

Egyetemi Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Folyami szitakötők (Odonata: Gomphidae) kirepülési jellemzői**

Thesis of PhD dissertation

**Emergence characteristics of riverine dragonflies  
(Odonata: Gomphidae)**

**Farkas Anna**

Témavezetők:  
Dr. Dévai György  
Dr. Nagy Sándor Alex



DEBRECENI EGYETEM  
Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola  
Debrecen, 2013

## 1. BEVEZETÉS

A folyami szitakötők a szitakötők rendjének, azon belül a nagyszitakötők alrendjének egy önálló családját alkotják (Anisoptera: Gomphidae). Hazánkban ennek a családnak négy képviselője fordul elő: a *Gomphus flavipes flavipes* (Charpentier, 1825), a *Gomphus vulgatissimus* (Linnaeus, 1758), az *Onychogomphus forcipatus forcipatus* (Linnaeus, 1758) és az *Ophiogomphus cecilia* (Fourcroy, 1785). A folyami szitakötők lárvái áramlásokkedvelők, így főként kis- és nagyvízfolyásokban fordulnak elő, bár ritkán állóvizekből is előkerülnek (AMBRUS et al. 1997; DIJKSTRA 2006). Nagyobb vízfolyások esetében gyakran az Anisoptera alrend egyedüli képviselői, a szitakötők közül mellettük csupán néhány Zygoptera (kisszitakötő) faj fordul elő. Élőhelyeiken olykor igen jelentős lárvadenzitást érnek el (JAKAB 2006; JAKAB és DÉVAI 2008; MÜLLER 1995; SUHLING és MÜLLER 1996), ebből adódóan fontos szerepet töltenek be a vízi anyagforgalomban.

A múlt század második felében mind a négy hazai faj esetében Európa-szerte populációik visszaszorulásáról számoltak be, ami leginkább a vízminőség romlásával lehetett összefüggésben (ASKEW 2004; DIJKSTRA 2006; SUHLING és MÜLLER 1996). Állományaik fennmaradását elsősorban a vízszennyezés, illetve a medret vagy a parti sávot érintő beavatkozások veszélyeztették (CORBET és BROOKS 2008; SUHLING és MÜLLER 1996). Az 1990-es években kedvező változások álltak be a fajok elterjedésében, számos olyan helyen újra megtelepedtek állományaik, ahonnan korábban kipusztultnak tekintették őket (DIJKSTRA 2006; SUHLING és MÜLLER 1996). Ennek ellenére továbbra is sérülékenynek tekinthető a *G. flavipes* és az *O. cecilia*, mivel ennek a két fajnak a populációi Európa jelentős részén rendkívül szétszakadozottak (AMBRUS et al. 1997; ASKEW 2004; DIJKSTRA 2006). Veszélyeztetettségükből adódóan mind a négy faj védett Magyarországon [100/2012. (IX. 28.) VM rendelet]. Emellett a *G. flavipes* és az *O. cecilia* megtalálható a Berni Egyezmény és az Európai Unió Élőhelyvédelmi Direktívájának fajlistáján, továbbá a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer által kiválasztott fajok között is szerepel (AMBRUS et al. 1997; KALKMAN et al. 2010). Miután hazánkban – leginkább folyóink mentén – kifejezetten népes populációk is előfordulnak (DÉVAI et al. 2010; JAKAB 2006; JAKAB és DÉVAI 2008), túlélésük szempontjából nagy felelősség hárul ránk. Így minden, a hazai fajok biológiájára

(pl. elterjedésére, populációméretére, viselkedésére, stb.) vonatkozó új információ kiemelt jelentőségű.

## **2. CÉLKITŰZÉSEK**

### **2.1. A folyamiszitakötő-együttesek összetétele**

- A folyamiszitakötő-együttesek fajösszetételének és a fajok populáció-nagyságának felmérése és összehasonlítása a Tisza, a Szamos és a Duna eltérő adottságú szakaszain.
- A partvédelmet szolgáló kövezés hatásának megállapítása a folyami szitakötők mennyiségi viszonyaira.

### **2.2. A folyami szitakötők kirepülése**

- A négy magyarországi folyamiszitakötő-faj fenológiai jellemzőinek leírása és összehasonlítása.
- Az egyes fajok kirepülési mintázatának jellemzése és az eltérő adottságú élőhelyek között mutatkozó különbségek megállapítása.
- A kirepülési időszakban a kirepülő egyedek száma és az aktuális víz hőmérséklet, illetve a vízállás közötti összefüggések keresése.
- A kirepülés kezdetéhez szükséges hőösszeg és a kirepülés kezdetekor mért víz hőmérséklet fajra jellemző értékeinek meghatározása.
- A kirepülés időzítésében a folyami szitakötők hímjei és nőstényei közötti esetleges különbségek vizsgálata.

### **2.3. A folyami szitakötők kirepüléskori ivararánya**

- A kirepüléskori ivararány megállapítása, továbbá az ivararányban mutatkozó egyenlőtlenség és variabilitás elemzése.
- Összefüggés keresése a kirepüléskori ivararány és a lárvális fejlődés alatti víz hőmérséklet között a gyakoribb *Gomphus*-fajok tiszai és szamosi populációiban.

### **2.4. A folyami szitakötők lárváinak kirepülést megelőző viselkedése**

- Az imágóvédelethez szükséges idő hosszának meghatározása a két *Gomphus*-faj esetében.

- Az egyes fajok lárvái által a vízszegélytől a kirepülés helyéig megtett távolságban a fajok közötti és a fajon belüli különbségek feltárása, valamint annak megállapítása, hogy ez a távolság fajra jellemző-e, továbbá lokális tényezők (pl. vízhőmérséklet, vízállás és partmeredekség) befolyásolják-e.
- A lárvák kirepülési aljzatválasztásával kapcsolatban annak megállapítása, hogy az egyes fajok előnyben részesítenek-e valamilyen aljzattípust, illetve a fajok között van-e különbség az aljzatválasztásban.

### **2.5. A folyami szitakötők kirepüléskori mortalitása**

- A *G. vulgatissimus* és a *G. flavipes* kirepüléskori mortalitásának felmérése közép-tiszai és dunai folyószakaszokon.
- A mortalitás és az egyedsűrűség közötti összefüggés vizsgálata.
- A mortalitási típusok és a mortalitásért felelős tényezők felmérése, valamint a fajok, illetve helyek közötti különbségek vizsgálata.
- A halálózásért felelős tényezőkkel szemben mutatott védekező stratégiák megfigyelése.

## **3. ANYAG ÉS MÓDSZER**

A részletes vizsgálatok során három vizsgálati évben összesen hat, hidrológiai és hidromorfológiai szempontból markánsan különböző folyószakaszon került sor az exuviumok rendszeres, mennyiségi gyűjtésére:

- 2008-ban a Felső-Tisza jándi (687–689 folyamkilométer, jobb part) és vásárosnaményi (684–685 fkm, bal part), valamint a Szamos olcsvai (3–4 fkm, bal part) szakaszán,
- 2009-ben a Közép-Tisza Tiszacsege és Tiszafüred közötti (432,9–450 fkm, bal part) szakaszán,
- 2011-ben a Duna Tótfalu és Horány közötti (1665–1680 fkm, jobb part), valamint a Szentendrei-Duna Tahi és Leányfalu közötti (16–20 fkm, jobb part) szakaszán.

A vizsgált folyószakaszokon az exuviumok gyűjtését egységesen 20 méter hosszú partszakaszokon végeztük. Az egy-egy folyószakaszon kijelölt 20 méteres partszakaszok számának főként a gyűjtések hosszútávú és rendszeres kivitelezhetősége szabott határt. Ennek megfelelően a Felső-Tiszán, a

Szamoson, a Dunán és a Szentendrei-Dunán három-három, a Közép-Tiszán hat partszakaszt jelöltünk ki, törekedve arra, hogy ezek mind a partalakulat (laposabb/meredekebb), mind a vegetáció (ritkább/sűrűbb fás vegetáció, dúsabb/gyéresebb aljnövényzettel) szempontjából különbözzenek, és lehetőleg legyen közöttük módosított, kőszórásos partszakasz is.

