

Az idegenhonos amurgéb (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) táplálkozás-ökológiájának és hatásának vizsgálata a vízi élőlény-együttesre

Investigating the feeding ecology and effect of the invasive Amur sleeper (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) on the aquatic assemblage

Somogyi Dóra^{1,2}, Erős Tibor³, Mozsár Attila³, Czeglédi István³, Szeles Júlia⁴, Nagy László¹, Antal László¹, Nyeste Krisztián¹

¹ Debreceni Egyetem (DE), Biológiai és Ökológiai Intézet, Hidrobiológiai Tanszék, 4032-Debrecen, Egyetem tér 1.

² Debreceni Egyetem (DE), Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola, 4032-Debrecen, Egyetem tér 1.

³ HUN-REN Balatoni Limnológiai Kutatóintézet (BLKI), 8237 Tihany, Klebelsberg Kuno utca 3.

⁴ HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Vízi Ökológiai Intézet Tisza-kutató Osztály, 4026-Debrecen, Bem tér 18/C.

¹ Department of Hydrobiology, Institute of Biology and Ecology, University of Debrecen, Egyetem Sqr 1, 4032 Debrecen, Hungary.

² Pál Juhász-Nagy Doctoral School of Biology and Environmental Sciences, University of Debrecen, Egyetem Sqr 1, 4032 Debrecen, Hungary.

³ Balaton Limnological Research Institute, Eötvös Loránd Research Network (ELKH), Klebelsberg Kuno street 3, 8237 Tihany, Hungary.

⁴ HUN-REN Department of Tisza Research, Centre for Ecological Research, Institute of Aquatic Ecology, 18/C Bem Sqr, Debrecen 4026, Hungary.

Elérhetőségek:

Somogyi D. (somogyi.dora@science.unideb.hu); Erős T. (eros.tibor@blki.hu); Mozsár A. (moszar.attila@blki.hu); Czeglédi I. (czegledi.istvan@blki.hu); Szeles J. (szeles.julia@ecolres.hu); Nagy L. (nagylaszlo0002@gmail.com); Antal L. (antal.laszlo@science.unideb.hu); Nyeste K. (nyeste.krisztian@science.unideb.hu)

Összefoglalás

Az inváziós fajok terjedése a globalizáció révén egyre gyorsabb ütemben zajlik. Az idegenhonos fajok új élőhelyeken való megtelepedése, majd állományuk méretének növekedése akár visszafordíthatatlan következményekkel is járhat az őshonos élőlény-együttesek esetében. Napjainkban a biológiai inváziót az édesvízi halfajok kihalásáért felelős egyik fő veszélyeztető tényezőként tartják számon. Magyarország halfaunájában számottevő az idegenhonos faunaelemek aránya, melyek közül kiemelendő az inváziós amurgéb (*Perccottus glenii*) térnyerése és hatása a hazai vízfolyások és állóvizek élőlény-együtteseire. A jelen tanulmány alapját képző vizsgálatban a Borsodi-Mezőségben található Hejő-főcsatornában vizsgáltuk az amurgéb táplálkozás-ökológiáját, pontosabb képet kapva a faj táplálékkészletéről, valamint annak egyes élőlénycsoportokra kifejtett hatásáról is. A vizsgálat során két, egymástól a mintavétel intenzitásában eltérő

mintavételi protokollt dolgoztunk ki, hogy tájékozódhassunk az amurgéb táplálékának összetételéről és azok táplálkozásban betöltött szerepéről is. A gyakorlatban is általánosan használt havi mintavételezés révén fény derült az amurgéb széles táplálékkészletére, melynek zömét a makrogerinctelen szervezetek alkották, míg a 10 naponta történő mintázás során igazolódott, hogy az amurgéb effektív ragadozója a kétéltűknek, valamint a lápi póc (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) zsenge ivadékának. Az amurgéb és a lápi póc esetében egy korábbi tanulmányban már igazolták a két faj között fennálló – a táplálékforrásokért folytatott – kompetíciót, mely a jelen vizsgálatban igazolt predációval kiegészülve viszonylag rövid időn belül a lápipóc-állomány erőteljes csökkenéséhez, néhány év leforgása alatt pedig akár egyes populációk kipusztulásához is vezethet.

Kulcsszavak: biológiai invázió, amurgéb, lápi póc, állománycsökkenés, ragadozás

Summary

The spread of invasive species is becoming increasingly problematic due to globalization. Establishing non-native species in new habitats and subsequent population growth can have devastating consequences. Invasion is now considered one of the main threats to the extinction of freshwater fish species. Hungary's fish fauna includes many non-native species, among which the expansion and impact of the invasive Amur sleeper (*Perccottus glenii*) in Hungarian rivers and lakes are particularly noteworthy. In this study, we investigated the feeding ecology of the Amur sleeper in the Hejő-main channel, an artificially created watercourse with dense aquatic macrovegetation located in the Borsodi-Mezőség region. This research provided a more accurate picture of the species' diet and the potential threats posed by the presence of the Amur sleeper to various prey groups. To address these questions, we developed two sampling protocols that differed in sampling intensity. Monthly sampling, a common practice in feeding ecology investigations, revealed the Amur sleeper's broad diet, consisting mainly of macroinvertebrates. However, more intensive sampling every ten days confirmed that the Amur sleeper is an effective predator of amphibian juveniles and the European mudminnow (*Umbra krameri*) fry and highlighted the importance of seasonally available food resources in the diet. Competition for food resources between the Amur sleeper and the mudminnow has been previously documented. However, there was no information about the predatory effect of the Amur sleeper on the European mudminnow. This endemic, short-lives-paned minnow has low fecundity with a small distribution range restricted to the Danube and Dniester Rivers drainage. When predation is also considered, combining these interaction types could lead to a significant decline in mudminnow populations within a relatively short period and even to the extinction of some populations within a few years. The European mudminnow has a sporadic distribution according to its distribution range, and further spread of the Amur sleeper could contribute to the collapse and vanishment of more and more mudminnow populations. Designing further conservational measures is more crucial than ever.

