

Szent István Egyetem
Környezettudományi Doktori Iskola

**A makrofita vegetáció összehasonlító térképezése és
monitorozása németországi és magyarországi
vízfolyásokban**

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

Falusi Eszter

Gödöllő
2010

A doktori iskola

megnevezése: Környezettudományi Doktori Iskola

tudományága: Tájökológia, természet- és tájvédelem

vezetője: Dr. Heltai György
egyetemi tanár, MTA Doktora, tanszékvezető
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Környezettudományi Intézet
Kémia és Biokémia Tanszék

Témavezető: Dr. Penksza Károly
habilitált egyetemi docens, Ph.D., tanszékvezető
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet
Természetvédelmi és Tájökológiai Tanszék

Külső konzulens: Dr. Sipos Virág Katalin, Ph.D.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

A MUNKA ELŐZMÉNYEI, KITŰZÖTT CÉLOK

A vízi növényzet jelenléte vagy hiánya, mennyisége és állapota tükrözi az élőhelyen végbemenő változásokat. Folyamatos megfigyelésük nélkülözhetetlen a folyóvizek, mint élőhelyek minőségi viszonyainak feltárásához és változásainak hosszú távú nyomon követéséhez. Állományaik felmérése, változásuk elemzése és monitorozása az Európai Unió Víz Keretirányelvének (VKI) (2000/60/EC Direktíva) hatályba lépésével különösen időszerűvé vált, mivel a VKI a korábbi vízhasználat-központú szemlélettel szemben minden tekintetben az ökológiai szempontokat helyezi előtérbe a természetes és mesterséges vizes élőhelyek jó állapotának, illetve potenciáljának megállapításában, helyreállításában és megőrzésében. A víztestek állapotának megítélésében ennek megfelelően a biológiai elemek az eddigieknél kiemeltebb szerepet kapnak a vízminősítésben, és azonos szinten kezelik azokat a többi, korábban prioritást élvező kémiai mutatókkal. Ebből a helyzetből is adódik, hogy a VKI előírásainak megfelelő monitorozási feladatok tervezése és ellátása tekintetében új módszertani kihívások jelentek meg a szakmai alaposág és költséghatékonyság kettős követelménye mellett.

A felszíni vizek megfigyelésének és állapotértékelésének egyes szabályairól Magyarországon a 31/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet intézkedik, amelyet a 34/2008 (XII. 31.) KvVM rendelet módosít. A folyóvizek makrovegetációjának felméréséhez a MSZ EN 14184:2004 szabvány jelent meg, mely igen tág keretet hagy a módszer kiválasztásához. Pusztán alapelveként rögzíti, hogy a vizsgálatnak könnyen megismételhetőnek, a felmérő személyétől függetleníthetőnek kell lennie, és minimális hibalehetőséget tartalmazhat. További igen sarkalatos pont az adatok számszerűsíthetősége, amely alapot szolgáltat a különféle indexek kiszámításához és a felmérés kiértékeléséhez. A számszerűsíthető statisztikai elemzés kivitelezéséhez azonban még annyi standardizált támpont sem áll rendelkezésünkre, mint a terepi felmérés esetében. Ezért az országonkénti protokollok interkalibrációja elengedhetetlen feladat lesz az adatok uniós szintű egységes értelmezéséhez.

Az európai folyóvízi vegetáció-térképezés egyik legrégebben, 1972 óta tartó hosszú távú (4-5 évente megismételt) monitorozási területe a németországi Friedberger Au síkságon található vízfolyások, amelyek egyben a Kohler (1978) által kifejlesztett szakasztérképezési módszer egyik mintaterületei is. Munkám során 2001-ben volt alkalmam a Friedberger Au vízfolyásain folyó, hetedik alkalommal végzett makrofiton térképezésbe témavezetőmmel együtt bekapcsolódni, és elsajátítani a módszer helyes alkalmazását a mintaterületen. Majd a 2005. évi felmérést már önállóan végeztük el.

A módszer hazai alkalmazására 1990-ben az IAD (Internationale Arbeitsgemeinschaft Donauforschung) makrofiton térképezési programja keretében került sor a Duna váci szakaszának felmérésekor (Ráth 1994), majd a Szigetközben 1996-ban (Pall et al. 1996).

Ezt a munkát tovább folytatva és kiterjesztve az IAD jelenlegi céljai közé tartozik a Multifunctional Integrated Study Danube: Corridor and Catchment program (MIDCC) keretein belül a Duna és egyes mellékfolyói vízi vegetációjának első egységes, számszerűsített leírása, továbbá a VKI-ben rögzített ökológiai állapot referencia feltételeinek meghatározása, valamint a statisztikai feldolgozáshoz szükséges, a tagországok által hozzáférhető adatbázis felállítása (Pall et al. 2004, Schütz et al. 2005). Részben kapcsolódva az MIDCC program törekvésehez a Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet Nonprofit Közhasznú Kft. (VITUKI) vezetésével folyó Tisza Projektben is a Kohler-módszert alkalmaztuk a Tisza menti holtágak térképezésekor, ahol integrált hidrológiai eszközök használatával és fejlesztésével tervezik elősegíteni az itt található ökológiai értékek megőrzését.

Mesterséges víztestekben először 1998-ban Sipos (2001) hazánkban tesztelte a szakasztérképezési módszert a Duna-Tisza közti csatornarendszer három tagján, a Harmincas- és az Apaji-csatornán, valamint a Duna-völgyi-főcsatorna szabadszállási egységén. Munkája során kiemeli a csatornáknak a terület ökológiai hálózatában betöltött kulcsszerepét, tehát ökológiai értékelésük mesterséges mivoltuk ellenére kiemelt fontossággal bír. Ennek ellenére a Duna-Tisza közti vizes élőhelyek korábbi széleskörű botanikai feltárási vizsgálatai alapján kevés adat áll rendelkezésre vegetációjukról. Diverz élőhelyekről számol be, ahol szignifikáns eltéréseket tapasztalt a három kapcsolódó csatorna flórájában és az egyes fajok mennyiségi viszonyaiban egyaránt. Továbbá az erőteljes antropogén hatás alatt álló csatornarendszer özönnövények terjedésének is nagyobb lehetőséget biztosít, és mivel a felmérés során az inváziós karolinai tündérhínár (*Cabomba caroliniana* Gray) kiterjedt állományait fedezte fel, további területek térképezése mellett a csatornák növényzetének folyamatos monitorozását javasolja. A vizsgálatokba bekapcsolódva a térképezett területeket további négy eltérő szerepű és méretű csatornával és csatornaegységgel növeltük, és 2001-ben a Sós-érrel, 2002-ben a Duna-Tisza csatornával és a Duna-völgyi-főcsatorna dabasi, akasztói és bajai egységével bővítettük ki. A makrovegetáció felmérését az összes területen ugyanazon évben, 2008-ban ismételt meg, amivel a Duna-Tisza köze csatornáinak szisztematikus monitorozása indult el.

Célkitűzések:

Jelen értekezés célja a Friedberger Au vízfolyásain, valamint a Duna-Tisza közti csatornarendszer tagjain szakasztérképezési módszerrel végzett makrofiton felmérések eredményeinek kiértékelése, illetve a két vizsgálati év eredményeinek vízfolyásonkénti összehasonlító elemzése. A Víz Keretirányelvben a felmérések és az intézkedések tervezése során is a vízgyűjtő területek szintjén történő egységes szemlélet uralkodik. Jelen munka is kötődik ehhez az európai uniós célkitűzéshez, elemezve és vizsgálva különböző, de egységesen a Duna vízgyűjtő területéhez, így az MIDCC programhoz is tartozó víztestek makrovegetációját.

