

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM



Biológia Doktori Iskola

Az élőhelyi heterogenitás által indukált változások hegyvidéki kiszívfolyások vízirovar fajegyütteseinek taxonómiai és funkcionális szerkezetében

PhD értekezés

Szivák Ildikó

Témavezető:

Dr. Csabai Zoltán

PhD

PÉCS, 2013

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM

Biológia Doktori Iskola

Az élőhelyi heterogenitás által indukált változások hegyvidéki kisvízfolyások vízirovar fajgyűjtéseinek taxonómiai és funkcionális szerkezetében

PhD értekezés

Szivák Ildikó

Témavezető:

Dr. Csabai Zoltán

PhD

PÉCS, 2013

BEVEZETÉS

Az ökológia legdinamikusabban fejlődő területe a közösségökológia, melynek vizsgálati tárgya a térben és időben együtt-előforduló különböző populációk összességéből kialakuló közösség. A tudományterület legfontosabb elméleti és gyakorlati kérdései a szárazföldi és vízi ökoszisztémák közösségeinek szerkezetére és működésére irányulnak. A szerkezetre irányuló vizsgálatok a közösségek tér és időbeli mintázatainak leírásával, e mintázatok tér-időbeli alakulásának feltárásával foglalkoznak. A működés vizsgálata feltárja, hogy a közösségek tagjai milyen funkcionális szerepet töltenek be az adott közösségen belül, illetve mennyiben járulnak hozzá azok fennmaradásához, stabilitásához.

A vízi ökoszisztéma sajátos közeget biztosít az ezt benépesítő élőlényközösség számára, ezért a folyóvizekkel foglalkozó ökológia, mint önálló tudományterület a fentebb felvázolt kérdések megválaszolására saját elméleti és módszertani eszköztárat használ. A folyóvizek olyan nyitott dinamikus rendszerek, amelyek folyamatosan változnak időben és térben, továbbá egymással is kapcsolatban vannak a víz longitudinális, laterális és vertikális áramlásán keresztül. Tulajdonképpen igen komplex rendszereknek tekinthetők, melyekre a vízhozam függvényében folyamatosan változó meder tulajdonságok, élőhely típusok, vízi és vízfelszíni zónák, árterek és parti övek jellemzőek, és amelyekben a fenti tulajdonságok által kialakított fizikai környezet változatossága határozza meg, hogy milyen élőlény közösség népesíti be és milyen ökológiai folyamatok zajlanak. Így a folyóvizek működése jobban megismerhető, ha egy nagyobb rendszer részeként vizsgáljuk, például a vízfolyást övező völgygel vagy vízgyűjtőjével együtt. Ez a szemléletmód magával hozza azt az álláspontot, miszerint a vízfolyások közösségeinek szerkezetét és összetételét az élőlények térben hierarchikusan beágyazott környezeti hatótényezőkhez való alkalmazkodása határozza meg, melyet az élőlénycsoportok közötti interakciók tovább finomítanak.

Vízi ökoszisztémákban a makrogerinctelen szervezeteknek, azokon belül is a vízirovaroknak fontos szerepe van az ott végbemenő anyagforgalmi folyamatokban (pl. lebontók, táplálékát képzik számos ragadozónak stb.). A vízirovar közösségek szerkezetét az abiotikus (fizikai-kémiai tulajdonságok) és a biotikus (direkt és indirekt kölcsönhatások) szabályozó tényezők szervezik közvetlen és közvetett ökológiai kölcsönhatásokon keresztül. E faktorok befolyásolják az élőhelyek minőségét és az ott élő fajok közötti biológiai kölcsönhatásokat, így meghatározzák, hogy mely fajok koegzisztenciája lehetséges az adott élőhelyen belül. Ennek következtében a vízfolyásban előforduló vízirovar együttesek minőségi és mennyiségi viszonyai jellemzik az adott élőhely minőségi állapotát.

Jól ismert tény, hogy a vízi makrogerinctelen szervezetek képesek gyorsan reagálni a természetes zavarásokra és a környezet heterogenitására már igen kis térlépték mellett is. Ugyanakkor viszonylag kevesebb tanulmány foglalkozik azzal, hogy a mérsékelt égövi, kontinentális pataklakó vízi makrogerinctelen együttesek milyen választ adnak kis földrajzi távolságon (pl. egy részvízgyűjtőn) belül az igen változatos környezetre. Ezen abiotikus élőhelyi heterogenitás és a természetes zavarások dinamikája meghatározza, hogy a viselkedési, fiziológiai és életmenet stratégiák milyen kombinációja szükséges a lokális perzisztenciához. Így direkt kapcsolat feltételezhető a biológiai jellemvonások, vagyis a fajegyüttesek funkcionális szerkezete és az abiotikus környezet állapota között. Ennek következtében az együttesek funkcionális szerkezetének elemzésével számos értékes információ nyerhető a folyóvizek ökológiai állapotáról és a bennünk zajló folyamatokról.

Számos tanulmány kimutatta, hogy a folyóvízi makrogerinctelen fajok viselkedési és fiziológiai alkalmazkodóképessége, ill. tűrőképessége igen eltérő lehet. A biológiai jellemvonásbeli különbségek egyrészt evolúciós történeti és filogenetikai kényszerekre, másrészt pedig az adott környezeti feltételekhez való adaptációra vezethetők vissza. Így a regionális és a lokális tényezők, ezzel együtt az abiotikus környezet közösség-szervező szerepe különbözhet az eltérő biológiai jellemvonásokkal rendelkező fajok/fajcsoportok között. Annak ellenére, hogy az EPT (kérész, álkérész, tegzes) és ColH (bogár és vízi, ill. vízfelszíni poloska) fajegyüttesek közötti markáns különbség a biológiai jellemvonásaik tekintetében jól ismert, igen kevés tanulmány foglalkozott a regionális és lokális hatótényezőkre adott válaszaik közötti különbségekkel.

A makrogerinctelen közösségek kiemelt tagjai az árvaszúnyogok (Diptera: Chironomidae), mivel nagy diverzitásban és mennyiségben fordulnak elő folyóvizekben. Továbbá az élőhely típusok széles repertoárját képesek benépesíteni, érzékenyen reagálnak környezetük változásaira, és legtöbb nemzetségük más és más biológiai jellemvonással rendelkezik. Ennek köszönhetően az árvaszúnyogok képesek az egész makrogerinctelen közösséghez hasonlóan, jól indikálni mind az emberi hatásokat, mind a természetes abiotikus gradienseket. Ennek ellenére még mindig kevés információ áll rendelkezésünkre azon regionális és lokális kényszerekről, melyek szabályozzák a pataklakó árvaszúnyog együttesek taxonómiai, de főként funkcionális szerkezetét.

CÉLKITŰZÉSEK

E doktori értekezés fő célkitűzése az élőhelyi heterogenitás által indukált változások vizsgálata hegyvidéki patakok vízirovar fajegyütteseinek taxonómiai és funkcionális szerkezetében egy kis földrajzi kiterjedésű, de ehhez mérten kiemelten változatos területen, a Mecsek hegységben.

1) Célul tűztük ki a változatos abiotikus környezet vízirovar fajegyüttesek taxonómiai és funkcionális szerveződésére gyakorolt hatásának feltárását és szezonális vizsgálatát egy kis kiterjedésű hegységen belül, ahol igen változatos abiotikus környezet található a másodrendű patakszakaszokon kijelölt élőhelyek között. Kérdésünk volt, hogy a taxonómiai és funkcionális összetétel hasonló választ ad-e az abiotikus környezet változatosságára. Továbbá célunk volt feltárni az időbeli, illetve hierarchikusan beágyazott térbeli faktorok hatását a vízirovar fajegyüttesek taxonómiai és funkcionális összetételére. A korábbi megfigyelések alapján azt feltételezzük, hogy kis térléptékben vizsgálódva a funkcionális szerveződésen alapuló módszerek nem adnak több információt a biológiai mintázatok és az ökológiai folyamatok közötti kapcsolatokról.