Keywords: biological invasion, Amur sleeper, European mudminnow, population decrease, predation

Jelen cikk a „Somogyi D., Erős T., Mozsár A., Czeglédi I., Szeles J., Tóth R., Zulkupli N., Antal L., Nyeste K. (2023): Intraguild predation as a potential explanation for the population decline of the threatened native fish, the European mudminnow (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) by the invasive Amur sleeper (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877), (a *NeoBiota* folyóiratban megjelent) c. kézirat anyagának újraserkesztett, kiegészített változata.

Bevezetés

A biológiai invázió – mely során egy adott területen, adott tér- és időskálán egy idegenhonos faj elterjedési területe és populációmérete a számára megfelelő élőhelyen, adott tér- és időskálán monoton módon növekszik (Botta-Dukát és mtsai, 2004; Soto et al. 2024) – a felfedezések korát (15–18. század) és a globalizációt követően vált széleskörűvé, az idegenhonos fajok hatása pedig manapság egyre érzékelhetőbbé válik (Gozlan, 2008; Hui & Richardson, 2017; Panagiotakopulu & Garcia, 2023). Egyes inváziós fajok megtelepedésüket követően a természetes ellenségeik híján, képesek olyan szaporodási és terjeszkedési előnyökre szert tenni, amelyek gyakran a közösség domináns elemeivé, idővel pedig „invázióssá” válnak, azonban más tényezők, például az éghajlat vagy az emberi közvetítés is szerepet játszhat a folyamatban (Simberloff és mtsai, 2013; Morais & Reichard, 2018). Édesvizeink a bolygó legdiverzebb élőhelyei közé tartoznak (Häder és mtsai, 2020), a bennük előforduló halfajok több, mint 18 ezer képviselőjével pedig az egyik legdiverzebb, s egyben a legveszélyeztetettebb élőlénycsoportot alkotják (Harrison és mtsai, 2021).

Napjainkra az édesvízi halfajok több, mint 30%-át fenyegeti a kihalás veszélye, 2020-al bezárólag összesen 80 halfajt kipusztultnak, 10-et vadon kihaltak, további 115 fajt pedig kritikusan veszélyeztetettnek nyilvánított a Természetvédelmi Világszövetség (IUCN) (Harrison és mtsai, 2021). A kihalási események hátterében számos tényező áll (pl. klímaváltozás, az élőhelyek degradálódása és megsemmisülése stb.) (Dudgeon és mtsai, 2006), melyek között a biológiai invázió is megtalálható (Clavero & García-Berthou, 2005).

A Magyarországon előforduló idegenhonos halfajok és azok hibridjeinek a száma 2016-tal bezárólag közel 60-ra gyarapodott, mely kiemelkedő értéknek számít összevetve a közel 60 őshonos halfajunk számával (Takács és mtsai, 2017). Egyik ilyen idegenhonos faunaelemünk az amurgéb, melynek első hazai előfordulását 1998-ban közölték a Tisza-tó térségéből (Harka, 1998). Az eltelt két évtized alatt országszerte egyre több előfordulási adatát regisztrálták (Erős és mtsai, 2008; Harka és mtsai, 2008; Ferincz és mtsai, 2012; Takács & Vítál, 2012; Takács és mtsai, 2012). Ennek a Kelet-Ázsiában őshonos fajnak az elterjedési területe az 1916-os behurcolását követően (Spanovskaya és mtsai, 1964) napjainkra már egészen Nyugat-Európáig (Németország, Naab-folyó vízgyűjtője) terjed (Nehring & Steinhof, 2015), jelentős kártételt okozva az őshonos élőlényközösségeket alkotó fajok állományában (Reshetnikov, 2008).

Megtelepedését követően számos halfaj (pl. szivárványos ökle (*Rhodeus amarus* Bloch, 1782), széles kárász (*Carassius carassius* Linnaeus, 1758), kurta baing (*Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843)) esetében dokumentálták az ivadékutánpótlás elmaradását

(Spanovskaya és mtsai, 1964; Reshetnikov, 2008), valamint a makrogerinctelen és kétéltűfajok állományának drasztikus mértékű csökkenését (Reshetnikov, 2003). Ezen tanulmányok azonban nem szolgáltattak bizonyítékkal sem a folyamat hátterében álló okokról, sem pedig az amurgéb hatásáról.

Az elmúlt évtizedek faunisztikai felmérései egyes őshonos faunaelemek – kiváltképp a fokozottan védett lápi póc – állományának visszaszorulását igazolták az amurgéb megjelenését követően (Bănăduc és mtsai, 2022). A két faj között fennálló kölcsönhatásokat tekintve csupán egy akváriumi kísérletről számol be a szakirodalom, melyben az amurgébet a lápi póc táplálékkonkurensként írják le (Grabowska és mtsai, 2019).

Mivel a lápi póc visszaszorulása drasztikus méreteket öltött a Tisza hazai vízrendszere mentén (pl. 95%-os állománycsökkenés a Felső-Tisza vidékéről ismert állományok esetében) (Bănăduc és mtsai, 2022), így érdemesnek véltük megvizsgálni egy másik interakciótípus, a predáció esetleges fennállását és annak mértékét a két faj között.

Figyelembe véve a korábbi tanulmányokban leírtakat, munkánk során azokra a kérdésekre kerestük a választ, hogy milyen szerepe van a haleredetű tápláléknak az amurgéb táplálkozásában, mely halfajok vannak leginkább kitéve az amurgéb jelentette predációs nyomásnak, továbbá van-e összefüggés az amurgéb egyes méretcsoportjai és a gyomortartalom összetétele között. Ehhez feltártuk az amurgéb táplálkozás-ökológiáját, kiemelt figyelmet szentelve a faj őshonos halközösségre kifejtett hatásának.

