

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR
Földtudományok Doktori Iskola

**Baja környéki vizes élőhelyek helyreállításának
tájökológiai vizsgálata**

PhD értekezés

Mátrai Ildikó

Témavezető:

Dr. habil. Lóczy Dénes MTA Doktora, egyetemi docens

Pécs, 2013

A doktori iskola neve: PTE Földtudományok Doktori Iskola
Vezetője: Dr. Dövényi Zoltán DSc. egyetemi tanár
PTE TTK Földrajzi Intézet,
Társadalomföldrajz és Urbanisztika Tanszék

A doktori témacsoport neve: Természetföldrajz és tájértékelés
Vezetője: Dr. habil. Lóczy Dénes MTA Doktora, egyetemi docens
PTE TTK Környezettudományi Intézet,
Környezetföldrajzi és Tájvédelmi Tanszék

Az értekezés tudományága: Tájökológia
Témavezető: Dr. habil. Lóczy Dénes MTA Doktora, egyetemi docens
PTE TTK Környezettudományi Intézet,
Környezetföldrajzi és Tájvédelmi Tanszék

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

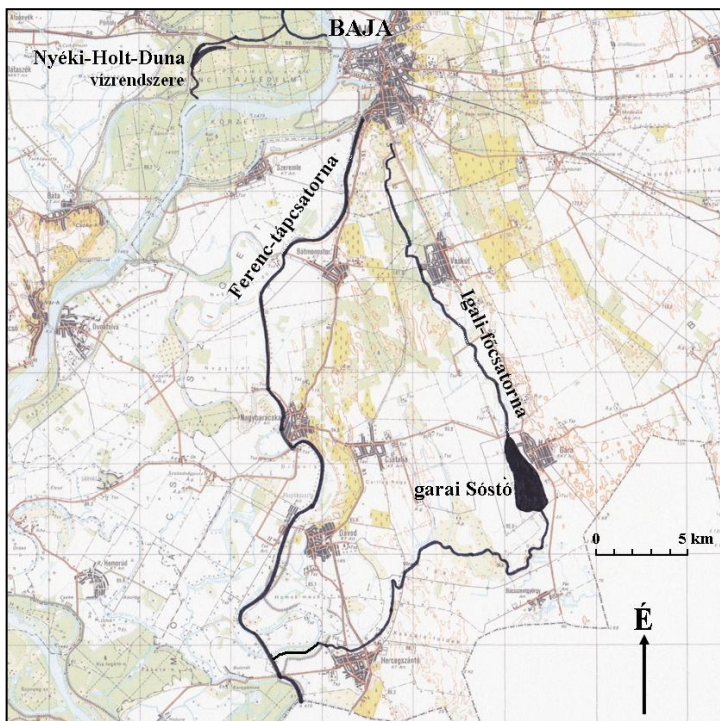
A táji és természeti értékeket képviselő vizes élőhelyek megőrzésére világszerte nagy figyelmet fordítanak (SZABÓ M. 2005), a Ramsari Egyezmény (1971) megóvásuk érdekében lehetőség szerinti bölcs hasznosításukról rendelkezik (BÖHM A. et al. 1999). A vizes élőhelyek kérdéskörével az Európai Unió Víz Keretirányelve is foglalkozik (SZILÁGYI F. 2007). A magyarországi vizes élőhelyek a vízgazdálkodási beavatkozások által közvetlenül érintett és veszélyeztetett ökológiai rendszerek (SOMLYÓDY L. 2002), ugyanakkor a hazai vízi élővilág tekintélyes részének legfontosabb őrzői és sokszor utolsó menedékterületei (DÉVAI GY.1994).

Hazánkban a 19. századi vízszabályozások nemcsak a felszín vízborításának mértékét és a területhasználatot változtatták meg, hanem ezen keresztül az ökológiai viszonyokat is (RAKONCZAI J. 2004). A táj vízforgalmának bonyolult kapcsolatrendszerén keresztül érvényesülő antropogén hatások vizes élőhelyeinken romló vízellátottságot, eutrofizációt, valamint a szikeseken sótlanodást idéznek elő (RAKONCZAI J. 2004, SZILÁGYI F. 2007). Mindez állapotromláshoz, illetve az élőhelyek megváltozásához vezethet. Mivel hazánkban a vizes élőhelyek kiterjedése a vízszabályozások hatására jelentősen lecsökkent, napjainkban a maradványok megőrzése és a lehetséges helyreállítás kiemelt természetvédelmi és vízgazdálkodási feladat (SZILÁGYI F. 2007). A különböző típusú vizes élőhelyeket más-más környezeti feltételek és élővilág jellemzi, így kezelésük is gyakran eltérő megoldásokat követel. A kutatások az elmúlt évtizedekben ezért a vizes élőhelyek helyreállításának irányába mozdultak el (SZABÓ M. 2005).

A Magyar Kormány 2001 júniusában döntött az Európai Parlament és Tanács Víz Keretirányelvének (VKI) a bevezetéséről. Mivel konkrét gyakorlati teendőket a kapcsolódó útmutatók sem tartalmaznak, a tipológia megalkotása, a monitoring hálózat felállítása és működtetése, valamint a hazai viszonyokra alkalmazható vizsgálati módszerek kidolgozása az eltelt néhány év feladata volt (SZILÁGYI F. 2007). A VKI elvárásainak való megfelelés érdekében a közelmúltban megszületettek a felszíni vizek minőségének védelméről és állapotértékelésének egyes szabályairól szóló jogszabályok, valamint kidolgozásra és 2010-ben elfogadásra került az első Országos Vízyűjtő-gazdálkodási Terv (OVGT).

Jelentősebb hazai vizes élőhelyeink többsége valamely nemzeti park felügyelete alá tartozó védett terület, nemzetközi jelentőségű vízimadár-élőhely (ramsari terület), illetve a NATURA 2000, vagy a Nemzeti Ökológiai Hálózathoz tartozó elem. A víztestként kijelölt vizes élőhelyek megóvása és helyreállítása a VKI célkitűzéseivel összhangban álló vízgazdálkodási feladat, a védettek esetében természetvédelmi feladat. A beavatkozások szolgálhatnak bár különböző feladatokat, az alkalmazott módszerek hasonlóak. A vizes élőhelyek kezelése magába foglalja az elérendő célállapot pontos megfogalmazását, az ennek figyelembe vételével végzett vízgazdálkodási tervezést és kivitelezést, valamint a kiváltott hatások folyamatos nyomon követését és a beavatkozások szükség szerinti korrekcióját. Napjainkban már a legtöbb mérnök és ökológus egyetért abban, hogy a vízgazdálkodásban az ökológiai szemléletnek (ISTVÁNOVICS V. – SOMLYÓDY L. 2002) és a hosszú távú fenntarthatóságnak együtt kell érvényesülnie (MME 2007).

Értekezésem témája a vizes élőhelyekkel kapcsolatos problémák és azok megoldásainak tájökölógiai szemléletű vizsgálata, melyhez mintaterületeket Baja környékéről választottam (1. ábra). Ezek a Felső-Bácska vízgyűjtő-gazdálkodási tervezési alegység területén elhelyezkedő, egymástól ökológiai jellegükben jelentősen különböző vizes élőhelyeken napjainkban eltérő problémák jelentkeznek.



1. ábra. A vizsgált Baja környéki vizes élőhelyek.
(FÖMI 1981 alapján szerkesztette MÁTRAI I.)

A **Nyéki-Holt-Duna** a Duna-Dráva Nemzeti Park Gemenci Tájegységének fokozottan védett, állóvízi jellegű, hullámtéri holtmedre. Az OVGT-ben víztestként nem jelenik meg. Egyre hosszabban tartó kiszáradása miatt vízrendszerén vízforgalmi revitalizációt (SZIEBERT J. 2003) végeztek 1998-2004 között. A tervezés részletes ökológiai állapotfelmérés hiányában az elérendő ökológiai célállapot megfogalmazása nélkül történt (TAMÁS E. 2004), a beavatkozások hatásainak nyomon követésére monitoring-rendszer nem létesült.

A **Ferenc-tápcsatorna** nemzetközi jelentőségű öntöző- és belvízcsatorna, melynek vízkészlete elsősorban a Dunából származik. Az OVGT-ben mesterséges víztestként szerepel. Vízbetáplálási nehézségei és erős elnövényesedése miatt üzemeltetése napjainkra problémássá vált, víztestként állapota nem éri el a jó ökológiai potenciált (FB VGT 2010). A VKI elvárásainak való megfelelés, valamint feladatának ellátása érdekében 2011-ben indult vízügyi rekonstrukciós tervezése (CSÓKA Z. 2011).

A **garai Sóstó** a Bácskai-lőszhát nyugati felén fekvő ex lege védett szikes vizes élőhely. Az OVGT-ben víztestként nem szerepel, ugyanakkor közvetlen kapcsolatban áll a medrét kettészelő, mesterséges víztestként kijelölt Igalifőcsatornával. Valószínűsíthetően a felszíni és a felszín alatti vízhatás gyengülése, valamint mezőgazdasági eredetű terhelések miatt a Natura 2000-es terület jellemző élőhelyi típusa károsodott (FB VGT 5.8. melléklet).