2) Továbbá célunk volt feltárni a különböző biológiai jellemvonással rendelkező taxonómiai csoportok (EPT és ColH) közötti különbségeket az abiotikus (térbeli, lokális és regionális) hatótényezők változatosságára adott válaszreakcióik, valamint az összetételükre ható időbeli és térben hierarchikusan beágyazott faktorok alapján. Azt vártuk, hogy van különbség a két csoport között az abiotikus környezet változatosságára adott válaszreakcióik alapján.

3) Mivel az árvaszúnyogok kiemelt tagjai a folyóvizek vízirovar fajegyütteseknek, ezért külön vizsgáltuk a fajegyütteseik taxonómiai és funkcionális szerveződésére gyakorolt abiotikus kényszereket és az időbeli, valamint térbeli előfordulási mintázatukat egy hierarchikus térskála mentén. Azt feltételeztük, hogy az árvaszúnyogok az egész vízirovar együttesekhez hasonlóan képesek jól indikálni az abiotikus környezet változatosságát, mivel a legtöbb nemzetségük más és más biológiai jellemvonással rendelkezik.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Mintavételi terület, helyek és időpontok

A Mecsek a Kárpát-medence egyik legdélebben húzódó középhegysége, mely meglehetősen izolált a Dunántúl többi középhegységéhez képest és alacsony fekvésű sík- (pl. Szigetvidék, Dráva-mellék, Ormánság) és dombvidékek (pl. Zselic, Völgyesség, Baranyai-dombság) veszik körül. A nagyjából 350 négyzetkilométernyi kiterjedésű terület a legváltozatosabb felépítésű hegysegeink közé tartozik.

A teljes vízirovar fajegyüttes mennyiségi mintavételezéshez nyolc mecseki patak tíz, másodrendű, természetközeli állapotú szakaszát jelöltük ki. A tíz mintavételi helyből három a Dráva, míg hét a Duna vízgyűjtőjéhez tartozik. Az általunk kijelölt Dráva részvízgyűjtőjéhez tartozó három vízfolyás (Bicsérdi-, Bodai-vízfolyás, Petőci-árok) a hegység délnyugati részén található. Míg a Duna vízgyűjtőjéhez tartozó másik 6 mintavételi hely (Hidasi-völgy felső és alsó folyása, Ól-völgy, Réka-völgy, Vár-völgyi-patak, Iharos-kút, ill. Máré-forrás) az északkeleti, egy (Vízfő-forrás) pedig az északnyugati régióban található. A mennyiségi vizsgálatokat 2009–2010 során négy mintavételi időszakban végeztük: 2009. május 6–20., 2009. július 21–25., 2009. október 19–23. és 2010. március 27–31.

Mintavételi módszer

A mintavételeket a Víz Keretirányelv által előírt monitoring program végrehajtása során is alkalmazott, nemzetközi szinten is elterjedt és általánosan elfogadott, európai áramló vizekre alkalmazható, makrogerinctelen szervezetek vizsgálatán alapuló értékelési rendszer, az AQEM mintavételi protokoll szerint végezzük. A módszer lényege a „multi-habitat sampling”, mely során arra törekszünk, hogy minél több típusú élőhely foltról (mikrohabitatból) vegyünk mintát. A protokollban előírt 20 alminta darabszámát a mikrohabitatok között arányosan osztottuk szét azok százalékos borítottságának függvényében. Almintánként a mintavételezés 0,25x0,25 m²-es területről, „kick and sweep” módszerrel, kéziháló (0,25 x 0,25 m keretű, 1 mm-es lyukbőségű) segítségével történt. A mintákat terepen válogattuk és szortíroztuk nagyobb rendszertani csoportokra, majd 70 %-os etanolban tartósítottuk és laboratóriumba szállítottuk.

Vizsgált vízirovar csoportok

A legtöbb vízirovar rend esetében törekedtünk a legalacsonyabb taxonómiai szintű identifikációra. Az árvaszúnyogok (Chironomidae) kivételével a kétszárnyúakat (Diptera) család szinten tudtuk csak azonosítani. Az egyes rendszertani csoportok faji vagy alacsonyabb

taxonómiai szintű azonosítását specialisták bevonásával végeztük el.

Térbeli és abiotikus környezeti változók

Az elemzések során használt abiotikus környezeti tényezőket három nagy csoportba osztottuk: 1) térbeli változók, 2) lokális léptében ható abiotikus környezeti változók és 3) regionális léptékben ható környezeti változók.

1) A térbeli mintázat feltárása érdekében kettő térbeli változót vettünk fel a x és y földrajzi koordináták használatával. E térbeli változók magyarázzák a közösség összetétel azon térbeli mintázatát, melyet olyan biológiai folyamatok (pl. diszperzió) alakítanak ki, melyek nincsenek kapcsolatban a vizsgálat során mért környezeti tényezőkkel.

2) Minden egyes mintavételi helyen, minden mintavételezés alkalmával 43 lokális, abiotikus környezeti változót vettünk fel, melyek segítségével a patak medermorfológiáját (18), a víz fizikokémiai karakterét (15) és a patakparti vegetáció szerkezetét (10) jellemeztük.

3) A mintavételi helyek klímáját az elmúlt 30 év átlagos hőmérsékleti és csapadékeloszlási adataival jellemeztük (18 klimatikus változó). A mintavételi helyek hidrológiai viszonyait öt paraméterrel (meredekség, kitettség, tengerszint feletti magasság, mintavételi helyek forrástól vett távolsága, mintavételi pont feletti vízgyűjtő mérete), míg geológiáját a mintavételi szakasz feletti vízgyűjtőn előforduló kőzettípusok (vöröshomokkő, mészkő, vulkanikus kőzetek, finom szemcsés üledékes kőzetek) fedettségével jellemeztük.

Biológiai jellemvonások

Elemzéseinkbe olyan két biológiai jellemvonás típust (helyváltoztató mozgási típusok, funkcionális táplálkozásbiológiai csoportok) vontunk be, amelyek nagymértékben meghatározzák vízi makrogerinctelen fajegyüttesek funkcionális szerveződését.

Statisztikai értékelés

Kötött ordinációs elemzések (redundancia analízis – RDA) segítségével válaszoltuk meg a feltett kérdéseinket, miszerint a vízrovar és az árvaszúnyog fajegyüttesek taxonómiai és funkcionális összetétele, továbbá a kérész, álkérész, tegzes (EPT) és vízbogár, poloska (ColH) fajegyüttesek taxonómiai összetétele hasonló választ ad-e az abiotikus környezet változatosságára. A magyarázó változókat a fajegyüttesekre gyakorolt hatásuk alapján, „forward selection” technikával rangsoroltuk, amit külön végeztünk el a három változócsoporthoz (lokális és regionális környezeti, ill. térbeli változók) esetén. Azon magyarázó változókat választottuk be az RDA modellekbe, amelyek a fajegyüttesek taxonómiai és funkcionális összetételében rejlő teljes variancia több mint 4%-át magyarázták és a random Monte Carlo permutációs teszt (999 permutáció) alapján szignifikáns (ha $\alpha=0,05$) hatást mutattak. Annak

érdekében, hogy megállapítsuk a térbeli és a környezeti (lokális és regionális) változók relatív hatását a fajegyüttesek eloszlási mintázatára, a fajegyüttesek taxonómiai és funkcionális összetételében rejlő teljes varianciát osztottuk fel tisztán térbeli, lokális és regionális környezeti változók, illetve azok által közösen magyarázott százalékos varianciához (parciális redundancia analízis – pRDA). Az RDA és pRDA elemzéseket CANOCO 4.55 programcsomag segítségével végeztük el.

