



A 2019 nyarán bekövetkezett vízszennyezés hatása a Bene-patak halfaunájára

Impact of the water pollution on the fish fauna of the Bene stream in summer 2019 (Northeast Hungary)

Szepesi Zs.¹, Csipkés R.²

¹ Omega-Audit Kft., Eger

² Bükki Nemzeti Park Igazgatóság, Eger

Kulcsszavak: vízmennyiség, oldott oxigén, halpusztulás, szennyvíz, hígítóvíz

Keywords: discharge of river, dissolved oxygen, fishkill, wastewater, diluting water

Abstract

On July 22, 2019, 2,000 m³ of wastewater was discharged from the Ózse Valley industrial reservoir, with organic matter content of BOD₅ = 237 g/m³ and COD_{cr} = 350 g/m³. Between July 24 and July 30, 2019, another 31,550 m³ of wastewater was discharged, but it was diluted with clean water from the Markaz Reservoir.

The fish fauna of the section of the Bene stream above Nagyfűged was surveyed two weeks and two months before the contamination. The same 150 m long sampling section was sampled four times during the 3 months following the contamination.

The average number of adult individuals decreased from 302 before the contamination to 46, i.e. 85% of adult individuals had disappeared or died. Of the 14 fish species detected before the contamination, only 9 were found later. The benthic fish species (*Gobio carpathicus*, *Barbatula barbatula*, *Neogobius fluviatilis*) were particularly affected, of which no adult specimens or juveniles were detected after the contamination.

Compared to adult individuals, large numbers of offspring survived the contamination, an average of 112 specimens were caught. Of the 11 to 13 fish species that were realistically expected, the offspring of 9 fish species were detected. Probably, the offspring in the wind water were less affected by the lack of oxygen due to the contamination moving in the stream channel of the riverbed. Most likely, dissolved oxygen was below 2 g/m³ for several hours (6-9 h).

Bevezetés

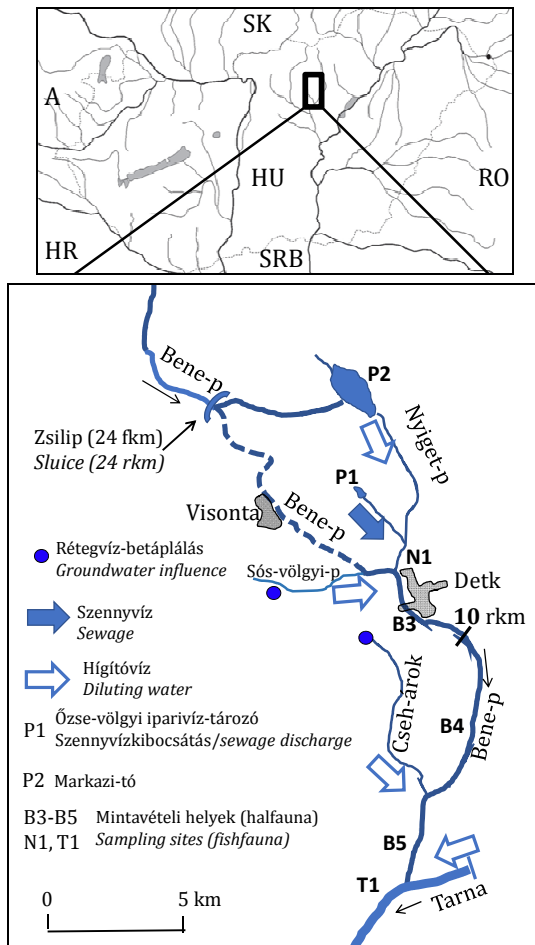
2019. július 22-én jelentős szervesanyag-terhelés érte a Nyiget-patakat és rajta keresztül a Bene-patak alsó, Detk alatti szakaszát. A későbbi hatósági ellenőrzés megállapítása szerint a szennyezés az Ózse-völgyi iparivíz-tározóból eredt (URL1). A Bene-patakat befogadó Tarnán Jászdózsánál is – a szennyező forrástól 29 fkm-re – észleltek haltetemeket és agonizáló egyedeket (dr. Szerencsés István szóbeli közlése). A Heves Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság szerint a halpusztulást nem vegyi anyag okozta, hanem – nagy valószínűséggel – az érintett vízfolyásokba került szerves anyag idézett elő oxigénhiányos állapotot (URL2).

Az utóbbi húsz évben évente többször is vizsgáltuk a Bene-patak halfaunáját, többek közt a szennyezést megelőzően két héttel is. Magáról a szennyezésről az internetről értesültünk. Az országos internetes hírportálok (hvg.hu, index.hu, 24hu, nepszava.hu, napi.hu, 444.hu, atlatszo.hu, stb.) több mint két hétig foglalkoztak ezzel a sajnálatos eseménnyel. Ilyen mértékű halpusztulás elég gyakran előfordul az országban, de róluk többnyire csak egy-két cikk számol be. Annak, hogy a Bene-patakon történt szennyezés két-három héten keresztül is a vezető hírek között szerepelt, elsősorban politikai okai voltak.

2019. augusztus 7-én az Eger-patakot érintő, hasonló nagyságú – de fotókkal és videókkal dokumentált – halpusztulást okozó szervesanyag-szennyezésről csak a megyei hírportálok (heol.hu, egrigyek.hu stb.) számoltak be, az országos hírportálok ingerküszöbét

ez nem lépte át. Igaz, ebben az esetben trópusi jellegű eső okozott diffúz szervesanyag-szennyezést a patakban, és ez vezetett halpusztuláshoz.

Jelen dolgozatunkban azt kívánjuk bemutatni, hogy 2019 nyarán a jelentős szervesanyag-terhelés hatására néhány óráig fennálló oxigénhiányos állapot hogyan érintette a Bene- és Nyiget-patak halfaunáját.



1. ábra. A Bene-patak szennyezett szakaszának vízrendszere
 Fig. 1. The water system of the polluted section of the Bene stream

Anyag és módszer

2017 és 2020 között elektromos kutatóhalászgéppel (SAMUS 1000 és SAMUS 725 MS), segédzák alkalmazása nélkül vizsgáltuk a Bene-patak halfaunáját.