Kutatásom elsődleges célja a vizsgált vizes élőhelyek állapotának megismerése, valamint a kezelésük során alkalmazható módszerekre vonatkozó javaslatlétel volt. A mintaterületek vizsgálatából származó eredmények alapján azonban a vizes élőhelyekkel kapcsolatos problémák és azok megoldására vonatkozó általános következtetések megfogalmazására is lehetőség adódott. Mindezek alapján értekezésemben a következő kérdésekre kerestem a választ:

1. *Hogyan befolyásolják a természetföldrajzi jellemzők az egyes mintaterületek állapotát?*

2. *Milyen kedvezőtlen állapotváltozást kiváltó antropogén hatások jelentkeznek az egyes mintaterületeken, és milyen ezek súlyosságának természetvédelmi, illetve vízgazdálkodási szempontú megítélése?*

3. *Mi lehet a mintaterületek célállapota, hogyan lehet a kedvezőtlen hatásokat mérsékelni és az élőhelyeket a célállapot felé elmozdítani?*

4. *A mintaterületekről származó eredmények alapján milyen intézkedések szolgálhatják a vizes élőhelyek fenntarthatóságát és fenntartható hasznosítását?*

2. VIZSGÁLATI ÉS ÉRTÉKELÉSI MÓDSZEREK

Mivel először a múltbéli történéseket kell megismernünk ahhoz, hogy a jelenlegi állapot értékelése után elérhető és megvalósítható kezelési célokat fogalmazzunk meg; értekezésemben elvégeztem bizonyos természetföldrajzi jellemzők (geológia, domborzat, éghajlat, talaj, talajvíz, felszíni vizek), tájöldrajzi és tájökölógiai jellegzetességek (tájtypusok, tájhasználat, növényzet), valamint tájtörténeti vonatkozások szakirodalmi áttekintését, hosszú távú adatsorokat elemeztem, és a mintaterületek jelenlegi állapotának megismerése érdekében végzett vizsgálataink eredményeit értékeltem.

2.1. KORÁBBI ADATSOROK ELEMZÉSE ÉS ÉRTÉKELÉSE

Vízállás és vízhozam adatsorok elemzése

A Duna vízjárásában bekövetkezett és jövőben várható változások megismerése érdekében a bajai vízmércén 1901-2011 között regisztrált napi vízállás adatsoron trendelemzést MS EXCEL 2007 (lineáris regresszió) és SPSS 14 programmal (exponenciális simítás, ARIMA-modellek) végeztem, vizsgáltam a gemenci hullámtér előntésével járó napok és periódusok számának időbeli alakulását is.

A dunai vízállás Nyéki-Holt-Dunára gyakorolt hatását a 2003-2008 közötti időszak maximális vízállásai, valamint a vízpótlással és az előtéssel járó napok számának alakulása alapján értékeltem. A Ferenc-tápcsatorna dunai vízbetáplálás nélküli időszakainak előfordulását és az állóvizes napok számának lineáris trendjét a Deák Ferenc-zsilip vízhozam időszora alapján MS EXCEL 2007 programmal állapítottam meg.

Csapadék, hőmérséklet, párolgás adatsorok elemzése

Az 1950-től kezdődően regisztrált szabad vízfelszín párolgása (kecskeméti állomás), valamint napi hőmérséklet és csapadék (bajai állomás) adatsorokon trendelemzés és előrejelzés céljából MS EXCEL 2007 programmal lineáris és polinom illesztést, SPSS 14 programmal simító eljárásokat és ARIMA-modelleket alkalmaztam. Az 1951-2011 közötti időszakra, valamint a vizes élőhelyeken végzett terepi vizsgálatainkkal egybeeső egyes évekre vonatkozó WALTER-LIETH-féle klímadiagramokat rajzolóprogram (www.zivatar.hu) segítségével készítettem el.

Talajvízállás adatsorok elemzése

A Bácskai-lőszhát nyugati részének talajvíz-járásában tapasztalható térbeli és időbeli törvényszerűségek megismerése céljából a bajai, garai és hercegszántói talajvíz-kutak 1954-2011 közötti napi vízállás idősorát vizsgáltam. Trendelemzésre az éves középvízek adatsorán MS EXCEL 2007 segítségével végzett lineáris regressziót, a rövidtávú tendenciák megismerésére a sokéves átlagoktól való évenkénti eltérések vizsgálatát, valamint az éves eltérések összegző görbéjének módszerét alkalmaztam.

Vízminőségi adatsorok elemzése és értékelése

A Duna, a Ferenc-tápcsatorna és az Igali-főcsatorna hatósági monitoringjából származó vízminőségi adatsorokból SPSS 14 program segítségével határoztam meg az egyes vízminőségi paraméterek statisztikai jellemzőit. A fontosabb komponensek idősorában megnyilvánuló trendeket MS EXCEL 2007 segítségével végzett lineáris regresszióval állapítottam meg, és a regressziós egyenes egyenlete alapján meghatározott meredekség alapján az adott paraméterre számított éves változással fejeztem ki.

A VKI metodika szerinti minősítés során a jó fizikai-kémiai állapotot akkor tekintettem elértnek, ha az átlagértékek (bizonyos fémeknél a 90%-os tartósságok illetve a maximálisan megengedhető értékek) kedvezőbbek voltak, mint az előírt határértékek (10/2010 VM), és ha az oxigénháztartás és a tápanyagtartalom mutatói esetén a határértéket meghaladó vizsgálati értékek nem érték el a határérték kétszeresét. Ahol a minőség nem érte el a jó állapotot, a további osztályokba történő sorolás érdekében az átlagokat az OVG 5.2. háttéranyagában szereplő osztály-határértékekhez viszonyítottam. A biológiai állapotot az OVG 5.1. háttéranyagában szereplő referenciaértékek alapján értékeltem.

A Duna vízminőségének jellemzésére a bajai hídnál lévő sodorvonalbeli törzshálózati mintavételi pont 2003-2010 közötti adatsorát elemeztem, a minősítést a 25-ös típusú folyóvíztestre megállapított fizikai-kémiai határértékek szerint végeztem.

A Ferenc-tápcsatorna ökológiai potenciáljának megismerése céljából a hercegszántói törzshálózati mintavételi pontról az 1981-2010, illetve a bátmonostori pontról a 2004-2007 közötti időszakból származó adatsorokat elemeztem. A minősítést a 19-es természetes folyóvíztest típusra megállapított fizikai-kémiai határértékek, illetve biológiai referenciaértékek alapján végeztem. A különböző hidrológiai állapotokra jellemző vízminőségi különbségek felderítése céljából vizsgáltam a vízbetáplálásos és a vízbetáplálás nélküli időszakokban mért paraméterek átlagai közötti eltéréseket. A vízminőségben jelentkező térbeli különbségekre, valamint az esetleges szennyező forrásokra a 2008-2011 között végzett hossz-szelvény menti hatósági expedíciószerű vizsgálatok eredményeiből következtettem.

Az Igali-főcsatorna ökológiai potenciáljának megismerése céljából a hercegszántói és a garai mintavételi pontoknál 2004-2007 között végzett hatósági monitoring vizsgálatokból származó adatsorokat elemeztem. A minősítést a 16-os természetes vízfolyás típusra megállapított fizikai-kémiai határértékek és biológiai referenciaértékek alapján végeztem.

2.2. SAJÁT VIZSGÁLATOK

A mintaterületek állapotfelmérésére végzett multidiszciplináris vizsgálatokban az Eötvös József Főiskola Vízellátási és Környezetmérnöki Intézete, a Szent István Egyetem Talajtani és Agrokémiai Tanszéke, a Debreceni Egyetem Alkalmazott Ökológiai Tanszéke, az Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság, a Duna-Dráva Nemzeti Park és az egykori Alsó-Duna-völgyi Környezetvédelmi Felügyelőség munkatársai voltak a segítségemre. Vizsgálatainkat abban az időszakban végeztük, amikor a felszíni vizek állapotértékelésének rendszere jelentős változásokon ment keresztül hazánkban, ezért hagyományos és a VKI kapcsán kidolgozásra került új vizsgálati módszereket egyaránt alkalmaztunk. Elfogadva a VKI ökológiai állapotra vonatkozó meghatározását, a hidromorfológiai, a biológiai és a fizikai-kémiai elemek állapota alapján végeztem a mintaterületek állapotának jellemzését és minősítését.

Helyszíni vizsgálatok és mintavétel a Nyéki-Holt-Dunán

Az 1993-ban végzett hidromorfológiai vizsgálatok (ZSUFFA I. – SZLÁVIK L. 1993) adatait felhasználva 2003-ban négy vizsgálati keresztshelvényt jelöltünk ki, melyekben mederfelvételt 2005-ben szárazföldi geodéziai módszerrel végeztünk. A mederkeresztshelvények és a szintvonalas mederfenék-térkép megrajzolása AUTOCAD 2004 használatával történt. A két különböző időpontban végzett mederfelvétel alapján készített felszín-térfogat görbe összehasonlításával a feltöltődés mértékét határoztam meg, melyet összevettem a mederanyag radiológiai vizsgálatából (RAICS P. - GYÖRFI T. 2008) kapott eredménnyel.

A négy keresztshelvény mentén kijelölésre került 19 mintavételi pontban 2003-2008 között a holtmeder vizállásának függvényében helyszíni méréseket (vízmélység, átlátszóság, üledékvastagság, vezetőképesség, pH, oldott oxigén tartalom, oxigén telítettség), valamint víz, üledék és makrofiton mintavételt végeztünk. A makrovegetáció felmérése KOHLER, A. (1978) módszere szerint a keresztshelvények mentén történt.

Helyszíni vizsgálatok és mintavétel a Ferenc-tápcsatornán

A hatósági monitoring 6 mintavételi pontján 2011 szeptemberében helyszíni vízminőségi (vízmélység, átlátszóság, vezetőképesség, pH, oldott oxigén tartalom, oxigén telítettség) vizsgálatokat, valamint perifiton vizsgálathoz makrofiton mintavételt végeztem.

Helyszíni vizsgálatok és mintavétel a garai Sóstón

A makrovegetáció felmérését BRAUN-BLANQUET, J. (1951) szárazföldi társulásokra kidolgozott felvételezési módszerével 2008-2010 között társulásonként végeztem, a mintavételi négyzetek adatait összesítve az egyes fajokat a gyakorisági és a borítási értéket is magába foglaló 5 fokozatú skálával (TAKÁCS G. – MOLNÁR ZS. 2007) jellemeztem.