Beágyazott, távolság mátrixokon alapuló permutációs, többváltozós varianciaelemzéseket (ADONIS) futtatunk annak érdekében, hogy feltárjuk az időbeli (évszakok), illetve hierarchikusan beágyazott térbeli faktorok (vízgyűjtő, egy vízgyűjtőn belüli patakszakaszok, egy patakszakaszon belüli mikrohabitatok) hatását a vízirovar, az EPT, a ColH és az árvaszúnyog fajegyüttesek taxonómiai és funkcionális szerkezetének előfordulási mintázatára. Az elemzéshez előzetesen a kilenc mikrohabitatot négy nagyobb kategóriába, típusba vontuk össze. Az ADONIS modelleket egy beágyazott szerkezet mentén építettük fel, vizsgáltuk a (1) vízgyűjtők, azon belül a (2) patakszakaszok és azon belül (3) a mikrohabitatok hatását, míg az évszakokat külön faktorként építettük be a modellekbe. A fajegyüttesek taxonómiai és funkcionális összetételében található különbségeket a különböző térbeli és időbeli faktorok között a főkomponensekre végzett diszkriminancia analízis (DAPC) segítségével mutattuk ki. A DAPC során az ADONIS elemzésekhez használt adattáblákkal dolgoztunk tovább: változóként a taxonok abundancia értékeit, objektumként a mikrohabitat-típusonkénti bontásban szereplő mintavételi alkalmakat, míg *a priori* csoportoknak az évszakokat (4 kategória), a vízgyűjtő területeket (2 kategória), a patakszakaszokat (10 kategória) és a mikrohabitat-típusokat (4 kategória) adtuk meg. Az ADONIS és DAPC elemzéseket az R ver. 2.14.0 programcsomag segítségével futattuk le. A “vegan” csomagot az ADONIS, míg és “adeget” csomagot a DAPC elemzéshez használtuk.

EREDMÉNYEK

Faunisztikai eredmények

Az egy évet átölelő vizsgálatok során összesítve 23571 egyedet azonosítottunk, melyek 160 taxonba sorolhatóak. Kutatásaink eredményeként 39 fajt (4 kérész, 2 álkérész, 1 poloska, 14 vízibogár és 18 árvaszúnyog) regisztráltunk első ízben a Mecsek területéről. Faunisztikai szempontból kiemelten jelentős *Limnius opacus* karmosbogár és a *Paratrichocladius skirwithensis* árvaszúnyog magyarországi előfordulásának első bizonyítása.

A vízirovar együttesek és abiotikus környezetük közötti kapcsolatok

Kimutattuk, hogy nagyrészt azonos, a patak vízkémiai karakterét (pl. pH), szerves anyaggal való terheltségét (pl. foszfát-, ammónium-ion koncentráció), a mederszerkezet heterogenitását (pl. medencék száma), a szakasz méretét (forrástól vett távolság) és klimatikus viszonyait (pl. legszárazabb hónap csapadék mennyisége) jellemző abiotikus tényezők magyarázták szignifikáns mértékben a vízirovar fajegyüttesek taxonómiai és a funkcionális összetételének eloszlási mintázatát. A taxonómiai szerkezet a foszfát-ion koncentráció és további két mikrohabitat-típus (akal, finom szemcsés szerves törmelék) százalékos gyakoriságának változásával jellemezhető szezonális gradiensre adta a legerősebb válaszreakciót. Míg ez a szezonális gradiens nem figyelhető meg a funkcionális szerkezetben. Továbbá a taxonómiai összetétel variabilitását az évszakosság mellett egy további természetes abiotikus környezeti gradiens is jelentős mértékben magyarázta, amit követ a fajegyüttesek funkcionális szerveződése is. Ez a gradiens összefüggést mutatott a patakszakaszok longitudinális pozíciójával (forrástól vett távolság) és a földrajzi elhelyezkedésükből adódó klimatikus viszonyokkal (legszárazabb hónap csapadékmennyisége). RDA elemzés alapján a szignifikáns hatással bíró környezeti tényezők a funkcionális összetételben rejlő teljes varianciából nagyobb hányadot (65,8 %) magyaráztak, mint a taxonómiaiakból (53,9 %). A pRDA elemzés eredménye alapján a lokális környezeti variabilitásnak jelentősen nagyobb szerepe volt a taxonómiai, mint a funkcionális szerkezet mintázatának kialakításában. Míg a funkcionális összetételre sokkal nagyobb hatást gyakorolt a regionális, mint a lokális környezeti változatosság. Továbbá mind a taxonómiai, mind a funkcionális szerkezet kismértékű tiszta térbeli strukturáltságot mutatott.

A vízirovar együttesek taxonómiai és funkcionális szerkezetének térbeli mintázatát többszörös, hierarchikusan beágyazott térbeli skálán vizsgáltuk a mikrohabitat-tól a vízgyűjtő léptékig. A fajegyüttesek taxonómiai és funkcionális szerveződésére a legjelentősebb hatása a mikrohabitat-típusoknak volt. Kimutattuk, hogy eltérő taxonómiai és funkcionális összetételű vízirovar együttesek népesítik be az egy patakszakaszokon belüli mikrohabitatokat.

A különböző biológiai jellemvonásokat használó fajegyüttesek (EPT, ColH) közötti különbségek az abiotikus környezet variabilitására adott válaszreakcióik tekintetében

Jelentős különbségek mutathatók ki az EPT és a ColH együttesek között a víz kémiai karakterének sajátosságaira, a mederszerkezet heterogenitására, a patakparti vegetáció, a hidrológiai és klimatikus viszonyok változatosságára adott válaszreakcióik tekintetében. Az EPT együttesek a foszfát-ion, hidrogén-karbonát koncentráció és további egy mikrohabitat-

típus (akal) százalékos gyakoriságának változásával jellemezhető szezonális gradiensre adták a legerősebb válaszreakciót. Emellett szignifikáns hatást mutatott számos, a mederszerkezet heterogenitását jellemző paraméter (medencék és alámosások százalékos gyakorisága) és a közvetlen patakparti vegetáció szerkezete. E tulajdonságok különítették el egymástól a zártabb és széles völgytalppal rendelkező, meanderező patakszakaszok EPT együtteseit a nyitottabb, de egyenes lefutású, medermorfológiáját tekintve kevésbé strukturált szakaszokétól. A ColH együttesek nem mutattak válaszreakciót az abiotikus környezet szezonális váltakozására. Az eloszlási mintázatukat legnagyobb mértékben a longitudinális pozíció (forrástól vett távolság) határozta meg, továbbá jelentős hatása volt néhány vízkémiai paraméternek és a legszárazabb hónap csapadékmennyiségének. pRDA elemzés eredménye alapján a lokális környezeti variabilitásnak jelentősen nagyobb szerepe volt az EPT, mint a ColH együttesek eloszlási mintázatának kialakításában.

Nem találtunk jelentős különbségeket az EPT és a ColH együttesek között, ha a térbeli faktorok hatását a mikrohabitat-tól a vízgyűjtő léptékig hierarchikusan beágyazott térbeli skálán vizsgáltuk. Mindkét esetben a mikrohabitat-típusoknak volt a legjelentősebb hatása a fajegyüttesek szerveződésére, vagyis eltérő taxonómiai összetételű EPT és ColH együttesek népesítik be az egy patakszakaszokon belüli mikrohabitat-típusokat.

Árvaszúnyogok együttesek és abiotikus környezetük közötti kapcsolatok

Az árvaszúnyog együttesek taxonómiai szerkezetének eloszlási mintázatát a vízirovarokéhoz hasonlóan a patak vízkémiai karaktere, szerves anyaggal való terheltsége, a mederszerkezet változatossága, a patakparti, ill. völgytalpi fás vegetáció borítottsága és a mészköves alapkőzet magyarázta szignifikáns mértékben. Ugyanakkor e hatótényezőkre adott válaszreakciók vizsgálata alapján nem figyelhető meg a taxonómiai összetételük szezonális változása úgy, mint a teljes vízirovar együttes esetén. Az árvaszúnyog együttesek funkcionális összetételének eloszlási mintázatát legnagyobb mértékben az évi hőingás mértéke és y geo-koordináta (keleti hosszúság) határozta meg. Továbbá jelentős hatása volt az élőhelyet övező vegetáció szerkezetének, ill. természetességének, a 100 m-es szakaszon található farönkök számának és a finomszemcsés üledékes alapkőzetnek. E tényezők a mintavételi helyek földrajzi elhelyezkedésével és az élőhelyeik természetességi állapotával összefüggő gradiens mentén változtak, amire a funkcionális szerkezet erős válaszreakciót mutatott.

pRDA elemzés eredménye alapján, a vízirovar együttesekhez hasonlóan, a lokális környezeti variabilitásnak jelentősen nagyobb szerepe volt a taxonómiai, mint a funkcionális

szerkezet mintázatának kialakításában. Továbbá a taxonómiai szerkezet nem, míg funkcionális szerkezet elhanyagolható mértékű térbeli strukturáltságot mutatott.

