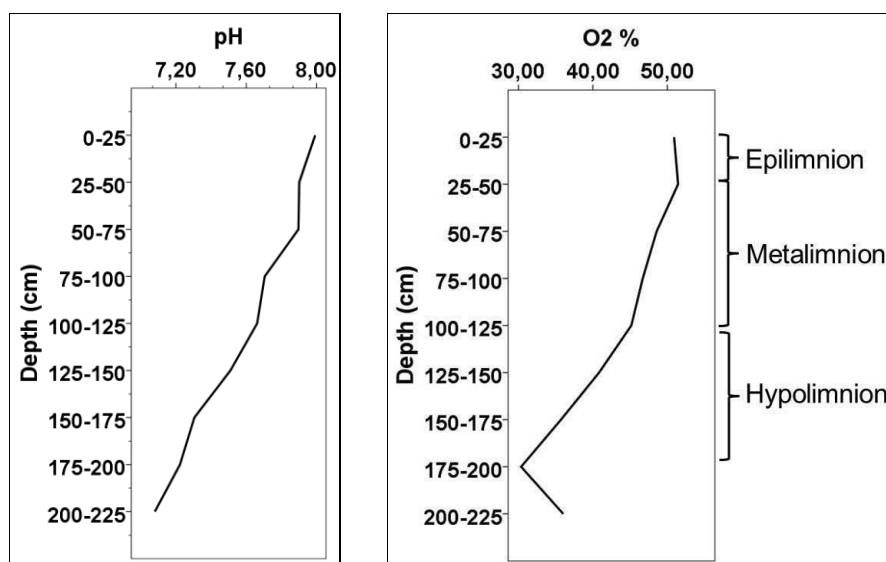


Figure 4. Decrease of pH and oxygen saturation with depth in the deepest part of the oxbow-lake

Thesis 7. Arsenic can be used for detecting natural while sodium and strontium for tracing anthropogenic pollutions

The catchment area of the Lónyay Main Channel is regarded to be a potentially contaminated area due to its geochemical composition. Amount of arsenic measured in the channel exceeded the 20 µg/l limit value identified in the KvVM decree 10/2010 (VIII. 18.) in spring and summer, however, it decreased below 20 µg/l in the autumn and winter periods. This could be explained by that the use of water increases in spring and especially in summer therefore the production of deeper groundwater increases thus more arsenic is produced that enters the channel via the water network and the sewage treatment plants. In autumn and winter demand for water decreases so does production and the concentration of arsenic (<sup>2</sup>Türk et al., 2014).

High sodium concentration ( $108.65 \pm 57.10$  mg/l) measured in the Lónyay Main Channel different from natural waters is primarily of anthropogenic origin. Several sewage treatment plants operate in the catchment area and the treated water is released into the channel. Apart from them potential pollution sources are cattle keeping farms in the Nyírség. Significant differences were found between seasons when the results were analysed. These differences can be explained by temperature differences and thus modified biological processes, different water usage and the load/capacity ratio of the treatment plants. Furthermore several thermal wells and spas can be found in the area (Nyíregyháza – Sóstó Spa, Nagykálló, Nyírbátor) the used water of which is released directly or indirectly into the channel increasing its sodium content. (Composition of the thermal water at Nyíregyháza – Sóstó Spa is the following: Na: 1286 mg/l; K: 19.1 mg/l; Ca: 23.6 mg/l; Mg: 4.3 mg/l.)

Strontium could have natural origin in natural waters, however, in my study area its most probable source is anthropogenic agriculture. Simple and complex artificial fertilizers the basic materials of which are natural minerals contain much higher ratio of strontium than those with synthetic basic material. Since artificial fertilizers used in the intense agriculture in the vicinity of the Lónyay Main Channel and the studied oxbow-lakes contain strontium it enters the soils and filtrates into surface waters via precipitation. I examined the water found in drinking water monitoring wells and that of thermal water wells in the Nyírség and found no striking concentration of strontium therefore it can be stated that in my study area strontium can be regarded as of anthropogenic, agricultural (artificial fertilizer) origin.



Registry number: DEENK/131/2016.PL  
Subject: Ph.D. List of Publications

Candidate: Gábor Türk  
Neptun ID: GIST7E  
Doctoral School: Doctoral School of Earth Sciences  
MTMT ID: 10031649