I. Általános célok minden vizsgálati területen:

1. A makrovegetációra vonatkozó korábbi szakasztérképezéssel történt felmérések ismételt elvégzése.
2. A vízfolyások flórájának elemzése, a változások detektálása és lehetőség szerint a kiváltó okok meghatározása.
3. A saját adatokon alapuló korábbi és ismételt felmérések alapján az elmúlt időszak alatt a vegetációban lezajlott változások értékelése. Az időbeli változások mellett az eltérő terhelések következtében kialakult változások rögzítése és értékelése.
4. Zavarások, antropogén terhelések kimutatása, valamint, hogy ezen folyamatok hogyan követhetők nyomon a vízi vegetáció változásával.
5. A mesterségesen kialakított vízfolyások makrofiton elterjedését és összetételét befolyásoló paraméterek vizsgálata/felderítése.
6. Olyan új értékelési módszer keresése és kidolgozása, amely alkalmas a szakasztérképezés során nyert nagyon nagy számú adat együttes és áttekinthető értékelésére.

II. A kutatás regionális céljai a Friedberger Au mintaterületen:

1. 2001. és 2005. évi megismételt felmérések adatai alapján a korábbi adatokkal történő hosszú távú összehasonlítás megteremtése, és a területen folyó hosszú távú monitorozás életben tartása.
2. A mintaterületen található védett és inváziós fajok állományainak meghatározása, változásainak detektálása.

III. A kutatás regionális céljai a Duna-Tisza közti csatornarendszer mintaterületen:

1. A Duna-Tisza közén húzódó mesterséges csatornarendszer eddig botanikai szempontból csak helyenként feltárt növényzetének florisztikai felmérése.
2. A csatornák vegetációjára vonatkozó adatok komplex feldolgozása és ábrázolása térinformatikai módszerekkel, adatbázis létrehozása.
3. A csatornák első aktuális vegetációtérképének elkészítése.
4. A csatornában előforduló védett növényfajok elterjedési térképének elkészítése, a két felvételi év közötti állományváltozásuk nyomon követése.
5. A csatornában előforduló inváziós növényfajok elterjedési térképének elkészítése, a két felvételi év közötti állományváltozásuk nyomon követése.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A mintaterületek elhelyezkedése

A Németországban vizsgált Friedberger Ach, Forellenbach, Höhgraben, Hörgelaugraben vízfolyások a Bajor tartomány D-i részén, az Augsburgtól északra fekvő, a Lech és a Wertach – két alpesi folyó – által kialakított Lech-Wertach Alföld területén található, kistáj szinten a Friedberger Au síkságot hálózzák be. A négy vízfolyásban a védett és vörös könyves színeslevelű békaszőlő (*Potamogeton coloratus* Hornem.) jelentős állományai találhatóak. A területen 1972 óta 4-6 éveként összesen 44 km hosszúságú szakaszon, állandó szakaszbeosztással végezték el a makrovegetáció felmérését a Kohler által 1978-ban leírt szakasztérképezési módszerrel. A vegetációtérképezést a fajok jelzőértéke meghatározásának konkrét laboratóriumi és terepi átültetési vizsgálatával is összekapcsolták (Kohler 1975, 1976, 1982; Kohler et al. 1974), és a területre vonatkozóan a fajokat trofitással szembeni érzékenységük alapján öt csoportba sorolták. A területen folyó hosszú távú vizsgálatok sorozatba bekapcsolódva a 2001. és 2005. évi felméréseket végeztük el.

Az értekezés második mintaterületét Magyarországon a Duna-Tisza közti csatornarendszer öt tagja képezi. A Duna-Tisza csatorna a Ráckevei-(Soroksári) Duna-ágból kilépve teljes hosszában, a csatornarendszer gerincét képező Duna-völgyi-főcsatorna négy alegységre osztva (Dabas, Szabadszállás, Akasztó, Baja) került térképezésre. A további két kisebb a Duna-völgyi-főcsatornába torkolló csatorna, a Harmincas-csatorna (XXX. csatorna), a Sós-ér (V. csatorna), valamint az Apaji-csatorna (XXXI. csatorna) vizsgált egységeivel összesen 152 km hosszú csatornaszakaszon történt meg a makrovegetáció felmérése. Minden csatorna és egysége esetében két felmérési év adatainak elemzésére került sor. Az első felmérést a Harmincas- és az Apaji-csatorna, valamint a Duna-völgyi-főcsatorna szabadszállási egysége esetében 1998-ban Sipos (2001) által, a Sós-éren 2001-ben, a többi esetben 2002-ben Sipossal közösen (Falusi et al. 2004) végzett vegetációtérképezések jelentik. A makrovegetáció felmérését az összes területen ugyanazon évben, 2008-ban ismételtük meg.

A terepi felmérés módszere

A szakasztérképezés során a teljes vízfolyást szakaszokra osztjuk, és a szakaszokon belül a teljes víztestet vizsgáljuk. A szakaszok határait a makrovegetáció szempontjából meghatározó ökológiai tényezők szakaszon belüli viszonylagos homogenitása adja. A Friedberger Au mintaterületen a korábbi terepi felmérések során kijelölt szakaszhatárokkal, a Duna-Tisza közén az 1998-as felmérések, a 2001-es és a 2002-es felméréseink során meghatározott szakaszokkal dolgoztunk.

A terepi munka során a határokat 1:25 000 méretarányú topográfiai térképen rögzítettük és GPS méréseket is végeztünk, amely adatok felhasználásával Arc View 3.1-es programmal digitalizált térképi adatbázist és attribútum állományt hoztam létre.

A Friedberger Au mintaterületen a terepi munka során a folyásiránnyal szemben gyalogosan haladva mértük fel a makrofita fajokat, a Duna–Tisza közti csatornarendszerben a vízmélység a csónakból történő térképezést követelte meg. A makrofita definíció nem taxonómiai alapokon nyugvó csoportosítást takar. Ide tartozik minden szabad szemmel (optikai segédeszközök nélkül) látható vízi növényfaj, tehát az edényes hidrofita, amfifita és helofita növények mellett, a mohák képviselőit, és a makroalgákat is beleértve (Casper és Krausch 1980 és 1981). Az egyes szakaszok átvizsgálása után a feljegyzett fajok mennyiségét megbecsültük. A becslés során a Kohler által (1978) meghatározott 5 értéket alkalmaztuk, ahol 1=nagyon ritka, 2=ritka, 3=elterjedt, 4=gyakori, 5=tömeges mennyiséget jelent. Az egyes növényfajok és becslött növény mennyiségük mellett minden szakasz makrovegetáció elterjedésére ható fizikai paramétere is a jegyzőkönyv adatainak részét képezte: vízmélység, vízfolyás szélessége, sebessége, zavarosság, a vízfelület beárnyékoltsága, mederalkotó anyag, a parti vegetáció és a környező területhasználat.