A hierarchikusan beágyazott térbeli faktorok közül az árvaszűnyog fajegyüttesek taxonómiai szerveződésére a legerősebb hatása a mikrohabitat-típusoknak volt. Ugyanakkor a funkcionális szerkezet variabilitását a patakszakaszon belüli mikrohabitat-típusok nem magyarázták szignifikáns mértékben, hanem a legjelentősebb különbségek az egy vízgyűjtőn belüli patakszakaszok együtteseinek között adódtak. Vagyis az egy patakszakaszokon belüli mikrohabitat-típusokat eltérő taxonómiai, míg hasonló funkcionális összetételű árvaszűnyog együttesek népesítik be.

EREDMÉNYEK MEGVITATÁSA

Faunisztikai eredmények

Munkánk eredményeként 39 fajt első alkalommal regisztráltunk a területről, és a számos mecseki kisvízfolyásból első ízben szolgáltatunk faunisztikai adatokat. A hegységből elsőként közöltünk tegzes lárvákra vonatkozó információkat. Továbbá értékes adatokkal szolgáltatunk számos ritka előfordulású, védett vagy veszélyeztetett faj (pl. *Limnius opacus*, *Ecdyonurus submontanus*, *Cordulegaster heros*) hazai előfordulásáról.

A vízirovar együttesek és abiotikus környezetük közötti kapcsolatok

Számos tanulmány számolt be arról, hogy mind nagy, mind kis térlépték mellett vizsgálódva a taxonómiai és funkcionális szerkezet igen hasonló módon írja le a természetközeli patakok makrogerinctelen együtteseinek változatosságát. Ezzel szemben, a kis kiterjedésű, de az abiotikus környezetét tekintve igen változatos Mecsek vízirovar együtteseinek taxonómiai és funkcionális szerkezete számos tekintetben különböző válaszreakciót mutatott az abiotikus környezeti variabilitásra.

A patakszakaszok longitudinális pozíciójával és a földrajzi elhelyezkedésükből adódó, klimatikus viszonyokkal összefüggésben álló, abiotikus környezeti gradiens jelentős mértékben magyarázta a fajegyüttesek taxonómiai és funkcionális összetételének variabilitását. Megfigyeltük, hogy a fajkészlet szezonális átalakulását a funkcionális szerkezet nem feltétlenül követi, hiszen egy közösségen belüli funkciókat az egymást nemcsak térben, hanem időben követő fajok is betöltik.

Feltételezéseinkkel szemben, a funkcionális szerveződésen alapuló elemzések több információt adtak a fajegyüttesek összetétele és az abiotikus környezet közötti kapcsolatokról, mint a taxonómiai szerkezeten alapulóak. Ez akkor lehetséges kis földrajzi régióon belül, ha egyes élőhelyeken a sztochasztikus kolonizációs folyamatok hatása nagy, vagy ha a fajok

diszperziós képessége jelentősen különbözik. Továbbá, ha a topológiai sajátosságok és az éles abiotikus környezeti gradiensek az élőhelyek részleges izolációját okozzák.

Az általunk vizsgált patakszakaszok igen változatosnak bizonyultak a regionális tényezők közé sorolt klimatikus, hidrológiai és geológiai tulajdonságaik tekintetében. Ehhez a nagy, akár evolúciós időléptékben változó fizikai közeghez a fajegyüttesek úgy adaptálódtak, hogy a folyamatos fajcserélődések mellett azon biológiai jellemvonások választódtak ki, amelyek szükségesek a hosszútávú túléléshez. Feltehetően e folyamatoknak köszönhető, hogy a regionális környezet variabilitása jelentős hatást gyakorolt a mecseki vízirovar együttesek funkcionális szerveződésére. Ugyanakkor a szezonálisan változó lokális környezethez a fajegyüttesek feltehetően a taxonómiai szerkezet folyamatos szezononkénti változásával alkalmazkodtak.

Eredményeink alapján megállapítható, hogy a vízirovar taxonok egy patakszakaszon belüli a mikrohabitat-típusokhoz való erős kötődése elfedte a nagyobb térléptékben ható abiotikus tényezők hatását. Számos korábbi tanulmány kimutatta, hogy a mikrohabitatok egy szakaszon belüli nagy heterogenitása képes módosítani a lokális környezeti tényezők hatását azáltal, hogy eltérő minőségű, ill. változatos, táplálkozásra, szaporodásra, egyedfejlődésre alkalmas életteret, illetve ragadozók és zavarások elkerülésére szolgáló búvóhelyet biztosít a vízi makrogerinctelenek számára.

A különböző biológiai jellemvonásokat használó fajegyüttesek (EPT, ColH) közötti különbségek az abiotikus környezet variabilitására adott válaszreakcióik tekintetében

Munkánk eredményeként finom és jellegzetes különbségeket sikerült kimutatni az eltérő biológiai jellemvonásokkal rendelkező taxonómiai csoportok (EPT és ColH) között az abiotikus környezet változatoságára adott válaszreakcióik alapján.

Az EPT együttesek erős válaszreakciót adtak a lokális környezeti tényezők szezonális variabilitására. Továbbá összetételük jelentős évszakos különbséget mutatott, míg ezt ColH együttesek esetén nem tudtuk kimutatni. Az utóbbi eloszlási mintázatát legnagyobb mértékben a patakszakasz longitudinális pozíciója, vízkémiai karakter és klimatikus viszonya határozta meg. Számos korábbi tanulmány kimutatta, hogy a lokális, évszakosan változó, az élőhely állapotát jellemző tulajdonságok meghatározzák az EPT lárvák és a rajzó imágók életterének minőségét. Például minél változatosabb a mederszerkezet, annál nagyobb valószínűséggel tudják az EPT lárvák elkerülni a természetes zavarások hatását (pl. áradások, aszályok), mivel a ColH fajokkal szemben csak a víztesten belüli, kis hatótávolságú migrációra képesek a sodródás segítségével.

Érdekes eredmény, hogy a tiszta térbeli változók hatása majdnem kétszer nagyobbak adódtak a ColH, mint az EPT együttesek esetén. Mivel a ColH taxonok diszperziós képessége jobb, mint az EPT fajoké, ezért kisebb földrajzi lépték mellett is nagyobb térbeli strukturáltságot várnánk az EPT, mint a ColH együttesek esetén. A kapott eredmény egyik lehetséges oka, hogy a vizsgált patakszakaszok ColH együtteseinek jelentős hányadát gyengén repülő taxonok alkotják (pl. Elmidae, Hydraenidae).

Kimutattuk ugyan, hogy a mederszerkezet változatosságának nagyobb hatása volt az EPT, mint a ColH együttesek mintázatára. Mégis a különböző biológiai jellemvonásokkal rendelkező együtteseket összehasonlítva, mindkét esetben a patakszakaszon belüli mikrohabitat-típusokhoz való erős kötődés elfedte a nagyobb térléptékben ható abiotikus tényezők hatását. A hasonlóság feltehetően annak köszönhető, hogy mindkét csoport meglehetősen diverz a táplálkozásbiológiai csoportjaik tekintetében, így az együttesek hasonló különbségeket mutattak a jelentősen eltérő táplálkozási feltételeket biztosító mikrohabitat-típusok között.