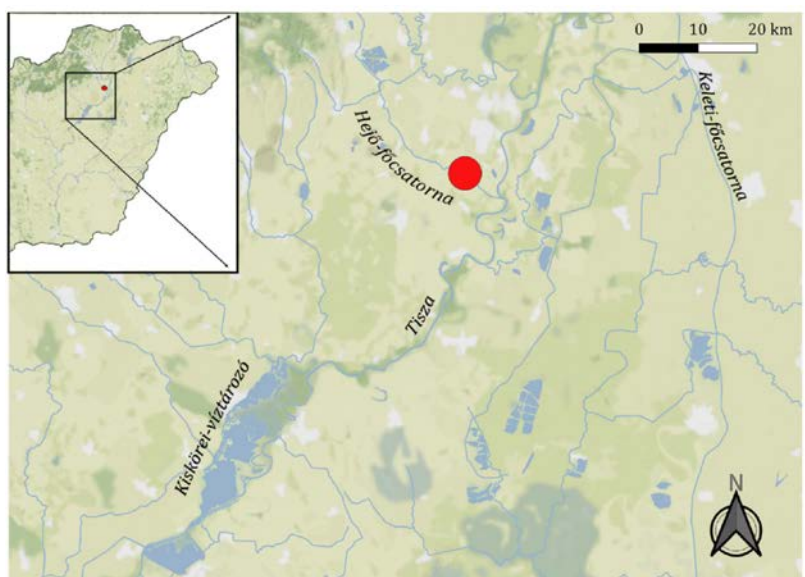
Anyag és módszer

Az amurgéb gyomortartalmának feltárásához egy olyan élőhelyre volt szükségünk, ahol mind a lápi póc, mind pedig az amurgéb egy viszonylag stabil állománnyal képviselteti magát. Korábbi, eddig még nem publikált felméréseink alapján a Kelet-Magyarországi régióban mindössze a Borsodi-Mezőségen található Hejő-főcsatorna hejőkürti szakasza felelt meg az általunk támasztott kritériumoknak. A mintavételi szakasz kezdő EOY koordinátái az alábbiak voltak: Y796350, X282129 (1. ábra). A Miskolctapolca alatt Hejő-patak néven eredő főcsatorna alsó, hejőkürti szakaszát főként vízi növényzettel gazdagon benőtt, pangóvízes állapotok jellemzik, melynek halközösségét főként stagnofil faunaelemek alkotják (Harka & Szepesi 2007; saját, nem publikált eredmények).

A mintavételeket 2020 márciusa és 2021 augusztusa között végeztük. A halak begyűjtése során egy aggregátorról üzemelő, egyenárammal működő német

gyártmányú elektromos kutatóhalászgépet alkalmaztunk (Hans Grassl EL64 II GI, DC, 300/600V max. 7 kW, Hans Grassl GmbH, Németország), a halak begyűjtése és feldolgozása az érvényben lévő Európai Unió Víz Kezeltirányelve (EU VKI) halakra kidolgozott ajánlásoknak megfelelően történt (Sály & Erős, 2016) (engedélyszám: HaGF/134/2019 és HaGF/68/2021). A halfauna felmérése, valamint a halak begyűjtése során az ajánlásoknak megfelelően (Sály & Erős, 2016) gázlós, valamint csónakos mintavételi módszert alkalmaztunk, gázlós mintavétel esetében folyásiránnyal szemben egy 150 méteres szakaszon, míg csónakos módszer esetén pedig folyásiránnyal szemben egy 500 méteres szakaszon végeztük el az egyedek begyűjtését. Annak érdekében, hogy az egyes táplálékalkotók – kiváltképp a haleredetű táplálék – táplálkozásban betöltött szerepét és fontosságát meghatározhassuk, eltérő mintavételi protokollokat dolgoztunk ki, melyek a mintavételek intenzitásában különböztek egymástól.

Az egyik protokoll során egy – a szakirodalomban hagyományos módszerként ismert – havi mintavételezést alkalmaztunk, mely révén egy általános képet kaphattunk a gyomortartalmat alkotó táplálékszervezetekről. A másik protokoll során azonban egy finomabb időbeli felbontást (10 naponta vett minta) választottunk, mely révén a szaporodási időszakról kezdve tártuk fel az egyes zsákmányszervezetek, kiváltképp a haleredetű táplálék táplálkozásban betöltött szerepét. A havi mintavételekre 2020. március 23. és 2021. február 23. között került sor négy hetente történő ismétléssel, összesen 12 alkalommal. Alkalmanként 30 amurgéb egyed került begyűjtésre ($n = 360$), melyek standard testhossza (SL) 28 és 93 mm között változott. Az intenzívebb mintavételezésre 2021 májusa



1. ábra: A Borsodi-Mezőséget átszelő Hejő-főcsatorna (A vizsgálatához kijelölt mintavételi szakaszt a piros kör jelzi)
Fig.1. The Hejő Main Canal crossing the Borsod Plain (The sampling section was dedicated to the red circle)

és augusztusa között került sor, amely során 10 naponta 20 amurgébet ($n = 240$) gyűjtöttünk, standard testhosszuk 45 és 90 mm között változott. A két mintavételi protokoll során begyűjtött egyedek testhosszeloszlásának összehasonlításához a Kolmogorov–Smirnov-féle tesztet használtuk, mely nem mutatott szignifikáns eltérést a begyűjtött egyedek méreteloszlása között ($D = 0,286$; $p = 0,304$). Nem találtunk szignifikáns különbséget az átlagos testhosszok között sem, a havi mintavételezés esetében az átlagos testhossz 58,8 mm, míg a 10 napos mintavételezés során 59,6 mm volt.

A begyűjtött egyedeket szegfűszegolajjal túlaltattuk (Kati és mtsai, 2015), standard (SL), valamint teljes (TL) testhosszukat 0,01 mm pontossággal, digitális tolómérő segítségével mértük le. Ezt követően meghatároztuk az ivarányát, majd pedig vizuálisan megbecsültük a gyomortelítettséget. A testparaméterek rögzítését követően a gyomortartalom jobb konzerválása végett a gyomrot tartalmával együtt kipreparáltuk (Martinez-Palacios & Ross, 1988), majd a további laboratóriumi vizsgálatokig 96%-os alkoholban konzerváltuk. A gyomortartalom feltárást sztereomikroszkóppal (EduBlue – ED.1802-S), a lehető legnagyobb taxonómiai felbontással határoztuk meg. A gyomortelítettséget (a táplálék térfogata alapján) 0 – 100%-os skálán (üres–tele) becsültük meg, az egyes táplálékalkotók százalékos hozzájárulását a teljes gyomortartalomhoz pedig úgy állapítottuk meg, hogy azok összege megegyezzen a teljes gyomortelítettséggel (Hyslop, 1980; Amundsen és mtsai, 1996; Kati és mtsai, 2015).