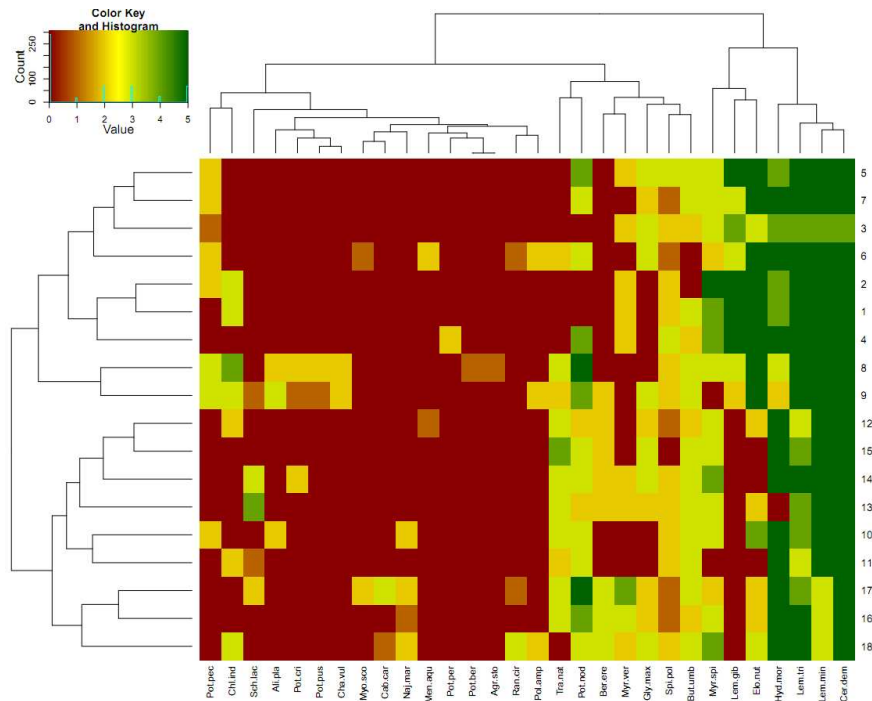
A kiértékelés során alkalmazott mutatók

A mutatók számításakor a vízfolyások vegetációjának jellemzéséhez a terepi adatokból csupán a hidrofita és amfifita fajokat vettük figyelembe. Minden számítás alapjául Melzer (1988) feltevése szolgál, miszerint a becslött növény mennyiség és a valódi növény mennyiség közötti kapcsolat nem lineáris, hanem $F_{(y)}=x^3$ összefüggéssel írható le, amely feltevést Janauer és Heindl (1998) kísérleti mérésekkel igazolták.

Az elemzések során Kohler (1978) által meghatározott és Kohler és Janauer (1995) által pontosított elterjedési mutatókkal dolgoztunk. Az elterjedési mintázat értékelésére a relatív elterjedési hosszt (Relative Arealänge, Lr) és a teljes vizsgált szakaszokra és elterjedési szakaszokra vonatkoztatott átlagos mennyiségi indexeket (Mittleren Mengenindices, MMT, MMO) alkalmaztuk. A vízfolyások vegetációjának dominancia viszonyairól a relatív növény mennyiség (Relative Pflanzenmenge, RPM) nyújt értékelhető adatokat, az egyes növényfajok növény tömegét a vízfolyás teljes növény tömegéhez viszonyítva.

A minden egyes vízfolyásra és felmérési évre elkészített elterjedési diagram együttesen és grafikusan ábrázolja a felmért szakaszokat és a teljes fajlistát a szakaszonkénti becslött növény tömegekkel együtt, tehát a vízfolyás vegetáció térképének tekinthető.

A statisztikai vizsgálatainkhoz szabadon hozzáférhető szoftverkörnyezetet, az R programozási nyelvet vettük igénybe, amelynek első változatát Ihaka és Gentleman (1996) készítette. A vizsgált víztestek növényfajainak elterjedési adatait klaszter analízis segítségével képi ábrázolásban is megjelenítettük, amire az úgynevezett „hőterkép” (heatmap) használtuk (1. ábra). A hőterképen a fajok előfordulását és mennyiségi adatait együtt kezelve az eredmények a sorok és oszlopok elforgatásával jelennek meg (Sneath 1957). Az első számítógépes program, amely klaszter hőterkép alkalmazott a megjelenítés során, mint magas felbontású színgrafika a SYSTAT volt, amelynek algoritmusát Gruvaeus és Wainer (1972) fejlesztették ki. A vízfolyások terepi adatainak grafikus megjelenítésekor hierarchikus klaszter analízist végeztünk. Az X-tengelyen lévő dendrogram a fajok között lévő kapcsolatokat, míg az Y-tengelyen lévő dendrogram a szakaszokat, illetve kiterjesztve a szakaszok ökológiai paramétereinek ismeretében a vegetáció és az élőhely között meglévő kapcsolatokat jeleníti meg. A két dendrogram által szegélyezett téglalap alakú mátrixban a becsült növényntömeg (0, 1-5) értékének megfelelő színskála szerint jelennek meg az adatok, ezzel a korábbi értékelésekhez képest összetettebb elemzésekre nyílik lehetőségünk. Korábban a hasonló, illetve eltérő vegetációjú szakaszok elkülönítése jellemzően az elterjedési diagramok szabad szemmel történő elemzésével zajlott. Az értékelésbe újonnan bevezetett statisztikai kiértékelési módszert mindkét mintaterület és felvételi év adatainak elemzése során visszamenőleg is alkalmaztuk.



1. ábra Az Apaji csatorna 1998-as adatainak hőterképen való megjelenítése

EREDMÉNYEK

A Friedberger Au vízfolyásainak florisztikai eredményei

A mintaterületen folyó vizsgálatosorozat és a saját vizsgálatok alapján a vörös könyves *Potamogeton coloratus* Hornem állományai gyengén, de folyamatosan csökkenő tendenciát mutatnak. Ezért fontos, hogy 2001-ben új vizsgálati szakaszt vontunk be a Friedberger Ach forrásvidékén, amely egyben a faj új elterjedési területe. A fokozódó beárnyékoltság miatt a Hörgelaugraben vízfolyásban a *Potamogeton coloratus* jelenléte 2005-ben már nem volt igazolható, ahogy az *Apium repens* (Jacq.) Lagasca sem volt már korábbi elterjedési szakaszában megtalálható.

A területen előforduló hidrofita inváziós átokhínár fajok közül az *Elodea canadensis* (L.) C. Rich. egyedül a Höhgraben vízfolyásban nincs jelen. Az 1992 óta kizárólag a Friedberger Achban előforduló *Elodea nuttallii* (Planchon) St. John) mellett a helofita bíbor nebáncsvirág (*Impatiens glandulifera* Royle) alkot kiterjedt állományokat, egyelőre csak a Friedberger Ach mentén.

A Friedberger Au vízfolyásaiban zajló vegetáció kutatás eredményei

A **Friedberger Ach** forrásvidékén a *Potamogeton coloratus* stabil állományai ellenére 2005-re az eutrofizáció jeleit mutatja a *Juncus subnodulosus* becsült növénytömegeinek drasztikus csökkenése, továbbá a fokozódó bolygatottságot jelezte az *Elodea canadensis* növekvő (0,1%-ról 2,3%-ra) dominanciája. A középső szakaszokon a makrofita vegetáció a friedbergi szennyvízbevezetés megszüntetése, azaz 1974 óta zajló regenerálódási folyamat figyelhető meg. A *Myriophyllum spicatum* jelentős állományai mellett a *Myriophyllum verticillatum* erősödő állományai (1,8%-ról 7,7%-ra) és a *Groenlandia densa* 2001-es megjelenése további javuló állapotot jelzett. Megállapítható, hogy ez a korábban erős trofikus terhelés alatt álló növényzet mentes terület ma már igen változatos vegetációval rendelkezik. A Friedberger Ach alsó szakaszain már 1996 óta az eutróf vízfolyásokra jellemző fajok dominálnak (*Zannichellia palustris*). A vízfolyás ökológiai állapotára nézve negatív hatású volt az adventív, *Elodea nuttallii* 1992. évi megtelepedése.

A **Forellenbach** esetében összefoglalóan elmondható, hogy vize eredetileg oligotróf, amit az előforduló fajok alapján a vizsgálati évek folyamán megőrzött, amit a *Potamogeton coloratus* és a *Juncus subnodulosus* stabil – mind relatív elterjedési hosszában, mind becsült növénytömegében azonos – állománya mutat a vízfolyásban. Ugyanakkor az *Elodea canadensis* duplájára nőtt relatív növény mennyisége és relatív elterjedési hosszának növekvő tendenciája mindenképpen a területen folyó zavarás fokozódásával hozható összefüggésbe, amit a területen áthaladó gyorsforgalmi út építkezésével járó bolygatás okozott. A 2001-es felmérés idején a forrásvidék kiszáradt, majd a szakaszok 2005-ben ismét vízborítás alá kerültek, de ez a hidrofita fajok újbóli megjelenéséhez nem volt elegendő.