A gyűjtéseket a folyami szitakötők teljes kirepülési időszakában rendszeresen végeztük. A gyűjtéseket Felső-Tiszán és Szamoson 2008. április 23. és augusztus 13. között döntően naponta, a Közép-Tiszán 2009. április 28. és augusztus 10. között hetente kétszer, a Duna főágán és mellékágán 2011. április 23. és augusztus 15. között naponta végeztük. A három év alatt összesen 227 napot töltöttünk terepmunkával. A fentiek mellett 2012-ben kiegészítő vizsgálatokat végeztünk dunántúli vízfolyásokon (Rába, Zala és több Balaton-felvidéki kisvízfolyás), amelyeket a kirepülési időszakban csupán alkalmasszerűen kerestünk fel.

A mintavételi szakaszokon a talajt és a növényzetet alaposan átvizsgálva szedtük össze az exuviumokat. Minden egyes intakt exuvium esetében rögzítettük annak vízszegélytől mért vízszintes és függőleges távolságát, továbbá az imágóvédelemhez választott aljzat típusát. Amikor lehetett, megmértük az imágóvédelemhez szükséges idő hosszát. Az exuviumgyűjtéssel párhuzamosan összeszedtük a kirepülés során elpusztult vagy sérült állatokat, és madarak által hátrahagyott szitakötőszárnyakat, továbbá feljegyeztük a mortalitás okát.

Minden partszakaszon felvettük a partmeredekséget. A vizsgált folyószakaszokra vonatkozóan különböző adatbázisokból hosszútávú (20 éves, 1989–2009) vízhőmérséklet- és vízállás-adatsorokat szereztünk be.

Az egyes folyószakaszok folyamiszitakötő-együtteseinek összetételét a 20 méteres partszakaszra vonatkoztatott átlagos egyedszámokkal, valamint a fajok relatív gyakoriságával jellemeztük. A kövezett és a nem kövezett partszakaszokon talált egyedszámokat páros t-próbával hasonlítottuk össze.

Az egyes fajok kirepülési mintázatát a kirepülés kezdete, hossza és a szinkronizáltságot kifejező  $EM_{50}$ -érték (az az idő, napokban kifejezve, ami alatt a populáció 50%-a kirepült) alapján jellemeztük. Folyószakaszonként és fajonként a naponta kirepülő egyedek száma és az aktuális vízhőmérséklet, illetve vízállás közötti, továbbá a vízhőmérséklet és a vízállás közötti kapcsolatokat Spearman rangkorrelációval vizsgáltuk. Megállapítottuk a kirepülés kezdetének napján az aktuális vízhőmérsékletet ( $T_{akt}$ ), valamint

kiszámoltuk az erre a napra vonatkozó hőösszeget ( $T_{\text{sum}}$ ). Ezeknek a hőmérsékleti jellemzőknek a fajon belüli variabilitását variációs koefficienssel jellemeztük. A két *Gomphus*-faj  $T_{\text{akt}}$ - és  $T_{\text{sum}}$ -értékeit Mann–Whitney tesztel hasonlítottuk össze. A protandria meglétét a hímek és a nőtények  $EM_{50}$ -értékei és MED-értékei (a kirepülés kezdete óta eltelt időnek a kirepülés napjain talált exuviumok számával súlyozott átlagértéke) átlagának összehasonlításával vizsgáltuk, amihez páros t-próbát használtunk.

A teljes kirepüléskori ivararány vizsgálatához folyószakaszonként és fajonként  $\chi^2$ -próbalával hasonlítottuk a kirepült hímek és nőtények számát az elméleti 1:1 arány esetén várható értékekhez. Variációs koefficienssel jellemeztük az ivararányban tapasztalt variabilitást. Az ivararányt a hímek százalékos arányában (%♂) fejeztük ki a teljes kirepülési időszakban gyűjtött összes exuvium számára vonatkoztatva. Továbbá megállapítottuk a hímek arányát a kirepülés következő periódusaira vonatkozóan: a kirepülés kezdetétől az  $EM_{25}$  és  $EM_{35}$  eléréséig, valamint az  $EM_{75}$  és  $EM_{100}$ , továbbá az  $EM_{90}$  és  $EM_{100}$  közötti időpontokban. Az előbbieket a kirepülés elején, míg az utóbbiak a kirepülés végén jellemző ivararányt mutatják. Az ivararány és a vízhőmérséklet közötti kapcsolat elemzéséhez kétféle hőmérsékleti változót használtunk. Egyrészt külön-külön kiszámítottuk a kirepülést megelőző két évben a napi vízhőmérséklet-adatok átlagértékét a március 1-től szeptember 30-ig terjedő időszakra ( $T_{-2}$ ,  $T_{-1}$ ). Meghatároztuk továbbá az aktuális ( $T_{-2}$ ,  $T_{-1}$ ) és a hosszútávú átlaghőmérséklet közötti különbséget. Az ivararány és a vízhőmérséklet közötti összefüggést Pearson korrelációanalízissel vizsgáltuk.

A lárvák által megtett távolságok fajok közötti és fajon belüli különbségeit Kruskal–Wallis tesztel vizsgáltuk. A fajok, illetve helyek közötti különbségeket páronkénti post hoc Mann–Whitney tesztekkel elemeztük. A két *Gomphus*-faj esetében az azonos körülmények között kirepülő egyedeik által megtett távolságok közötti eltérést páros t-próbalával vizsgáltuk. A megtett napi átlagos távolságok és a vízhőmérséklet, vízállás, valamint a kirepülés kezdetétől eltelt napok száma közötti összefüggések megállapításához Spearman rangkorrelációt használtunk. A megtett távolság és a partmedekség közötti kapcsolatot fajonként Pearson korrelációval vizsgáltuk. A két *Gomphus*-faj kirepülési időszakában jellemző átlagos napi vízszintemelkedést Mann–Whitney tesztel hasonlítottuk össze. A szitakötők lárvái által a kirepüléshez választott aljzatokat 11 típusba soroltuk. Az aljzatválasztás fajok közötti, valamint fajon belüli különbségeit főkomponens-

analízissel (PCA) vizsgáltuk. Fajonként végzett kétutas ANOVA-val elemeztük, van-e különbség folyószakaszonként, valamint aljzattípusonként a szitakötők egyedszámában.

A mortalitási eseteket három fő mortalitási típusba soroltuk (tökéletlen vedlés, tökéletlen szárnybontás, predáció). A halálozásért felelős tényezőket ugyancsak három csoportba soroltuk (túlzsúfolódás, fizikai tényezők, ragadozók). Az elpusztult egyedek mellett a sérült vagy deformálódott, röpképtelen példányokat is mortalitási eseteknek tekintettük. Spearman rangkorrelációval vizsgáltuk, hogy milyen összefüggés van egyes gyűjtési időpontokban kirepült egyedek száma és az elpusztult egyedek száma, illetve aránya között.

## 4. AZ ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

### 4.1. A folyamiszitakötő-együttesek összetétele

- Munkánk során új adatokkal bővítettük ismereteinket a folyami szitakötők hazai elterjedéséről és mennyiségi viszonyairól. Először bizonyítottuk a négy folyami szitakötő együttes előfordulását a Duna Szentendrei-szigetet közrefogó fő- és mellékágában, míg a Szamoson kibővítettük ennek határát. A folyami szitakötők kirepült egyedeinek számában mind a vizsgált folyószakaszok között, mind pedig folyószakaszon belül jelentős eltérések mutatkoztak. A Felső-Tiszán az általunk tapasztalhoz hasonló, néhány folyamkilométeren belül történő nagymértékű változásokat eddig még nem dokumentáltak. Mindemellett első alkalommal írtuk le a Duna Szentendrei-szigetet közrefogó fő- és mellékágában jellemző mennyiségi viszonyokat.
- Vizsgálatainkban először bizonyítottuk, hogy a *G. flavipes* mennyiségi viszonyainak alakulásában meghatározó kedvezőtlen tényező a kövezés jelenléte, bár korábbi megfigyelések már utaltak erre. A másik három faj szempontjából a mesterséges kőszórásos partszakaszok nem tekinthetők kevésbé kedvezőnek, sőt, a *G. vulgatissimus* több esetben ezeken a helyeken fordult elő a legnagyobb egyedszámában.