Eredményeink értékelése során a gyomortartalommal nem rendelkező egyedeket kizártuk a további elemzésekből (Grabowska és mtsai, 2009; Kati és mtsai, 2015). Az egyes táplálékalkotók – kiváltképp a haleredetű zsákmány – jelentőségének meghatározásához kiszámítottuk az egyes táplálékcsoportok előfordulási gyakoriságát ($F_i\%$) ($F_i\% = N_i / N \times 100$), valamint táplálékspecifikus térfogatarányát ($P_i\%$) ($P_i\% = (\Sigma P_i / \Sigma PT_i)$) (Amundsen és mtsai, 1996). Ezekben $F_i\%$ az adott táplálékalkotó Q előfordulási gyakorisága; N_i az adott táplálékalkotót Q fogyasztó halak száma; N a gyomortartalommal rendelkező halak száma. $P_i\%$ az adott táplálékalkotó Q táplálékspecifikus térfogataránya; ΣP_i az adott táplálékalkotó Q százalékos hozzájárulása a gyomortartalomhoz; ΣPT_i az adott táplálékalkotót Q fogyasztó hal teljes gyomortelítettsége (Hyslop, 1980; Labropoulou & Eleftheriou, 1997).

Az amurgébek testhossza és a táplálékösszetétel közötti összefüggések tanulmányozása érdekében a 10 napos intenzív mintavételezés során gyűjtött egyedeket standard testhosszuk alapján 3 méretcsoportba osztottuk: kicsi, ≤ 49 mm SL ($n = 59$); közepes, 50 – 62 mm SL ($n = 96$); és nagy, ≥ 63 mm SL ($n = 53$). A méretcsoportok táplálkozásában fennálló különbségek és átfedések vizsgálatához egy nem-metrikus multidimenzionális skálázási (NMDS) módszert, a skálázásához pedig a Bray–Curtis-féle távolsági indexet alkalmaztuk (stresszérték = 0,13)

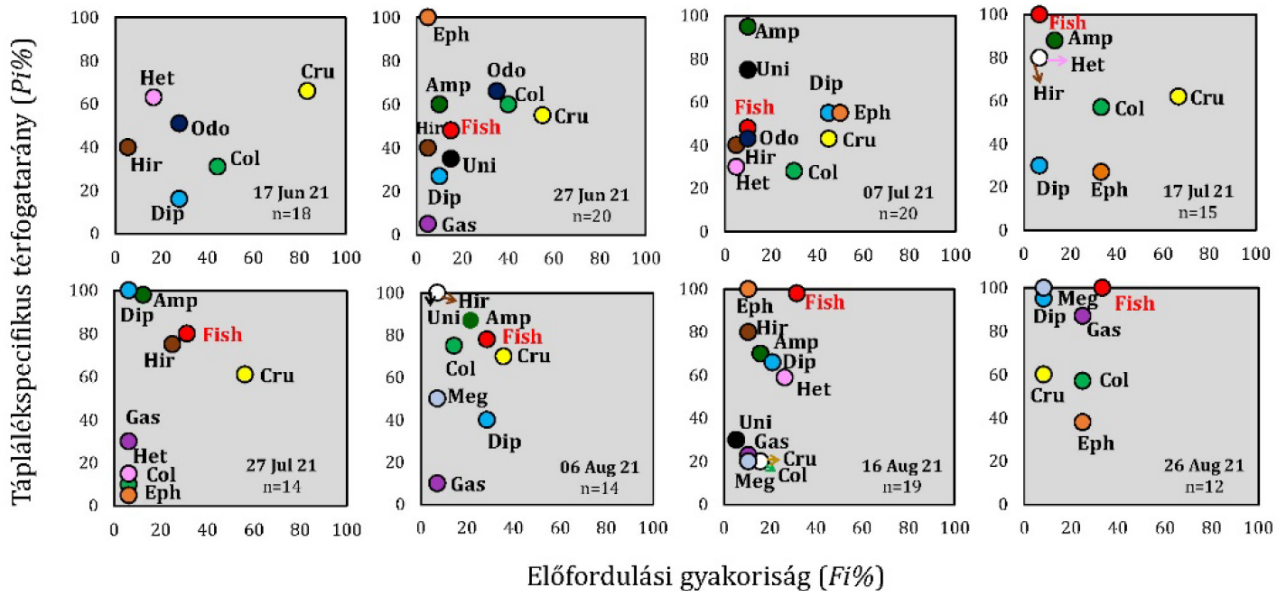
(Clarke, 1993). Az ordinációs elemzések elvégzéséhez az R statisztikai környezet „vegan 2.5-7” csomagját használtuk (Oksanen és mtsai, 2020). Azokat a táplálékkategóriákat, amelyek szignifikánsan befolyásolták ($\alpha = 0,05$) az adatok eloszlási mintázatát, az *envfit* függvény segítségével határoztuk meg (999 futtatás) (Clarke, 1993). Az eredményeink értékeléséhez és vizualizálásához a szabadon hozzáférhető „R” statisztikai programot (4.2.2. verzió) használtuk (R Core Team., 2022). A méretcsoportok gyomortartalma közötti hasonlóság elemzéséhez az ANOSIM módszert alkalmaztunk (Clarke, 1993), amely szintén elérhető a *vegan* csomagban. Az ANOSIM módszer nem mutatott különbséget az egyes méretcsoportok gyomortartalom-összetétele között. Az amurgéb-méretcsoportok táplálkozásának átfedését a Schoener-index (1970) segítségével értékeltük: $Cxy = 1 - 0.5|\Sigma p_{xi} - \Sigma p_{yi}|$, ahol p_{xi} és p_{yi} az x és y méretcsoportok gyomortartalmában talált adott táplálékalkotó Q mennyiségét jelöli (az adott táplálékalkotó relatív abundanciája alapján) (Wallace, 1981).

Eredmények és értékelésük

Az egymástól eltérő mintavételi protokollok révén sikerült igazolnunk az amurgéb őshonos fajainkra, kiváltképp a lápi pócra gyakorolt predációs hatását. A havonta történő mintázás során 15, míg a 10 napos, finomabb időbeli felbontású protokoll során 12 táplálékkategóriát azonosítottunk. A táplálék jelentős részét mindkét módszer esetében a makrogerinctelen-szervezetek alkották. Az amurgéb táplálkozásában a gerincesek (halak és kételtűek) szerepe eltérőnek bizonyult az egyes módszerek között. A hagyományos mintavételi protokoll nem szolgált kellő információval a halak és kételtűek táplálkozásban betöltött szerepét illetően. A 10 naponta végzett mintavételi protokoll során azonban a szaporodási, és azt követő időszakban ideiglenesen elérhető táplálékforrások elérhetősége kulcsfontosságúnak bizonyult, az amurgéb ezen időszak alatt hatékony ragadozója és fogyasztója volt mind a halikrának, mind a zsenge halivadéknak, esetünkben főleg a lápi pócnak (2. ábra), illetve a kételtűeknek.