Árvaszúnyogok együttesek és abiotikus környezetük közötti kapcsolatok

Feltevésainkkal összhangban kimutattuk, hogy az árvaszúnyog együttesek képesek a teljes makrogerinctelen együttesekhez hasonlóan jól indikálni mind az emberi hatásokat (pl. esetleges vegyi szennyezés), mind a természetes abiotikus gradienseket (pl. klimatikus gradiens vagy szezonális). Mindemellett az árvaszúnyog együttesek önálló elemzésével számos, vizsgálatunk során korábban nem tapasztalt összefüggést sikerült feltárnunk.

Az árvaszúnyogok taxonómiai szerkezetének egy olyan sajátos, a teljes vízirovar együttesekétől eltérő szezonális dinamikája figyelhető meg, ahol a különböző fenológiájú taxonok folyamatosan váltják egymást az év során és az egyes évszakokra jellemző taxonómiai összetétel között nincs éles szegregáció. Kimutattuk, hogy az árvaszúnyog együttesek funkcionális szerkezete erős válaszreakciót adott az élőhelyeik változó klimatikus és természetességi állapotára, viszont nem érzékenyek a patakszakaszok eltérő longitudinális pozíciójára, ahogy azt a teljes vízirovar együttesek esetén tapasztaltuk.

Eredményeink alapján megállapítható, hogy a jó diszperziós képességű árvaszúnyog taxonok a vizsgált kis földrajzi területen belül követni tudták az abiotikus környezet változatosságát, amit nem tudtunk megfigyelni a teljes vízirovar együttesek esetén. Vagyis kis térlépték mellett vizsgálódva elsősorban a lokális környezethez való adaptációnak van jelentős szerepe az árvaszúnyog fajegyüttesek taxonómiai és funkcionális mintázatának kialakításában.

Érdekes megfigyelés, hogy a Bicsérdi-vízfolyást 2009 nyarán ért pontszerű vegyi szennyezésre a vízirovarok közül csak az árvaszúnyogok mutattak erős válaszreakciót. A szennyezést követően ősszel az aprító árvaszúnyog taxonok nagy mennyiségben jelentek meg a területen, melyek közül az aprító *Brillia bifida* faj demográfiai robbanását figyeltük meg. Ez feltehetően annak köszönhető, hogy a nyári időszakban a *Brillia bifida* egyedei imágó vagy pete stádiumban, számos más vízirovar taxonnal szemben túléltek a szennyezést. Majd az őszi lombhullást követően jelentős mértékben megnövekedett a táplálékuk mennyisége. Mindemellett, a szakaszról a szennyezést követően teljesen eltűnt *Gammarus fossarum* bolharák faj még nem tudta az alsóbb szakaszok felől újra kolonizálni az érintett területet. Ennek következtében, az erős versenytárs hiányában egy új, táplálékban igen gazdag élőhely nyílt meg az aprító árvaszúnyogok számára.

Vizsgálataink során nem találtunk különbségeket a mikrohabitat-típusok funkcionális összetételében, feltehetően azért, mert az árvaszúnyogok esetén az eltérő aljzatot használó fajok hasonló módon táplálkozhatnak.

A Mecsekben kis földrajzi régió belül az abiotikus környezet jelentős mértékű és gyors változását figyeltük meg, amely gradiensre a patakok vízirovar együtteseinek erős válaszreakciót adtak. Az élőhely közvetlen környezetét leíró lokális paraméterek mellett a klimatikus, geológiai viszonyok jelentős mértékű különbséget mutattak a területen, így az ott élő együttesek nemcsak a taxonómiai összetételük, hanem biológiai jellemvonásaikon keresztül is apadtálódtak. Ennek következtében megfigyelhettük, hogy a funkcionális szerveződésen alapuló elemzések a taxonómiaihoz hasonló mértékű információt adtak a biológiai mintázatok és az ökológiai folyamatok közötti kapcsolatokról. Ugyanakkor e patakok felső szakaszai igen elszigeteltek lehetnek, és az itt élő fajok jelentős mértékben különbözhetnek diszperziós képességükben. Ennek következtében már igen kis térlépték mellett fontos közösség szervező hatása lehet a diszperzió limitáltságnak az adaptáció mellett. Munkánkkal szeretnénk felhívni a figyelmet arra, hogy a nemcsak népeit, de környezetét tekintve is igen változatos Kárpát-medencében a sajátos környezeti feltételek mellett szerveződő, patakot benépesítő vízirovar együttesek mintázata és az ökológiai folyamatok közötti kapcsolatok igen eltérőek lehetnek az Európa más, például északi területein vizsgált összefüggésekhez képest.

PUBLIKÁCIÓK

A doktori értekezés témájában íródott publikációk

- Szivák I.**, Móra A., Méhes N., Bereczki Cs., Ortmann-Ajkai A. & Csabai Z. (2013): Highly variable abiotic environment induced changes in taxonomic and functional composition of headwater chironomid assemblages within a small mountain range. *Fundamental and Applied Limnology* 182: 323–335. (IF:1,190)
- Szivák I.** & Csabai Z. (2012): Are there any differences between taxa groups having distinct ecological traits based on their responses to environmental factors? *Aquatic Insects* 34 Suppl. 1: 173–187. (IF: 0,358)
- Méhes N., **Szivák I.**, Csabai Z. & Móra A. (2012): Contribution to the Chironomidae (Diptera) fauna of the Mecsek mountains. *Acta Biologica Debrecina-Supplementum Oecologica Hungarica* 28: 121–128.
- Boda R., Rozner Gy., Czirok A., **Szivák I.**, Csabai Z. (2011): New data on the distribution of *Cordulegaster heros* Theischinger, 1979 in Mecsek mountains and its surroundings. *Acta Biologica Debrecina, Supplementum Oecologica Hungarica* 26: 21–28.
- Szivák I.**, Deák Cs., Kálmán Z., Soós N., Mauchart P., Lökkös A., Rozner Gy., Móra A. & Csabai Z. (2010): Contribution to the aquatic macroinvertebrate fauna of the Mountains Mecsek with the first record of *Limnius opacus* P.J.W. Müller, 1806 in Hungary. *Acta Biologica Debrecina-Supplementum Oecologica Hungarica* 21: 197–222.
- Mauchart P., Méhes N., Deák Cs., Móra A., **Szivák I.** & Csabai Z. (2010): Kérészek, álkérészek és tegzesek faunisztikai adatai a mecseki vizekből. *Hidrológiai Közöny* 90: 100–102.
- Méhes N., Kovács T.Z., & **Szivák I.** (2010): Diptera családok tér- és időbeli előfordulási sajátosságai mecseki patakokban lárva adatok alapján. *Acta Biologica Debrecina-Supplementum Oecologica Hungarica* 21: 115–125.
- Kálmán Z., Soós N., Kovács T.Z., Szappanos D., Horváth O., **Szivák I.** & Csabai Z. (2010): Vízibogarak és vízpoloskák faunisztikai adatai mecseki vizekből. *Hidrológiai Közöny* 90: 50–52.

A doktori értekezés témájában készült poszter és szóbeli előadások

- Szivák I.**, Móra A., Méhes N., Bereczki Cs., Ortmann-Ajkai A. & Csabai Z.: Taxonomic and functional composition of headwater chironomid assemblages in a small, geologically and environmentally heterogeneous mountain range. *Fresh Blood for Fresh Water, Aquatic Young Science Conference*, 2013.02.27 – 03.01., Lunz am See, Ausztria (poszter előadás).
- Bereczki Cs., **Szivák I.** & Csabai Z.: Surveying microhabitat preference of aquatic macroinvertebrates. *Fresh Blood for Fresh Water, Aquatic Young Science Conference*, 2013.02.27 – 03.01., Lunz am See, Ausztria (poszter előadás).
- Mauchart P., **Szivák I.** & Csabai Z.: Két bolharák faj (Crustacea, Gammaridae) habitat preferenciájának és biotikus interakcióinak vizsgálata mecseki vizekben. *9. Magyar Ökológus Kongresszus*, 2012.09.5-7., Keszthely (szóbeli előadás).
- Bereczki Cs., Herczeg R., **Szivák I.** & Csabai Z.: Vízi makrogerinctelen közösségek vizsgálata metaközösségi mutatók segítségével. *9. Magyar Ökológus Kongresszus*, 2012.09.5-7., Keszthely (poszter előadás).
- Méhes N., **Szivák I.**, Csabai Z. & Móra A.: Árvaszúnyog (Diptera: Chironomidae) együttesek szerkezete különböző alapközetben futó hegyvidéki patakokban. *9. Magyar Ökológus Kongresszus*, 2012.09.5-7., Keszthely (poszter előadás).
- Szivák I.** & Csabai Z.: A biológiai jellemvonások és az abiotikus környezet közötti kapcsolatok vizsgálata hegyvidéki patakok makrogerinctelen közösségein. *IX.*

- Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2012.04.12-14., Gyula (szóbeli előadás).
- Méhes N., Móra A., **Szivák I.** & Csabai Z.: Árvaszúnyog (Diptera: Chironomidae) együttesek szerkezete különböző alapközetten futó hegyvidéki patakokban. *IX. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2012.04.12-14., Gyula (szóbeli előadás).
- Ortmann-Ajkai A., Bereczki Cs., Boda R., **Szivák I.** & Csabai Z.: Metaközösség-vizsgálatok SDR Simplex módszerrel mecseki patakokban. *IX. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2012.04.12-14., Gyula (szóbeli előadás).
- Méhes N., **Szivák I.**, Csabai Z. & Móra A.: Adatok a Mecsek árvaszúnyog (Diptera: Chironomidae) faunájához. *IX. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2012.04.12-14., Gyula (poszter előadás).
- Bereczki Cs., **Szivák I.**, Boda R. & Csabai Z.: Aquatic macroinvertebrate assemblage variation among seasons, sites and microhabitats. *7th Symposium for European Freshwater Sciences*, 2011.06.27. – 07.01., Girona, Spanyolország (poszter előadás).
- Szivák I.** & Csabai Z.: Mennyiben különböznek az EPT és bogár, poloska közösségek a környezeti faktorokra adott válaszaik alapján? *VIII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia* 2011.04.14-16., Jósvafő (szóbeli előadás).
- Bereczki Cs., **Szivák I.**, Móra A & Csabai Zoltán: Vízi makrogerinctelenek mikrohabitat szelekciója: Milyen tényező befolyásolja a legjobban a közösségek kialakulását? *VIII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2011.04.14-16., Jósvafő (szóbeli előadás).
- Boda R., Rozner Gy., Czirok A. **Szivák I.** & Csabai Z.: A kétszikos hegyi szitakötő (*Cordulegaster heros* Theischinger, 1979) előfordulása a Mecsekben és környékén. *VIII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2011.04.14-16., Jósvafő (szóbeli előadás).
- Mauchart P., **Szivák I.** & Csabai Z.: Bolharák fajok (Crustacea, Gammaridae) koegzisztencia viszonyait befolyásoló környezeti tényezők vizsgálata. *VIII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2011.04.14-16., Jósvafő (szóbeli előadás).
- Méhes N. & **Szivák I.**: Milyen környezeti tényezők befolyásolhatják a kétszárnyú (Diptera) lárvák elterjedését mecseki kisvízfolyásokban? *VIII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2011.04.14-16., Jósvafő (poszter előadás).
- Szivák I.** & Móra A.: Tegzes közösségek mintázatát alakító környezeti tényezők vizsgálata különböző ökológiai állapotú kisvízfolyásokban. *LII. Hidrobiológus Napok*, 2010.10.06-08., Tihany (szóbeli előadás).
- Ortmann-Ajkai A., **Szivák I.** & Csabai Z.: Stream macroinvertebrate and vegetation: do they live in the same environment? *IX. European Congress of Entomology*, 2010.08.22-27., Budapest (poszter előadás).
- Szivák I.** & Csabai Z.: Are there any differences between the EPT and Coleoptera, Heteroptera assemblages in their responses to environmental factors? *IX. European Congress of Entomology*, 2010.08.22-27., Budapest (poszter előadás).
- Bereczki Cs., **Szivák I.**, Móra A. & Csabai Z.: Microhabitat preference of stream macroinvertebrates. *IX. European Congress of Entomology*, 2010.08.22-27., Budapest (szóbeli előadás).
- Szivák I.**, Deák Cs., Kálmán Z., Soós N., Mauchart P., Lökkös A., Rozner Gy. Móra A. & Csabai Z.: Adatok a Mecsek-hegység víztereinek vízi makrogerinctelen faunájához és a *Limnius opacus* első hazai előfordulása. *VII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2010.04.15-17., Sümeg (szóbeli előadás).
- Szivák I.**, Kovács T.Z. & Csabai Z.: Mecseki patakok vízirovar fajegyütteseinek térbeli mintázatának vizsgálata. *VII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2010.04.15-17., Sümeg (szóbeli előadás).

- Berezki Cs., **Szivák I.**, Móra A. & Csabai Zoltán: Mikrohabitat preferencia vizsgálatok kisvízfolyások makrogerinctelen élőlény együtteseiben. *VII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2010.04.15-17., Sümeg (szóbeli előadás).
- Mauchart P. & **Szivák I.**: *Gammarus roeseli* és *G. fossarum* fajok koegzisztencia vizsgálata mecseki patakokban. *VII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2010.04.15-17., Sümeg (poszter előadás).
- Méhes N., Kovács T.Z. & **Szivák I.**: Diptera családok tér- és időbeli elfordulási sajátosságai mecseki patakokban lárvaadatok alapján. *VII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2010.04.15-17., Sümeg (szóbeli előadás).
- Mauchart P., Méhes N., Deák Cs., Móra A., **Szivák I.** & Csabai Z.: Kérészek, álkérészek és tegzesek faunisztikai adatai a mecseki vízterekből. *LI. Hidrobiológus napok*, 2009.09.30 – 10.02., Tihany (poszter előadás).
- Kálmán Z., Soós N., Kovács T.Z., Szappanos D., Horváth O., **Szivák I.** & Csabai Z.: Vízibogarak és vízpoloskák faunisztikai adatai mecseki vízterekből. *LI. Hidrobiológus napok*, 2009.09.30 – 10.02., Tihany (poszter előadás).

Egyéb témában íródott publikációk

- Kučinić M., **Szivák I.**, Pauls S.U., Bálint M., Delić A. & Vučković I. (2013): *Chaetopteryx buhari* sp. n., a new species from the *Chaetopteryx rugulosa* group from Croatia (Insecta, Trichoptera, Limnephilidae) with molecular, taxonomic and ecological notes on the group. *Zookeys* 320: 1–28. **(IF: 0,864)**
- Berezki Cs., **Szivák I.**, Móra A. & Csabai Z. (2012): Variation of aquatic insect assemblages among seasons and microhabitats in Hungarian second-order streams. *Aquatic Insects* 34 Suppl. 1: 103–112. **(IF: 0,358)**
- Csabai Z., Kálmán Z., **Szivák I.** & Boda P. (2012): Diel flight behaviour and dispersal patterns of aquatic Coleoptera and Heteroptera species with special emphasis on the importance of seasons. *Naturwissenschaften* 99: 751–765. **(IF: 2,144)**
- Móra A. & **Szivák I.** (2012): Spatial distribution and diversity of chironomid (Diptera: Chironomidae) assemblages in a small hilly stream. *Aquatic Insects* 34 Suppl. 1: 127–138. **(IF: 0,358)**
- Oláh J., Kovács T., Sivec I., **Szivák I.** & Urbanic G. (2012): Seven new species in the *Chaetopteryx rugulosa* species group: applying the phylogenetic species concept and the sexual selection theory (Trichoptera, Limnephilidae). *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis* 36: 51–79.
- Szivák I.**, Móra A. & Török J.K. (2011): Spatio-temporal variations of caddisfly assemblages in a chalk stream, Balaton Upland, Hungary. *Zoosymposia* 5: 439–452.
- Móra A., **Szivák I.**, Deák Cs., Boda R., Csabai Z., Sály P., Takács P., Erős T. & Bíró P. (2011): Environmental factors influencing the distribution of EPT assemblages in streams of Lake Balaton's catchment area, Hungary. *Zoosymposia* 5: 360–371.
- Kálmán A., Boda R., Kálmán Z., Mauchart P., Rozner Gy., **Szivák I.**, Soós N. & Csabai Z. (2011): Contribution to the aquatic macroinvertebrate fauna of the Zselic hilly region, SW Hungary. *Acta Biologica Debrecina-Supplementum Oecologica Hungarica* 26: 99–115.
- Szivák I.**, Móra A., Deák Cs., Kálmán Z., Soós N., Boda R., Kovács T.Z., Sály P., Takács P., Csabai Z., Erős T. & Bíró P. (2010): Makroszkopikus vízi gerinctelen szervezetek térbeli előfordulási sajátosságait befolyásoló közvetlen élőhelyi változók vizsgálata a Balaton vízgyűjtőjén. *Hidrológiai Közlemény* 90: 139–141.
- Boda R., Jakab T., Kovács T.Z., **Szivák I.**, Móra A., Sály P., Takács P., Csabai Z., Erős T. & Bíró P. (2010): A szitakötő együttesek térbeli előfordulási sajátosságainak vizsgálata a Balaton vízgyűjtőjén. *Hidrológiai közlemény* 90: 11–13.