2009-ben a magassági viszonyok és a növényzet figyelembe vétele mellett került sor 6 talajshelvény nyitására, melyekben rétegenként talajmintavétel történt. 2011-ben 8 mintavételi helyen végeztünk talajfúrást, mely során talajvízmintát és 20 cm-enként (felszíni: 0-20 cm, felszín közeli: 20-40 cm) talajmintát vettünk. A talajvízmintákban a helyszínen vezetőképességet és kémhatást mértünk.

A garai Sóstó területén lévő csatornaszakaszokon kijelölt 7 mintavételi pontban 2008-2010 között a vízellátottság függvényében helyszíni méréseket (vezetőképesség, pH), valamint merítéses módszerrel vízmintavételt végeztünk.

Makrozoobenton vizsgálatok

A Nyéki-Holt-Dunáról származó üledékmintákból a helyszínen kigyűjtöttem és alkoholban tartósítottam, majd BÄRHMANN R. (2000) határozókulcsa segítségével család szintig azonosítottam a makrogerinctelen taxonokat. Az összeállított makrozoobenton taxonlisták értékelésére a Magyar Makrozoobenton Család Pontrendszer módszerrel (CSÁNYI B. 1997) számított összpontszámot és taxononkénti átlagpontszámot használtam, a minősítést KRISKA GY. (2003) alapján a lassú folyású vizekre megállapított vízminőségi indexek segítségével végeztem.

Algológiai vizsgálatok

A Nyéki-Holt-Duna esetében a fitoplankton kvantitatív (algaszám) vizsgálata tömörített vízmintából, Bürker-kamrában, fénymikroszkóppal történt. A Lugol-oldattal rögzített vízmintákból a kvalitatív (fajösszetétel) vizsgálatot FEHÉR GIZELLA hidrobiológus (ADUVIZIG) végezte. Az algafajlisták alapján vizsgáltam a taxonszámok, valamint az egyes algacsoportok taxonszámainak évenkénti, illetve mintavételi helyenkénti alakulását.

Perifiton vizsgálatok

A Nyéki-Holt-Dunán és a Ferenc-tápcsatornán gyűjtött vízinövények felületén létrejövő élőbevonatból ökológiai minősítésre alkalmas taxonómikus és nem-taxonómikus indexek kerültek meghatározásra.

A Nyéki-Holt-Dunáról származó mintákban a nem-taxonómikus perifiton index (NPTI) meghatározásához a nedves tömeget, a szárazanyag-tömeget, valamint a minták hamu és klorofill-a tartalmát LAKATOS GY. (2002) módszere szerint mértük. A minősítést az élőbevonat szerkezetére és működésére vonatkozó négy mutatóra (tömegkategória, hamucsoport, klorofill-a típus, autotrofítási jelleg) kapott értékszámok összegéből számolt átlag alapján LAKATOS GY. és társai (2006) szerint végeztük. Az egyes vizsgálati évekre jellemző ökológiai állapotot a sulymon (*Trapa natans*) kialakult perifiton átlagos minősége alapján határoztam meg.

A Ferenc-tápcsatornáról származó formalinnal tartósított perifiton mintákból készített preparátumokban az algafajok fénymikroszkópos meghatározását FEHÉR GIZELLA végezte. A kovaalaga-fajok előfordulása és viszonylagos gyakorisága alapján OMNIDIA-programmal kerültek meghatározásra az egyes taxonómikus indexek. Az ökológiai minősítéshez használt kombinált perifiton index (IPSITI) mellett az értékelésnél figyelembe vettem a szaprobitási (SID), a trofítási (TID) és az integrált szennyezettségi indexek (IPS) értékeinek alakulását is.

Vízkeimiai vizsgálatok

A Nyéki-Holt-Dunáról és az Igali-főcsatorna garai szakaszáról származó merített felszíni pontmintákat, valamint a garai talajvízmintákat tartósítás nélkül hűtve tárolva szállítottuk az Eötvös József Főiskola kémiai laboratóriumába, ahol a biológiai (klorofill-a), valamint a fizikai-kémiai paraméterek (nyolc fő ion, N-formák, P-formák, KOI_{PS}, ÖLA) meghatározása a környezetvédelmi gyakorlatban alkalmazott szabványos vizsgálati módszerek alkalmazásával történt.

A felszíni vízminták ionösszetételének jellemzésére összszó-tartalom csillagábrát (FELFÖLDY L. 1987), a nitrogén-háztartás bemutatására nitrogén-spektrumot (FELFÖLDY L. 1987) készítettem MS EXCEL 2007 segítségével. A trofitás és a szaprobitás általános megítélésére és összevetésére a víztípusoktól független FELFÖLDY-féle (1987) és DÉVAI-féle (1992) kategóriákat alkalmaztam. A trofitás esetében a klorofill-a koncentrációt, valamint az oldott ortofoszfát-P és a szerves-N mennyiségét vettem figyelembe. A szaprobitás tekintetében a savas permanganátos kémiai oxigénigényt (KOI_{PS}), valamint a szerves-N mennyiségét vizsgáltam.

A garai talajvízmintákban mért paraméterek alapján elemeztem a fontosabb tulajdonságokban (ionösszetétel, kémhatás, vezetőképesség) tapasztalható térbeli változásokat, melyek szemléltetésére összszó-tartalom csillagábrát (FELFÖLDY L. 1987) és SURFER 32 program segítségével izovonalas térképeket készítettem.

Mivel a hullámtéri holtmedreket a VKI a folyó részének tekinti, a víztestként nem meghatározott Nyéki-Holt-Duna minősítése a Duna Baja környéki szakaszára (25-ös folyóvíztest típus) vonatkozó határértékekre történt. Emellett szakmai megfontolások alapján a hozzá legjobban hasonlító 13-as állóvíztest típusra is elkészítettem a minősítést. Az egyes vizsgált évekre jellemző állapotok összehasonlítását (az évenként eltérő gyakorisággal végzett vizsgálatok miatt) a júniusi adatok alapján végeztem.

Talajtani vizsgálatok

A garai Sóstóról származó talajminták laboratóriumi vizsgálata (vízoldható és kicserélhető kationok, vizes pH, vezetőképesség, humusz %, só %, mész %, klorid- és szulfát-tartalom) a „Talajtani és agrokémiai vizsgálati kézikönyv” (BUZÁS I. 1988) módszerei szerint az Eötvös József Főiskola vízkémiai és a Szent István Egyetem talajtani laboratóriumában történt.

A makrovegetáció vizsgálata

A botanikai felmérések során a növényfajok azonosításához és elnevezéséhez SIMON T. (2004) határozóját használtam. A társulásokat a karakterfajok és a nagyobb egedszámban jelenlévő kísérőfajok, valamint a fiziognómia figyelembevételével határoztam meg, elnevezésüknél BORHIDI A. (2003) munkáját vettem alapul. Az elkészített fajlisták értékelését biotikus mutatók segítségével végeztem, melyek közül a szociális magatartás típusok rendszerét (BORHIDI A. 1993) és a természetvédelmi érték kategóriákat (SIMON T. 2004) használtam fel. Az átlagos ökológiai indikátorértékekkel (BORHIDI A. 1993), valamint a szociális magatartástípusok megoszlása alapján számolt természetességi értékkel (VAL) és a természetvédelmi érték kategóriák alapján számított vegetációs degradációfokkal (Df) jellemeztem az egyes társulásokat és éveket. A társulások természetvédelmi jelentőségét a „Társulások Vörös Könyve” (BORHIDI A. – SÁNTA A. 1999) alapján ítélt meg.

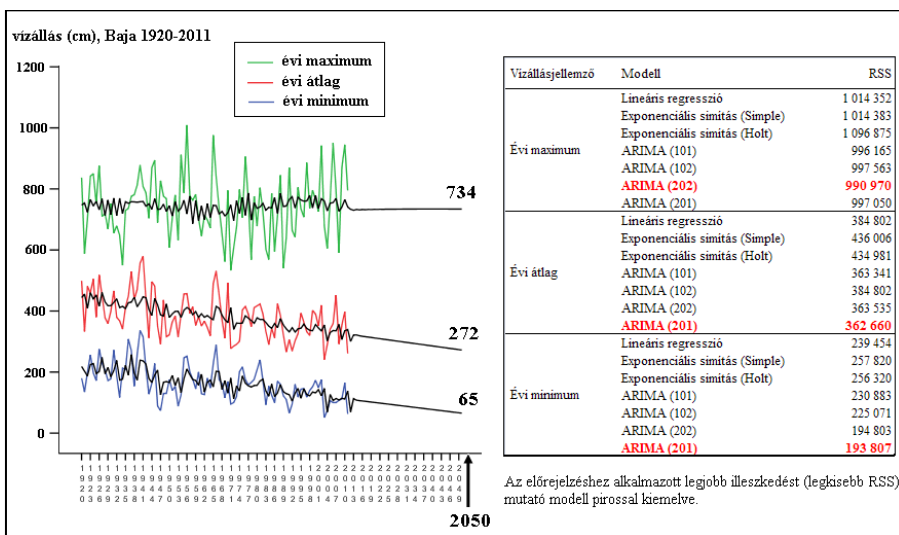
A növényzet és az abiotikus tényezők (talajvízmélység, vízkémiai paraméterek, talajtulajdonságok) közötti összefüggések elemzéséhez korreláció analízist SPSS 14 programmal végeztem.