### 4.2. A folyami szitakötők kirepülése

- Vizsgálataink során újabb (tiszai, szamosi és dunai) adatokkal támasztottuk alá az eddigi, csak tiszai állományok felméréséből származó

(JAKAB 2006; MÁTYUS 2006) ismereteket a hazai folyami szitakötők fenológiájára vonatkozóan. A kirepülést valamennyi vizsgált folyószakaszon a *G. vulgatissimus* kezdte április vége és május közepe között. Ezt május közepén, június elején az *O. cecilia* és az *O. forcipatus* követte. A kirepülési sort a *G. flavipes* zárta május vége és június közepe közötti kezdettel. A kirepülési időszakok a két *Gomphus*-faj esetében időben jól elkülönültek. Az *O. cecilia* és az *O. forcipatus* kirepülési időszakai az előzőek közé estek, és azokkal csekély mértékű átfedést mutattak. Az újabb eredmények alapján a fajok kirepülési sorrendjének és a kirepülési időszakok elkülönülésének sajátosságai nem csak a Tiszán jellemzőek, hanem nagy valószínűséggel általános érvényűek a Kárpát-medence nagy folyóiban.

- A vizsgált fajok kirepülési mintázatával kapcsolatos eredményeink részben alátámasztják az eddigi ismereteket, részben viszont ellentmondanak azoknak. A tavaszi és nyári típusú kirepülési mintázat (CORBET 1999) nem minden esetben különíthető el egyértelműen, ráadásul ugyanaz a faj bizonyos feltételek mellett tipikus tavaszi típusú (korán kezdődő, szorosan szinkronizált, rövid ideig tartó kirepülés), míg más feltételek mellett tipikus nyári típusú (később kezdődő, kevésbé szinkronizált és időben elnyújtott kirepülés) fajként is viselkedhet. A tavaszi típusú fajként számon tartott *G. vulgatissimus* szorosan szinkronizált kirepülése alapján minden vizsgált folyószakaszon tavaszi típusú fajként viselkedett, bár a Közép-Tiszán a kirepülési időszak feltűnően hosszú (70 nap) volt, amire ennél a fajnál mindeddig nem volt példa. A nyári típusú fajok közé sorolt *O. cecilia* esetünkben inkább a tavaszi típusú fajok sajátosságait mutatta. Az ellentmondásos besorolású *O. forcipatus* esetünkben ugyancsak tavaszi típusú fajként viselkedett. A nyári típusú fajok közé sorolt *G. flavipes* fajnál a vizsgált folyószakaszokon tipikus nyári és tipikus tavaszi típusú kirepülésre, valamint a kettő közötti átmenetre egyaránt volt példa.
- Eddigi ismereteink alapján folyami szitakötőknél első alkalommal vizsgáltuk a naponta kirepülő egyedek száma és az aktuális vízhőmérséklet, valamint az aktuális vízállás közötti összefüggést. A vízhőmérséklet és az egyedszámok közötti összefüggés a vártnak megfelelően pozitív volt. A vízállás és az egyedszámok között talált összefüggések alapján magasabb vízállás esetén csökken a naponta kirepülő egyedek száma. Ugyanakkor a vízhőmérséklet és a vízállás közötti szignifikáns kapcsolat miatt

nem választható szét a két tényező hatása. A fentiek alapján a kirepülés időszakában jellemző lokális tényezők hatása a naponta kirepülő egyedek számára egyben azt is jelenti, hogy ezek a tényezők befolyásolhatják a kirepülés mintázatát és a szinkronizáltság mértékét is. Ez hozzájárulhat ahhoz, hogy ugyanannak a fajnak a különböző populációi között eltérések lehetnek a kirepülési mintázatban.

- Megállapítottuk a kirepülés megkezdéséhez szükséges, fajra jellemző hőösszegeket és vízhőmérsékleteket. Az *O. forcipatus* esetében ez első alkalommal történt meg. A másik három fajnál eredményeink kiegészítik és alátámasztják az eddigi, korlátozott számú ismeretet. Vizsgálunkban a kirepülés kezdetéig számított hőösszeg és a kirepülés kezdetkor mért aktuális vízhőmérséklet hasonló variabilitása arra utal, hogy ez a két tényező együttesen határozza meg a kirepülés kezdetét, ami ellentmond az irodalmi adatoknak (MÜLLER 1995). A kirepülés megkezdéséhez szükséges, fajra jellemző hőösszeg azt is jelenti, hogy a kirepülése eltérő hőmérsékleti viszonyokkal jellemezhető helyeken és/vagy években jelentős különbségekkel kezdődhet.
- A vizsgált fajokra vonatkozóan eredményeink megerősítették folyami szitakötőknél jellemzőnek tartott protandria meglétét.

#### 4.3. A folyami szitakötők kirepüléskori ivararánya

- Egyértelmű eltolódás a kirepüléskori ivararányban valamelyik ivar javára egyik fajnál sem mutatkozott, hanem kisebb-nagyobb mértékű nősténytöbbség és hímtöbbség egyaránt előfordult. Ez ellentmond annak az általános jelenségnek, miszerint a nagyszitakötők esetében a nőstények számbeli fölénye jellemző (CORBET és HOESS 1998). Adatainkat család szinten figyelembe véve az ivararány variabilitása – a szakirodalomhoz hasonlóan (CORBET és HOESS 1998) – kisebb a nagyobb egyedszámú gyűjtésekben. A *G. flavipes* esetében azonban a fentiek ellenkezőjét tapasztaltuk: a nagyobb mintákban némileg nagyobb volt az ivararány variabilitása.
- Ismereteink szerint első alkalommal vizsgáltuk a kirepüléskori ivararány és a lárvális fejlődés alatti vízhőmérséklet közötti kapcsolatot. A két *Gomphus*-fajnál a kirepüléskori ivararány a kirepülést megelőző év vízhőmérsékletével volt összefüggésben, de ez a kapcsolat pozitív volt *G. flavipes* és negatív a *G. vulgatissimus* esetében. A vízhőmérséklet hatása

a kirepüléskori ivararányra valószínűleg a csoporthasadáson keresztül közvetített: a lárvák vízhőmérséklettől függő méretű kisebb csoportja, amely a hímek gyorsabb fejlődése miatt nem egyenlő arányban tartalmaz hímeket és nőstényeket, befolyásolja a kirepüléskori ivararányt. A vízhőmérséklet évről-évre történő ingadozása ilyenformán nem eredményez hosszútávú, következetes eltolódást az ivararányban, de magyarázhatja az évek közötti variabilitást.

#### 4.4. A folyami szitakötők lárváinak kirepülést megelőző viselkedése

- Újabb adatokkal erősítettük meg az eddigi korlátozott ismereteinket a *G. flavipes* és a *G. vulgatissimus* imágóvédelméhez szükséges időről. Ez a *G. vulgatissimus* esetében hosszabb, mint a *G. flavipes* fajnál.
- Eredményeink alapján megállapítható, hogy a folyami szitakötők lárvái által a vízszegélytől az imágóvédelem helyéig megtett távolság faji sajátosságokból ered, amit a lokális tényezők jelentősen befolyásolnak. Vizsgálatunk során a megtett átlagos távolságokban a fajok közötti sorrend állandónak bizonyult: minden folyószakaszon a lárvák által megtett legnagyobb távolság a *G. vulgatissimus* fajra volt jellemző, ezt követte (ahol előfordult) az *O. cecilia*, majd a *G. flavipes*, végül az *O. forcipatus* (ahol előfordult). Emellett ugyanannak a fajnak a lárvái a különböző vízfolyásokon jelentősen eltérő távolságokat tettek meg. A vizsgált fajok esetében első alkalommal elemeztük a lárvák által a kirepülés helyéig megtett távolság, a vízhőmérséklet, a vízállás és a partmeredekség közötti kapcsolatot. A napi átlagos távolság és az aktuális vízhőmérséklet közötti korrelációk fajonként eltérőek voltak (pl. nem volt korreláció az *O. cecilia*, pozitívak voltak a *G. flavipes* esetében). Emellett volt példa a fajon belüli eltérő korrelációkra (*G. vulgatissimus*) is. A napi átlagos távolság és az aktuális vízállás között negatív kapcsolatot találtunk. Ugyanakkor a vízhőmérséklet és a vízállás közötti szignifikáns kapcsolat miatt nem választható szét a két tényező hatása. Azonban az eredmények azt sugallják, hogy a vízállás van tényleges kapcsolatban a távolsággal, és a vízhőmérséklettel kapott korreláció csak a vízállás és a hőmérséklet közötti összefüggésből adódik. Eredményeink alapján a partmeredekség jelentős hatással van a lárvák által megtett út hosszára, negatívan befolyásolva azt. A *G. vulgatissimus* (amelynél hosszabb ideig tart a kirepülés) lárvái által megtett nagy távolság nagy valószínűséggel

az éppen vedlő egyedek hirtelen vízszintemelkedés miatti elsodródását segít elkerülni.