A vízszennyezés (2019. 07. 22.) előtt két héttel és három hónappal is felmértük a Nagyfüged feletti szakasz (6,7 fkm, M3-as autópálya; 1. ábrán B4 mintavételi hely) halfaunáját, majd ugyanitt a szennyezést követő három hónapban további 4 mintavételre került sor. A szennyezés hosszú távú hatásának vizsgálatára 2020-ban további mintavételeket végeztünk. A mintaszakaszok hossza 150 m volt, a B4 mintavételi hely jellemzői: szélessége 2,4–3,2 m közötti, az M3-as autópálya hídja alatt 5 m; mélysége 0,3–0,7 m között változott. A mintavételi helyet a 90. méternél egy kőszórás osztja ketté. A vízsebesség saját méréseink alapján (a nagyfügedi vízmérce 95 cm-es, nagyjából átlagos

vízállásnál) a kőszórás alatt 0,47 m/s, míg felette, a duzzasztott szakaszon 0,28 m/s. A vízfelület az inváziós növények árnyékolása miatt végig szabad, az aljzat üledékmentes.

A vízszennyezés előtti és utáni halfaunisztikai adatokat a jelenléten és hiányon alapuló Jaccard-index és a tömegességi viszonyokat is figyelembe vevő Bray-Curtis-index felhasználásával hasonlítottuk össze. A különböző vízállás és vízáttetszőség melletti vizsgálatok, valamint az esetleges mintavételi hibák tompítása miatt, az adatokat \sqrt{N} transzformáltuk.

A Bene-patak nagyfügedi vízmércéjénél 12 óránként rögzítik a vízállásadatokat, de vízhozamot nem mérnek. Az Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóság által szolgáltatott – 2019. július 15. és 2019. augusztus 31. között óránként mért – adatok alapján összehasonlítottuk a Tarna tarnamérai (24,3 fkm) és tarnaörsi (11,9 fkm) vízhozamát, hogy a csapadékból keletkező vízhozamnövekedést kiszűrhessek. A maradék különbözet a szennyvíz és a hígítóvíz mennyiségét adja meg, ugyanis a Bene-patak torkolata (19,5 fkm) a két vízmérce között van. A Tarna áramlási sebessége ezen a szakaszon 0,2 m/s, ezért az összehasonlítás során a tarnamérai értékeket 17 órával eltoltuk. Felhasználtuk a Bene-patak nagyfügedi vízmérce (4,2 fkm) 12 óránként rögzített vízállásadatait is.

A szervesanyag-lebomlás oxigénfogyasztása és az oxigéndiffúzió az un. kritikus helyen van egyensúlyban, itt a legalacsonyabb a szennyvízbevezetés alatt az oldott oxigén koncentrációja (Clement et al. 2014). A 2019. 07. 22-i szennyezés adatai (részben tények, részben becsült adatok) alapján meghatároztuk a kritikus hely jellemzőit (távolság, oldott oxigén). Clement és Kardos (2016) alapján a kritikus távolság:

$$x_{kr} = v_0 t_{kr} = v_0 \frac{1}{k_a - k_1} \ln \left[\frac{k_a}{k_1} \left\{ 1 - \frac{D_0 - (k_a - k_1)}{L_0 k_1} \right\} \right]$$

Ebben x_{kr} =kritikus távolság (km), v_0 =vízfolyás sebessége (km/d), t_{kr} =kritikus idő (d), k_a =oxigénbeviteli tényező (1/d), k_1 =lebomlási tényező (1/d), D_0 =oxigéndeficit a bevezetés alatt, a telítési és az aktuális oxigénkoncentráció különbözet (g/m³), L_0 =szervesanyag-terhelés kezdeti koncentrációja a bevezetés alatt, azonnali elkeveredést feltételezve (g/m³).

A statisztikai számításokhoz Microsoft Excel 2013 és Past 3.03 (Hammer et al. 2001) programokat alkalmaztunk.

Eredmények

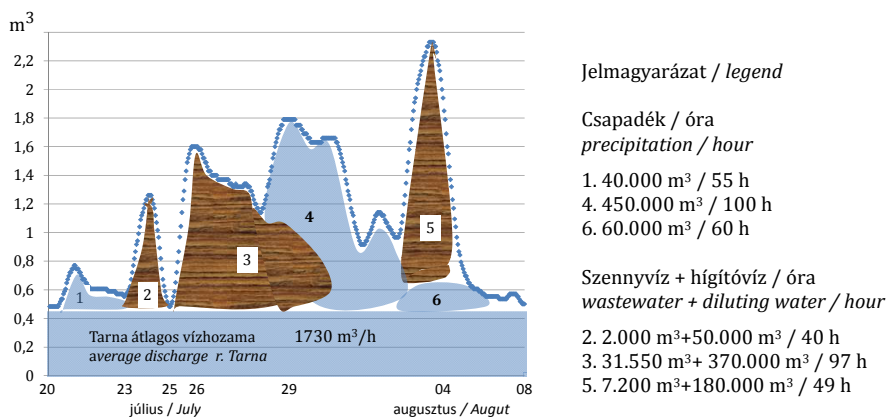
2019. 07. 22-én megnyitották az Őzse-völgyi iparivíz-tározót és 2.000 m³ (ez 8 óra alatt 69 l/s-nak felel meg) erősen szennyezett (BOI₅=237 mg/l és KOI_k=350 mg/l) vizet engedtek a Nyiget-patakba (URL3 6. mell. p. 13). Az ürtést 17.00-kor befejezték, ellenben a Markazi-tározót csak 18.00-kor nyitották meg (URL3 6. mell. p.13), azaz több órán (6–9 óra) keresztül hígítóvíz nélkül áramlott erősen szennyezett víz a Nyiget-patakon keresztül a Bene-patakba és a Tarnaába. Az V. osztályú, erősen szennyezett vízminőség határértékei: BOI₅ >15 mg/l és KOI_k >60 mg/l (MSZ 12749/1993). A hígítóvíz árhullámot idézett elő (2. ábra) és Tarnaörs környékén (a szennyező forrástól 24 fkm-re) utolérhette a szennyezést, vagy ha nem, akkor is jelentősen lerövidítette az oxigénhiányos időintervallumot.