- Deák Cs., **Szivák I.** & Móra A. (2010): Púposzúnyogok (Diptera: Simuliidae) térbeli eloszlása és befolyásoló tényezői a Balaton vízgyűjtő területén. *Acta Biologica Debrecina-Supplementum Oecologica Hungarica* 21: 73–82.
- Szivák I.** (2009): Diverzitás vizsgálatok az Örvényesi-séd vízi makrogerinctelen fajegyütteseiben. *Hidrológiai Közlöny* 89: 177–179.
- Szivák I.** & Móra A. (2009): Occurrence of rare caddisfly (Trichoptera) species at the catchment area of Lake Balaton. *Acta Biologica Debrecina-Supplementum Oecologica Hungarica* 20: 219–230.
- Móra A., Kovács T.Z., Boda R., Csabai Z., Deák Cs., Kálmán Z., Soós N. & **Szivák I.** (2009): *A Balaton befolyói makrobentoszának felmérése az EU VKI ajánlásai tükrében 2.* In: Bíró P. & Banczerowski J. (szerk.): *A Balaton kutatásának 2008. évi eredményei.* MTA, Budapest, pp. 84–92.
- Weiperth A., **Szivák I.**, Ferincz Á., Staszny Á., Keresztessy K. & Paulovits G. (2009): A vízszintingadozás hatása a balatoni halász-horgász fogások alakulására. *Állattani közlemények* 94: 199–213.
- Horváth G., Majer J., Horváth L., **Szivák I.** & Kriska Gy. (2008): Ventral polarization vision in tabanids: horseflies and deerflies (Diptera: Tabanidae) are attracted to horizontally polarized light. *Naturwissenschaften* 95: 1093–1100. (IF: 2,126)
- Kriska Gy., Majer J., Horváth L., **Szivák I.** & Horváth G. (2008): A bögölyök polarotaxisa és gyakorlati jelentősége. *Acta Biologica Debrecina-Supplementum Oecologica Hungarica* 18: 101–108.
- Kriska Gy., Malik P., **Szivák I.** & Horváth G. (2008): Glass buildings on river banks as "polarized light traps" for mass-swarming polarotactic caddis flies. *Naturwissenschaften* 95: 461–467. (IF: 2,126)

Egyéb témában készült poszter és szóbeli előadások

- Szivák I.**, Móra A., Csabai Z., Takács P., Sály P., Erős T. & Bíró P.: Impact of human activity on macroinvertebrate assemblages in the catchment area of Lake Balaton. *32nd Congress of the International Society of Limnology*, 2013.08.04-09., Budapest, Magyarország (poszter előadás).
- Mauchart P., Czirok A., Horvai V., Ortmann-Ajkai A., **Szivák I.** & Csabai Z.: Niche segregation and biotic interactions between two closely related Gammarids (Crustacea: Amphipoda) – native vs. naturalized invader. *8th Symposium for European Freshwater Sciences*, 2013.07.01-05., Münster, Németország (poszter előadás).
- Szivák I.** & Oláh J.: Ökológiai speciáció és szexuális szelekció szerepe a *Chaetopteryx rugulosa* fajcsoport radiációjában. *X. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2013.04.11-13., Szalafő (szóbeli előadás).
- Mauchart P., Czirok A., Horvai V., Ortmann-né Ajkai A., **Szivák I.** & Csabai Z.: Felemáslábú rákok (Crustacea: Amphipoda) mikrohabitat preferenciájának és koezgisztencia viszonyainak vizsgálata a Völgységi-patak hossz-szelvényében. *X. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2013.04.11-13., Szalafő (szóbeli előadás).
- Várbíró G., Deák Cs., Bereczki Cs., **Szivák I.**, Csabai Z. & Boda P.: Mintavételi intenzitás hatása a makroszkopikus vízi gerinctelen közösségek funkcionális szerkezetének a becslésére. *X. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2013.04.11-13., Szalafő (szóbeli előadás).
- Szivák I.**: Klímaváltozás és evolúció forrásokban: őszi tegzesek (*Chaetopteryx rugulosa* fajcsoport) radiációja, specializációja és hibridizációja a Kárpátokban és a Kárpát-medencében. *Pannon Tudományos Nap*, 2012.10.18., Nagykanizsa (szóbeli előadás).

- Szivák I.**, Tóth M., Méhes N. & Móra A.: Makrogerinctelen közösségek visszatelepülése a vörösiszap katasztrófa utáni első évben. *LIV. Hidrobiológus Napok*. 2012.10.3-5. (szóbeli előadás).
- Szivák I.**, Pauls S.U., Kučinić M., Vučković I., Szalontai B., Vadkerti E., Mikes T. & Bálint M.: klímaváltozás és evolúció forrásokban: őszi tegzesek (*Chaetopteryx rugulosa* fajcsoport) radiációja, specializációja és hibridizációja a Kárpátokban és a Kárpát-medencében. *9. Magyar Ökológus Kongresszus*, 2012.09.5-7., Keszthely (poszter előadás).
- Szivák I.**, Pauls S.U., Kučinić M., Vučković I., Szalontai B., Vadkerti E., Mikes T. & Bálint M.: Adaptive radiation of *Chaetopteryx rugulosa* group (Trichoptera) induced by climate and geology in the Western Balkans. *International Symposium on „Evolution of Balkan Biodiversity”*, 2012.07.28-30., Zágráb, Horvátország (szóbeli előadás).
- Szivák I.**, Tóth M. & Móra A.: A vörösiszap katasztrófa után egy évvel: makrogerinctelen közösségek vizsgálata a Torna-patakon és a Marcalon. *IX. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2012.04.12-14., Gyula (szóbeli előadás).
- Bereczki Cs., Ortmann-Ajkai A., **Szivák I.** & Csabai Z.: Alkalmas az SDR Simplex módszer mikroélőhelyek együtteseinek vizsgálatára? *IX. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2012.04.12-14., Gyula (szóbeli előadás).
- Csabai Z., Boda P., **Szivák I.**, Horváth G. & Bernáth, B.: A holdfázisoktól független hatékonyságú tükröződési-polarizációs rovarcsapdák előnyei a hagyományos fénycsapdákkal szemben a vízi rovarok repülési aktivitásának monitorozásában. *IX. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2012.04.12-14., Gyula (szóbeli előadás).
- Szivák I.**, Vadkerti E., Szalontai B., Kučinić M., Vučković I., Pauls S.U. & Bálint M.: Klímaváltozás és evolúció forrásokban: őszi tegzesek radiációja, speciációja és hibridizációja a Nyugat-Balkánon. *LIII. Hidrobiológus Napok*, 2011.10.05-07., Tihany (szóbeli előadás).
- Méhes N., Móra A. & **Szivák I.**: A földrajzi elhelyezkedés és az alapközet hatása mecseki kisvízfolyások árvaszűnyog-faunájára. *LIII. Hidrobiológus Napok*, 2011.10.05-07., Tihany (poszter előadás).
- Szivák I.**, Vadkerti E., Szalontai B., Kučinić M., Vučković I., Pauls S.U. & Bálint M.: Climate change and evolution in springs: radiation, speciation and hybridization of autumn caddisflies on the Western Balkan. *7th Symposium for European Freshwater Sciences*, 2011.06.27. – 07.01., Girona, Spanyolország (szóbeli előadás).
- Csabai Z., Boda P., **Szivák I.**, Kálmán Z.: Dispersal activity of aquatic Coleoptera and Heteroptera species: body size and species dependent responses for changing of environmental factors? *7th Symposium for European Freshwater Sciences*, 2011.06.27. – 07.01., Girona, Spanyolország (poszter előadás).
- Szivák I.** & Bálint M.: *Chaetopteryx rugulosa* fajcsoport (Trichoptera: Limnephilidae) taxonómiai revíziója molekuláris biológiai és morfológiai vizsgálatok alapján. *VIII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2011.04.14-16., Jósvafő (szóbeli előadás).
- Kálmán A., Boda R., Kálmán Z., Mauchart P., Rozner Gy., **Szivák I.**, Soós N. & Csabai Z.: Adatok a Zselic vízi makrogerinctelen faunájához. *VIII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia* 2011.04.14-16., Jósvafő (poszter előadás).
- Lökkös A., Kondorosy E. Cser B. & **Szivák I.**: A Koppány-patak Somogyacsa és Somogydöröcske közti szakaszának vízi makrogerinctelen faunája. *VIII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia* 2011.04.14-16., Jósvafő (poszter előadás).
- Csabai Z., Boda P., **Szivák I.** & Kálmán Z.: Diel and seasonal dispersal of aquatic Coleoptera and Heteroptera species – Are the diel dispersal patterns species- or environment-