A grafikus ábrázolás alapján a vizsgált amurgébek egyes táplálékszervezeteket gyakran és nagy mennyiségben fogyasztottak (azok a táplálékalkotók, amelyek az ábrák jobb felső sarkában találhatók), továbbá megfigyelhető a források felosztása is a vizsgált populáción belül (2. ábra).

A havi mintavételezés során tavasszal a kétszárnyúak (március: 45%), a makroszkópikus rákok (május: 24%), a kérészek (*Cloeon dipterum* – április: 59%) és a szitakötők (*Coenagrion puella* – május: 23%) egyedei fordultak elő leggyakrabban a gyomortartalomban. A makroszkópikus rákok (melyek főként az *Asellus aquaticus* és a *Synurella ambulans* fajba tartoztak) minden évszakban gyakorinak bizonyultak (június: 46%; november: 80%; január: 41%). A bogarak (*Halipus* sp.) kiváltképp a nyári (augusztus: 17%) és a téli (január: 17%) időszakban képezték szerves



2. ábra: A 10 naponta történő mintavételezés során gyűjtött amurgékák gyomortartalom összetételének grafikus ábrázolása Amundsen és munkatársai (1996) alapján. (Az ábrán a haleredetű táplálék megjelenését követő alkalmakat szerepeltettük)

Fig.2. Graphical visualization of the Amur sleeper's stomach content collected during the finer temporal resolution protocol according to Amundsen és mtsai (1996). (In the figure, we have included the sampling occasions following the appearance of fish prey)

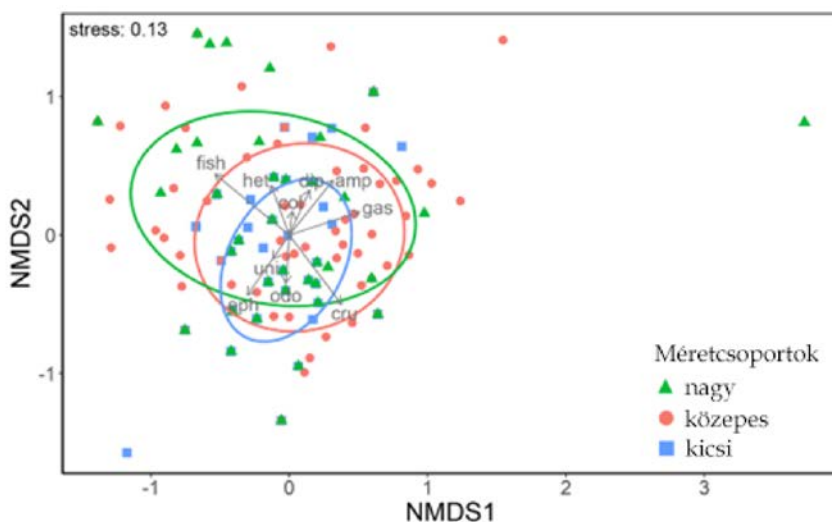
Az egyes táplálékalkotókat az ábrán az alábbiak szerint jelöltük: Fish (Actinopterygii); Amp (Amphibia); Col (Coleoptera); Cru (Crustacea); Dip (Diptera); Eph (Ephemeroptera); Gas (Gastropoda); Het (Heteroptera); Hir (Hirudinea); Meg (Megaloptera); Odo (Odonata); Tri (Trichoptera); Uni (nem azonosítható táplálékalkotó). Az egyes mintavételek dátumát, valamint az adott mintavétel során begyűjtött, gyomortartalommal rendelkező egyedek számát (n) a jobb alsó sarokban tüntettük fel. Az ábra jobb oldalán a mintavétel időbeli skálája, valamint a lápi póc lárvá- és ivadékkori (o+) egyedfejlődésének ábrázolását szerepeltettük

részét az amurgéb táplálékának, míg a piócák (Hirudinae), poloskák (Heteroptera) és szitakötők a nyár (Hirudinae augusztusban: 10%; Heteroptera júniusban: 6%; Odonata júniusban: 14%) és az ős folyamán (Hirudinae októberben: 15%; Heteroptera szeptemberben: 13%; Odonata szeptemberben: 16%) voltak jelen nagyobb mennyiségben.

A 10 naponta gyűjtött egyedek gyomortartalmában a makroszkópikus rákok bizonyultak a leggyakoribb táplálékalkotóknak (2. ábra). Mennyiségük a gyomortartalomban egészen a nyár közepéig növekedett (2. ábra). Tavasz végétől a kérészek relatív abundanciája számottevő volt (május 8: 66%; május 18: 46%). Tavasz végétől egészen a nyár közepéig a legkedveltebb táplálékalkotók közé tartoztak a szitakötőlárva, június végétől pedig folyamatosan megjelentek a kétéltűek lárvái is a gyomortartalomban. (2. ábra).

Habár az amurgéb vizsgálatunk és a forrásmunkák szerint is főleg makrogerinctelen-szervezeteket fogyaszt (Koščo és mtsai, 2008; Grabowska és mtsai, 2009; Kati és mtsai, 2015), halfogyasztásának mértéke az egyedfejlődés és az életkor előrehaladtával egyre kifejezettebbé válhat (Koščo és mtsai, 2008; Grabowska és mtsai, 2019). A piscivor táplálkozás számottevően nagyobb arányban volt megfigyelhető a 10 naponta történő, intenzívebb mintavételezés során, kiváltképp a tavasztól nyár végéig