A **Höhgraben** vízfolyásban a szennyvízmentes források fajainak csoportjába tartozó *Potamogeton coloratus* elterjedési területe felére csökkent, így már csak a vízfolyás 13%-án találtuk meg 2005-ös felmérésünk során. A területen vizsgált négy vízfolyást együttesen tekintve a Höhgraben az egyetlen, amelyben az *Elodea canadensis*, noha már 1972 óta jelen van a vízrendszerben, még nem hódított teret. A vízfolyás vegetációjában jellemzően az amfifita fajok domináltak (*Berula erecta*, *Mentha aquatica*, *Phalaris arundinacea*).

A Höhgraben vízfolyásban az előforduló hidrofita fajok listája 2001-ben gyarapodott (*Lemna trisulca*, *Nitella opaca*, *Fontinalis antipyretica*), amelyek közül a *Lemna trisulca* korábban a mintaterülethez tartozó egyetlen vízfolyásból sem került elő. A területen zajló kiszáradási és feltöltődési folyamat eredményeként 2001-ben új amfifiták is megjelentek: a *Myosotis scorpioides* és a *Veronica anagallis-aquatica*.

A **Hörgelaugraben** esetében a 2001-es felvételekben az oligotróf vízfolyásokra jellemző fajok csoportját csak a forrásvidéken előforduló *Potamogeton coloratus* képviselte, 2005-ben állományai már nem voltak felfedezhetők egyetlen szakaszban sem. A szintén növényi tápanyaggal kevésbé terhelt vizet jelző amfifita, a *Juncus subnodulosus* faj több felvételi időszakon keresztül stabil állománnyal rendelkezett, de 2005-re becsült növénytömege erőteljesen lecsökkent.

Az eredményeket alapján a Hörgelaugraben vízfolyás hidrológiai viszonyaiban jelentős változások következtek be. Ez 1996-ban kezdődött a patak alsó részeinek kiszáradásával, ami kb. 3 km hosszúságú szakaszt érintett (Veit et al., 1997). Ez az állapot fogadott minket 2001-ben, ami 2005-re újabb szakaszokkal tovább bővült, így 5 km-es szakaszon száradt ki teljesen a vízfolyás. Ezt a változást híven tükrözi az amfifiták és a hidrofíták arányának eltolódása az amfifiták irányába. A talajvízszint lecsökkenésének oka a környező fejlődő területek építkezéseiben keresendő. Szintén egy építkezésnek „köszönhetően” semmisült meg a *Veronica anagalloides* élőhelyét is jelentő kis úszó sziget. A 2005-ös évben a feljegyzett fajok száma drasztikusan visszaesett és a becsült növénytömeg is alacsonyabb volt, mint a korábbi térképezéskor. A vízszintcsökkenés mellett a vízfolyást övező bokor és erdősáv növekvő árnyékolása is fokozta, hogy a Hörgelaugraben vízfolyásban a makrofita vegetáció elszegényedése volt tapasztalható.

A Duna-Tisza közi csatornarendszer florisztikai eredményei

A *Ceratophyllum demersum* a vizsgált csatornák leggyakoribb hínárfaja, szinte minden vizsgált szakaszban előfordult. Az alámerült, rögzült hínárfajok közül a *Myriophyllum spicatum*, *M. verticillatum* és a *Potamogeton nodosus* mennyisége volt jelentős. 2008-ban a vizsgált csatornák korábbi felvételeihez képest új fajok az adventív *Pistia stratiotes* és a védett *Salvinia natans* L. voltak.

Kiemelendő eredmény, hogy négy védett faj (13/2001. (V. 9.) Korm. rendelet) a fehér tündérrózsa (*Nymphaea alba*), a sulyom (*Trapa natans*), a Sós-éren és a Duna-völgyi-főcsatorna bajai szakaszán 2008-ban megjelent rucaöröm (*Salvinia natans*) és az Alföldön ritkának tekinthető kálmos (*Acorus calamus*) is megfelelő életteret talált a csatornarendszerben. A védett növényfajok mellett a hazai viszonyok között ritka faj, a hosszú palka (*Cyperus longus* L.) állománya is stabil a Duna-völgyi-főcsatorna bajai szakaszán.

Vizsgálataink során a csatornarendszerben négy adventív faj fordult elő. Közülük a Duna vizével közvetlen kapcsolatban álló csatornáknál (Duna-Tisza-csatorna, Duna-völgyi-főcsatorna, Harmincas-csatorna) előforduló idegenhonos közép-amerikai faj a karolinai tündérhínár *Cabomba caroliniana* (A. Gray.) terjed agresszíven. Az üledékbe temetett levél nélküli szártagokkal telel át, többnyire a vegetációs periódusban is letört szár, illetve rizómadarabokkal terjed. A hajtásdarabok akár 6-8 hétig is túlélnek a vízben lebegve, ezért a rendszeres aratású területeken igen nagy terjesztési segítséget kap. Szárazföldi alakja nincs, de a vízszint ingadozását jól tűri, ezért kitűnően adaptálódott a nyáron igen magas vízhőmérsékletű csatornák éves szinten is változó vízállási viszonyaihoz.

Az Apaji-csatornában már az 1998-as felmérés során 84%-os elterjedési hosszal gyakori volt a szintén inváziós aprólevelű átokhínár *Elodea nuttallii* (Planch.) H. St. John. Magyarországon először 1992-ben jelezték a Szigetközéből. A csatornáknál tömegesen a horgászok által sokat bolygatott területeken jelenik meg. A sekély vizet kedveli, és a vizsgálati területen minden csatornában mindkét év felvételeiben megtalálható volt.

A 2008. évi felmérés során új adventív fajként a kagylótutaj *Pistia stratiotes* jelent meg a Duna-Tisza-csatornában, a Ráckevei (Soroksári)-Duna-ág felől. Szóbeli közlések alapján a 2007-es évben komoly borítással nem kevés nehézségeket okozott (Horgászegyesület ex verb.).

A kiterjed szikes területeken áthaladó Sós-ér és az Apaji-csatorna mentén nagyobb állományokban fordul elő a rizsgyékény (*Typha laxmannii* Lepech.). A rizsgyékény a rizstermesztés során a került a Tiszántúlra, ahol a rizsföldeken és a kapcsolódó csatornák mentén alkotott nagyobb állományokat.

A Duna-Tisza közti csatornarendszer vegetáció kutatásának eredményei

A **Duna-Tisza csatorna** esetében a hidrofita fajok domináltak, de ezen belül is kiemelkedett a *Ceratophyllum demersum*. 2002-ben 36%-kal 2008-ban már 60%-kal részesegett a relatív növénytömegeből és 100% elterjedési hosszal volt jelen a területen. Az amfifita fajok becslési értékeinek a 2008-as felmérés során tapasztalt nagymértékű csökkenése (*Sparganium erectum*, *Glyceria maxima*), valamint egyes helofita fajok elterjedésének (*Rumex hydrolapatum*, *Typha angustifolia*) csökkenése háttérben elsősorban a 2004-ben történt kotrási munkálatok húzódnak meg. Elmondható, hogy a *Sparganium erectum* vesztett a legtöbbet elterjedési hosszából és a *Phragmites australis* regenerálódott szinte teljes mértékben a munkálatok után négy évvel.

A víz tápanyag-terhelésének növekvő változását jelzi a 2002-es felvételekből hiányzó, megbízható jelzőértékű *Lemna gibba* rögtön 47%-os elterjedési hossza és a *Zannichellia palustris* megjelenése. A csatornában előforduló inváziós növényfajok közül az *Elodea nuttallii* és a *Cabomba caroliniana* jellemzően a folyamatosan tisztított horgászhelyekhez kötődően jelent meg. Emellett a *Pistia stratiotes* megjelenése is mindenképpen emberi behurcolás következményeként értékelhető. A csatornában előforduló védett növények (*Acorus calamus*, *Nymphaea alba*) megőrizték állományukat.