2019. 07. 23-án szünetet tartottak, de 2019. 07. 24. és 2019. 07. 30 között – hatósági ellenőrzés mellett – változó napi mennyiségben, további, összesen 31.550 m³ szennyezett vizet engedtek le az Őzse-völgyi iparivíz-tározóból. Nem ismerjük az ürtés pontos folyamatát, de ha napi 24 órás időtartamot feltételezünk, akkor az egyes napokon 41 és 94 l/s közötti szennyezett víz került a Nyiget-patakba. 2019 júliusában az Őzse-völgyi iparivíz-tározó nagyjából egyharmadát, majd augusztusban a maradék vizet is leengedték, összesen 135.150 m³-t (URL3 6. mell. p. 12). 2019. 07. 24-től a Markazi-tározóból folyamatosan hígítóvizet engedtek le (becslésünk szerint 1,8 millió m³-t, ami 1 m-es vízszintcsökkenéssel járt, a hígítási arány Q/q>13), ami jelentősen javított a Nyiget-patak vízminőségén.

A nyári vízminőség mérési adatait nem tették közzé, ellenben a novemberi légszennyezés kapcsán mért vízminőségi adatok (URL4) alapján bizonyos összehasonlítást

tehetünk. 2019. 11. 19 és 2019. 11. 24. között 33 mérés szerint az Őzse-völgyi iparvíz-tározó oldott oxigénje $2,3 \pm 2,2$ mg/l, a $pH=7,3 \pm 0,16$, és a $KOI_{cr}=147,7 \pm 22,4$ mg/l volt. Az oxigéntelítettség 7 °C vízhőmérsékletet feltételezve 19% (ezen a vízhőmérsékleten a 100%-os oxigéntelítettség 12,14 mg/l). Ebben az időszakban volt olyan 28 órás intervallum, amikor az oldott oxigén végig 1 mg/l alatt volt.

2019. 07. 22-én a KOI_k több mint duplája volt a novemberi értéknek, és hasonló oxigéntelítettség esetén – 22 °C vízhőmérsékletet feltételezve – az oldott oxigén 1,6 mg/l értéknél is kisebb lehetett. 2019. 07. 22-én az Őzse-völgyi tározó ürítése és a Markazi-tározó megnyitása közti időkülönbség alapján a Nyiget-patak alsó 2 km-es szakaszán 6–9 órán keresztül a víz oxigéntartalma valószínűleg 1 mg/l körüli értékű lehetett.



2. ábra. A Tarna vízhozamának összetétele Tarnaörsnél 2019. 07. 20 és 2019. 08. 08. között
Fig. 2. The composition of the water flow of the River Tarna at Tarnaörs between 20.07.2019 and 08.08.2019

Az Őzse-patak időszakos vízfolyás, minimális vízhozammal. Medrében a Mátrai Erőmű saját kommunális szennyvíztisztítójából származó tisztított szennyvíz folyik, melyet jóval az Őzse-völgyi víztározó alatt engednek a patakba. Nyaranta a Nyiget-patak alsó, 2 km-es szakaszán szintén ez a tisztított kommunális szennyvíz folyik, de korábban (2004–2005) a dombvidékekre jellemző halegyüttes fordult elő benne. A szennyezést követően 2019. 08. 22-én mintáztuk a Nyiget-patakot az Őzse-patak beömlése alatt (a korábbi mintavételek helyszínén) és felett, de halat nem sikerült fognunk (1. táblázat).

Az Őzse-patak torkolata feletti mintavétel eredménye nem volt meglepő, halat ott korábban sem találtunk. A Nyiget-patakban az Őzse-patak torkolata felett nyaranta csak a markazi szennyvíztelep néhány l/s-os vízhozama csordogál. 2020. 04. 08.-án két adult halat fogtunk a Nyiget-patakban, nem lehet eldönteni, hogy túlélők vagy valahogyan átjutottak a Nyiget-patak nehezen leküzdhető torkolati kiképzésén.

Bár az utóbbi 14 évben nem vizsgáltuk a Nyiget-patak alsó szakaszát, de 2019. 07. 22-én az ÉMVIZIG szakemberei halpusztulást észleltek benne (URL3 6. mell. p. 10), igazolva, hogy a halak eltűnése és a szennyezés között összefüggés van.

1. táblázat. A Nyiget-patak (1. ábra: N1) halfaunája
Table 1. Fishfauna of Nyiget stream (Fig. 1: N1)

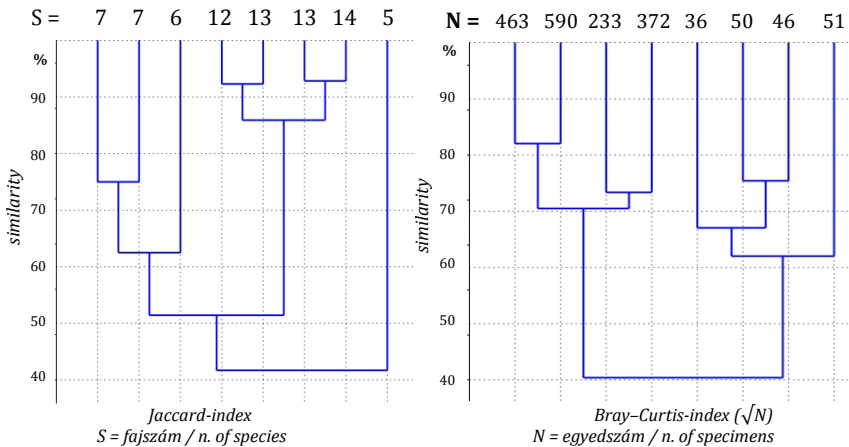
Fajok / Species	Dátum / Date				
	2004.05.01.	2004.08.01.	2005.08.14.	2019.08.22.	2020.04.08.
<i>Squalius cephalus</i>	-	1	-	-	-
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	-	-	-	-	1
<i>Gobio carpathicus</i>	27	15	17	-	-
<i>Rhodeus amarus</i>	28	26	42	-	-
<i>Barbatula barbatula</i>	-	14	29	-	1
Fajszám / N. of Species	2	4	3	0	2
Egyedszám / N. of Specimens	55	56	88	0	2

2019. 07. 22-én a szennyezett víz (kb. 69 l/s) a Bene-patakba érkeve 80–100 l/s hígítóvízzel keveredett. A Bene-patakot április és október között Pálosvörösmartnál a Markazi-tározóba terelik, Halmajugra alatt a mederben a Déli bányából kitermelt és a Sós-völgyi-patakon keresztül bevezetett rétegvíz folyik (Szepesi & Harka 2020). A rétegvíz hőmérséklete viszonylag állandó (17–20 °C közötti; Kovács 2015), szervesanyag-tartalma minimális ($KOI_{ps} = 1,1 \pm 0,2$ mg/l; Kovács 2015), az oldott oxigén mennyisége pedig hasonló lehet, mint a Keleti-I bánya rétegvízének (8,2 mg/l, az oxigéntelítettség 90%; Mihálffy 1984).