- Eredményeink alapján a folyami szitakötők bármilyen, stabil megkapaszkodásra alkalmas természetes vagy mesterséges aljzatot választhatnak az imágóvédelethez. Másik jellegzetessége a kirepülési aljzatoknak, hogy általában lehetővé teszik a vízszintestől eltérő testhelyzetben való vedlést. Eredményeink alapján sem fajon belül, sem a fajok között nincs felismerhető mintázat az aljzatválasztásban. A választott aljzatok aránya a partszakaszon rendelkezésre álló aljzatok arányával mutat kapcsolatot, azon a távolságtartományon belül, amit az adott faj lárvái a vízszegélytől a kirepülés helyéig megtesznek. Eredményeink szerint tehát az imágóvédelem szempontjából nem az aljzat milyensége a meghatározó, hanem annak megfelelő távolsága a vízszegélytől.

#### 4.5. A folyami szitakötők kirepüléskori mortalitása

- A vizsgált fajok teljes kirepüléskori mortalitásáról csak kevés ismeretünk van (KERN 1999; MÜLLER 1995), így eredményeink újabb információkkal járulnak hozzá a folyami szitakötők mortalitási jellemzőinek megismeréséhez. A *G. vulgatissimus* kirepüléskori mortalitása a Közép-Tiszán és a Dunán hasonlóan csekély mértékű volt. Ezzel szemben a *G. flavipes* halálózási aránya nagyobb volt, mint az előző fajnál, továbbá a Közép-Tiszán tapasztalt mortalitás jócskán felülmúlta azt, amit a Dunán találtunk.
- Vizsgálatunkban kimutattuk, hogy a *G. flavipes* esetében a kirepüléskori mortalitás denzitásfüggő (nagyobb egyedsűrűség esetén nagyobb a mortalitás), amit az összegyedszám és az elpusztult egyedek összegyedszámhoz viszonyított aránya közötti pozitív összefüggés egyértelműen bizonyít. Ezzel szemben a *G. vulgatissimus* esetében nem találtunk a fentihez hasonló összefüggést, ami utalhat a fajok közötti különbségekre. Ugyanakkor ennél a fajnál az elpusztult egyedek száma igen kicsi volt, és ez is oka lehet annak, hogy az összefüggések nehezebben értelmezhetők.
- Megállapítottuk, hogy a mortalitási típusok aránya és a halálózásért felelős tényezők között jelentős eltérés lehet egy adott faj különböző populációiban. A vizsgált fajok tekintetében eddig csak a *G. vulgatissimus* esetében ismertünk erre vonatkozó adatokat (KERN 1999; MÜLLER

1995), így eredményeink ebből a szempontból hiánypótlónak tekinthetők. A mortalitási típusokban és a halálozásért felelős tényezőkben adott helyen a fajok között is markáns különbségeket tapasztaltunk. Ez utóbbi eredmények ellentmondanak annak, hogy a közelrokon folyamiszitakötő-fajokra adott helyen jellemző mortalitási típusok és a felelős tényezők hasonlóak (MÜLLER 1995). Az általunk tapasztalt különbségek részben lokális tényezőkre, részben a fajok eltérő kirepülési stratégiájára és populációméretére vezethetők vissza. A nagyobb egyedszámú, a vízszegélyhez közeli, szűk sávban kirepülő egyedekből álló populációkban (*G. flavipes*) nagyobb a halálozások aránya, mint a kis egyedszámú és a vízszegélytől távolabb, szélesebb sávban és így területileg elszórtan vedlő egyedekből álló populációkban (*G. vulgatissimus*). Ez egyrészt abból adódik, hogy a nagyobb sűrűségben kirepülő populációnál nagyobb a predációs nyomás, másrészt a vízszegélyhez közel vedlő egyedek jobban ki vannak téve az antropogén eredetű hullámverésből adódó mortalitásnak. Ez utóbbi természetvédelmi szempontból is figyelmet érdemlő tényező.

- Megfigyeléseink során számos új ismeretre tettünk szert a folyami szitakötők halálozásért felelős tényezőkkel szembeni védekező magatartásáról. Esetleírásokon keresztül mutattuk be, hogy a lárvák korlátozottan még tudnak sikeresen védekezni a közvetlen veszélyekkel szemben (pl. ragadozók, hullámverés, kedvezőtlen időjárási körülmények), de az éppen vedlő vagy frissen vedlett imágók erre szinte teljesen képtelenek.

## 1. INTRODUCTION

The family of riverine dragonflies (Gomphidae) belongs to the sub-order Anisoptera in the order Odonata. This family is represented by four species in Hungary: *Gomphus flavipes flavipes* (Charpentier, 1825), *Gomphus vulgatissimus* (Linnaeus, 1758), *Onychogomphus forcipatus forcipatus* (Linnaeus, 1758) and *Ophiogomphus cecilia* (Fourcroy, 1785). Their larvae mostly inhabit running waters ranging from small watercourses to large rivers, but occasionally are found in standing waters too (AMBRUS et al. 1997; DIJKSTRA 2006). In large rivers often they are the only representatives of Anisoptera, co-occurring only with some damselfly (Zygoptera) species. Due to their high densities (JAKAB 2006; JAKAB & DÉVAI 2008; MÜLLER 1995; SUHLING & MÜLLER 1996), they have a notable role in the nutrient cycle.

In the second half of the last century the populations of these species seemed extinct in most of western and central Europe and were threatened by water pollution, modification of the riverbed and the bank (ASKEW 2004; CORBET & BROOKS 2008; DIJKSTRA 2006; SUHLING & MÜLLER 1996). In the 1990s the species staged strong comeback and reappeared in many sites where they deemed extinct (DIJKSTRA 2006; SUHLING & MÜLLER 1996). However, *G. flavipes* and *O. cecilia* are still threatened because of their scattered populations in a large part of Europe (AMBRUS et al. 1997; ASKEW 2004; DIJKSTRA 2006). Due to their vulnerability all four species are protected by law in Hungary [100/2012. (IX. 28.) VM order]. Moreover, *G. flavipes* and *O. cecilia* are listed on annexes of Bern Convention and Habitats Directive of European Union, and are also among the species selected for Hungarian National Biodiversity Monitoring System (AMBRUS et al. 1997; KALKMAN et al. 2010). Since these species are notably abundant in some Hungarian rivers (DÉVAI et al. 2010; JAKAB 2006; JAKAB & DÉVAI 2008), it is our responsibility to ensure their survival. Therefore, all information dealing with the biology (e.g. distribution, population size, behavior) of the Hungarian species are of particular importance.

## **2. AIMS**

### **2.1. Composition of riverine dragonfly assemblages**

- To study and compare the species composition and abundances of riverine dragonfly assemblages along different sections of the Tisza, Szamos and Danube rivers.
- To reveal the effect of paving on the abundance of riverine dragonflies.

### **2.2. Emergence of riverine dragonflies**

- To describe and compare the phenology of the four Hungarian riverine dragonfly species.
- To describe and compare the emergence patterns of each species in different habitats.
- To find out the relationships between the numbers emerging and the actual water temperature and water level during the emergence period.
- To determine the species-specific temperature sum and actual water temperature at the onset of emergence.
- To study the differences between the males and females in the timing of emergence.

### **2.3. Sex ratio at emergence in riverine dragonflies**

- To assess the sex ratio at emergence and to study its imbalance and variability.
- To find out the relationships between the sex ratio at emergence and the water temperature during the larval development in the populations of the common *Gomphus* species along the Tisza and Szamos rivers.

### **2.4. Emergence behavior of the larvae of riverine dragonflies**

- To measure the duration of the molt in two *Gomphus* species.
- To find out the differences among the studied species and within a species in the distance travelled by larvae from the water line to the emergence site. To reveal whether the distance is species-specific, and whether it is affected by local factors (e.g. water temperature, water level, slope of the river bank).

- To find out whether the species favor a given support type for emergence and whether the studied species differ in emergence support-selection.