A makrovegetáció szerinti minősítést az OVGT 5.1. háttéranyagában szereplő (természetességi-, zonációs-, nedvességigény- és növényfedettségi-indexek víztípusonként változó súlyozásával képzett) Integrált Makrofita Minősítési Index (IMMI), valamint LUKÁCS B. – PAPP B. (2012) módszerével számított Makrofita Referencia Index (RI) alapján végeztem. A Nyéki-Holt-Duna esetében a minősítés a 13-as állóvíztest típusra meghatározott referenciajellemezők szerint történt, a garai Sóstó makrovegetáció szerinti minősítését mindkét időszakos szikes állóvíztest típusra (4-es és 5-ös) elvégeztem.

3. EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

Kutatási eredményeim alapján a következő válaszok adhatók a célkitűzéssel összhangban megfogalmazott kérdésekre.

1.a.) Statisztikai modellillesztéssel megállapítottam, hogy a közeljövőben várható dunai nagyvizek a százéves átlag (736 cm) körül fognak alakulni (2. ábra). Ezzel alátámasztottam SZIEBERT J. (2005) korábbi, más módszerrel végzett elemzésének eredményét. A dunai kis- és középvizek tekintetében viszont jelentős vízszintsökkenést mutattam ki, melynek statisztikai módszerrel becsült értéke 2050-re több mint egy méterrel a százéves átlagok alatt (középvíz: 408 cm, kisvíz: 187 cm) várható. Ezen értékek 15-30 centiméterrel alacsonyabbak az 1901-1990 közötti vízállás adatsor alapján SZLÁVIK L. és társai (1995) által prognosztizált értékeknél, és nem támasztják alá SZIEBERT J. (2005) által a kis- és középvizek esetén egy rövidebb adatsor vizsgálata alapján megállapított mérséklődő vízszintsökkenési tendenciát.



2. ábra. A dunai vízállások különböző statisztikai modellekkel végzett vizsgálata (szerkesztette MÁTRAJ I.)

Megállapítottam, hogy a három részre bontott dunai vízállás adatsorban az utóbbi évtizedek nagyvizeinél megforduló tendencia az egyre magasabb szinten levonuló áradások megjelenését igazolja. Az elöntéses napok, valamint az elöntéses periódusok számának csökkenő trendje az áradások gyorsuló levonulását jelzi. Míg 1950 előtt átlagosan két elöntés érte a gemenci területeket, addig az elmúlt 60 évben az évenkénti többszöri elöntés már csak átlagosan három évente tapasztalható.

Megállapítottam, hogy az 1998-2004 között elvégzett vízforgalmi beavatkozások ellenére a Nyéki-Holt-Duna vízellátása jelentősen nem javult. A holtmeder feltöltődéséhez szükséges 10-12 nap tartosságú dunai elöntés a vizsgált időszakban a vegetációs periódust tekintve mindössze két évben (2005, 2006) következett be.

Ezekben a többszöri áradással jellemezhető években a holtmeder vízforgalma eusztatikus volt, a többi asztatikus év közül kettő (2004, 2007) teljes kiszáradással járt.

Megállapítottam, hogy a Nyéki-Holt-Duna jó ökológiai állapota a vizsgált időszakban általában nem teljesült (1. táblázat), mivel (2005-ös év kivételével) nem érte el a jó fizikai-kémiai állapotot. Problémás komponensnek az oldott oxigén, az ammónium, a foszfor-formák és az átlátszóság bizonyult. Árvizes években az oldott oxigén, az ortofoszfát, a kémhatás és a fitoplankton tekintetében jobb volt az állapot, de emelkedettebb nitrát értékek jelentkeztek.

1. táblázat. A Nyéki-Holt-Duna ökológiai állapotának évenkénti alakulása a júniusi adatok alapján

Értékelt adatok	NYHD	NYHD	NYHD	NYHD	NYHD	NYHD
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
13-as állóvíztestként						
A. Biológiai állapot*	jó	jó	jó	-	-	-
1. Fitobenton	3	4	4	4	-	-
2. Fitoplankton	3	3	4	-	-	-
3. Makrofiton	5	4	4	5	4	5
4. Makrozoobenton	5	3	4	-	-	-
B. Fizikai-kémiai állapot**	nem jó	nem jó	jó	nem jó	nem jó	nem jó
1. Oxigén háztartás	nem jó (0)	nem jó (0)	kiváló (5)	jó (4)	nem jó (0)	nem jó (0)
oldott oxigén	0	0	5	4	0	0
oxigéntelítettség	0	5	5	4	0	0
2. Növényi tápanyagok	jó (4)	nem jó (0)	jó (4)	nem jó (0)	nem jó (0)	nem jó (0)
ammónium-N	5	5	5	0	0	4
nitrát-N	4	4	4	4	5	4
összes-N	5	5	5	4	0	5
összes-P	0	0	0	4	0	0
ortofoszfát-P	4	0	5	4	0	0
3. Sótartalom	kiváló (5)	kiváló (5)	kiváló (5)	kiváló (5)	kiváló (5)	kiváló (5)
vezetőképesség	5	5	5	5	5	5
4. Savasodási állapot	jó (4)	jó (4)	kiváló (5)	kiváló (5)	jó (4)	jó (4)
pH	4	4	5	5	4	4
5. Átlátszóság	nem jó (0)	nem jó (0)	jó (4)	nem jó (0)	nem jó (0)	nem jó (0)
átlátszóság	0	0	4	0	0	0
C. Fémek**	jó	jó	jó	-	-	-
Zn	jó	jó	jó	-	-	-
Cu	jó	jó	jó	-	-	-
Cd	jó	jó	jó	-	-	-
Pb	jó	jó	jó	-	-	-
Ökológiai állapot	nem éri el a jó állapotot	nem éri el a jó állapotot	jó	nem éri el a jó állapotot	nem éri el a jó állapotot	nem éri el a jó állapotot

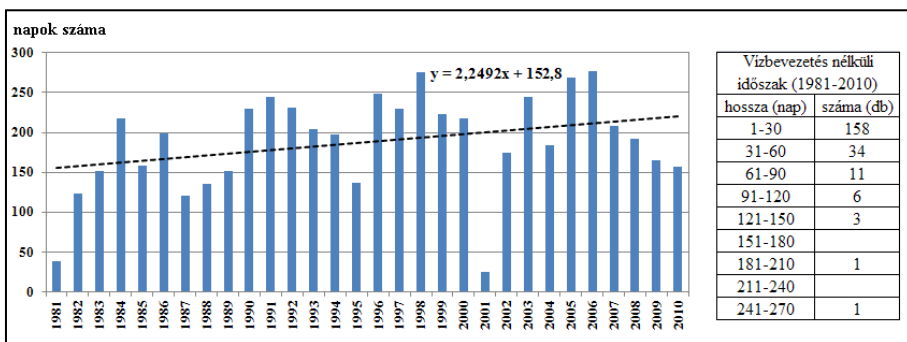
*OVGT 5.1. háttéranyag alapján: 5 – kiváló, 4 – jó, 3 – mérsékelt, **OVGT 5.2. háttéranyag alapján: 5 – kiváló, 4 – jó, 0 – nem éri el a jó állapotot. Kihúzott minősítés (-) esetén nincs adat az adott komponensre.

1.b.) Megállapítottam, hogy a hullámtéren fekvő Nyéki-Holt-Dunán közvetlen kedvezőtlen antropogén hatás nem valószínűsíthető, feltöltődését és eutrofizációját a Duna által szállított, illetve áradáskor a környező erdőterületekről bemosott hordalék, szerves- és tápanyagok befolyásolják. A szukcesszió előrehaladott állapotában lévő, bentonikus eutrofizációval jellemezhető holtmederben a feltöltődés mértéke eltérő (3-5 cm/év), melynek radiológiai módszerrel való pontosítása alapján a gyakran kiszáradó közös ág déli részén az átlagos feltöltődés 3 cm/év. Ezen értékek illeszkednek TAMÁS E. és KALOCSA B. (2003) által egy gemenci mellékágban, OROSZI V. (2009) által a Maros holtágában, illetve SÁNDOR A. (2011) által a tiszai hullámtér egyes mélyebb fekvésű területein leírt feltöltődési ütemhez.

Megállapítottam, hogy a Nyéki-Holt-Duna lefűződési ideje a szakirodalmakban található 1800-as évek helyett az 1700 körüli évekre pontosítható a régi térképek alapján.

1.c.) Megállapítottam, hogy a természetes vegetáció szempontjából kedvezőnek bizonyultak az árvizes elöntés utáni lassú apadással kialakuló állapotok, hasonlóan mint a vízimadarak esetében az ornitológiai megfigyelések jeleztek. A természetvédelmi cél (a plesiotopomon jelleg megőrzése) érdekében azonban nem ennek a kedvezőnek minősített állapotnak a mesterséges fenntartása, hanem a vízforgalmi dinamizmus megtartása és a kedvezőtlen állapotok tartós fennmaradásának megakadályozása a hidrológiai cél. Mivel az éven belüli többszöri elöntéssel járó állapotok csak igen ritkán fordulnak elő, ezért továbbra is a meder egészére kiterjedő kiszáradás elkerülése a feladat. Tartósan alacsony dunai vízállások esetén a holtmeder vízpótlására egy hullámtéri tározó-rendszer jelenthet megoldást, melyre a Pörbolyi-erdő mélyebb fekvésű és nagyobb kiterjedésű területei alkalmasak. Javasolható továbbá a fokokban jelenleg meglévő műtárgyak (zsilipek, fenékgátak) átépítése, valamint a feltöltődés lassítása érdekében az időben és térben szakaszosan, ősszel száraz mederben végzett kotrás, illetve a télen jégről, kézi erővel végzett nádaratás.

2.a.) Kimutattam, hogy a Ferenc-tápcsatorna dunai vízállástól függő szakaszos vízbetáplálása közötti szünetek, vagyis az állóvizes napok számának trendje növekvő (3. ábra). A leggyakoribb az 1-30 nap közötti, de előfordult a 240 napot is meghaladó vízbetáplálás nélküli állóvizes időszak.