2. táblázat. A Bene-patak (B4 mintavételi hely) halfaunája a 2019. 07. 22-i vízszennyezés előtt és után
 Tabl. 2. The fish fauna of the Bene stream (sampling site B4) before and after the water pollution on 22.07.2019

Fajok / Species	Dátum / Date												
	2019.04.22.	2019.07.10.	2019.08.11.	2019.08.30.	2019.09.20.	2019.10.13.	2020.04.08.	2020.05.10.	2019.07.10.	2019.08.11.	2019.08.30.	2019.09.20.	2019.10.13.
	adult								ivadék / fry				
<i>Rutilus rutilus</i>	2	14	-	2	2	2	137	101	6	9	3	30	80
<i>Leuciscus leuciscus</i>	4	8	-	-	-	-	3	4	-	-	1	-	-
<i>Leuciscus idus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Leuciscus aspius</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Squalius cephalus</i>	105	98	17	15	6	11	31	109	8	-	-	1	2
<i>Alburnus alburnus</i>	120	19	7	17	11	-	77	169	-	33	39	19	7
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	72	22	-	1	3	-	25	27	7	4	10	7	9
<i>Gobio carpathicus</i>	10	2	-	-	-	-	12	6	-	-	-	-	-
<i>Romanogobio vladykovi</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudorasbora parva</i>	16	2	-	-	2	1	5	1	-	-	-	-	-
<i>Rhodeus amarus</i>	21	29	10	6	18	34	136	108	10	37	43	40	54
<i>Carassius gibelio</i>	2	21	1	7	4	1	2	40	2	-	-	-	-
<i>Cobitis elongatoides</i>	7	7	1	-	-	-	9	6	4	2	6	2	3
<i>Barbatula barbatula</i>	9	2	-	-	-	-	6	2	-	-	-	-	-
<i>Neogobius fluviatilis</i>	1	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Proterorhinus semilunaris</i>	2	1	-	2	-	2	7	4	-	-	-	1	3
Egyedszám / n. of specimen	372	233	36	50	46	51	463	590	37	85	102	101	158
Fajszám / n. of species	14	13	5	7	7	6	13	12	6	5	6	8	7

év / year	19	19	19	20	20	19	19	19	20	20	19	19	19	19	19	
hónap / month	08	09	10	05	04	07	04	08	04	05	07	04	08	08	09	10
nap / day	30	20	13	10	08	10	22	11	08	10	10	22	11	30	20	13



3. ábra. A Bene-patak B4 mintavételi helyén a halközösség változását mutató indexek (adult egyedek)
 Fig. 3. Indices showing changes in the fish community at sampling site B4 of the Bene stream (adults)

Detknél (B3 mintavételi hely) és Nagyfüged alatt (B5 mintavételi hely) is mintáztuk 2019 augusztusában a Bene-patakot (1. melléklet), de ezeket a helyeket csak 2017-es adatainkkal tudnánk összehasonlítani. Ellenben Nagyfüged felett (B4 mintavételi hely; 2. táblázat) közvetlenül a szennyezés előtt is végeztünk felméréseket, melyek kellő alapot nyújtanak a szennyezés utáni állapot értékelésére.

A szennyezés előtti két mintavétel során 14 halfajt (átlag: 13,5) sikerült fogni, míg a szennyezést követő 4 mintavétel során 8 halfaj adult egyedei kerültek elő (átlag: 6,25), a csökkenés 54%. Az adult egyedek átlagos száma 302-ről 46-ra csökkent, a csökkenés 85%, vagyis az adult egyedek 85%-a eltűnt vagy elpusztult. Nem tudjuk pontosan, hogy mennyi pusztulhatott el közülük, mivel a Cseh-árok (távolság: 3 fkm) és a Tarna (távolság: 7 fkm) menekülési útvonalat biztosíthatott egy részüknek.

A partszegélyben élő szivárványos ökle (*Rhodeus amarus*) kivételével minden halfaj állománya drasztikusan csökkent. A szennyezés a vízközt élő halakat sem kímélte, de a legnagyobb veszteséget a bentikus halfajok szenvedték el. A védett tiszai küllőből (*Gobio carpathicus*) és kövicsíkből (*Barbatula barbatula*), valamint a nem védett folyami gébből (*Neogobius fluviatilis*) a szennyezést követő négy mintavétel során, sem adult egyed, sem ivadék nem került elő. A szintén védett vágó csíkot (*Cobitis elongatoides*) is ide sorolhatjuk, bár a szennyezést követően fogtunk egy adult példányt.

Úgy tűnik, hogy az adult egyedekhez képest a partszegélyben élő ivadékok túlélése nagyobb arányú volt. Pontos összehasonlítást azonban nem tudunk tenni, mert az ivadékok (főleg az SL < 30 mm) fogása elektromos eszközzel jóval kisebb határfokú, mint az adult egyedeké (Hense et al. 2010). Bizonyos, hogy a szennyezés előtti mintavétel során nem minden faj ivadékát sikerült kellő mennyiségben kimutatnunk.

2020. évi két mintavétel eredménye alapján a halfauna minőségi és mennyiségi mutatói a szennyezés előtti állapothoz nagymértékben hasonlítanak (3. ábra), azaz a természetnek egy vegetációs időszak is elég volt a szennyezés okozta károk jelentős enyhítésére.