### **2.5. Mortality during emergence in riverine dragonflies**

- To quantify overall mortality during emergence in the populations of *G. flavipes* and *G. vulgatissimus* along the Middle-Tisza and the Danube.
- To find out the relationship between the mortality rate and the density of the population.
- To quantify the ratio of different types and causes of mortality and to study the variations between species and sites.
- To observe the defensive strategies of riverine dragonflies against the factors causing mortality.

## **3. MATERIALS AND METHODS**

Systematic collections of exuviae were carried out in three years at six hydrologically and hydromorphologically different sites along the Tisza, Szamos and Danube rivers:

- in 2008 along the Upper-Tisza at Jánd (687–689 river kilometre, right bank) and at Vásárosnamény (684–685 rkm, left bank), as well as along the River Szamos at Olcsva (3–4 rkm, left bank),
- in 2009 along the Middle-Tisza between Tiszacsege and Tiszafüred (432,9–450 rkm, left bank),
- in 2011 along the Danube between Tótfalu and Horány (1665–1680 rkm, right bank) and along the Szentendrei-Duna between Tahí and Leányfalu (16–20 rkm, right bank).

At each sampling site exuviae were collected on standardised areas, 20 meter long stretches of the riverbanks. The number of the 20 meter long stretches at a given sampling site was dependent on the practicability of the long-term and systematic collection. Accordingly, three-three stretches were marked out along the Upper-Tisza, Szamos, Danube and Szentendrei-Duna, while six stretches along the Middle-Tisza. The stretches at a given sampling site differed in riverbank characteristics (ranging from almost flat to steep bank) and riparian vegetation (from dense to scattered stands of trees

or bushes with different undergrowth cover). Furthermore, paved stretches were also marked out where it was possible.

Collections of exuviae were carried out during the whole emergence period of the species; collections were made mostly daily from 23 April to 13 August 2008 along the Upper-Tisza and Szamos; two times a week from 28 April to 10 August 2009 along the Middle-Tisza; and daily from 23 April to 15 August along the Danube and Szentendrei-Duna. Altogether we spent 227 days on the field. Additionally, occasional collections were made in 2012 along Transdanubian rivers and streams (Rába, Zala, small water-courses in Balaton Uplands).

During collections the riverside ground and the vegetation were searched extensively for the moulted exuviae. In the case of all exuviae found in situ, the distance travelled by the larvae from the water line to the emergence site and the type of the selected emergence support was recorded. In some cases the duration of the molt was measured in the two *Gomphus* species. Dead and damaged specimens as well as dragonfly wings left behind by birds were collected and the causes of mortality were noted.

At each 20 meter long stretch the slope of the riverbank was recorded. Long-term (20-year, 1989–2009) water temperature and water level data were obtained from different databases.

To describe the composition of the riverine dragonfly assemblages the mean numbers of individuals for a 20 meter long stretch and the relative abundances were used. The mean numbers of individuals at paved and non-paved stretches were compared using paired t-test.

The patterns of emergence of each species were characterized by the onset, the duration and  $EM_{50}$  values (the time in days by which 50% of the annual population has emerged, showing the degree of synchrony). Spearman rank correlation was used to reveal the relationships between daily numbers emerging and actual water temperature and water level, as well as between the water temperature and water level for each site and species. Actual water temperature at the onset of emergence ( $T_{akt}$ ) and temperature sum until the actual date of the onset ( $T_{sum}$ ) was determined. Variation coefficient was used to describe the variability of these temperature characteristics within a species.  $T_{akt}$  and  $T_{sum}$  values of the two *Gomphus* species were compared using Mann-Whitney test. To demonstrate protandry  $EM_{50}$  and MED (mean emergence day: the weighted mean of days elapsed since the

beginning of emergence) values of males and females were compared using paired t-test.

Chi-square test was applied to reveal whether the observed sex ratios differ from the theoretical 1:1 ratio. Variation coefficients were used to describe the variability of sex ratio. To reveal the relationship between sex ratio and water temperature Pearson correlation was used. In correlation tests sex ratio was expressed as a percentage of males (%♂) of the total number of exuviae collected during the whole emergence period. Percentages of males were also calculated for distinct periods of emergence: %♂ from the beginning of emergence until EM<sub>25</sub> and EM<sub>35</sub> was reached, as well as %♂ between EM<sub>75</sub> and EM<sub>100</sub> and between EM<sub>90</sub> and EM<sub>100</sub>. The former ones were to represent the early beginning, while the latter ones the late end emergence distribution of the sexes. In correlation tests two types of temperature variables were used. First, we calculated the mean water temperature for the period from 1 March to 30 September separately in the years one and two years preceding the emergence (T<sub>-2</sub>, T<sub>-1</sub>). On the other hand, the temperature differences between the actual mean temperatures (T<sub>-2</sub>, T<sub>-1</sub>) and the long-term mean temperature were calculated.

The distances travelled by the larvae were compared among and within species using Kruskal-Wallis test. Pairwise Mann-Whitney tests were performed to reveal the differences between species and sites. The distances travelled by the larvae of the two *Gomphus* species under the same conditions were compared using paired t-test. Spearman rank correlation tests were used to find out the relationships between the daily mean distances and the water temperature, water level and the number of days elapsed since the onset of emergence. Pearson correlation was used to analyze the relationship between the distance and the slope of the riverbank. The daily mean increases in water level during the emergence period of the two *Gomphus* species were compared using Mann-Whitney test. The supports selected by the larvae for emergence were classified into 11 support types. The differences among and within species in support-selection were studied using Principal Component Analysis (PCA). Two-way ANOVA was used to study the effect of sites and support types on the number of individuals.

Mortality events were classified into three main types (failure to molt, failure to expand the wings and predation) and three main causes (physical factors, overcrowding and predation). Besides dead specimens,

damaged or deformed individuals unable to fly were also considered as mortality events. Spearman correlation was used to test the relationship between numbers emerging and the number or the ratio of dead specimens at each collection date.

## 4. NEW SCIENTIFIC RESULTS

### 4.1. Composition of riverine dragonfly assemblages

- In our study new data were given on the Hungarian distribution and abundance of riverine dragonfly species. In the case of the Danube branches along the Szentendrei-sziget the co-occurrence of the four Hungarian gomphid species was reported for the first time, while the range of the co-occurrence was expanded in the Szamos river. Remarkable differences were found in abundances of the gomphid species among or even within the studied river sites. The short-distance changes in the composition of riverine dragonfly assemblages found in our study have not been described yet. Data on the size of gomphid populations in the Danube branches along the Szentendrei-sziget were reported for the first time.
- In this study we gave the first evidence of the negative influence of paving on the abundance of *G. flavipes*, however there have been similar observation. For the other three species the paving did not seem unfavorable, and even in *G. vulgatissimus* higher abundances were found at the paved stretches in many cases.

### 4.2. Emergence of riverine dragonflies

- In our study new data, arising from the Tisza, Szamos and Danube rivers, were given to complete our knowledge on the phenology of Hungarian riverine dragonflies, previously described only from the River Tisza (JAKAB 2006; MÁTYUS 2006). At all studied sites *G. vulgatissimus* was the first to start the emergence between late April and mid-May. This was followed by *O. cecilia* and *O. forcipatus* with the onset of emergence falling between mid-May and early June, while *G. flavipes* emerged latest, beginning between late May and mid-June. The emergence of *G. vulgatissimus* and *G. flavipes* were segregated temporally. The emergence periods of *O. cecilia* and *O. forcipatus* fell between

those of the *Gomphus* species showing some overlap. Based on our new results the seasonal placement and separation of emergence periods of the studied species are most likely to be general in the rivers of the Carpathian basin.