terjedő időszakban, amikor a környezetben nagyobb mennyiségben áll rendelkezésre számos halfajunk zsenge ivadéka, mint időszakosan előforduló táplálékforrás. A haleredetű táplálék előfordulási gyakorisága ($F_i\%$) az amurgéb gyomortartalmában az ikra esetében meghaladta a 21%-ot, míg az ivadék esetében a 33%-ot. A halakra azonban csupán alkalmanként fordult elő a tavaszi mintákban és a kevésbé preferált táplálékszervezetek közé tartozott. Az elfogyasztott halfajok közül kiemelkedett a lápi póc – főként ivadékkorú – egyedeinek előfordulása a többi halfajhoz képest (2. ábra). Az időben intenzívebb mintavételi protokoll szerint begyűjtött egyedek egy része fogyasztott haleredetű táplálékot (előfordulási gyakorisága a gyomortartalomban alacsonynak vagy pedig közepesnek számított a populáción belül), azonban azok táplálékszervezetre történő specializációja jelentős volt (a haleredetű táplálék magas táplálék-specifikus térfogataránya a gyomortartalomban). A lápi póc mellett regisztráltuk a vágócsik (*Cobitis elongatoides* Băcescu & Mayer, 1969), valamint az amurgéb egy-egy ivadékát is a gyomortartalomból. Az irodalmi adatokat tekintve az itt feltüntetett számadatok jelentősek. Marsh & Douglas 1997-ben végzett vizsgálata során idegenhonos ragadozóhalak, köztük a pettyes harcsa (*Ictalurus punctatus* Rafinesque, 1818) hatását vizsgálták az őshonos *Gila cypha* Miller, 1946



3. ábra: Az amurgéb különböző méretcsoportjai táplálkozásának vizsgálata nem-metrikus multidimenzionális skálázással (NMDS)

Az ellipszisek a 95%-os konfidenciaintervallumot szemléltetik egy adott méretcsoport kétváltozós átlagának az átlag standard hibája alapján számított értéként. A nyílak végénél feltüntetett táplálékkategóriák rövidítése megegyezik a 2. ábránál megadottakkal.

Fig.3. investigation of the feeding ecology of Amur sleeper size groups using the non-metric multidimensional scaling method (NMDS)

Data points are coded and grouped by size. Ellipses illustrate the 95% confidence interval of the bivariate mean for each size group, calculated using the standard error of the mean. The abbreviations of the food categories indicated at the ends of the arrows correspond to those provided in Figure 2.

állományára (Marsh & Douglas, 1997). Eredményként az őshonos faj számottevően alacsonyabb előfordulási gyakoriságát (2%) tapasztalták a pettyes harcsa gyomortartalmában, azonban számításaik szerint a predáció ezen mértéke egy stabil ragadozóállomány jelenlétében is erőteljes állománycsökkenéshez vezethet.

Az NMDS elemzés alapján nagy mértékű átfedés mutatkozott a táplálék összetételében a vizsgált méretcsoportok között; a vizsgált méretcsoportok nem váltak el egymástól szignifikánsan (ANOSIM: $R = -0,0063$; $p = 0,6062$) (3. ábra). A nagyobb egyedek táplálékspektruma kiszélesedett, jelentősebb mértékben fogyasztottak haleredetű táplálékot, mint a kisebb és a közepes méretcsoportba tartozó egyedek (3. ábra).

Az NMDS, valamint az ANOSIM elemzés során kapott eredményeinket a Schoener-index eredménye is alátámasztotta, mely szerint magasfokú táplálkozásbeli átfedés figyelhető meg az egyes méretcsoportok között. A kis méretű és a nagy méretű amurgégek csoportjába tartozó egyedek étrendje mutatta egymással a legkisebb hasonlóságot (0,669), ezt követte a középső a kis méretcsoporttal (0,692), míg a legnagyobb hasonlóság a középső és a nagy méretcsoport egyedeinek étrendje között mutatkozott (0,865).

A táplálékforrásokért folytatott versengés (Grabowska és mtsai 2019) kiegészülve a ragadozással a táplálkozási guilden belüli ragadozáshoz (intraguild-predáció) vezethet az amurgéb és a lápi póc között (Polis és mtsai,

1989; Polis & Holt, 1992). Ez sajnos jelentős mértékben hozzájárulhat a lápi póc állományának csökkenéséhez az amurgéb által meghódított víztestekben. Az intraguild-predációt meghatározza a ragadozó, valamint zsákmányának mérete; minél nagyobb a ragadozó, annál nagyobb a gyomortartalomban megtalálható zsákmány mérettartománya (Scharf és mtsai, 2000; Dörner & Wagner, 2003). Vizsgálatunkban a halfogyasztás mértékét ontogenetikus és évszakos mintázatok jellemezték. Mivel a hazai vizekben előforduló amurgéb-populációkra az idősebb, nagyobb szájmérettel rendelkező egyedek hiánya jellemző (Nyeste és mtsai, 2017), haleredetű táplálékot csupán bizonyos időnként fogyasztanak (Grabowska és mtsai, 2009; Kati és mtsai, 2015). A testméret növekedésével azonban a halzsákmány előfordulási gyakorisága és táplálékspecifikus térfogataránya a gyomortartalomban növekedni

fog. A méretcsoportok esetében jelentős átfedések mutatkoztak a táplálékalkotók tekintetében, kiváltképp az amurgéb középső és nagy méretcsoportjainál, ami vélhetően a vizsgált populáció testhossz-eloszlásával és a valódi piscivor egyedek hiányával magyarázható. Ezt az átfedést eredményeink (Schoener-index, NMDS és ANOSIM elemzés) is alátámasztották (3. ábra).

Az amurgéb általi intraguild-predáció hatását tovább súlyosbítja annak hosszabb élettartama (Nyeste és mtsai, 2017), magasabb fekunditása és a táplálékszerzés, valamint szaporodás során tapasztalható agresszívebb magatartása (Grabowska és mtsai, 2011, 2019). Mivel a lápi póc a Duna és a Dnyeszter vízrendszerének endemizmusa, szűk elterjedési területének jelentős részét a Kárpát-medence alkotja. Az amurgéb Kárpát-medencei megjelenése, valamint azon belüli elterjedése akár a lápi póc teljes eltűnéséhez is vezethet, ezért a továbbiakban fokozott figyelmet kell szentelni az amurgéb terjedésének megakadályozására, valamint további lépéseket kell tenni a lápi póc fennmaradt állományainak megóvására.