Értékelés

A Bene-patak halfaunáját 2017-ig 6 mm szembőségű kétközhálóval, 2017-től elektromos halászgéppel vizsgáltuk. A Bene-patak Detk alatti alsó szakaszán ivadékhálóval módszerrel, egy mintavétel során 10–11 fajra lehet számítani (Szepesi & Harka 2020). A Sajón és a Hernádon szerzett tapasztalataink alapján, a mintavétel-sorozat végén (több mint 20 mintavétel esetén) a két módszerrel kimutatott fajszám között minimális volt az eltérés, ellenben elektromos eszközzel egy mintavétel során 20–40%-kal több halfajt tudtunk kimutatni, mint ivadékhálóval. Azaz a Bene-patak alsó szakaszán elektromos eszközzel egy mintavétel során 12–15 faj előkerülése várható. Ha ettől jelentős eltérés tapasztalható – akár felfelé (17 faj felett), akár lefelé (9 faj alatt) –, akkor az magyarázatra szorul.

2019-ben az áprilisi és júliusi mintavételek a Bene-patak Nagyfüged feletti (B4 mintavételi hely) szakaszán a várható fajszámot eredményezték (14, ill. 13 faj), ellenben az augusztus és október közötti négy mintavétel során az adult egyedekből összesen 8 faj került elő (mintavételenként 5 és 7 faj között). Egyéb információ híján is bizonyos lenne, hogy július 10. és augusztus 11. között valamilyen rendkívüli esemény történt, ami jelentősen befolyásolta a halállomány mennyiségi és minőségi mutatóit.

Az Őzse-völgyi iparivíz-tározót egy névtelen, de a térképeken jelzett vízmosásra telepítették, melyet jobb híján, Őzse-pataknak nevezünk. A völgyzáró gát hossza 175 m, a tárolt vízmennyiség 110.000 m³ (URL5. p. 15). Ide vezet a Mátrai Erőmű Zrt. a technológia során keletkező hulladékvizeinek nagy részét (URL6. p. 11), valamint a zagyatározó csurgalékvizének egy részét (nagyobb részét újra salak és pernye szállításra használják), és innen oldják meg a technológiai vízpótlást, elsődlegesen a kéntelenítő berendezés pótvizét. Azaz recirkulációs rendszerben, az egyszerű felhasznált vizet újra hasznosítják. A rendszer viszonylag zárt. 2019-ig az Őzse-völgyi iparivíz-tározóból csak igen ritkán, nagyobb esőzések után engedtek vizet az Őzse-patakba (URL3. p. 33), és korábban kényszerűítésre nem került sor (URL10. p. 3). Ám 2019 júliusban már 25.150 m³-rel több víz volt benne, mint a névleges kapacitása, és az esetleges gátszakadás megelőzése miatt kezdték leengedni.

A Mátrai Erőmű Zrt. 2016. évi, a tisztított szennyvíz és csapadékvíz befogadására vonatkozó nyilatkozata (URL7. 2. 4. mell.) alapján 2019 januárjától (URL3 p. 12) a VIRE SOL Kft. keményítőgyára (2018. 01. 30.-ig Visonta Projekt Kft. néven; URL8) is az Őzse-völgyi tározóba engedi a tisztított szennyvizét. Az élelmiszeripari szennyvizek jellemzője a magas szervesanyag-tartalom, mely biológiailag jól lebontható az aerob és anaerob folyamatokban (Uri 2017), ellenben rendkívül nagy a fajlagos iszaphozama (Kárpáti et al. 2014). A 2019. 02. 11-én átadott üzem (URL9 p. 65) tisztított szennyvize két problémát okozott: egyrészt plusz vízmennyiség került az Őzse-völgyi tározóba, amit nemigen tudtak hasznosítani a recirkulációs folyamatban, másrészt az aerob folyamatok miatt a tározóban a víz oxigénszintje csökkenni kezdett, ami elősegítette az anaerob folyamatokat. Ez utóbbi hatására következett be a 2019 novemberi légszennyezés (URL3. 4. sz. mell.).

A VIRE SOL Kft. a 2016 novemberi környezethasználati engedélykérelmében a tervezett szennyvízkibocsátás paraméterei: $BOI_5 < 25$ mg/l, $KOI_k < 75$ mg/l (URL7 p. 60), vízfelhasználása 37,6 l/s, szennyvízkibocsátása 16,1 l/s (URL7 p. 24–25). A 2019-es tényadatokról nincs pontos információnk, de a rendelkezésünkre álló három mintavétel alapján vélhetőleg nem tudták tartani vállalásukat. A 2019. 07. 23-án vett vízminta szerint a $KOI_k = 15.800$ mg/l (URL10 p. 5), a 2019. 12. 03-án mért adatok alapján a telephelyről kifolyó víz szervesanyag-tartalmát jelző $KOI_k = 792$ mg/l (URL10 p. 3–4) volt. A 2020. 01. 15-én mért adatok szerint a csapadékvíz-elvezető aknájából elfolyó vízben a $KOI_k = 3.630$ mg/l, az iszapfogó-ülepítő műtárgyban a $KOI_k = 352$ mg/l (URL10 p. 4) volt.

2020. 08. 31-ig a VIRE SOL Kft.-nek meg kell oldania, hogy tisztított szennyvizét ne az Őzse-völgyi iparvíz-tározóba vezesse (URL10 p. 1). Ezzel a 2019. novemberi légszennyezéshez hasonló esetek ugyan megszűnnek, de az alapprobléma, a tisztított szennyvíz magas szervesanyag-tartalmának csökkentése nem oldódik meg. Sajnos a környéken nincs olyan befogadó vízfolyás, mely jelentős ($Q/q > 10$) hígítóvízzel rendelkezne.

A vízi ökoszisztémák nyaranta, kisvíz idején a legérzékenyebbek az alacsony oxigénkoncentrációnak és a kismértékű hígulás miatt leromlott vízminőségnek köszönhetően (Hancz 2017). A tartósan 2–3 mg/l oldottoxigén-koncentráció, illetve a 20-30%-os telítettségi érték már letális érték lehet a legtöbb tógazdasági halfajunknál, azonban nemcsak a kritikus érték beállta, hanem az expozíciós idő is fontos (Beliczky 2019).