- Our results on emergence patterns of the studied species partly support but partly contradict the previous works. The classification of species into ‘spring’ or ‘summer’ species (CORBET 1999) based on the emergence pattern is not unambiguous in every case. Moreover, emergence pattern of a given species can be of either ‘spring’ (emerge early in the season, have close synchronization and short duration) or ‘summer’ (emerge later in the season, have less synchronized and extended emergence) type under different conditions. The ‘spring’ species *G. vulgatissimus* showed the characteristics of ‘spring’ species due to the highly synchronized emergence at all study sites. However, the 70-day duration of the emergence period found at the Middle-Tisza is exceptionally long, and has not been recorded for this species yet. Contrary to the literature, *O. cecilia* showed the characteristics of the ‘spring’ species rather than the ‘summer’ species, while the controversially classified *O. forcipatus* also emerged as a ‘spring’ species. The ‘summer’ species *G. flavipes* showed the characteristics both of typical ‘summer’ and ‘spring’ species, and some intermediate types were also found.
- Up to date it was the first attempt to study the relationships between the daily numbers emerging and the actual water temperature and water level in riverine dragonflies. The numbers emerging correlated positively with the water temperature, as it was expected. Negative correlation was found between the numbers emerging and the water level. However, due to the significant correlation between the water temperature and the water level, the influence of the two factors could not be clearly distinguished. Nevertheless, these correlations also mean that local factors affecting the daily numbers emerging may also influence the pattern and the synchrony of emergence, contributing to the variations in emergence patterns found among populations of the same species.
- The species-specific temperature sums and actual water temperatures to initiate the emergence were established for all species; in the case of *O. forcipatus* for the first time. For the other three species our results support and complete our limited knowledge. In contrast to literature (MÜLLER 1995), the similar variability in the actual water temperature

and temperature sum suggests that these factors jointly determine the onset of emergence. The species-specific temperature sum contributes to the differences in the actual date of the onset of emergence at sites and/or in years characterized by various temperature regimes.

- In all studied species the protandry, which is thought to be typical of riverine dragonflies, was confirmed by our results.

#### **4.3. Sex ratio at emergence in riverine dragonflies**

- No obvious bias towards one sex could be detected in either species, but sex ratio varied from a slight excess of females to slight excess of males. This is in contrast to the general phenomenon that in Anisoptera female-biased sex ratio is exhibited (CORBET & HOESS 1998). Our results support that the higher the collection the lower is the variability in sex ratio (CORBET & HOESS 1998), when the data were analyzed at family level. In contrast, in *G. flavipes* we found that the variability was higher in large collections than in small ones.
- To our knowledge, it was the first attempt to study the effect of water temperature during larval development on the sex ratio at emergence. In the two *Gomphus* species the sex ratio at emergence was correlated with the water temperature in the year preceding emergence, but this correlation was positive in *G. flavipes* and negative in *G. vulgatissimus*. We concluded that the effect of water temperature can be mediated through cohort-splitting; temperature-dependent development of minor cohorts, including unequal proportions of males and females due to the faster development of male larvae, affects the sex ratio at emergence. Hence the effect of water temperature may not cause a long-term consistent bias, but can explain the year-to-year variations in sex ratio.

#### **4.4. Emergence behavior of the larvae of riverine dragonflies**

- In this study new data were given to the scarce knowledge on the duration of the molt in the two *Gomphus* species. This duration was found to be longer in *G. vulgatissimus* compared to that in *G. flavipes*.
- Based on our results the distance travelled by the larvae from the water line to the emergence site proved to be typical of the species, but was influenced by local factors (e.g. water level, slope of the riverbank). According to the mean distances a consistent species order was found: at

all study sites larvae of *G. vulgatissimus* travelled the longest distance, this was followed by larvae of *O. cecilia* (where occurred), and *G. flavipes*, while the shortest distance was crawled by larvae of *O. forcipatus* (where occurred). Besides this, the distances travelled by the larvae varied widely within a species among the study sites. The relationships between the distance and the water temperature, water level and slope of the riverbank were investigated for the first time in the studied species. The relationships between the daily mean distance and the actual water temperature differed among the species (e.g. no correlation was found in *O. cecilia*, positive in *G. flavipes*). Different correlations within a species (*G. vulgatissimus*) were also found. The correlation between the daily mean distance and the actual water level was negative. However, due to significant correlation between the water temperature and the water level, the influence of the two factors could not be clearly distinguished. Our results suggest that the distance is only affected by the water level, and its correlation to the water temperature come from the correlation between the water temperature and the water level. In addition, the slope of the riverbank has a significant negative effect on the distance travelled from the water line to the emergence site. It is most likely that long distance climbed by *G. vulgatissimus* larvae (in which it takes a longer time to complete the emergence) is to reduce the risk of being washed away by rapid floods during emerging.

- Based on our results the larvae can select any type of natural or artificial supports for emergence that are suitable for stable grasp. On the other hand, these supports are suitable to have the head higher than the rest of the body. Our results showed no obvious pattern in emergence support-selection either among the species or within a species. Support-selection for emergence depended on the ratio of available structures within the distance the larvae crawled from the water line to the emergence site. Hence, not the type but the appropriate distance from the water line of the substrate is substantial for emergence.

#### **4.5. Mortality during emergence in riverine dragonflies**

- Our study contributes with new data to the limited knowledge available on the mortality at emergence of the studied species (KERN 1999; MÜLLER 1995). Overall mortality at emergence of *G. vulgatissimus* was similarly low at the Middle-Tisza and the Danube. In contrast, overall

mortality of *G. flavipes* was higher compared to that of the *G. vulgatissimus*. Moreover, in *G. flavipes* much higher mortality rate was found at the Middle-Tisza than it was at the Danube.

- In this study density-dependent mortality was found in *G. flavipes* (the higher the density the higher is the mortality rate) based on the relationships between the total numbers emerging and ratio of dead individuals. In contrast, in *G. vulgatissimus* no density-dependent mortality was shown, which may indicate between-species difference. However, in the latter species the lack of the correlation may be due to the low numbers of dead individuals.
- Based on our results, the types of mortality may differ greatly between the populations of a given species, such as the factors contributing to mortality. Among the studied species, information on the mortality in different populations has only been available for *G. vulgatissimus* (KERN 1999; MÜLLER 1995). Remarkable differences were also found in the types and causes of mortality between species at the same site, which is contrary to the study that found similarities in closely related gomphid species (MÜLLER 1995). The difference found in our study may be in association with local factors, the population size and the emergence strategy. Mortality rate is higher in populations of individuals emerging in larger numbers, close to the water line in a rather narrow stretch (*G. flavipes*), while mortality rate is lower in populations of individuals emerging in small numbers, far from the water line and being scattered in a larger area (*G. vulgatissimus*). Higher mortality in dense populations is mainly attributed to higher predation pressure; on the other hand, individuals emerging close to the water line suffer higher mortality caused by artificial waves. The latter should be considered as an important factor in point of view of nature protection.
- Our observations contribute to the knowledge on the defensive strategy of riverine dragonflies against factors causing mortality. It is demonstrated via descriptions of mortality events that the larvae have limited ability to avoid the threats during emergence (predators, waves, unfavorable weather conditions), while specimens being in molt and newly emerged adults are almost totally defenseless.

## 5. IRODALOMJEGYZÉK / REFERENCES

- AMBRUS, A. – BÁNKUTI, K. – KOVÁCS, T. (1997): A szitakötők populációsintű monitorozása. In: FORRÓ, L. (szerk.): Rákók, szitakötők és egyenesszárnyúak. Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer V. – Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 35–49.
- ASKEW, R.R. (2004): The dragonflies of Europe. Second edition. – Harley Books, Colchester, 308 pp.
- CORBET, P.S. (1999): Dragonflies: behaviour and ecology of Odonata. – Harley Books, Colchester, 829 pp.
- CORBET, P.S. – BROOKS, S.J. (2008): Dragonflies. – HarperCollins Publishers, London, 454 pp.
- CORBET, P.S. – HOESS, R. (1998): Sex ratio of Odonata at emergence. – International Journal of Odonatology 1: 99–118.
- DÉVAI, GY. – MÁTYUS, B.I. – MISKOLCZI, M. – JAKAB, T. (2010): Folyami szitakötők (Odonata: Gomphidae) előfordulási sajátosságai a Tiszában exuviumvizsgálatok alapján. In: LÓKI, J. (szerk.): Interdiszciplinaritás a természet- és társadalomtudományokban. Tiszteletkötet Szabó József geográfus professzor 70. születésnapjára. – Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszéke, Debrecen, p. 61–70.
- DIJKSTRA, K.-D.B. (szerk.) (2006): Field guide to the dragonflies of Britain and Europe. – British Wildlife Publishing, Gillingham, 320 pp.
- JAKAB, T. (2006): A Tisza-tó és a Közép-Tisza szitakötő-fajegyütteseinek (Insecta: Odonata) összehasonlító elemzése. Doktori (PhD) értekezés. – Debreceni Egyetem Kossuth Egyetemi Kiadója, Debrecen, 131 pp.
- JAKAB, T. – DÉVAI, GY. (2008): A folyami szitakötők előfordulása Magyarországon a lárva- és exuviumadatok alapján. – Acta biologica debrecina, Supplementum oecologica hungarica 18: 53–65.
- KALKMAN, V.J. – BOUDOT, J.-P. – BERNARD, R. – CONZE, K.-J. – DE KNIJF, G. – DYATLOVA, E. – FERREIRA, S. – JOVIĆ, M. – OTT, J. – RISERVATO, E. – SAHLÉN, G. (2010): European Red List of Dragonflies. – Publications Office of the European Union, Luxembourg, VIII + 28 pp.
- KERN, D. (1999): Langzeituntersuchungen zur Populationsentwicklung und zum Lebenszyklus von *Gomphus vulgatissimus* (Linnaeus) an einem nordwest-deutschen Fließgewässer (Anisoptera: Gomphidae). – Libellula 18: 107–132.
- MÁTYUS, B.I. (2006): Folyami szitakötők (Odonata: Gomphidae) populációinak felmérése a Felső-Tiszán. – Diplomamunka, kézirat, Debreceni Egyetem Hidrobiológiai Tanszék, Debrecen, 45 pp.
- MÜLLER, O. (1995): Ökologische Untersuchungen an Gomphiden (Odonata: Gomphidae) unter besonderer Berücksichtigung ihrer Larvenstadien. Dissertation, Humboldt-Universität, Berlin. – Cuvillier Verlag, Göttingen, VIII + 234 pp.
- SUHLING, F. – MÜLLER, O. (1996): Die Flußjungfern Europas - Gomphidae. In: Die Neue Brehm-Bücherei 628. – Westarp Wissenschaften & Spektrum Akademischer Verlag, Magdeburg & Heidelberg – Berlin – Oxford, 237 pp.