Köszönetnyilvánítás

Munkánk a kulturális és innovációs minisztérium EKÖP-24-4-I-DE-457 és EKÖP-24-4-II-DE-458 kódszámú Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. . Antal Lászlót és

Nyeste Krisztiánt a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja támogatta. A TKP2021-NKTA-32 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg. A cikkben bemutatott kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében az RRF-2.3.1-21-2022-00008 és a GINOP_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00245 számú projektek támogatásával valósult meg. Somogyi Dórát a Gróf Tisza István Debreceni Egyetemért Alapítvány PhD Kiválósági Ösztöndíja támogatta. Czeglédi Istvánt az OTKA PD 138296 számú ösztöndíj (Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal - NKFIH) támogatta.

Irodalomjegyzék

- Amundsen, P. A., H. M. Gabler, & F. J. Staldvik, 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data - Modifying the Costello (1990) method. *Journal of Fish Biology* 48(4): 607-614.
- Bănăduc, D., S. Marić, K. Cianfaglione, S. Afanashev, D. Somogyi, K. Nyeste, L. Antal, J. Koščo, M. Čaleta, J. Wanzenböck, & A. Curtean-Bănăduc, 2022. Stepping Stone Wetlands, Last Sanctuaries for European Mudminnow: How Can the Human Impact, Climate Change, and Non-Native Species Drive a Fish to the Edge of Extinction? *Sustainability* 14: 13493.
- Botta-Dukát, Z., L. Balogh, C. Szigetvári, I. Bagi, I. Dancza, & L. Udvardy, 2004. A növényi invázióhoz kapcsolódó fogalmak áttekintése, egyben javaslat a jövőben használandó fogalmakra és definíciókra. In Mihály, B., & Z. Botta-Dukát (eds), *Biológiai inváziók Magyarországon: Özönnövények. A KvVM Természetvédelmi Hivatalának tanulmánykötetei*: 35-59.
- Clarke, K. , R., 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Austral Ecology* 18: 117-143.
- Clavero, M., & E. García-Berthou, 2005. Invasive species are a leading cause of animal extinctions. *Trends in Ecology & Evolution* 20(3): 110.
- Dörner, H., & A. Wagner, 2003. Size-dependent predator-prey relationships between perch and their fish prey. *Journal of Fish Biology* John, 62(5): 1021-1032,
- Dudgeon, D., A. H. Arthington, M. O. Gessner, Z. I. Kawabata, D. J. Knowler, C. Lévêque, R. J. Naiman, A. H. Prieur-Richard, D. Soto, M. L. J. Stiassny, & C. A. Sullivan, 2006. Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 81: 163-182.
- Erős, T., P. Takács, P. Sály, A. Specziár, Á. I. György, & P. Bíró, 2008. Az amurgéb (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) megjelenése a Balaton vízgyűjtőjén. *Halászat* 101/2: 75-77.
- Ferincz, Á., Á. Staszny, & G. Paulovics, 2012. Amurgéb (*Perccottus glenii*) a Hévíz-Páhoki-csatornában. *Halászat* 105/1: 18.
- Gozlan, R. E., 2008. Introduction of non-native freshwater fish: Is it all bad?. *Fish and Fisheries*. 9(1), 106--115.
- Grabowska, J., D. Błońska, S. Kati, S. A. Nagy, T. Kakareko, J. Kobak, & L. Antal, 2019. Competitive interactions for food resources between the invasive Amur sleeper (*Perccottus glenii*) and threatened European mudminnow (*Umbra krameri*). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 29(12): 2231-2239.
- Grabowska, J., M. Grabowski, D. Pietraszewski, & J. Gmur, 2009. Non-selective predator - the versatile diet of amur sleeper (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) in the Vistula river (Poland), a newly invaded ecosystem. *Journal of Applied Ichthyology* 25(4): 451-459.
- Grabowska, J., D. Pietraszewski, M. Przybylski, T. S. Ali Serhan, L. Marszał, & L. K. Magdalena, 2011. Life-history traits of Amur sleeper, *Perccottus glenii*, in the invaded Vistula River: Early investment in reproduction but reduced growth rate. *Hydrobiologia* 661: 197-210.
- Häder, D. P., A. T. Banaszak, V. E. Villafañe, M. A. Narvarte, R. A. González, & E. W. Helbling, 2020. Anthropogenic pollution of aquatic ecosystems: Emerging problems with global implications. *Science of the Total Environment*, 136586.
- Harka, Á., 1998. Magyarország faunájának új halfaja: az amurgéb (*Perccottus glehni* Dybowski, 1877). *Halászat* 91/1: 32-33.
- Harka, Á., Szepesi, Zs. 2007. A Hejő patak vízrendszérének halfaunisztikai vizsgálata. *Pisces Hungarici* I., 113-117.
- Harka, Á., C. Megyeri, & C. Bereczki, 2008. Amurgéb (*Perccottus glenii*) a Balatonnál. *Halászat* 101: 62.
- Harrison, I., W. Darwall, R. R. Lee, D. Muruven, C. Revenga, J. Claussen, A. Lynch, A. Pinder, R. Abell, P. Martinelli, M. Baltzer, M. Thieme, S. Jähnig, J. Opperman, H. Wanningen, J. Monroe, H. Patricio, F. Fish, I. N. Freefall, I. Harrison, W. Darwall, R. R. Lee, D. Muruven, C. Revenga, J. Claussen, A. Lynch, A. Pinder, R. Abell, P. Martinelli, M. Baltzer, M. Thieme, S. Jähnig, J. Opperman, H. Wanningen, H. Patricio, T. Lyons, P. Van Damme, M. Owen, H. Rudd, J. Jorgensen, N. Sreenivisan, M. Lloyd, A. Rickard, & M. Gollock, 2021. The World's Forgotten Fishes. World Wide Fund for Nature (WWF) .
- Hui, C., & D. M. Richardson, 2017. *Invasion dynamics*. Oxford University Press.
- Hyslop, E. J., 1980. Stomach contents analysis—a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17: 411-429.
- Kati, S., A. Mozsár, D. Árva, N. J. Cozma, I. Czeglédi, L. Antal, S. A. Nagy, & T. Erős, 2015. Feeding ecology of the invasive Amur sleeper (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) in Central Europe. *International Review of Hydrobiology* 100(3-4): 116-128.