Számításunk szerint az Őzse-völgyi víztározóból leengedett szennyvíz hatására a Nyiget-pataktól 4 fkm-re (nagyjából Detk alatt) az oldott oxigén már 3 mg/l alá csökkent (4. ábra), az expozíciós idő 6–9 óra volt. 2019. 07. 22-én 18.00-kor megnyitották a Markazi-víztározót (URL3 6. mell. p. 13), árhullámot hoztak létre, a vízsebesség legalább duplájára nőtt. Ennek hatására a Nyiget-pataktól távolodva az expozíciós idő fokozatosan csökkent, de a Tarna és Bene-patak összefolyásánál is még legalább 3–5 óra volt. Az árhullám nagyjából Tarnaörs környékén érthette utol a szennyezett vizet (2. ábra).

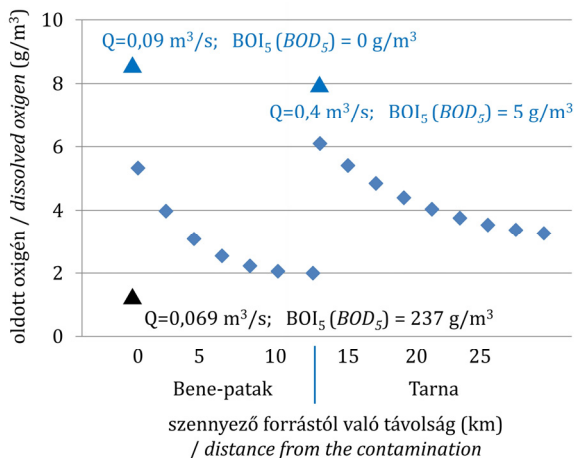
Az oxigénkoncentráció kritikus helye a Nyiget-pataktól 14 fkm-re lenne (az oldott oxigén 2,01 mg/l), de közben 13 fkm-nél a Tarna hígítóvize jelentősen javított a vízminőségen. A kritikus hely meghatározásához (Clement & Kardos 2016; 11. mintapélda) a kiindulási értékek (részben tény, részben becslés alapján):

Bene-patak vízhozama $Q_f = 0,09$ m³/s; sebesség $v_0 = 30,3$ km/d; víz hőmérséklet $T = 22$ °C; oxigén telítési koncentráció $C_s = 9,02$ mg/l; oxigénszint $C_h = 8,2$ mg/l; szervesanyag $L_h = 0$ mg/l (bizonyosan alábecsülve, a kitermelt rétegvízben ugyan minimális a szervesanyag, de a vízfolyás felveszi a visontai szennyvíztisztító tisztított szennyvizét); a Churchill-féle oxigénbeviteli tényező $k_a = 5,59$ 1/d.

A szennyvíz mennyisége $Q_{szv} = 0,069$ m³/s; szervesanyag-terhelés $BOI_5 = 237$ mg/l; szennyvízlebomlás 20 °C-on $k_{1,20} = 0,35$ 1/d; szennyvízben az oldott oxigén $C_{szv} = 1,6$ mg/lit. Még csak becslést értünk sincs a szennyvíz nitrogéntartalmáról, így a számítás során a Kjeldahl-nitrogénkoncentrációval nem számoltunk.

A különböző halfajok és vélhetőleg fajon belül az egyes korcsoportok oxigénigénye is más és más. Az adult süllő (*Sander lucioperca*) minimális oldottoxigén-igénye 5–6 mg/l (Németh 2013), de csak 2 mg/l alatt pusztul el (Hegyi 2017). A süllőivadékok (átlagsúlyuk =

9,08±0,36 g) 20,5 °C vízhőmérsékleten 114±25 percig viselték el a 0,85 mg/l oldottoxigén-szintet, a kőszülőivadékok (*Sander volgensis*) (átlagsúlyuk = 4,21±0,65 g) 34±2 percig az 1,11 mg/l oldottoxigén-szintet (Müller et al. 2006). A ponty (*Cyprinus carpio*) 3–4 mg/l oxigéntartalom mellett még táplálkozik, és átvészeli a 0,5 mg/l-es, kritikus értéket is. Állományszinten csak ez alatt kezd oxigénhiány miatt pusztulni (Horváth & Urbányi 2004).



4. ábra. Az oldott oxigén változása a bevezetett szennyvíz hatására 2019. 07. 22-én.

Fig. 4. The change in dissolved oxygen due to the sewage discharged into the river on 22.07.2019.

A Bene-patak B4-es mintavételi helyén (a Nyiget-pataktól 7 fkm-re) található áramláskedvelő halfajok a pontynál bizonyosan nagyobb oxigénigényűek, és a több órán át tartó, maximum 2 mg/l oldottoxigén-szintet nem tudták elviselni. A bentikus halfajok teljes pusztulásához valószínűleg nemcsak az oxigénhiány vezetett. Elképzelhető, hogy a szennyezett víz valamivel nagyobb fajsúlyú volt, mint a vízfolyás vize, és a fenék közelében gőrdült végig. A vágócsíkivadékok azért élhették túl, mert a partszegélyben tartózkodnak.

Nem tudjuk, hogy az elpusztult halak meddig sodródnak le, hogy a Jászdózsánál (a szennyező forrástól 29 fkm-re) talált példányok hol pusztultak el. Dr. Szerencsés István által ott talált elpusztult halfajok inkább a Tarnára jellemzőek: süllő, csuka (*Esox lucius*), domolykó (*Squalius cephalus*), jász (*Leuciscus idus*), küllő (*Gobio* sp.), bár a Bene-patakban is megtalálhatóak.

A 2010 októberi vörösiszap-szennyezés után két héttel a Marcal szennyezéssel érintett 3 mintavételi szakaszáról (3*800 m) 4 faj 59 egyede került elő (0,025 ind/m). 2011 tavaszán előző évi szaporulatot nem találtak, de 5 mintavételi helyről már 16 faj 976 egyedét sikerült kimutatni (Takács et al. 2012). 2012 őszére a szennyezés előtti állapothoz hasonló haleggyüttes fordult elő a Marcalban (Erős et al. 2015). 2012-ben a Torna-patakból 21 halfaj került elő (Sallai 2013), azaz két év alatt regenerálódott a Torna és a Marcal halfaunája.

Összehasonlítva a 2010-es vörösiszap-szennyezéssel, a Bene-patakban nem semmisült meg a teljes élővilág. A szennyezés levonulta után két héttel adult halak (0,24 ind/m) és ivadékok (0,56 ind/m) mellett különböző vízirovarokat is találtunk, egy vegetációs periódus alatt pedig jelentősen megerősödött a patak halközössége. A természet mindkét esetben viszonylag gyorsan gyógyította sebeit, de hogy ezt hányszor lehet büntetlenül eljátszani, az más kérdés.