## 6. A JELÖLT TUDOMÁNYOS TEVÉKENYSÉGÉNEK JEGYZÉKE

### 6.1. Az értekezés témakörében megjelent vagy közlésre elfogadott impakt faktoros publikációk jegyzéke

FARKAS, A. – JAKAB, T. – MÜLLER, O. – MÓRA, A. – LAJTER, I. – DÉVAI, GY. (2013): Sex ratio in Gomphidae (Odonata) at emergence: is there a relationship with water temperature? – International Journal of Odonatology, DOI: 10.1080/13887890.2013.825937 (IF: 0,426 2012)

FARKAS, A. – JAKAB, T. – TÓTH, A. – KALMÁR, A.F. – DÉVAI, GY. (2012): Emergence patterns of riverine dragonflies (Odonata: Gomphidae) in Hungary: variations between habitats and years. – Aquatic Insects 34, Supplementum 1: 77–89. (IF: 0,358)

### 6.2. Az értekezés témakörében megjelent vagy közlésre elfogadott referált publikációk jegyzéke

FARKAS, A. – MÓRA, A. – DÉVAI, GY. (2013): Adatok a Duna szitakötő-faunájához (Odonata) a Szentendrei-szigetet közrefogó fő- és mellékág-nál végzett felmérések alapján. – Studia odonatologica hungarica (közlésre elfogadva)

FARKAS, A. – JAKAB, T. – DÉVAI, GY. (2012): Folyami szitakötők (Odonata: Gomphidae) populációinak exuviumokon alapuló felmérése a Tisza jándi szakaszán. – Hidrológiai Közöny 92/5–6: 18–21.

FARKAS, A. – JAKAB, T. – DÉVAI, GY. (2012): Folyami szitakötők (Odonata: Gomphidae) kirepülési sajátosságai a Tiszacsege és Tiszafüred közötti Tisza-szakaszon. – Acta biologica debrecina, Supplementum oecologica hungarica 27: 39–50.

FARKAS, A. – MÓRA, A. – DÉVAI, GY. (2012): A *Gomphus flavipes* és a *G. vulgatissimus* (Odonata: Gomphidae) kirepüléskori mortalitása a Dunán. – Acta biologica debrecina, Supplementum oecologica hungarica 28: 65–82.

FARKAS, A. – JAKAB, T. (2011): Adatok a Borsodi-Tisza-hullámtér szitakötő-faunájához (Odonata). – Studia odonatologica hungarica 13: 89–96.

FARKAS, A. – JAKAB, T. (2011): Adatok a Felső-Tisza-vidék szitakötő-faunájához (Odonata). – Studia odonatologica hungarica 12: 65–75.

FARKAS, A. – JAKAB, T. – DÉVAI, GY. (2011): A folyami szitakötők (Odonata: Gomphidae) lárváinak kirepülést megelőző viselkedése a Ti-

sza vízrendszerén exuviumfelmérések alapján. – Acta biologica debrecina, Supplementum oecologica hungarica 26: 53–66.

FARKAS, A. – JAKAB, T. – DÉVAI, GY. (2009): Folyami szitakötők (Odonata: Gomphidae) populációinak exuviumokon alapuló felmérése a Tisza vásárosnaményi szakaszán. – Acta biologica debrecina, Supplementum oecologica hungarica 20: 65–78.

FARKAS, A. – JAKAB, T. – SCHNITCHEN, CS. – DÉVAI, GY. (2009): Folyami szitakötők (Odonata: Gomphidae) populációinak exuviumokon alapuló felmérése a Szamos olcsvai szakaszán. – Hidrológiai Közlöny 89/6: 101–104.

### **6.3. Egyéb megjelent vagy közlésre elfogadott publikációk jegyzéke**

FARKAS, A. – POLYÁK, L. – MÓRA, A. – LENGYEL, SZ. (2013): A Sajó szitakötő-faunája (Odonata). – Acta biologica debrecina, Supplementum oecologica hungarica 31: 27–39.

MÓRA, A. – POLYÁK, L. – FARKAS, A. (2013): Contribution to the Chironomidae (Diptera) fauna of the Sajó/Slaná River, Hungary and Slovakia. – Acta biologica debrecina, Supplementum oecologica hungarica 31: 69–81.

POLYÁK, L. – COZMA, N.J. – FARKAS, A. – KUNDRÁT, J.T. – MÓRA, A. – LENGYEL, SZ. (2013): Újabb lárvaadatok a Sajó tegzesfaunájához (Trichoptera). – Acta biologica debrecina, Supplementum oecologica hungarica 31: 83–94.

DÉVAI, GY. – FAZEKAS, A. – FARKAS, A. – GRIGORSZKY, I. – NAGY, S.A. (2012): Javaslat egy hidroökológiai metaadatbázis létesítésére a Trans-Tisa Network program keretében. – Acta biologica debrecina, Supplementum oecologica hungarica 27: 27–38.

MÓRA, A. – FARKAS, A. (2012): The Chironomidae (Diptera) fauna of the Szentendrei-Duna, Hungary. – Acta biologica debrecina, Supplementum oecologica hungarica 28: 129–140.

MÁRI, A. – FARKAS, A. – MISKOLCZI, M. – JAKAB, T. – SCHNITCHEN, CS. – DÉVAI, GY. (2008): Testtömeg- és testméretadatok elemzése a mocsári szitakötőknél (*Libellula fulva* Müller, 1764; Odonata: Libellulidae). – Hidrológiai Közlöny 88/6: 130–132.

PRILL, É. – FARKAS, A. – JAKAB, T. – NAGY, S.A. – DÉVAI, GY. (2008): Kalorimetriás vizsgálatok eredményeinek elemzése szitakötőknél (Odonata). – Hidrológiai Közlöny 88/6: 158–161.

- FARKAS, A. – PRILL, É. – JAKAB, T. – MISKOLCZI, M. – GRIGORSZKY, I. – DÉVAI, GY. (2007): Szitakötők (Odonata) testtömeg- és testméretadatainak elemzése. – Hidrológiai Közlöny 87/6: 31–34.
- KOVÁCS, B. – TAKÁCS, P. – FARKAS, A. – DÉVAI, GY. (2004): A bodorka (*Rutilus rutilus* Linneaus 1758) populációinak növekedése a Keleti-főcsatorna eltérő vízhozamú szakaszain. – Hidrológiai Közlöny 84: 62–64.
- TAKÁCS, P. – KOVÁCS, B. – FARKAS, A. – DÉVAI, GY. (2003): A csuka (*Esox lucius* L.) populációk növekedésvizsgálata különböző környezeti adottságú halastavakban és természetes vízterekben. – Halászatfejlesztés 28: 33–39.