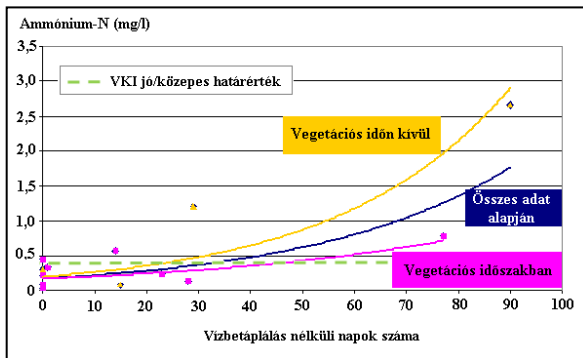


3. ábra. A vízbevezetés nélküli napok számának évenkénti alakulása és a vízbevezetés nélküli időszakok hosszának megoszlása a Ferenc-tápcsatornán (szerkesztette MÁTRAI I.)

Megállapítottam, hogy míg a vízgyűjtő-gazdálkodási tervezés során a 2004-2007 közötti adatok alapján végzett minősítésnél csak a biológiai állapot, addig a 30 éves adatsor alapján a tápcsatorna fizikai-kémiai állapota sem éri el a jó ökológiai potenciált. Problémás komponensnek a fitoplankton, az oxigénháztartás mutatói (oldott oxigén, KO_2 , BOI_5) és a növényi tápanyagformák (ammónium, összes-N, oldott ortofoszfát) bizonyultak.

Megállapítottam, hogy a tápcsatornát a dunai vízhez képest emelkedettebb vezetőképesség értékek jellemzik, mely a magasabb sótartalmú talajvizek és belvizek hatását jelzi. A dunai vízbetáplálások és a csatorna hosszabb idejű állóvizes időszakai különböző ökológiai állapotokat hoznak létre, kedvezőbbnek a betáplálásos időszakok minősülnek, amikor csak a nitrát haladja meg a határértéket. vízminőségi problémát állóvizes időszakban az oldott oxigén, az ammónium és a kémhatás okoz.

Megállapítottam, hogy az ammónium-koncentráció az állóvizes időszakok hosszának növekedésével emelkedést mutat (4. ábra), és a 30 napos állóvizes időszaknál éri el a jó állapotra vonatkozó felső határértéket. A változás mértéke vegetációs időn kívül nagyobb, a vegetációs időszakban a tápanyagfogyasztók jelenlétében kisebb.



4. ábra. Az ammónium-nitrogén koncentrációjának változása az állóvizes napok számával a Ferenc-tápcsatornán (Bátmonostor, 2004-2011) (szerkesztette MÁTRAI L.)

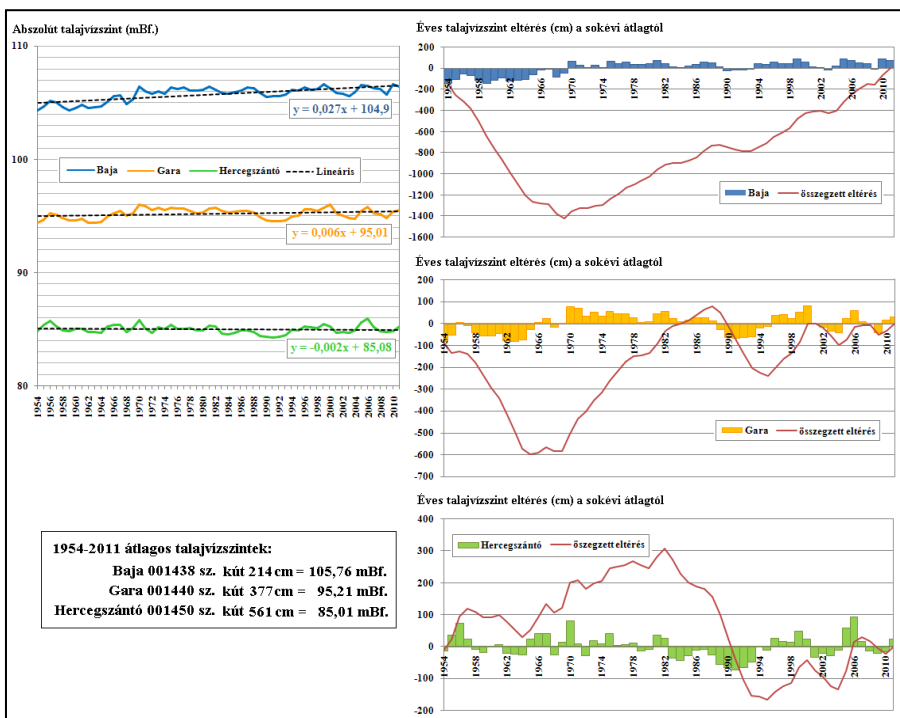
2b.) Megállapítottam, hogy a Ferenc-tápcsatornát a különböző szakaszain eltérő antropogén hatások érik, mivel több csatornázatlan települést is érint, mellette számos állattartó telep található és vízgyűjtőjén jelentős a mezőgazdasági területhasználát. A növényi tápanyagformák koncentrációja az 1990-es évek végéig gyakran előforduló magas értékek után jelentősen lecsökkent, mely az utóbbi évtizedek csökkenő mennyiségű műtrágya felhasználásával és a Duna vízminőségében bekövetkezett kedvező változásokkal hozható összefüggésbe.

Megállapítottam, hogy a tápcsatorna szerves-nitrogén koncentrációja a kezdeti csökkenő tendencia után az 1990-es évektől kezdődően lassú növekedést mutat, mivel a víztérbe jutó nitrogén egyre nagyobb mennyiségben épül be a növények testébe és az elhalt részekből felszabadulva folyamatos belső terhelést jelent. A tápcsatorna legjelentősebb problémája az eutrofizáció, mely az egyes szakaszokon más-más módon jelentkezik. A Nagybaracska feletti szakaszon a makrovegetáció elburjánzása jellemző, magas borítottsági értékekkel, valamint több helyen parttól-partig tartó úszószigetektől álló növénydugókkal. Ugyanitt az alacsony perifiton indexek, hasonlóan FEHÉR G. (2012) által a fitoplankton összetétele alapján tett megállapításához, az állattartó telepekről, illetve a bomló növényi biomasszából eredeztethető szerves anyag fokozottabb jelenlétére utalnak. A Nagybaracska alatti szakaszon jelentkező magasabb klorofill-a értékek a planktonikus eutrofizációt jelzik. Kimutattam, hogy a növényzettel borítottság a 250 cm-nél mélyebb mederszakaszokon referencia határérték (30%) alatti.

2c.) Megállapítottam, hogy a Ferenc-tápcsatornára vonatkozó vízgazdálkodási cél (öntöző- és belvízcsatorna funkció ellátása, jó ökológiai potenciál elérése) érdekében a megfelelő vízmélység kialakítása, a növénydugók megszüntetése és az állóvizes időszakok hosszának csökkentése a feladat. A meder középső részén a minimum 2,5 méteres vízmélység kialakítása céljából az erősen növényes és sekély szakaszokon a meder természetes keresztmetszetének megtartása melletti hidromechanizációs, illetve a mocsári növényzettel borított (szűrőmező funkciót ellátó) öblök

meghagyásával végzett partról történő féloldali kotrás javasolható. A planktonikus eutrofizációt gátló árnyékolás biztosítására a csatorna teljes hosszán fás parti sáv kialakítása szükséges. Mivel a vízbetápláló zsilip küszöbszintjeinek átépítésére nincs lehetőség, a zsilip utáni mesterséges szakaszon javasolt medertározót kialakítani, melyből vízeresztéssel lehet az állóvízes időszakok hosszát a vízminőségi szempontból kedvezőtlen 30 nap alá csökkenteni.

3a.) Megállapítottam, hogy a Bácskai-lőszhát nyugati felén a Duna-Tisza közének más területeiről leírt nagymértékű talajvízszint-csökkenés nem mutatható ki (5. ábra), a garai talajvízkút éves középvezei a sokéves átlag körül ingadoznak. Így a garai Sóstó vízellátottsága elsősorban az éghajlati tényezők függvényében alakul, csapadékosabb években a tartósan megmaradó sekély vízborítás hatására a terület szikes mocsári jellegét mutat, csapadékszegényebb években a kora nyárra bekövetkező kiszáradás hatására szikes rétté alakul.



5. ábra. A Bácskai-lőszhát nyugati felén lévő talajvízkutak éves átlagos vízállásai és azoknak a sokéves átlagtól való eltérése (szerkesztette MÁTRA I.)

Megállapítottam, hogy az éves csapadékösszegek (szemben a rövidebb adatsorokról publikált lineáris illesztések csökkenő trendjével) kismértékű növekedést mutatnak, melynek oka az elmúlt évtizedben jelentkező kiugróan magas értékek trendet befolyásoló hatása. Statisztikai modellillesztés alapján a jövőben csak igen csekély mértékű éghajlati vízhiány emelkedés valószínűsíthető.

3b.) Megállapítottam, hogy Gara belterületéről származó, valamint mezőgazdasági eredetű diffúz tápanyag-terhelésre utalnak egyes mellécsatornák átlagosnál magasabb szerves-nitrogén, ortofoszfát és klorofill-a értékei (eutrofizáció), valamint az északi és déli területek növényzetének jelentős mértékű gyomosodása (nitrofilizáció).