Irodalom

- Beliczky G. P. (2019): Kombinált (intenzív – extenzív) harcsanevelési technológia elemeinek vizsgálata a környezeti és technológiai paraméterek függvényében. Phd értekezés. Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely. pp. 138. http://real-phd.mtak.hu/850/1/Beliczky_Gabor_Peter_dissertation.pdf Letöltve: 2020. 04. 10.
- Clement A., Kardos M. K., Molnár T. (2015): Terhelhetőség meghatározása – Módszertani útmutató a felszíni vizek vízminőség-szabályozásának tervezéséhez, a kibocsátási határértékek meghatározásához. BME, Vízi

- Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, Budapest pp. 48. http://www.kornyeztvedok.hu/vgt/vgt2/orszagos/8_15_terhelhetosegi_utmutato_fin.pdf?picture=pic2 Letöltve: 2019. 11. 28.
- Clement A., Kardos M. (2016): *Vízminőségsszabályozási példatár*. BME, Vízi, Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, Budapest. pp. 79.
- Erős T., Takács P., Czeglédi I., Sály P., Specziár A. (2015): Taxonomic- and trait-based recolonization dynamics of a riverine fish assemblage following a large-scale human-mediated disturbance: the red mud disaster in Hungary. *Hydrobiologia* 758: 31–45.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001): PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4/1: 9.
- Hancz Cs. (2017): A sókoncentráció csökkentés lehetőségének vizsgálata egy magyar vízfolyás példáján. *International Journal of Engineering and Management Sciences* 2/2: 13–22.
- Hegyí Á. (2017): Halak tartási körülményei és szállítása. Szent István Egyetem, Halgazdálkodási Tanszék. Gödöllő. pp. 52. http://halt.mkk.szie.hu/UserFiles/File/tananyagok/togazda_2017/hegyi_arpad_3_ora.pdf Letöltve: 2019. 12. 03.
- Hense, Z., Martin, R., Tood Petty, J. (2010): Electrofishing capture efficiencies for common stream fish species to support watershed-scale studies in the Central Appalachians. *North American Journal of Fisheries Management* 30: 1041–1050.
- Horváth L., Urbányi B. (2004): *Tógazdálkodás – A ponty tenyésztése*. Szent István Egyetem, Gödöllő. pp. 107.
- Kárpáti Á., Fazekas B., Kovács Zs. (2014): *A szennyvíztisztítás korszerű módszerei*. Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet, Veszprém. pp. 280.
- Kovács F. (2015): A külfejtések víztelenítése során emelt vizek minőségi megfelelése a haltenyésztés követelményeinek. *Halászat - Tudomány* 1/1: 7–14.
- Mihálffy G. (1984): Adatok az északmagyarországi bányavizek vízminőségének megismeréséhez. *Vizeink* 13 (különszám): 190–205.
- Müller T., Bódis Á., Bercsényi M. (2006): Comparative oxygen tolerance of pikeperch *Sander lucioperca*, Volga pikeperch *S. volgensis* and their hybrids *S. lucioperca* X *S. volgensis*. *Aquaculture Research* 37: 1262–1265.
- Németh Á. (2013): Új technológia a fogassüllő (*Sander lucioperca* L.) mesterséges szaporítására és nevelésére, a Dél-Dunántúli halastavak gazdaságosabb üzemelése érdekében. Phd értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság és Élelmiszertudományi kar. pp. 195. <http://doktori.nyme.hu/423/1/disszertacio.pdf> Letöltve: 2019. 10. 12.
- Sallai Z. (2013): A Marcal és a Torna halfaunájának regenerációja a 2010. évi vörösiszap-szennyeződést követően. *Pisces Hungarici* 7: 13–25.
- Szepesi Zs., Harka Á. (2020): A Bene-patak emberi hatásra bekövetkezett több évtizedes kálváriája és a halközössége 2003 és 2017 között. *Pisces Hungarici* 14: 81–90.
- Takács P., Specziár A., Czeglédi I., Bíró P., Erős T. (2012): A Marcal halfaunája a vörösiszap szennyeződés után. *Hidrológiai Közlemény* 92: 75–77.
- Uri Zs. (2017): Élelmiszeripari szennyvizek kezelése. p. 260–271. In: Alexa K. (ed): *Hulladék-gazdálkodás*. Szent István Egyetem, Gödöllő. pp. 357.
- URL1. Belügyminiszter válasza képviselői kérdésre. pp. 3. <https://www.parlament.hu/irom41/07011/07011-0001.pdf> Letöltve: 2019. 08. 23.
- URL2. Hardi P. (2019): Ökológiai katasztrófa a Tarnán? <https://szabadfold.hu/lakohelyem/okologiai-katasztrofa-a-tarnan-274666/> Letöltve: 2019. 08. 31.
- URL3. Envicare Kft (2020): Mátrai Erőmű Zrt. villamosenergia-termelő tevékenységének felülvizsgálata a 2015–2019 időszakra vonatkozóan. pp. 146. és 15 melléklet. <http://www.kormanyhivatal.hu/hu/heves/dokumentumok/ugyintezes/kornyeztvedelmi-es-termesztvedelmi-hatosagi-es-igazgatasi-feladatok>. Hatósági ügyszám: HE-02/KVTO/00536/2020. Letöltve 2020. 02. 25; elérhető 2020. 03. 19-ig.
- URL4. Özse-tározótó leürítési folyamat akkreditált mérési eredményei 2019.11.19. és 2019.12.02 között. <https://www.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2019-12/67650.pdf> Letöltve: 2019. 12. 18.
- URL5. Envicare Kft (2018): Mátrai Erőmű Zrt: Az 1. sz. területen kialakított zagyter - egységes környezethasználati engedély felülvizsgálata. pp. 43. <http://www.kormanyhivatal.hu/download/4/0f/74000/ME%20Zrt%201%20sz%20ter%3%BCleten%20kialak%3%ADtott%20zagyter%3%A9r%20EKHE%20fel%3%BClvizsg%3%A1lat.pdf> Letöltve: 2019. 08. 10.
- URL6. Észak-magyarországi Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság (2013): Mátrai Erőmű Zrt. (Visonta) villamosenergia-termelő tevékenységére vonatkozó módosított 2084-4/2008. számú egységes környezethasználati engedélyének egységes szerkezetbe foglalt módosításai. pp. 37. <http://emikft.hu/Ugyfelfin/dontesek/doc/2013-14765-13.pdf> Letöltve: 2019. 08. 31.
- URL7. M-Sulition Kft (2016): A Visonta Projekt Kft. Visonta közigazgatási területén tervezett búza feldolgozó üzem 2611-29/2014 iktató számú egységes környezethasználati engedélyének jelentős módosítására vonatkozó felülvizsgálat. pp. 96. és 19 melléklet. <http://emikft.hu/Ugyfelfin/engedelyek/lista.html> Hatósági ügyszám: BO/16/17651/2016 Letöltve: 2019. 12. 21.
- URL8. VIRE SOL Keményítő- és Alapanyaggyártó és Forgalmazó Kft. cégkivonata. Cégjegyzékszám: 10-09-036117. <http://www.e-cegjegyzek.hu/?cegkeres> Letöltve: 2020. 02. 02.