#### **6.4. Az értekezés témakörében elhangzott előadások jegyzéke**

- FARKAS, A. – MÓRA, A. – DÉVAI, GY. (2012): A *Gomphus flavipes* és a *G. vulgatissimus* (Odonata: Gomphidae) kirepüléskori mortalitása a Dunán. – IX. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, 2012. április 12–14., Gyula
- FARKAS, A. – JAKAB, T. – DÉVAI, GY. (2010): Folyami szitakötők (Odonata: Gomphidae) populációinak exuviumokon alapuló felmérése a Tisza vásárosnaményi szakaszán. – Tiszafüredi Hidrobiológus Fórum, 2010. november 12., Tiszafüred
- FARKAS, A. – JAKAB, T. – DÉVAI, GY. (2009): Folyami szitakötők (Odonata: Gomphidae) populációinak exuviumokon alapuló felmérése a Tisza vásárosnaményi szakaszán. – VI. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, 2009. április 16–18., Villány
- FARKAS, A. – PRILL, É. – JAKAB, T. – DÉVAI, GY. (2009): Folyami szitakötők (Odonata: Gomphidae) anyagforgalmi szerepe a Felső-Tiszán és a Szamoson. – 8. Magyar Ökológus Kongresszus, 2009. augusztus 26–28., Szeged
- JAKAB, T. – FARKAS, A. – MÁTYUS, B. – DÉVAI, GY. (2009): A folyami szitakötők (Odonata: Gomphidae) kirepülési sajátosságainak összehasonlító elemzése. – 8. Magyar Ökológus Kongresszus, 2009. augusztus 26–28., Szeged

## 6.5. Egyéb előadások jegyzéke

- MÓRA, A. – FARKAS, A. – POLYÁK, L. (2013): A Sajó árvaszúnyog-együttese (Diptera: Chironomidae). – X. Makroszkopikus Vízi Gerictelenek Kutatási Konferencia, 2013. április 11–13., Szalafő
- POLYÁK, L. – COZMA, N.J. – FARKAS, A. – KUNDRÁT, J.T. – MÓRA, A. – PAPP, L. – MIHALICZKU, E. – GÉM, P. – KOVÁCS, B. – LENGYEL, SZ. (2013): A Sajó tegzes (Trichoptera) közösségeinek szerkezetét meghatározó környezeti tényezők vizsgálata. – X. Makroszkopikus Vízi Gerictelenek Kutatási Konferencia, 2013. április 11–13., Szalafő
- MÓRA, A. – FARKAS, A. (2012): A Szentendrei-Duna-ág árvaszúnyogfaunája. – IX. Makroszkopikus Vízi Gerictelenek Kutatási Konferencia, 2012. április 12–14., Gyula
- FARKAS, A. – MÁRI, A. – PRILL, É. – MISKOLCZI, M. – JAKAB, T. – DÉVAI, GY. (2008): Testtömeg-, testméret- és energiatartalom-adatok elemzése folyami szitakötőknél (Odonata: Gomphidae). – V. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, 2008. április 10–12., Nyíregyháza
- PRILL, É. – FARKAS, A. – JAKAB, T. – DÉVAI, GY. (2008): Vergleichende Analyse kalorimetrischer Untersuchungsergebnisse bei Libellen. – 27. Jahrestagung der deutschsprachigen Odonatologen, 2008. März 07–09., Potsdam, Germany
- PRILL, É. – FARKAS, A. – MÁRI, A. – JAKAB, T. – DÉVAI, GY. (2008): Anyagforgalmi vizsgálatok alapozása nagyszitakötőknél (Odonata: Anisoptera). – V. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, 2008. április 10–12., Nyíregyháza
- PRILL, É. – FARKAS, A. – JAKAB, T. – DÉVAI, GY. (2007): Kalorimetriás vizsgálatok elemzése szitakötőknél (Odonata). – XLIX. Hidrobiológus Napok: „A Balaton és vízrendszere – a Balaton-kutatás története” és „A Duna-kutatás története”, 2007. október 3–5., Tihany
- TAKÁCS, P. – KOVÁCS, B. – FARKAS, A. – DÉVAI, GY. (2003): A csuka (*Esox lucius* L.) populációk növekedésének vizsgálata különböző környezeti adottságú halastavakban és természetes vizekben. – XXVII. Halászati Tudományos Tanácskozás, 2003. május 7–8., Szarvas

## 6.6. Az értekezés témakörében készült poszterelőadások jegyzéke

- FARKAS, A. – JAKAB, T. – DÉVAI, GY. (2011): Folyami szitakötők (Odonata: Gomphidae) populációinak exuviumokon alapuló felmérése a Tisza jándi szakaszán. – LIII. Hidrobiológus Napok: „A hidrobiológia szerepe a vízstratégiaiban”, 2011. október 5–7., Tihany
- FARKAS, A. – JAKAB, T. – DÉVAI, GY. (2011): A folyami szitakötők (Odonata: Gomphidae) lárváinak kirepülést megelőző viselkedése a Tisza vízrendszerén exuviumfelmérések alapján. – VIII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, 2011. április 14–16., Jószaó
- FARKAS, A. – JAKAB, T. – TÓTH, A. – DÉVAI, GY. (2010): Variation in emergence dynamics of riverine dragonflies (Odonata: Gomphidae) on the river-system Tisza (Hungary) – 9th European Congress of Entomology, 22–27 August 2010, Budapest, Hungary
- FARKAS, A. – KALMÁR, A.F. – JAKAB, T. – DÉVAI, GY. (2010): Comparative analysis on emergence characteristics of riverine dragonflies (Odonata: Gomphidae) on three different reaches of the River Tisza. – 29. Jahrestagung der deutschsprachigen Odonatologen, 2010. März 19–21., Rothenburg ob der Tauber, Germany
- FARKAS, A. (2008): Folyami szitakötők (Odonata: Gomphidae) populációinak exuviumokon alapuló felmérése a Szamos olcsvai szakaszán. – L. Hidrobiológus Napok: „A hazai hidrobiológia 50 éve”, 2008. október 1–3., Tihany

## 6.7. Egyéb poszterelőadások jegyzéke

- FARKAS, A. – POLYÁK, L. – MÓRA, A. – LENGYEL, SZ. (2013): A Sajó szitakötőfaunája (Odonata). – X. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, 2013. április 11–13., Szalafő
- KOZMA, ZS. – FARKAS, A. – JAKAB, T. – BERZI-NAGY, L. – MISKOLCZI, M. – SZABÓ, L.J. – DÉVAI, GY. (2011): A Szamos folyami szitakötőinek (Odonata: Gomphidae) morfometriai elemzése exuviumok alapján. – VIII. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, 2011. április 14–16., Jószaó
- MÁRI, A. – FARKAS, A. – MISKOLCZI, M. – DÉVAI, GY. (2009): A *Gomphus flavipes* és *G. vulgatissimus* (Odonata: Gomphidae) szárnyainak összehasonlító bélyeganalízise. – VI. Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, 2009. április 16–18., Villány

- FARKAS, A. – MÁRI, A. – PRILL, É. – MISKOLCZI, M. – JAKAB, T. – DÉVAI, GY. (2008): Analysis of body mass, body size and energy content data on Gomphidae. – 27. Jahrestagung der deutschsprachigen Odonatologen, 2008. März 07–09., Potsdam, Germany
- MÁRI, A. – FARKAS, A. (2007): Testtömeg- és testméretadatok elemzése a mocsári szitakötőnél (*Libellula fulva* Müller, 1764; Odonata: Libellulidae). – XLIX. Hidrobiológus Napok: „A Balaton és vízrendszere – a Balaton-kutatás története” és „A Duna-kutatás története”, 2007. október 3–5., Tihany
- FARKAS, A. – PRILL, É. (2006): A testméret és a testtömeg közötti összefüggés elemzése szitakötőknél (Odonata). – XLVIII. Hidrobiológus Napok: „Európai elvárások és a hazai hidrobiológia”, 2006. október 4–6., Tihany
- KOVÁCS, B. – TAKÁCS, P. – FARKAS, A. – DÉVAI, GY. (2003): A bodorka (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758) néhány populációbiológiai paraméterének vizsgálata a Keleti-főcsatorna eltérő vízhozamú szakaszain. – XLV. Hidrobiológus Napok: “Vizeink hosszú idejű változásai”, 2003. október 1–3., Tihany