Megállapítottam, hogy Sóstó lecsapolása óta a talajban végbement változást a kationok részarányában bekövetkezett jelentős eltolódás (kalcium növekvő részesedése miatt elsősorban a vízoldható nátrium és a kicserélhető magnézium részaránya csökkent) és a mélyebb talajrétegek lúgosodása jelzi. Bár a sótartalom átlaga nem változott, de napjainkban a kémhatással együtt nagyobb területi változékonyság jellemzi. A különböző növényzetű területeken egyes talaj- (kémhatás, vezetőképesség, nátrium-részesedés, humusztartalom) és talajvíz-tulajdonságokban (vezetőképesség, kémhatás, klorid- és szulfát-tartalom) jelentős különbségek mutatkoznak (2. táblázat).

2. táblázat. A garai Sóstó különböző növényzetű területeire jellemző talaj- és talajvíz-tulajdonságok

Növényzet		kiskunsági szikfok (<i>Lepidio crassifolii- Puccinellietum limosae</i>)	sziki szittyórét (<i>Scorzonero parviflorae- Juncetum gerardii</i>)	sziki sásrét (<i>Taraxaco bessarabicae- Caricetum distantis</i>)
Talajvíz				
vezetőképesség	μS/cm	11260	10930	787
pH		8,27	7,99	7,04
szulfát	mg/l	1100	1480	20
klorid	mg/l	1604	1216	162
Talaj (0-20 cm)				
pH (vizes)		10,06	9,32	9,09
vezetőképesség	μS/cm	4850	1337	503
humusz%		3	5,8	2,1
klorid	mgeé/100g	2,04	0,52	0,14
szulfát	mgeé/100g	55,81	48,06	52,71
Na% (oldható)		82,6	77,4	53,1
Talaj (20-40 cm)				
pH (vizes)		10,22	9,48	8,48
vezetőképesség	μS/cm	4190	1634	401
Na% (oldható)		82,6	71,7	58,1

3c.) Megállapítottam, hogy a talajtani változások, valamint a vízellátottsági viszonyok ingadozása által irányított szukcesszió napjainkra természetvédelmi értéket képviselő társulások kialakulását eredményezte. Így a Natura 2000 területen a természetvédelmi cél (jelölő élőhely és jelölő faj kedvező természetvédelmi helyzetének helyreállítása és fenntartó gazdálkodás biztosítása) érdekében megoldandó feladat a szikes pusztai és mocsári élőhelyek természetéhez közeli, a jelenleginél hosszabb idejű vízborítási igényének biztosítása, valamint a diffúz tápanyag-terhelés mérséklése.

Megállapítottam, hogy a mederben történő vízvisszatartást a főcsatorna Sóstó alatti szelvényébe történő zsilip beépítésével, az aszályos években a vízpótlást a főcsatorna felsőbb szakaszán náddal betelepített kiöblösödésekkel kialakított tározótér létesítésével lehet megoldani. Javasolt továbbá a természetvédelmi érdekeket szem előtt tartó legeltetéses és kaszálásos gyepterkezelés megvalósítása, a mellécsatornákon kisebb nádas szűrőmezők kialakítása, valamint a védett terület közepén fekvő szigetszerű kiemelkedésen található szántó föld gyepterkeztetése.

4.) A mintaterületeken végzett vizsgálatok alapján megállapítottam, hogy a Duna vízjárásában és a csapadékeloszlásban bekövetkezett változások az érkező vízmennyiségek betározását (hullámtéri tározás, medertározás, belvítározás) teszik szükségessé. A tápanyag-terhelés által kiváltott eutrofizáció a vízi növényzet ritkításával, a felhalmozódott üledék eltávolításával és szűrőmezők kialakításával csökkenthető. Azonban a vizes élőhelyek hosszabb távú fenntarthatóságát csak további vízgyűjtő szintű intézkedések biztosíthatják. A beavatkozások tervezéséhez a nagyobb léptékű és komplex szemléletű tájökológiai elemzések nyújthatnak alapadatokat és ökológiailag elfogadható javaslatokat. Mivel napjainkra megnövekedett emberi igények gyakran túl sok funkciót várnak el a vizes élőhelyektől, elengedhetetlenül fontos az olyan hasznosítások választása, melyek harmonizálnak a különböző típusú vizes élőhelyek igényeivel.

4. A KUTATÁS TOVÁBBI IRÁNYAI

További kutatási célom a három mintaterület vizsgálatának folytatása, mely az időközben elvégzett beavatkozások értékelése mellett a vizes élőhelyek állapotában bekövetkező hosszabb távú tendenciák megismerésére is lehetőséget ad. Bár az állapotfelmérések során törekedtem a komplexitásra, az alkalmazott módszerek palettája messze nem volt teljes körű, mivel a vizsgálati célnak leginkább megfelelő és rendelkezésre álló eszközökkel elvégezhető módszerek választása mellett kellett döntöttem. Így több olyan részlet is maradt, melyet további kutatásra érdemesnek ítélek és az alábbiakban foglalkok össze.

- Mivel a vizes élőhelyek helyreállítása nem merülhet ki egyszeri műszaki beavatkozásokban, fontos a meder állapotának és a vízminőségnek a rendszeres monitorozása. Ezért a jövőben együttműködve a természetvédelmi és vízügyi szervekkel oktatási feladatokkal összekötött formában (mérőgyakorlatok, mérnöki diplomatervek, tudományos diákköri kutatások) látom lehetőségét a vizsgált vizes élőhelyekre javasolt monitoring rendszerek üzemeltetésének.

- A lecsapolt garai Sóstó unikalitása több kutatási irány lehetőségét is felveti. Megítélésem szerint érdemes foglalkozni a lecsapolás következtében lejátszódó sztyeppesedés és sötlanodás (sziktelenedés) kérdésével, melyre többek között a terület vízháztartási és sóháztartási modellezése (TÓTH TIBOR ex verb) nyújthat lehetőséget.

- A napjainkra elérhetővé vált számítógépes programok (így a vízügyi gyakorlatban használatos HEC-RAS hidrodinamikai modell) a vizes élőhelyeken lejátszódó transzportfolyamatok megismerésére és a vízminőség modellezésére adhatnak lehetőséget. Ehhez a területek részletes geomorfológiai felmérése szükségeltetik, melyet a Ferenc-tápcsatorna esetében már a vízügyi rekonstrukciós tervezés keretében százméterenkénti keresztmetsvényezés formájában végeznek. Hasonló (oktatási tevékenységgel összekötött) felvételezést terveztünk a Nyéki-Holt-Dunán az idei évben, illetve a közeljövőben a garai Sóstón.

- Mivel a VKI szerinti állapotértékelés módszertana a jövőben további kiegészítéseken és fejlesztéseken fog átesni, alkalom nyílik majd ezek alkalmazására és validálására is a vizsgált területeken.

HIVATKOZOTT IRODALOM

1. BÄHRMANN, R. 2000: *Gerinctelen állatok határozója*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 265 p.
2. BORHIDI A. 1993: *A magyar flóra szociális magatartás típusai, természetességi és relatív ökológiai értékszámai*. JPTE, Pécs, 93 p.
3. BORHIDI A. 2003: *Magyarország növénytársulásai*. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 55-214.
4. BORHIDI A. – SÁNTA A. (szerk.) 1999: *Vörös Könyv Magyarország növénytársulásairól 1. A Kőm Természetvédelmi Hivatalának tanulmánykötetei 6. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, pp. 79-266.*
5. BÖHM A. – FÜLEKY CS. – VÉGH M. 1999: *A Ramsari Egyezmény kézikönyve. Kézikönyv a vizes területekről szóló egyezményhez (Ramsar, Irán, 1971)*. KTM, Budapest, 169 p.
6. BRAUN-BLANQUET, J. 1951: *Pflanzensociologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Springer-Verlag, Wien, 283 p.
7. BUZÁS I. (szerk.) 1988: *Talaj- és agrokémiai vizsgálati kézikönyv 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 242 p.
8. CSÁNYI B. 1997: *Módszertani kézikönyv a vízi makrogerinctelen (marzoobenton) élőlényegvíttessel végzett hidrobiológiai minősítés céljára*. VITUKI, Budapest, 45 p.
9. CSÓKA Z. 2011: *A Baja-Bezdáni csatorna rekonstrukciós tervezése. Projektismertető a magyar fél munkájáról*. In. MHT XXVIII. Országos Vándorgyűlése, Eger, 10/2.
10. DÉVAI GY. 1994: *Ökológiai szempontok a holtmedrek állapotának értékeléséhez és hasznosításának megítéléséhez*. In. Tisza-völgyi holtágak rehabilitációs programja, Szeged, pp. 85-115.
11. DÉVAI GY. - DÉVAI I. - FELFÖLDY L. - WITTNER I. 1992: *A vízminőség fogalomrendszerének egy átfogó koncepciója*. In. Acta Biologica Debrecina Supplementum Oecologica Hungarica, 4. kötet, pp. 49-185.
12. FB VGT 2010: *1.16. Felső-Bácska tervezési alegység Vízyűjtő-gazdálkodási Terve*. VKKI-ADUKÖVIZIG. www.vizeink.hu/files3/1_16_felso_bacska.pdf.
13. FB VGT 5.8. melléklet: *Károsodott élőhelytípusok a tervezési alegység területén*. VKKI-ADUKÖVIZIG. www.vizeink.hu/files3/1_16_mellekletek.zip.
14. FEHÉR G. 2012: *Vízminőségi hatások nyomon követése a VKI algológiai módszereivel a Ferenc-tápcsatorna hossz-szelvényében*. In. KLING Z. – SZIGETI E. (szerk): MHT XXX. Országos Vándorgyűlés, Kaposvár, 9/3.
15. FELFÖLDY L. 1987: *A biológiai vízminősítés*. Vízügyi Hidrobiológia, 16. OVH, Budapest, 251 p.
16. ISTVÁNOVICS V. - SOMLÓDY L. 2002: *Ökológia és természetvédelem*. In. SOMLÓDY L. (szerk.) *A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései*. MTA, Budapest, pp. 177-204.
17. KOHLER, A. 1978: *Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen*. In. Landschaft + Stadt, 10, pp. 73-85.
18. KRISKA GY. 2003: *Az édesvizek és védelmük*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, pp. 127-139.
19. LAKATOS GY. 2002: *Javaslat az EU Víz Keretirányelvvel kapcsolatos fitobenton referencia indikátorokra*. Témajelentés. DE Alkalmazott Ökológiai Tanszéke, Debrecen, 52 p.
20. LAKATOS, G. – ÁCS, É. – KISS, K.M. – VARGA, É. – BÍRÓ, P. 2006: *Ecological classification of epilithon in two shallow lakes in Hungary*. In. Verhahnlungen des Internationalen Verein Limnologie, Volume 29, pp. 1782-1784.
21. LUKÁCS B. – PAPP B. 2012: *Folyó- és állóvizek makrofíton minősítési módszertana*. Vidékfejlesztési Minisztérium, Budapest. 24 p. www.tiszaki.atomki.hu/joomla/sampledata/files/makrofita%20referencia%20index_2012pdf.