A **Duna-völgyi-főcsatorna dabasi** vizsgálati egységében a Duna-Tisza csatornához hasonlóan a *Ceratophyllum demersum* uralkodott. 2002-ben a vegetáció homogén képet mutatott. 2008-ban azonban a Harmincas-csatornával való összeköttetéséig a csatorna lassan folyó szakaszain igen nagymértékű *Lemna gibba* szőnyeg volt jelen, amely nagyban megnehezítette a térképezési munkát. Az amfifita fajok (*Sagittaria sagittifolia*, *Berula erecta*, *Mentha aquatica*) térhódítását is a lassú folyás és a vastag lebegő hínárszőnyegen való megtámaszkodás lehetősége segítette. A vegetáció képe a lebegő hínár tagjai becsült növénytömegének csökkenésével sokat változott, amikor a Harmincas-csatornából vízutánpótlást kapott. Ezekhez a nyíltabb területekhez kötődik a *Cabomba caroliniana*, míg az *Elodea nuttallii* a Duna-Tisza csatornához közelebbi szakaszokon tartott fenn stabil állományt.

A **Duna-völgyi-főcsatorna szabadszállási** területén a 2002-es igen gazdag makrofita vegetációval szemben erőteljes csökkenés volt tapasztalható minden, a vizsgálat alá eső mutató tekintetében. A fajszám és a fajok elterjedési területe jelentős mértékben lecsökkent, valamint a becsült növénytömeg is erőteljesen visszaesett. A területen korábban igen nagy növénytömegegél és 100%-os elterjedési hosszal rendelkező *Cabomba caroliniana* mennyisége felére csökkent. Nagy, virágzó és úszólevelet fejlesztő állományai a felsőbb szakaszok lassan folyó, de lebegő hínárral kevésbé fedett területein jelentek meg 2008-ban. A vizsgálati egység vegetációjának képét döntően a Harmincas-csatornával való összefolyás és a 113-114-es szakaszokon kialakult uszadékdugó miatt megváltozott folyási sebesség határozta meg.

A **Duna-völgyi-főcsatorna akasztói** egységének felső szakaszain a vegetáció arculatát a csatorna mentén nagy területeken elnyúló legelőkről lejáró szarvasmarhák is alakították. A 2002-ben megfigyelt hidrofíták (*Ceratophyllum demersum*, *Cabomba caroliniana*, *Lemna minor*) által uralt növényzetet az állatok folyamatos taposásával kialakult lankásabb partoldalnak köszönhetően az amfifita fajok gazdagították (*Berula erecta*, *Sparganium erectum*). A kialakult nyugodt vizű öblökben a *Trapa natans* is megfelelő élőhelyekre talált, elterjedési területe 2002 óta 30%-kal növekedett. Ezeknek a helyeknek egyben az állatok tevékenysége miatt is kialakult tápanyagban való nagyobb gazdagságát a területen 2008-ban rögtön 67%-os elterjedési hosszal megjelenő *Lemna gibba* is jelezte. Az akasztói kertek alatt elhaladva és a város közelségéből adódóan sok horgász hely található a csatorna mentén, ami az *Eloдея nuttallii* állományainak stabil fenntartásában játszott szerepet.

A **Duna-völgyi-főcsatorna bajai** szakaszainak vegetációjában a *Ceratophyllum demersum* és a *Potamogeton nodosus* mellett az amfifita *Sparganium erectum* és *Sagittaria sagittifolia* szubmerz alakjai domináltak. A déli egység ellaposodó kiöblösődéseiben a *Nuphar lutea* mellett a védett és jellemzően álló- vagy lassú folyású vizet kedvelő *Trapa natans* és *Nymphaea alba* is megfelelő életkörülményekre talált. Új, védett fajként jelent meg a 68. szakaszban a *Salvinia natans*, további terjedése a kedvező időjárási viszonyok mellett várható.

A meredek mederfal és a **Sós-ér (V. csatorna)** esetében sokszor 2 méter széles, mindkét parton végigfutó, vízbe is számottevően benyúló nádsáv nem kedvez az amfifiták elterjedésének. A néhol áthatolhatatlan nád csak a horgászok által kitisztított csapásokon keresztül járható. A kutatási területen felmért eredmények alapján megállapítható, hogy a Sós-éren mindkét felvételi évben négy faj tartozott az RPM és az MMT/MMO értékeket is tekintve, a domináns fajok közé: *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton nodosus* és a *Hydrocharis morsus-ranae*. A védett *Salvinia natans* megjelenése és elterjedése a 11. szakasztól pontosan meghatározta a Kiskunsági-főcsatorna és a Sós-ér közötti átvezetés helyét.

Fontos megállapítás, hogy a Duna vizével közvetlenül vagy közvetetten összeköttetésben álló nagyobb csatornáknál az agresszíven terjedő *Cabomba caroliniana* nagy tömegben volt jelen. A Sós-ér esetében még a torkolati szakaszban sem(!) talákoztunk ezzel az inváziós fajjal, ami Sanders (1979) megállapítását igazolja, miszerint az alkalikus vizeket a karolinai tündérhínár nem kedveli. Viszont az adventív *Typha laxmannii* pont ezen élőhelyi tényezőnek köszönhetően több szakaszon jelent meg a Sós-ér partmenti vegetációjában.

A **Harmincas-csatorna (XXX. csatorna)** 1998-as felvételeiben a lebegő hínár (*Hydrocharis morsus-ranae*, *Spirodela polyrhiza*), a *Ceratophyllum demersum*, a *Myriophyllum spicatum* és a *Cabomba caroliniana* 4-es és 5-ös becsült növénytömegű állományai jellemzőek. 2008-ban a fajszámban, a fajok relatív elterjedési hosszában és a becsült növénytömeg tekintetében is erőteljes visszaesés tapasztalható. A 2008-as felmérés során emellett a csatornán több szakaszon nem tudtam a térképezést elvégezni a nád 100%-os borítása miatt. A domináns faj 2008-ban is a *Ceratophyllum demersum* kimagasló 46,7%-os RPM értékkel. A korábbi felmérés során a csatorna 82%-án előforduló *Cabomba caroliniana* közel 60%-ot veszített relatív elterjedési hosszából (Lr). A csatornában előforduló védett fajok a két felmérés összehasonlításában enyhén növekvő állományú *Trapa natans* és *Nymphaea alba* voltak.

Az **Apaji-csatorna (XXXI. csatorna)** szinte álló vizű, igen nagy növénytömeggel (4-5) rendelkező lebegő hínárral fedett alsószenttamási szakasza után a Kígyós-érrel való csatlakozásánál a vízállástól függően nagyobb vízmennyiséget nyerve halad tovább. Itt, ha kevéssel is, de erőteljesebb sodrás következtében csak a *Ceratophyllum demersum* ér el továbbra is magas értékeket, és ennek is köszönhetően a 2008-as felvétel relatív növénytömegei (RPM) alapján a teljes növénytömeg 31,6%-át adja. A csatorna vegetációjában bekövetkező másik változást, a víz szürkésfehér zavarosságát is okozó, szürkemarha-ítató szakaszokon tapasztaltam. Itt több száz méteren keresztül hiányzik a bal parti vegetáció. A *Cabomba caroliniana* korábbi 1998-as, a Harmincas-csatornához közeli, torkolati előfordulását nem tudta fenntartani, hasonlóan a Sós-érhez, az Apaji-csatorna térképezett szakaszain sem fordul elő ez az inváziós növényfaj. A védett növényeket tekintve a *Trapa natans* veszített korábbi magas növénytömegéből, de 13%-kal növelte előfordulási hosszát. 2008-ban a *Nymphaea alba* is felkerült a csatorna fajlistájára.

A Friedberger Au vízfolyásaiban előforduló makrovegetáció hőtérkép elemzése

A Friedberger Ach összes térképezett szakaszára vonatkozó hőtérképen a vegetáció 2001-es adatai a szakaszok ugyanazon felosztását rajzolták ki, amely ökológiai zónákat Veit et al. (1997) az ökológiai paraméterek és antropogén hatások alapján elkülönítettek. Ez a mintázat a 2005-ös adatok alapján már sokkal árnyaltabban jelent meg a területet érő erőteljesebb antropogén hatások következtében. A Forellenbach esetében a hidrofita fajok abszolút hiánya különítette el az amfifita *Nasturtium officinale* et *microphyllum* által uralt forrásvidéket a *Potamogeton coloratus* és *Mentha aquatica* által jellemezhető középső szakaszoktól. A Höggraben és a Hörgelaugraben esetében a csoportok kialakításában, a szakaszok elkülönülésében egyaránt a *Veronica anagallis-aquatica*, a *Mentha aquatica*, a *Phalaris arundinacea* és a *Berula erecta* amfifita növényfajok növény mennyiségi változásai voltak meghatározóak.