- Koščo, J., P. Manko, D. Miklisová, & L. Košuthová, 2008. Feeding ecology of invasive *Perccottus glenii* (Perciformes, Odontobutidae) in Slovakia. *Czech Journal of Animal Science*, 53(11): 479–486.
- Labropoulou, M., & A. Eleftheriou, 1997. The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: importance of morphological characteristics in prey selection. *Journal of Fish Biology*, 50(2): 324–340.
- Marsh, P. C., & M. E. Douglas, 1997. Predation by Introduced Fishes on Endangered Humpback Chub and other Native Species in the Little Colorado River, Arizona. *Transactions of the American Fisheries Society*, 126: 343–346.
- Martinez-Palacios, C. A., & L. G. Ross, 1988. The feeding ecology of the Central American cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther). *Journal of Fish Biology*, 33(5), 665–670.
- Morais, P., & M. Reichard, 2018. Cryptic invasions: A review. *Science of the Total Environment*, 613, 1438–1448.
- Nehring, S., & J. Steinhof, 2015. First records of the invasive Amur sleeper, *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 in German freshwaters: a need for realization of effective management measures to stop the invasion. *BioInvasions Record*, 4(3).
- Nyeste, K., S. Kati, S. A. Nagy, & L. Antal, 2017. Growth features of the Amur sleeper, *Perccottus glenii* (Actinopterygii: Perciformes: Odontobutidae), in the invaded Carpathian Basin, Hungary. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 47: 33–40.
- Oksanen, J., F. G. Blanchet, F. Michael, K. Roeland, P. Legendre, D. McGlinn, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. H. H. Stevens, E. Szoecs, & H. Wagner, 2020. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-7.
- Panagiotakopulu, E., & A. C. Garcia, 2023. Two Azores shipwrecks and insect biological invasions during the Age of Discovery. *Biological Invasions*, 25: 2309–2324.
- Polis, G. A., & R. D. Holt, 1992. Intraguild predation: The dynamics of complex trophic interactions. *Trends in Ecology and Evolution*, 7(5) 151–154.
- Polis, G. A., C. A. Myers, & R. D. Holt, 1989. The ecology and evolution of intraguild predation: potential competitors that eat each other. *Annual review of ecology and systematics* 20: 297–330.
- R Core Team., 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Reshetnikov, A. N., 2003. The introduced fish, rotan (*Perccottus glenii*), depresses populations of aquatic animals (macroinvertebrates, amphibians, and a fish). *Hydrobiologia*, 510(1), 83–90.
- Reshetnikov, A. N., 2008. Does rotan *Perccottus glenii* (Perciformes: Odontobutidae) eat the eggs of fish and amphibians? *Journal of Ichthyology* 48(4): 336–344.
- Sály, P.; Erős, T. 2016. Vízfolyások Ökológiai Állapot-minősítése Halakkal: Minősítési Indexek Kidolgozása. *Pisces Hungarici* 10, 15–45.
- Scharf, F. S., F. Juanes, & R. A. Rountree, 2000. Predator size - Prey size relationships of marine fish predators: Interspecific variation and effects of ontogeny and body size on trophic-niche breadth. *Marine Ecology Progress Series Inter-Research* 208: 229–248.
- Simberloff, D., J. L. Martin, P. Genovesi, V. Maris, D. A. Wardle, J. Aronson, F. Courchamp, B. Galil, E. García-Berthou, M. Pascal, P. Pyšek, R. Sousa, E. Tabacchi, & M. Vilà, 2013. Impacts of biological invasions: What's what and the way forward. *Trends in Ecology and Evolution* 28: 58–66.
- Soto, I., Balzani, P., Carneiro, L., Cuthbert, R. N., Macêdo, R., Serhan Tarkan A.Ahmed D. A.Bang A.Bacela-Spychalska K.Bailey S. A.Baudry T.Ballesteros-Mejia L.Bortolus A.Briski E.Britton J. R.Buřič M.Camacho-Cervantes M.Cano-Barbacil C.Copilaș-Ciocianu D.Coughlan N. E.Courtois P.Csabai Z.Dalu T.De Santis V.Dickey J. W. E.Dimarco R. D.Falk-Andersson J.Fernandez R. D.Florencio M.Franco A. C. S.García-Berthou E.Giannetto D.Glavendekic M. M.Grabowski M.Heringer G.Herrera I.Huang W.Kamelamela K. L.Kirichenko N. I.Kouba A.Kourantidou M.Kurtul I.Laufer G.Lipták B.Liu C.López-López E.Lozano V.Mammola S.Marchini A.Meshkova V.Milardi M.Musolin D. L.Nuñez M. A.Oficialdegui F. J.Patoka J.Pattison Z.Pincheira-Donoso D.Piria M.Probert A. F.Rasmussen J. J.Renault D.Ribeiro F.Rilov G.Robinson T. B.Sanchez A. E.Schwindt E.South J.Stoett P.Verreycken H.Vilizzi L.Wang Y.Watari Y.Wehi P. M.Weiperth A.Wiberg-Larsen P.Yapıcı S.Yoğurtçuoğlu B.Zenni R. D.Galil B. S.Dick J. T. A.Russell J. C.Ricciardi A.Simberloff D.Bradshaw C. J. A.Haubrock P. J. & Haubrock, P. J. 2024. Taming the terminological tempest in invasion science. *Biological Reviews* 4(99): 1357–1390.
- Spanovskaya, V. D., K. A. Savvaitova, & T. L. Potapova, 1964. Variation of rotan (*Perccottus glehni* Dyb., fam. Eleoteridae) in acclimatization. *Voprosy Ichtiologii* 4(4): 632–643.
- Takács, P., I. Czeglédi, Á. Ferincz, P. Sály, A. Specziár, Z. Vitál, A. Weiperth, & T. Erős, 2017. Non-native fish species in Hungarian waters: historical overview, potential sources and recent trends in their distribution. *Hydrobiologia* 795, 1–22.
- Takács, P., & Z. Vitál, 2012. Amurgéb (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) a Duna mentén. *Halászat* 105/14: 16.
- Takács, P., Z. Vitál, Z. Poller, G. Paulovics, Á. Ferincz, & T. Erős, 2012. Az amurgéb (*Perccottus glenii*) új lelőhelyei a Balaton vízgyűjtőjén. *Halászat* 105/3: 16.
- Wallace, R. K., 1981. An assessment of diet-overlap indexes. *Transactions of the american fisheries society* 110: 72–76.