22. MME 2007: *A természetvédelmi kezelések elvárható legjobb gyakorlatának megvalósítása.* Műhelymunka összefoglaló. Magyar Madártani Egyesület Természetvédelmi Tanácsadó Szolgálat, Királyrét, 25 p.
23. OROSZI V. 2009: *Hullámtér-feltöltődés vizsgálata a Maros magyarországi szakaszán.* PhD értekezés, SZTE, Szeged, 135 p.
24. OVGT 2010: *Magyarország Vízyűjtő-gazdálkodási Terve. A Duna-vízgyűjtő magyarországi része Vízyűjtő-gazdálkodási Terv.* VKKI. www.vizeink.hu/files/OVGT_rovid_100505.pfd.
25. OVGT 5.1. háttéranyag: *A felszíni vizek biológiai minősítésének továbbfejlesztése.* www.vizeink.hu/files/biologiai_minosites_osszefoglalas.zip.
26. OVGT 5.2. háttéranyag: *Felszíni víztestek jó állapotához tartozó fizikai-kémiai és kémiai határértékek és minősítési rendszer.* www.vizeink.hu/files/felszini_viztestek_kemiai_fiziko-kemiai_hatarertekek.zip.
27. RAICS P. - GYÖRFI T. 2008: *Üledék felhalmozódás sebességének becslése gamma-spektrometriai módszerrel.* In. Kutatások az Eötvös József Főiskolán, 8. évfolyam, 1. szám, pp. 101-109.
28. RAKONCZAI J. 2004: *A környezeti változások hatása az Alföldi táj alakulására.* In. DORMÁNY G. – KOVÁCS F. – PÉTI M. – RAKONCZAI J. (szerk.) A földrajz eredményei az új évezred küszöbén: A Magyar Földrajzi Konferencia 2001 CD kiadványa. SZTE TTK.
29. SÁNDOR A. 2011: *A hullámtér feltöltődési folyamatának vizsgálata a Tisza középső és alsó szakaszán.* PhD értekezése, SZTE TTK, Szeged, 103 p.
30. SIMON T. 2004: *A magyarországi edényes flóra határozója.* Tankönyvkiadó, Budapest, 955 p.
31. SOMLYÓDY L. 2002: *A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései: Összefoglaló.* In. SOMLYÓDY L. (szerk.) A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. MTA, Budapest, pp. 147-152.
32. SZABÓ M. 2005: *Vizes élőhelyek tájökölógiai jellemvonásai a Szigetköz példáján.* Akadémiai doktori értekezés, Budapest, 164 p.
33. SZIEBERT J. 2003: *Vén-Duna élőhely revitalizációs program II. ütem és monitoringja.* In. Élet a Duna-ártéren tudományos tanácskozás összefoglaló kötete. DDNP, Pécs, pp. 50-87.
34. SZIEBERT J. 2005: *Gemenci holtágak revitalizációjának vízforgalmi tervezése.* In. Élet a Duna-ártéren tudományos tanácskozás összefoglaló kötete. BITE, Baja, pp. 99-125.
35. SZILÁGYI F. 2007: *Vizes élőhelyek.* In: SZILÁGYI F. - ORBÁN V. (szerk.) Alkalmazott hidrobiológia. Vízközmű Szövetség, Budapest, pp. 491-517.
36. SZLÁVIK L. - SZIEBERT J. - ZELLEI L. - ZSUFFA I. 1995: *A Nyéki-Holt-Duna rehabilitációja.* In. Vízügyi Közlemények, LXXVII. évfolyam, 3. szám, pp. 241-261.
37. TAKÁCS G. - MOLNÁR Zs. 2007: *Nemzeti biodiverzitás monitorozó rendszer XI. Élőhely-térképezés.* Sarród-Vácrátót. www.novenyzetiterkep.hu.
38. TAMÁS E. 2004: *Egy időszakos, vizes élőhely állapotfelmérése ökológiai monitoring alapján.* In. Kutatások az Eötvös József Főiskolán, 4. évfolyam, 1. szám, pp. 173-186.
39. TAMÁS E. – KALOCSA B. 2003: *A Rezeti-Duna feltöltődésének vizsgálata.* In. In. Élet a Duna-ártéren tudományos tanácskozás tanulmánykötete. BITE, Baja, pp. 43-49.
40. ZSUFFA I. - SZLÁVIK L. (szerk.) 1993: *A Vén-Duna és Nyéki-Holt-Duna vízforgalmának természetvédelmi rekonstrukciója.* Megvalósíthatósági tanulmány. Baja, pp. 235.
41. 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet *a felszíni víz vízszennyezettségi határértékeiről és azok alkalmazásának szabályairól.*

PUBLIKÁCIÓS LISTA

1. A disszertáció alapjául szolgáló publikációk

1.1. Közlemények, tanulmányok, könyvrészek stb.

1. FÜLEKY, GY. – MÁTRAI, I. – R. SZÜCS, B. 2013: *Soil-vegetation relations in the field of a drained saline lake in Hungary.* – In. International Journal of Research in BioSciences, Volume 2, Number 3, pp. 79-97. ISSN 2319-2844.
2. MÁTRAI, I. - LAKATOS, GY. – CZUDAR, A. – SZLÁVIK, L. 2011: *Forecast of changes concerning the water budget in a wetland of Danube floodplain.* – In. Journal of Environmental Science and Engineering, Volume 5, Number 5, pp. 523-532. ISSN 1934-8932.
3. MÁTRAI, I. – LAKATOS, GY. – BUZETZKY, GY. 2009: *Ecological status of waterfowl habitat on the Gemenc floodplain area in Hungary.* – In. Journal of Ecology and The Nature Environment, Volume 1, Number 5, pp. 120-129. ISSN 2006-9847.
4. MÁTRAI I. 2009: *A Nyéki-Holt-Duna története, amiről a régi térképek mesélnek.* – In. Tolna megyei Levéltári Füzetek, 12 évf., pp. 399-472. ISSN 0866-6369.
5. R. SZÜCS B. – MÁTRAI I. - FÜLEKY GY. 2009: *A garai Sóstó talajtani felmérésének eddigi eredményei.* – In. Kutatások az Eötvös József Főiskolán, 9 évf., pp. 305-313. ISSN 1586-9873.
6. MÁTRAI I. – SZLÁVIK L. 2008: *A Nyéki-Holt-Duna kialakulása és fokrendszerének változásai a XVIII-XIX. században.* – In. **Hidrológiai Közlöny**, 88. évf., 1. sz., pp. 59-61. ISSN 0439-0954.
7. MÁTRAI, I. – SZÜCS, B. 2007: *Wetland's ecological monitoring with methodological approach: hydroecological field-work in the training of environmental engineers.* – In. Acta Pericomonologica rerum ambientum Debrecina, 2. évf., 1 sz., pp. 151-160. ISSN 1588-2284.
8. MÁTRAI I. 2007: *A Nyéki-Holt-Duna kialakulása és egykori fokrendszerének jellegzetességei.* – In. Kutatások az Eötvös József Főiskolán, 7. évf., pp. 197-204. ISSN 1586-9873.
9. MÁTRAI I. – BUZETZKY GY. – LAKATOS GY. 2006: *Gemenci ártéri élőhelyek természetvédelmi kezelési módszereinek sajátosságai a Nyéki-Holt-Duna példáján.* – In. **Hidrológiai Közlöny**, 86. évf., 6. sz., pp. 76-81. ISSN 0439-0954.
10. MÁTRAI I. 2006: *Egy vizes élőhely monitorozásának módszertani megközelítése.* – In. Kutatások az Eötvös József Főiskolán, 6. évf., pp. 219-236. ISSN 1586-9873.
11. DEÁK CS. – GÓR D. – FERENCZ I. – LAKATOS GY. 2005: *Makrozoobenton vizsgálatok a Nyéki-Holt-Dunán.* – In. Acta Biologica Debrecina Supplementum Oecologica Hungarica, 13. sz., pp. 55-61. ISSN 0236-8684.
12. FERENCZ I. – FEHÉR G. – ZELLEI L. – LAKATOS GY. 2004: *A Nyéki-Holt-Duna (DDNP) ökológiai állapot felmérése.* – In. **Hidrológiai Közlöny**, 84. évf., 5-6 sz., pp. 37-40. ISSN 0439-0954.
13. MÁTRAI I. 2004: *Gemenci holtmedrek ökológiai állapotának vizsgálata.* – In. Kutatások az Eötvös József Főiskolán, 4. évf., pp. 150-161. ISSN 1586-9873.
14. FERENCZ I. – SZIEBERT J. 2003: *Új vizsgálati módszer a holtág rehabilitáció során a Gemenben.* – In. **Hidrológiai Közlöny**, 83. évf., 2. sz., pp. 72-74. ISSN 0439-0954.
15. FERENCZ I. 2003: *Ökológiai állapotfelmérés a Nyéki-Holt-Dunán.* – In. Kutatások az Eötvös József Főiskolán, 3 évf., pp. 178-184. ISSN 1586-9873.