A Kohler (1982) által használt indikátor csoportok fajainak változását és rokonságát együttesen elemezve a 2001-es adatok alapján szoros kapcsolatot tapasztaltunk a Hörgelaugrabennél a *Potamogeton coloratus* és a *Chara hispida* esetében. A Forellenbachban a *Mentha aquatica* és a *Potamogeton coloratus* fajok mindkét felvételi évben szoros rokonságot mutattak az elterjedésük súlypontjai alapján, mivel a két vizsgálati év közötti változásuk párhuzamos volt. Ezt a szoros kapcsolatot azonban csak a Forellenbach esetében tapasztaltuk. A Friedberger Ach 2001-es hőtérképén még együtt szerepel a két faj, de a 2005-ös hőtérképen már külön jelennek meg. A Friedberger Ach esetében fordult elő egy vízfolyáson belül a semleges csoportba sorolt *Potamogeton pectinatus* és az V. csoportba sorolt *Zannichellia palustris*. Elterjedési mintázatuk közeli rokonságot mutat mindkét felvétel adatai alapján, ami azt a megállapítást támasztja alá, hogy a *Potamogeton pectinatus* trofitással szemben nem érzékeny faj.

Duna-Tisza közi csatornarendszer hőtérkép elemzés eredményeinek értékelése

A Duna-Tisza csatornarendszer vizsgálati egységeiben a hőtérképek elemzése során *Ceratophyllum demersum*, a *Hydrocharis morsus-ranae*, a *Lemna minor* és a *Spirodela polyrhiza* becsült növénytömege és elterjedése határozza meg alapvetően a szakaszok különválását. Az amfifita fajok erőteljesen háttérbe szorulnak, közülük a *Sparganium erectum* és a *Sagittaria sagittifolia* jellemzően szubmerz alakban történő előfordulása esetén ér el magasabb értékeket.

A Duna-völgyi-főcsatorna dabasi szakaszának esetében a hőtérkép alapján olyan szakaszcsoporthoz különültek el statisztikailag, amelyek az elterjedési diagramok pusztán szemmel történő értékelésénél nem mutattak nagy eltérést, tehát megállapítható, hogy az egyöntetű vegetációval rendelkező csatornák vegetációmintázatában bekövetkező változások számszerűsíthető nyomon követésére a hőtérkép elemzés megfelelő érzékenységet mutat.

Új tudományos eredmények

1. Új florisztikai eredmények a Friedberger Au területén felmért vízfolyásokhoz:

- a. A 2001-es térképezés során a vizsgált területre nézve négy új fajt fedeztünk fel, illetve tisztáztunk. A Höhgraben vízfolyásban a keresztes békalencse (*Lemna trisulca* L.), Hörgelaugraben esetében az iszaplakó veronika (*Veronica anagalloides* Guss.) állománya az 1972 óta folyó monitorozás során még nem került feljegyzésre.
- b. A helofita fajok közül az óriás tippan (*Agrostis gigantea* Roth) a Forellenbach partján néhol tömegesen fordult elő, noha korábban nem jelezték. Feltehetően az *Agrostis alba* gyűjtőfajba tartozó adatok közül több az *Agrostis gigantea* taxonra vonatkozott. Hasonlóan a *Glyceria fluitans*-ra vonatkozó adatok egyes esetekben a fodros harmatkását (*Glyceria notata* Chevall /*G. plicata*/) takarták, amely fajnak előzőleg nem volt adata a területről.
- c. Az Európa-szerte fogyatkozó állományú színes békaszőlő (*Potamogeton coloratus* Hornem.) hínárfaj újabb előfordulását fedeztük fel, amit 2001-ben új elterjedési szakaszként vontunk be a vizsgálat sorozatba a Friedberger Ach forrásvidékének szerteágazó rendszerében. A sűrűlevelű békaszőlő (*Groenlandia densa* (L.) Fourr.) 1992. évi felmérések óta eltűnt állományait hosszú idő után 2001-ben ismét sikerült jelentős egyedszámmal igazolni. Kiterjed állományait nem, de jelenlétét a 2005. évi felmérés során is tapasztaltuk.

2. A Friedberger Au területén felmért vízfolyások vegetációjának összehasonlító, elterjedési mutatók szerinti elemzése során kapott új eredmények

- a. A 2001-es felmérés során a vizsgált folyóvizek vegetációjának korábbi (legutolsó 1996. évi) felvételezéshez hasonló állapotát igazoltuk. A korábbi felvételekhez képest a fajok elterjedési szakaszait és becsült növénytömegét tekintve számottevő változásokat csak az 1. pontban ismertetett esetekben tapasztaltunk.
- b. A 2005-ben végzett térképezés elemzése során a 2001-es felméréskor tapasztalt enyhe változások felerősödtek, az amfifita fajok növekvő dominanciája és a becsült növénytömegek általános csökkenése a vízfolyások drasztikus vízszintcsökkenését igazolták. Több ponton a trofikus szennyezésre és zavarásra érzékeny fajok csökkenő, az inváziós fajok növekvő tendenciáját rögzítettük, amelyek jellemzően a településekhez és az új infrastrukturális fejlesztésekhez kötődtek.

3. A Friedberger Au területén felmért vízfolyások vegetációjában bekövetkező változások hőtérkép elemzése során kapott új eredmények:

- a. A Friedberger Au vízfolyásainak térképezett szakaszaira vonatkozó, a vegetáció 2001-es adatai alapján készített – az elemzésbe újonnan bevezetett – hőtérkép elemzés a szakaszok ugyanazon csoportosítását rajzolta ki, amely ökológiai zónákat Veit et al. (1997) az ökológiai paraméterek és antropogén hatások alapján elkülönítettek. Eltérések a kisebb alcsoportok elkülönítésében adódtak, így a hőtérkép elemzés érzékenyebbnek bizonyult a zónák vegetáció-változás alapján történő kijelölésére.
- b. A Friedberger Au térképezett szakaszaira vonatkozóan a vegetáció 2001-es és 2005-ös adatainak összehasonlításával a korábbi terepi és laboratóriumi vizsgálatok során kialakított, a trofitási szintekhez kötött fajcsoportok tagjainak állományváltozásait elemezve, a két felvétel alapján csak egyes víztestekre vonatkozóan tudtunk szoros kapcsolatot kimutatni. A valódi összefüggések feltárásához a hőtérkép elemzést az eddigi összes felmérésre elvégezve, statisztikailag bizonyítható indikációs csoportbeosztás kialakítása válik lehetővé.

4. A Duna-Tisza közti csatornarendszer vizsgált tagjainak új florisztikai eredményei:

- a. Négy védett fajt találtam, és elterjedési területüket is megrajzoltam. Ezek a következők voltak: a fehér tündérrózsa (*Nymphaea alba*), a sulyom (*Trapa natans*), a rucaöröm (*Salvinia natans*) és az Alföldön ritkának tekinthető kálmos (*Acorus calamus*). A hazai viszonyok között ritka hosszú palka (*Cyperus longus* L.) stabil állományát is igazoltuk.
- b. A Duna-Tisza közti csatornarendszer adventív fajainak feltárásakor a Duna vizével közvetlen kapcsolatban álló csatornák (Duna-Tisza-csatorna, Duna-völgyi-főcsatorna, Harmincas-csatorna) esetében az egyben inváziós karolinai tündérhínár (*Cabomba caroliniana* (A. Gray.) jelentős állományait igazoltuk. Megállapítottam, hogy az aprólevelű átokhínár *Elodea nuttallii* (Planch.) H. St. John inváziós faj tömeges előfordulása a horgászok által folyamatosan tisztított területekhez kötődik. A 2008. évben új inváziós fajt, a kagylótutajt (*Pistia stratiotes* L.) találtam meg a Duna-Tisza-csatornában, amit új, a területet veszélyeztető inváziós fajként értékeltem. A Sós-ér és az Apaji-csatorna mentén az adventív rizsgyékény (*Typha laxmannii* Lepech.) elterjedési területét is meghatároztuk.