URL9. OPUS GLOBAL Nyrt. (2020): Az OPUS GLOBAL Nyrt. IFRS standardok alapján elkészített konszolidált 2019. évi éves jelentése. pp. 184. Cégjegyzékszám: 01-10-042533. https://www.e-beszamolo.im.gov.hu/oldal/beszamolo_kereses Letöltve: 2020. 05. 30.

URL10. Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság (2020): Határozat, a VIRE SOL Kft. környezetkárosodást, a felszíni vizek károsodását megelőző intézkedésekre történő vízvédelmi és vízügyi hatósági kötelezésére. pp. 16. <https://atlatszo.hu/2020/04/24/itt-a-bizonyitek-meszaros-lorinc-kemenyitogara-szennyezta-a-matrai-eromu-viztarozajat/> Letöltve: 2020. 05. 08.

1. melléklet. A Bene-patak és a Tarna halfaunisztikai adatai 2017–2019 között (ivadék + adult)
Appendix 1. Fish fauna data of the Bene stream and the River Tarna in 2017 and 2019 (fry + adult)

Mintavétel helye / Sampling site	Bene-patak 12 fkm, Detk (B3)		Bene-patak 2 fkm, Nagyfüged (B5)		Tarna 19 fkm, Zaránk (T1)			Tarna 16fkm, Eirk	Tarna 13 fkm, Tarnaórs	Gyöngyös-p. 13+1 fkm, Tarnaórs	Tarna 1 fkm, Jászájkőhalma
	2017.06.19.	2019.08.21.	2017.06.19.	2019.08.29.	2019.08.11.	2019.08.29.	2019.10.13.	2019.08.23.	2017.06.28.	2019.09.29.	2019.10.11.
Dátum / Date											
Fajok / Species											
<i>Rutilus rutilus</i>	0+7	0+31	1+89	63+38	11+26	34+38	9+46	51+11	22+80	6+81	27+47
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0+1
<i>Leuciscus leuciscus</i>	0+1	-	0+17	-	-	2+2	-	0+1	-	-	-
<i>Leuciscus idus</i>	-	-	-	-	-	-	-	0+1	0+3	0+5	-
<i>Leuciscus aspius</i>	-	2+0	-	-	0+1	-	1+0	1+1	0+1	1+1	-
<i>Squalius cephalus</i>	0+23	1+20	2+99	7+17	1+6	7+29	9+24	4+0	17+50	3+8	1+3
<i>Alburnus alburnus</i>	0+22	0+24	0+40	32+73	0+3	25+25	12+20	16+6	114+7	2+10	57+23
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	0+37	-	2+16	0+1	2+0	2+0	2+0	-	0+6	-	-
<i>Chondrostoma nasus</i>	-	-	0+3	-	-	-	-	-	0+1	-	-
<i>Gobio carpathicus</i>	0+2	0+1	0+5	-	-	-	2+0	-	-	-	-
<i>Romanogobio vladkovi</i>	-	-	-	-	-	0+1	1+1	-	-	0+1	18+15
<i>Blicca bjoerkna</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0+1	-	0+2
<i>Abramis brama</i>	-	-	-	-	-	-	0+14	0+2	0+1	0+5	0+1
<i>Ballerus sapa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0+1
<i>Pseudorasbora parva</i>	0+4	-	0+6	1+2	1+1	-	-	-	-	-	0+1
<i>Rhodeus amarus</i>	0+109	1+7	6+120	80+209	42+48	64+126	34+13	132+89	19+36	3+7	54+67
<i>Carassius gibelio</i>	0+5	0+1	-	1+8	-	1+0	1+0	-	-	1+1	0+2
<i>Cyprinus carpio</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0+1	-
<i>Cobitis elongatoides</i>	0+1	22+6	0+10	7+14	4+16	49+62	8+110	11+23	0+11	2+1	5+38
<i>Barbatula barbatula</i>	0+2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Silur glanis</i>	-	-	-	-	2+0	6+0	3+0	-	-	-	0+1
<i>Ameiurus melas</i>	0+1	-	-	-	-	-	-	-	-	0+1	-
<i>Esox lucius</i>	-	-	0+1	-	3+1	3+0	9+6	2+0	5+3	2+4	0+5
<i>Lepomis gibbosus</i>	0+1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Perca fluviatilis</i>	-	-	-	-	-	0+2	0+12	-	-	-	0+1
<i>Sander lucioperca</i>	-	-	-	-	-	-	0+1	-	1+0	1+3	-
<i>Neogobius fluviatilis</i>	0+7	-	0+15	-	2+0	1+0	13+11	1+1	0+3	1+1	16+25
<i>Proterorhinus semilunaris</i>	-	-	0+1	0+2	20+3	20+2	14+9	0+3	0+11	4+0	10+9
Σ ivadék / fry	0	26	11	232	88	213	118	218	71	27	188
Σ adult	222	90	422	323	115	288	268	138	321	129	277
Fajszám / n. of species	14	7	12	9	12	14	17	12	15	16	17

Authors:

Zsolt SZEPESI (5szepesi5zsolt@gmail.com), Roland CSIPKÉS (csipkes.roland@gmail.com)