### List of publications related to the dissertation

#### Hungarian scientific article(s) in Hungarian journal(s) (5)

1. **Türk G.**, Balázs B., Harangi S., Fehérné Baranyai E., Gyulai I., Szabó S.: Vízminőség-vizsgálata egy Felső-Tisza menti holtmederen.  
*Hidrol. Közöny.* 94 (2), 41-46, 2014. ISSN: 0018-1323.
2. **Türk G.**, Prokisch J.: Növényi tápanyagforgalom, nátrium és az arzén koncentrációjának vizsgálata a Felső-Tiszán.  
*Tájékol. lapok.* 12 (1), 11-24, 2014. ISSN: 1589-4673.
3. **Türk G.**, Balázs B., Mecser N.: Medermorfológia és a vezetőképesség modellezése egy tiszai holtmedren.  
*Hidrol. Közöny.* 93 (4), 61-65, 2013. ISSN: 0018-1323.
4. **Türk G.**, Szabó S.: A Lónyay-főcsatorna vízkémiai hatása a Tiszára a nitrogénformák szemszögéből.  
*Hidrol. Közöny.* 92 (2), 45-48, 2012. ISSN: 0018-1323.
5. Túri Z., **Türk G.**, Négyesi G., Szabó S., Demeter G., Lóki J.: A hidrológiai elemek térbeli sajátosságainak vizsgálata a Lónyay-főcsatorna vízgyűjtő területén.  
*Acta biol. Debr., Suppl. oecol. Hung.* 27, 237-249, 2012. ISSN: 0236-8684.





Foreign language scientific article(s) in international journal(s) (3)

6. **Türk, G.**, Bertalan, L., Balázs, B., Fehérmé Baranyai, E., Szabó, S.: Process of overturning due to a floodwave in an oxbow lake of Tisza River.  
*Carpath. J. Earth Environ. Sci.* 11 (1), 255-264, 2016. ISSN: 1842-4090.  
IF:0.63 (2014)
7. **Türk, G.**, Prokisch, J., Simon, E., Szabó, S.: Loading and dilution: Arsenic, sodium and nutrients in a section of the River Tisza, Hungary.  
*Open Geosci.* 7 (1), 627-636, 2015. EISSN: 2391-5447.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/geo-2015-0035>  
IF:0.663 (2014)\*
8. Szabó, S., Gosztonyi, G., Babka, B., Dócs, N., Braun, M., Csorba, P., **Türk, G.**, Molnár, L.S., Bakos, B., Szabó, G., Futó, I., Gónczy, S., Ágoston, C., Szabó, M., Szabó, G., Prokisch, J.: GIS database of heavy metals in the floodplain of the Tisza river.  
*Stud. Univ. "Vasile Goldiş" Arad, Ser. Ştiinţ. vietji.* 20 (4), 97-104, 2010. ISSN: 1584-2363.

**List of other publications**

Foreign language scientific article(s) in international journal(s) (1)

9. Turi, Z., Négyesi, G., **Türk, G.**, Lóki, J., Balázs, B., Szabó, S.: Spatiotemporal analysis of the hydrological factors in the subcatchment of the river Tisza, Ne Hungary.  
*Adv. Res. Eng Sci.* 1 (2), 43-51, 2013. EISSN: 2347-4130.

Hungarian conference proceeding(s) (3)

10. **Türk, G.**, Balázs B.: Vízkémiai paraméterek 3D modellezése egy tiszai holtágon.  
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IV.: Térinformatika Konferencia és Szakkiállítás. Szerk.: Lóki József, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 520-521, 2013.  
ISBN: 9789633183342

\* This IF belongs to the previous title of Open Geosciences (ISSN 2391-5447): Central European Journal of Geosciences (2009-2014) ISSN 2081-9900)

Address: 1 Egyetem tér, Debrecen 4032, Hungary Postal address: Pf. 39, Debrecen 4010, Hungary  
Tel.: +36 52 410 443 Fax: +36 52 512 900/63847 E-mail: [publikaciok@lib.unideb.hu](mailto:publikaciok@lib.unideb.hu), □ Web: [www.lib.unideb.hu](http://www.lib.unideb.hu)



11. **Türk G.**, Balázs B.: Medermorfológia és a vezetőképesség modellezése egy tiszai holtmedren.  
In: XI. Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Konferencia: Innovatív  
környezetdiagnosztikai módszerekkel és technológiákkal az egészségesebb emberi  
környezetért. Szerk.: Princz Péter, Magyar Kémikusok Egyesülete, Hajdúszoboszló, 87-87,  
2013. ISBN: 9789639970403
12. **Türk G.**: Vízminőség-változások a Tiszán a Lónyay-főcsatorna torkolatának környezetében.  
In: Kockázat-konfliktus-kihívás: A VI. Magyar Földrajzi Konferencia, a MERIEXVA  
nyitókonferencia, és a Geográfus Doktoranduszok Országos Konferenciájának absztrakt  
kötete. Szerk.: Blanka Viktória, Kiadó SZTE természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
Szeged, 231, 2012.

Foreign language abstract(s) (1)

13. **Türk G.**, Szabó, S.: Spatial and temporal changes in water quality in the Upper-Tisza region,  
Hungary.  
*Geomorfologický sborník 1*, 49-50, 2013.

Informational/educational article(s) (1)

14. **Türk G.**, Balázs B.: Magyarország térképének utolsó fehér foltjai: Mit rejt a mélység?  
*Élet Tud. 69* (15), 463-465, 2014. ISSN: 0013-6077.

**Total IF of journals (all publications): 1,293**

**Total IF of journals (publications related to the dissertation): 1,293**

The Candidate's publication data submitted to the iDEa Tudóstér have been validated by DEENK on  
the basis of Web of Science, Scopus and Journal Citation Report (Impact Factor) databases.

25 May, 2016