5. A Duna-Tisza közti mintaterületen felmért csatornák vegetációjának összehasonlító, elterjedési mutatók szerinti elemzése során kapott új eredmények:

- a. Első hazai szakasztérképezési alapokon nyugvó vegetáció-változás, összehasonlító elemzését végeztem el mesterséges víztestben. Számszerűsített elterjedési mutatókkal igazoltam, hogy a vegetáció mennyiségi paramétereinek változásában a csatornák esetében jellemzően a meder morfológiája és a vízgazdálkodási igények szerint évente módosuló paraméterek (főként a folyamatosan változó áramlási viszonyok) hatása a legerősebb.

6. A Duna-Tisza közti mintaterületen felmért csatornák vegetációjában bekövetkező változások hőtérvkép elemzése során kapott új eredmények:

- a. A Duna-Tisza közti csatornarendszer vizsgálati egységeiben a hőtérvképek elemzése során meghatározásra került, hogy a szakaszcsoportok elkülönítésében a csatornarendszerben dominánsan megjelenő *Ceratophyllum demersum*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Lemna minor* és *Spirodela polyrhiza* fajok becsült növénytömege és elterjedési mintázata játssza az egyik döntő szerepet. Mellettük a csatornarendszerben a part meredekségének van meghatározó szerepe, amely paraméterhez kapcsolódóan az amfifita fajok jelenléte és növekvő becsült növénytömege jelez a vegetáció alapján statisztikailag is eltérő életteret.
- b. A Duna-Tisza közti csatornarendszer jellemzően homogén vegetációval rendelkező szakaszainak klasszikus, elterjedési mutatók szerinti, és az elterjedési diagramok alapján szabad szemmel történő értékelése komoly kihívást jelentett. A hőtérvkép elemzés bevezetésével olyan szakaszcsoportok különültek el statisztikailag, amelyek az elterjedési diagramok korábbi értékelésénél nem mutattak eltérést. Megállapítható, hogy az egyöntetűnek tűnő vegetációval rendelkező csatornák mintázatában bekövetkező változások számszerűsíthető nyomon követésére is megfelelő érzékenységet mutat a hőtérvkép elemzés módszere.

7. A Duna-Tisza közti mintaterületen felmért csatornák flórájának és vegetációjának létrehozott adatbázisa:

- a. Digitalizált térképi adatbázist és attribútum állományt hoztam létre Arc View 3.1 programmal, amely adatok alapján a Duna-Tisza közti csatornarendszer vizsgált szakaszain előforduló bármely növény elterjedési térképe a becsült növénytömeg megjelenítésével elkészíthető. Az adatbázis későbbi monitorozási és tervezési feladatok során felhasználható.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A Friedberger Au mintaterületen folyó hosszú távú vizsgálsorozatba bekapcsolódva a 2001. és 2005. évi makrofiton felméréseket elvégezve kiszélesítettük a módszer később, más területeken történő alkalmazásának lehetőségét. A hosszú távú monitoring újabb állomásainak eredményei még inkább megalapozták, hogy ez a szakasztérképezési módszer a jelenleg érvényben lévő, a makrofiton folyóvízi terepi felmérésére vonatkozó szabvány (MSZ EN 14184:2004) a tesztelési fázison is túljutott részévé váljon.

A szakasztérképezési módszer az 1998-as felmérések során Sipos (2001) által a Duna-Tisza közti mesterséges csatornák esetében igazolt használhatóságára vonatkozó felméréseit bővítve és megismételve a jelen adatok is hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a környezeti változások élőlények által történő jelzéséről, a vegetációban lezajló változások és a környezeti tényezők közötti összefüggésről egyre többet tudjunk, mind a németországi, mind a magyarországi területeken.

A vegetációban bekövetkezett változások egyértelműen utalnak a terület vízellátásban való bőségére vagy hiányára, a szárazodásra. Tehát a klimatikus viszonyok miatt kialakult helyi hatás értelmezésére, a jövőbeli változások előre jelzésére is alkalmas. Mind a németországi, mind a magyarországi területeken egyértelműen kimutatható volt a vízi vegetáció által, hogy hol érte antropogén zavarás a vízfolyást. Emellett a jellemzően antropogén segítséggel terjedő inváziós fajok elleni védekezésben is segítséget jelentenek jelen felméréseink, mivel a nem mintavételi pontokon végzett szakasztérképezés rávilágít, hogy mely pontokon várható az özönfajok megjelenése és terjedése, így az ellenük való küzdelem hatékonyabbá tehető.

Költséghatékonysági szempontból a Kohler-féle szakasztérképezési módszer és kiértékelési lehetőségei az egyes vízfolyások alapállapot felmérésére és ez alapján az egyes vízfolyások jellemző, speciális és veszélyeztetett szakaszainak és élőhelyeinek kijelölésére, valamint a széles 5 éves időintervallumokban történő monitorozására alkalmazható. A vizsgálati időszakok különbségeinek értékelésére a klasszikus mutatók közül legérzékenyebben az átlagos mennyiségi indexek (Mittleren Mengenindices MMT/MMO) diagramja mutatkozott.

A vizsgálatba új kiértékelési módszerként bevont hőtérekép-elemzés a szakasztérképezés során nyert adatok statisztikai elemzésre megfelelő kiértékelési módnak bizonyult, és megfelelő érzékenységet mutatott az első ránézésre homogén ökológiai paraméterekkel és vegetációval rendelkező csatornák eltérő élettereinek elkülönítéséhez is. A hőtérekép-elemzés a fajok elterjedésében bekövetkező változások és a vízfolyás ökológiai paraméterei közötti összefüggések igazolására és kimutatására a korábbi felmérések adataira is elvégezve további segítséget ad az egyes fajok jelzőértékének pontosításához.