16. FERENCZ I. 2002: *A holtág-rehabilitáció ökológus szemmel*. – In. Kutatások az Eötvös József Főiskolán, 2. évf., pp. 132-138. ISSN 1586-9873.
17. FERENCZ I. 2002: *Gemenc természetvédelmi problémái különös tekintettel a szárazodásra*. Szakdolgozat, EJF, Baja.

1.2. Konferencia előadásokhoz kapcsolódó publikációk

18. MÁTRAI I. 2012: *A Ferenc-tápcsatorna ökológiai állapotfelmérése*. – In. Magyar Hidrológiai Társaság XXX. Országos Vándorgyűlésének Tanulmánykötete, Kaposvár, 6/5. ISBN 978 963 8172 29 7.
19. R. SZÜCS B. – MÁTRAI I. – FÜLEKY GY. 2011: *Egy szikes tó évszázados változásai*. – In. FÜLEKY GY. (szerk.): *A táj változásai a Kárpát-medencében: Tájhasználat és tájalakulás a 18-20. században, Környezetkímélő Agrokémiáért Alapítvány, Gödöllő*. pp. 196-201. ISBN 978 963 06 2214 1.
20. MÁTRAI I. – SZLÁVIK L. – LAKATOS GY. 2011: *Statistikai módszerek alkalmazása egy vizes élőhely vízháztartásában bekövetkező változások előrejelzésére*. – In. Magyar Hidrológiai Társaság XXIX. Országos Vándorgyűlésének Tanulmánykötete, Eger, 9/6. ISBN 978 963 8172 28 0.
21. MÁTRAI I. – R. SZÜCS B. 2009: *A garai Sóstó növényzetének vizsgálata és természetvédelmi értékelése*. – In. BARANYAI E. – SZIGETI E. – BODA GY. (szerk.): *Magyar Hidrológiai Társaság XXVII. Országos Vándorgyűlésének tanulmánykötete, Baja, 12/7*. ISBN 978 963 8172 23 5.
22. BÁTYYI B. – R. SZÜCS B. – MÁTRAI I. 2009: *Vizkémiai és talajtani vizsgálatok a garai Sóstón*. – In. BARANYAI E. – SZIGETI E. (szerk.): *Magyar Hidrológiai Társaság XVI. Ifjúsági Napok, Baja, 1/4*. ISBN 978 963 8172 24 2.
23. LAKATOS, GY. – MÁTRAI, I. – VARGA, É. – K. KISS, M. 2009: *Composition of periphytic zootection in Hungarian shallow lakes*. – In. *Proceedings 6th International Symposium on Limnology and Aquatic Birds: Monitoring, Modelling and Management*. Huesca, Spain, 27-30 October 2009. p. 44.
24. MÁTRAI. 2008: *Egy gemenci ártéri élőhely vízforgalmi revitalizációjának tanulságai*. – In. CSORBA P. – FARKAS J. (szerk.): *Tájékutató – tájökológia*. Meridián Alapítvány, Debrecen, pp. 213-219. ISBN 978 963 06 6003 7.
25. MÁTRAI I. 2007: *Gemenci holtmedrek ökológiai állapotának vizsgálata*. – In. GESZLER Ö. – SZIGETI E. – BODA GY. (szerk.): *Magyar Hidrológiai Társaság XXIII. Vándorgyűlésének tanulmánykötete, Nyíregyháza*, pp. 113-115.
26. MÁTRAI I. – VÁRADI ZS. – FEHÉR G. – LAKATOS GY. 2006: *Kísérlet a jó ökológiai állapot megállapítására egy védett gemenci holtmeder VKI szempontrendszer alapján végzett vizsgálatával*. – In. GESZLER Ö. – SZIGETI E. – BODA GY. (szerk.): *Magyar Hidrológiai Társaság XXIV. Országos Vándorgyűlésének Tanulmánykötete, Budapest-Pécs, 1/6*.
27. MÁTRAI, I. - LAKATOS, GY. - BUZETZKY, GY. 2006: *Conservation of waterbirds habitat on the Gemenc floodplain area*. 5th Conference Working Group on Aquatic Birds of SIL. Eger, Hungary, 26-30 August. p.21.

28. MÁTRAI I. 2005: *A makrovegetáció és a vízminőség összefüggései gemenci holtmedrek példáján.* – In. TAMÁS E. A. (szerk.): *Élet a Duna-ártéren, ember a természetben* tudományos tanácskozás összefoglaló kötete. DDNP-BITE, Baja, pp. 82-89. ISBN 963 219 734 8.
29. FERENCZ I. – LAKATOS GY. 2003: *A Nyéki-Holt-Duna ökológiai állapotfelmérése.* – In. SOMOGYVÁRI O. (szerk.): *Élet a Duna-ártéren – természetvédelemről* sokszemközt című tudományos tanácskozás összefoglaló kötete. DDNP Igazgatóság, BITE, MME, Pécs, pp. 172-175. ISBN 963 214 245 4.

2. Egyéb publikációk

2.1. Közlemények, tanulmányok, könyvrészletek stb.

1. VARGA É. – KRAUSZ E. – GÓR D. – MÁTRAI I. – LAKATOS GY. 2009: *Sekély tavaink köves partszakaszain végzett epiliton vizsgálatok.* – In. **Hidrológiai Közöny**, 89 évf., 1. sz., pp. 55-57. ISSN 0439-0954.
2. VIDA-VARGA É. – MÁTRAI I. 2009: *Várvölgyi-patak állapotfelmérése.* – In. *Kutatások az Eötvös József Főiskolán*, 9 évf., pp. 141-147. ISSN 1586-9873.
3. MÁTRAI I. 2008: *Ökológiai ismeretek mérnököknek. Jegyzet környezetmérnök és építőmérnök hallgatók számára.* EJF Kiadó, Baja, 158 p. ISBN 978-963-7290-59-6.
4. WIMMER K. – FERENCZ I. 2002: *Égyvírűvizsgálat ökológus szemmel.* – In. *Ökogazdaság: környezetvédelem, mezőgazdaság, turisztika*, 2. évf., 4. sz., pp. 26-27.
5. FERENCZ I. 2001: *„Környezetvédelem-oktatás”- A környezeti nevelésről.* – In. *Kutatások az Eötvös József Főiskolán*, 1. évf., pp. 165-173. ISSN 1586-9873.
6. FERENCZ I. 1994: *Környezettan tanterv és kiegészítő jegyzet.* Szakdolgozat, EKTF, Eger.
7. FERENCZ I. 1988: *A ketokonazol hatása a Candida albicans fejlődésére.* Szakdolgozat, KLTE, Debrecen.

2.2. Konferencia előadásokhoz kapcsolódó publikációk

8. TAMÁS, E. A. – VARGA, A. – SZIEBERT, J. – MÁTRAI, I. – LENGYEL, V. A. – SPASOJEVIC, M. 2012: *The Danube River simultaneous bathymetric, flow, sediment and water quality data collection.* – In. IVETIC, M. – KAPOR, R. – PLAVSIC, J. (eds.) 16th Conference SDHI and SDH. University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Belgrad, pp. 204-216. ISBN 978 86 7518 159 0.
9. MÁTRAI I. - VINCZE L. – VÁRADI ZS. – FEHÉR G. 2011: *Vízminőségi keresztmetszvény vizsgálatok a Dunán, az EJF (Baja) – GDF (Szabadka) DANUBE EHT 2010 Magyarország-Szerbia IPA projekt keretében.* – In. Magyar Hidrológiai Társaság XXIX. Országos Vándorgyűlésének tanulmánykötete, Eger, 14/1. ISBN 978 963 8172 28 0.
10. LAKATOS, GY. – IGAZ, T. – CZUDAR, A. – MÁTRAI, I. – K. SZIRTESI K. 2010: *Biological wastewater treatment: past, present and the future.* 16th Building Services, Mechanical and Building Industry Days. Debrecen, 14-15 October, ISBN 978 963 473 421 5.
11. VIDA-VARGA É. – MÁTRAI I. – LAKATOS GY. 2009: *Egy szikes tó köves partjának epiliton vizsgálata.* – In. BARANYAI E. – SZIGETI E. – BODA GY. (szerk.): *Magyar Hidrológiai Társaság XXVII. Országos Vándorgyűlésének tanulmánykötete*, Baja, 12/10. ISBN 978 963 8172 23 5.

12. NAGY B. – POMÁZI SZ. – SZERENCSE L. – VIDA-VARGA É. – MÁTRAI I. 2009: *Geresd-dombság vízfolyásainak állapotfelmérése.* – In. BARANYAI E. – SZIGETI E. (szerk.): Magyar Hidrológiai Társaság XVI. Ifjúsági Napok, Baja, 1/15. ISBN 978 963 8172 24 2.
13. VIDA-VARGA É. – NAGY B. – MÁTRAI I. 2009: *Magyaregregy környéki vízfolyások állapotfelmérése.* – In. BARANYAI E. – SZIGETI E. (szerk.): Magyar Hidrológiai Társaság XVI. Ifjúsági Napok, Baja, 1/21. ISBN 978 963 8172 24 2.
14. K. OLTYÁN E. – VASAS F. – WÁGNER J. – MÁTRAI I. 2008: *Az Élővíz-csatorna jó ökológiai potenciáljának meghatározása.* – In. GESZLER Ö. – SZIGETI E. – BODA GY. (szerk.): Magyar Hidrológiai Társaság XXVI. Vándorgyűlésének tanulmánykötete, Miskolc, 1/3. ISBN 978 963 8172 21 1.