- dependent? *IX. European Congress of Entomology*, 2010.08.22-27., Budapest (szóbeli előadás).
- Móra A. & **Szivák I.**: Spatial distribution and diversity of chironomid (Diptera: Chironomidae) assemblages in a small hilly stream. *IX. European Congress of Entomology*, 2010.08.22-27., Budapest (poszter előadás).
- Boda R., **Szivák I.**, Móra A. & Csabai Z.: Feltárható-e kis mintaszám esetén a környezeti tényezők közösségszervező hatása? *VII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2010.04.15-17., Sümeg (szóbeli előadás).
- Csabai Z., Boda P., Kálmán Z. & **Szivák I.**: Vízirovarok diszperziójának sajátosságai: érdekességek a napszakos és évszakos mintázatok fajszintű elemzése kapcsán. *VII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2010.04.15-17., Sümeg (szóbeli előadás).
- Deák Cs., **Szivák I.** & Móra A.: Púposzúnyogok (Diptera: Simuliidae) térbeli eloszlása a Balaton vízgyűjtő területén. *VII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2010.04.15-17., Sümeg (poszter előadás).
- Soós N., Kálmán Z., Deák Cs., Boda R., **Szivák I.**, Móra A. & Csabai Z.: Adatok a Balaton vízgyűjtője kisvízfolyásainak makrogerinctelen faunájához mennyiségi mintavételek alapján. *VII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2010.04.15-17., Sümeg (poszter előadás).
- Szivák I.**, Móra A., Deák Cs., Kálmán Z., Soós N., Boda R., Kovács T.Z., Sály P., Takács P., Csabai Z., Erős T. & Bíró P.: Makroszkopikus vízi gerinctelen szervezetek térbeli előfordulási sajátosságait befolyásoló közvetlen élőhelyi változók vizsgálata a Balaton vízgyűjtőjén. *LI. Hidrobiológus napok*, 2009.09.30 – 10.02., Tihany (poszter előadás).
- Móra A., **Szivák I.**, Boda R. & Török J.K.: Árvaszúnyog-együttesek tér-és időbeli változásai egy dombvidéki kisvízfolyásban. *LI. Hidrobiológus napok*, 2009.09.30 – 10.02., Tihany (szóbeli előadás).
- Boda R., Jakab T., Kovács T.Z. **Szivák I.**, Móra A., Sály P., Takács P., Csabai Z., Erős T. & Bíró P.: A szitakötő együttesek térbeli előfordulási sajátosságainak vizsgálata a Balaton vízgyűjtőjén. *LI. Hidrobiológus napok*, 2009.09.30 – 10.02., Tihany (poszter előadás).
- Szivák I.**, Móra A. & Török J.K.: Spatio-temporal variations of caddisfly assemblages in a chalk stream, Balaton Upland, Hungary. *13th International Symposium on Trichoptera*, 2009.06.22-27., Białowieża, Lengyelország (poszter előadás).
- Móra A., **Szivák I.**, Deák Cs., Boda R., Csabai Z., Sály P., Takács P., Erős T. & Bíró P.: Environmental factors influencing the distribution of EPT assemblages in streams of Lake Balaton's catchment area, Hungary. *13th International Symposium on Trichoptera*, 2009.06.22-27., Białowieża, Lengyelország (poszter előadás).
- Szivák I.** & Móra A.: Tegzesegyüttesek tér- és időbeli változásai egy patak hossztengegy mentén. *VI. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2009.04.16-18., Villány (szóbeli előadás).
- Szivák I.** & Móra A.: Ritka tegzes fajok előfordulása a Balaton vízgyűjtőjén (Trichoptera). *VI. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2009.04.16-18., Villány (poszter előadás).
- Boda R., **Szivák I.**, Móra A., Deák Cs., Sály P., Takács P. & Erős T.: Vízi makrogerinctelen szervezetek térbeli előfordulási sajátosságainak elemzése a Balaton vízgyűjtőjén. *VI. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2009.04.16-18., Villány (szóbeli előadás).
- Kovács T.Z., Deák Cs., **Szivák I.** & Móra A.: Kisvízfolyások jellemzése a makrogerinctelenek szaprobitási, táplálkozásbiológiai és longitudinális elterjedési csoportjai alapján. *VI. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2009.04.16-18., Villány (szóbeli előadás).

- Szivák I.:** Diverzitás vizsgálatok az Örvényesi-séd vízi makrogerinctelen fajegyütteseiben. *L. Hidrobiológus Napok*, 2008.10.01-03., Tihany (poszter előadás).
- Szivák I.:** Faunisztikai felmérés és tér-időbeli mintázat elemzés az Örvényesi-séd vízi makrogerinctelen fajegyütteseiben. *V. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2008.04.10-12., Nyíregyháza (szóbeli előadás).
- Kriska Gy., Majer J., Horváth L., **Szivák I.** & Horváth, G.: A bögölyök polarotaxisa és gyakorlati jelentősége. *V. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2008.04.10-12., Nyíregyháza (szóbeli előadás).
- Horváth G., Malik P., Hegedüs R., **Szivák I.** & Kriska Gy.: Miért vonzódnak a tegzesek a függőleges üvegfelületekhez, miért szállnak rájuk, s miért maradnak ott? *V. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2008.04.10-12., Nyíregyháza. (szóbeli előadás).
- Szivák I.:** Polarotaxis kísérleti bizonyítása bögölyöknél: a polarozációlátás lehetséges szerepe a bögölyök szaporodási és táplálkozási viselkedésében. *XI. Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferencia*, 2008.03.25-26., Nyíregyháza (szóbeli előadás, 2. helyezett).
- Szivák I.:** Az Örvényesi-séd makrozoobentosz faunájának felmérése és téridő mintázatának vizsgálata. *XLIX. Hidrobiológus napok*, 2007.10.03–05., Tihany (poszter előadás).
- Szivák I.:** Az Örvényesi-séd makrozoobentosz faunájának felmérése és téridő mintázatának vizsgálata - Első eredmények. *IV. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia*, 2007.04.12-13., Tihany (poszter előadás).

Az összes publikáció kumulatív impaktfaktora (2012): 9,542

Összes citációk száma: 54 (ebből 22 független)

H-index: 3