A TÉZISFÜZETBEN HIVATKOZOTT IRODALMAK JEGYZÉKE

- CASPER S. J., KRAUSCH H-D. (1980-81): Pteridophyta und Antophyta I-II. [Stuttgart, New York: VEB Gustav Fischer Verlag] (Süßwasserflora von Mitteleuropa 23-24) 403/942 p.
- GRUVAEUS G., WAINER H. (1972): "Two additions to hierarchical cluster analysis". *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology* 25, 200-206. p.
- IHAKA R., GENTLEMAN R. (1996): "R: A language for data analysis and graphics". *Journal of Computational and Graphical Statistics* 5 (3), 299–314. p.
- JANAUER G. A., HEINDL E. (1998): Die Schätzskala nach Kohler: Zur Gültigkeit $F_{(y)}=ax^3$ als Maß für die Pflanzenmenge von Makrophyten. *Verh. Zool. – Bot. Ges. Österreich* 135, 117-128. p.
- KOHLER A. (1975): Submerse Makrophyten und ihre Gesellschaften als Indikatoren der Gewässerbelastung. *Beitr. Naturk. Forsch. Südw.-Deutschl.* 34, 149-159. p.
- KOHLER A. (1976): Makrophytische Wasserpflanzen als Bioindikatoren für Belastungen von Fließgewässer-Ökosystemen. *Verh. Ges. Ökol.*, Wien 255-276. p.
- KOHLER A (1978): Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. *Landschaft+Stadt* 10, 73-85. p.
- KOHLER A. (1982): Wasserpflanzen als Belastungsindikatoren. *Decheniana* Beih. 26, 31-42. p.
- KOHLER A., JANAUER G. A. (1995): Zur Methodik der Untersuchungen von aquatischen Makrophyten in Fließgewässern. In: STEINBERG, CH., BERNHARDT, H., KLAPER, H. (Szerk.): *Handbuch angewandte Limnologie*. Ecomed-Verlag. 22 p.
- KOHLER A., BRINKMEIER R., VOLLRATH H. (1974): Verbreitung und Indikatorwert der submersen Makrophyten in den Fließgewässern der Friedberger Au. *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 45, 5-36. p.
- MELZER A. (1988): Die Gewässerbeurteilung bayerischer Seen mit Hilfe makrophytischer Wasserpflanzen. In: *Gefährdung und Schutz von Gewässern. Tagung über Umweltforschung an der Universität Hohenheim*. Ulmer Verlag, Stuttgart. 105-116 p.
- PALL, K., RÁTH B., JANAUER G. A. (1996): Die Makrophyten in dynamischen und abgedämmten Gewässersystemen der Kleinen Schüttinsel (Donau-Fluß-km 1848 bis 1806) in Ungarn. *Limnologica* 26, 105-115. p.
- RÁTH B. (1994) Botanische Aufnahme der Wassermakrophytenbestände mit Kohler-Methode im ungarischen Donauabschnitt bei Vác (Stromkm 1670-1697) 30. Arbeitstagung der IAD Schweiz 1994, 245-247 p.
- SANDERS D. R. (1979): The ecology of *Cabomba caroliniana*. In: GANGSTAD E. O. (Szerk.): *Weed control methods for public health applications*. CRC Press Boca Raton Florida 133-146. p.
- SIPOS V. K. (2001): Makrophyten-vegetation und Standorte in eutrophe und humosen Fließgewässern Beispiele aus Südschweden und Ungarn. *Ber. Inst. Landschafts und Pflanzenökologie universität Hohenheim*, Stuttgart, Beih. 13, 1-185 p.
- SNEATH, P.H.A. (1957): "The application of computers to taxonomy". *Journal of General Microbiology* 17 (1), 201–226. p.
- VEIT U., ZELTNER G-H., KOHLER A. (1997): Die Makrophyten Vegetation des Fließgewässersystems der Friedberger Au (bei Augsburg) Ihre Entwicklung von 1972 bis 1996. *Ber. Inst. Landschafts Pflanzenökologie Universität Hohenheim*, Stuttgart. 1-193. p.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Lektorált folyóiratcikk idegen nyelvű:

PALL K., MOSER V., SIPOS V.K., FALUSI E. (2004): Makrophytenvegetation der Donau und Ihrer Altarme zwischen Rottenacker und Öpfingen. *Berichte des Institutes für Landschafts- und Pflanzenökologie Universität Hohenheim*, Stuttgart, Beih. 18. 1-63 p. ISSN 0941-7257

SCHÜTZ W., VEIT U., SIPOS V.K., FALUSI E., PALL K., KOHLER A., BÖCKER R. (2005): Die Makrophyten-Vegetation der Donau in Baden Württemberg. Ein qualitativer und quantitativer Beitrag zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie und zur Biodiversität. *Berichte des Institutes für Landschafts- und Pflanzenökologie Universität Hohenheim*, Stuttgart, Beih. 20. 1-166 p. ISSN 0941-7257

Lektorált folyóiratcikk magyar nyelvű:

FALUSI E., SIPOS V. K., PENKSZA K., KOHLER, A. (2004): A Friedberger Ach vízrendszerének és a Sós-ér vegetációjának kvantitatív felmérése. *Tájökológiai Lapok* 2 (1) 159-172. p. ISSN 1589-4673

FALUSI E., PENKSZA K. (2006): Folyóvízi vegetációtérképezési módszer az EU Víz Keretirányelvének tükrében. *Tájökológiai Lapok* 4 (2) 233-240. p. ISSN 1589-4673

Konferencia kiadványban magyar nyelvű teljes:

FALUSI E., PENKSZA K., VEIT U., KOHLER A. (2003): A makrophyta vegetáció hosszú távú felmérése Kohler-módszerrel a Friedberger Au vízfolyásaiban. Pro Scientia Aranyérmesek VI. Konferenciája, Miskolc 178-184. p. ISBN 963-216-837-2

FALUSI E., PENKSZA K., SIPOS V. K. (2006): A vízi növényzet és a tájhasználat összefüggésének vizsgálata a Duna–Tisza közén. MBT XXVI. Vándorgyűlés, Budapest, 2006. 11. 9–10. 59-64. p. ISBN-10: 96387343-02; ISBN-13: 978-963-87343-0-3

FALUSI E., PENKSZA K., VEIT U., KOHLER A. (2006): A Friedberger Ach hosszú távú vegetációváltozásának vizsgálata és értékelése. MBT XXVI. Vándorgyűlés, Budapest, 2006. 11. 9-10. 213-218. p. ISBN-10: 96387343-02; ISBN-13: 978-963-87343-0-3

FALUSI E., CENTERI CS., MUCSI N., VONA M., PENKSZA K. (2006): Védett és mezőgazdasági kezelés alatt álló láprétek talajtani, vízrajzi és botanikai viszonyainak összehasonlítása. Napjaink környezeti problémái - globálistól lokálisig c. konferencia 2006.11.30-12.1. Keszthely [CD:\Poszter\Falusi_Eszter_et_al.pdf] 1-6. p. ISBN-10:963-9639-14-1; ISBN-13: 978-963-9639-14-0

FALUSI E., PENKSZA K. (2006): Makrofiton monitoring az Európai Unió Víz Keretirányelv tükrében. Napjaink környezeti problémái - globálistól lokálisig c. konferencia 2006.11.30-12.1. Keszthely [CD:\Poszter\Falusi_Penkcsza.pdf] 1-5. p. ISBN-10:963-9639-14-1; ISBN-13: 978-963-9639-14-0

Konferencia kiadványban idegen nyelvű teljes:

- FALUSI E., PENKSZA K., SIPOS V.K., KOHLER A. (2006): Vegetation of Canals Constructed in Semi-arid Environment with Special Attention on Soils, Hungary. The 14th Conference of International Soil Conservation Organization. Water Management and Soil Conservation in Semi-Arid Environments. Marrakech, Morocco, 14-19. May 2006 [CD:\7 Soil Degradation & Global Environments\Poster\T7P-Falusi-Vegetation of Canals-Hungary.pdf] 1-4. p. ISBN 9954-0-66653-5
- FALUSI E., PENKSZA K., VONA M., MALATINSZKY Á., CENTERI Cs., HELFRICH T. (2006): Signs of Environmental Change as Reflected by Soil and Vegetation on Semi-arid Sandy Areas in the Carpathian Basin. The 14th Conference of International Soil Conservation Organization. Water Management and Soil Conservation in Semi-Arid Environments. Marrakech, Morocco, 14-19. May 2006 [CD:\7 Soil Degradation & Global Environments\Poster\T7P-Falusi-Environmental Changes-Hungary.pdf] 1-4. p. ISBN 9954-0-66653-5
- FALUSI E.–PENKSZA K.–SIPOS V. K. (2007): Characterisation of the aquatic vegetation and factors influencing it in artificial water bodies (Hungary). In: ČELKOVÁ A., MATEJKA F. (Szerk.) (2007): Proceedings of the 15th International Poster Day, Transport of Water, Chemicals and Energy in the System Soil-Crop Canopy-Atmosphere, Bratislava, 15.11.2007. 119-125. p. ISBN 978-80-89139-13-2
- FALUSI E., PENKSZA K., SIPOS V.K. (2008): Improving the role of artificial water bodies in the ecological network with special regard to the aquatic vegetation. In: BOLTIZIAR M. (Szerk.) (2008): Implementation of landscape Ecology in new and changing conditions Proceedings of the 14th International Symposium on Problems of Landscape Ecology Research 4-7 October 2006, Stara Lesna Slovakia, Nitra 81-85. p. ISBN 978-80-89325-03-0