



A Rábán és a Pinkán létesített hallépcsők működési hatékonyságának vizsgálata

Investigation of functional efficiency of fish ladders on Rába and Pinka Rivers

Sallai M.¹, Sallai Z.²

¹*Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen*

²*Vaskos csabak Bt., Békésszentandrás*

Kulcsszavak: RFID-technológia, haljelölés, reofil halfajok, duzzasztók átjárhatósága

Keywords: RFID technology, fish marking, rheophile fish species, permeability of dams

Abstract

Functional efficiency of fish ladders on Pinka and Rába rivers were investigated in the frame of an INTERREG (ATHU077 – WeCon) project. RFID technology was used for individual fish-marking and follow-up of the individuals. The extent of fish ladder usage and the success rate of fish ladder usage were examined in case of adult individuals of the previously specified target species (Chub, Barbel, Nase) on three different sampling sites (Szentgotthárd, Ikervár and Felsőcsatár) between 26.02.2019. and 05.09.2020. 3 000 fish individuals were marked with RFID chips. The fish were caught below the dam and in the fish channel and marked with chip in the abdomen of the body. After measuring the length of the fish all individuals were released on the same site under the dam. For the detection of marked fish individuals antenna and hand signal reader were used. 2-2 signal reader antennas were installed in the lower and upper part of the fish ladder. The successful crossing was considered when the signal given by the were received by both the lower and upper antennas and there was no new signal received from the same individual during the following 24 hours by the upper antenna. Beside the collection of fish individuals fish fauna records were also collected using a low power, battery-powered fishing gear producing pulsed direct current. Fishing took place from fishing boats and by wading in the water. Locations of sampling sites were determined using a GPS and the resulting coordinates were processed with geographical information software. A data base software was used to process the faunistic data. In order to easily document the number of individuals caught individuals and geocoordinates a digital voice recorder was used. Altogether 6698 fish individuals were collected, that belonged to 37 species. 14 of the 37 identified faunistic elements are under legal protection by nature conservation regulations and 13 species are in the Appendix of Habitat Directive of the European Union.

1470 chub, 943 barbel, 474 nase, 59 bleak, 27 roach, 16 prussian carp and 11 brown trout individuals were caught and marked in the proximity of the three fish ladders. In the River Rába in the region of Szentgotthárd dam 998, Ikervár dam 1141, in the River Pinka dam (close to Felsőcsatár) 861 fish individuals were marked with PIT-tags. Reader antennas were active for 274 days in Szentgotthárd, 115 days in Ikervár and 143 days in Felsőcsatár. The signal that was recorded within one day with the same code was treated as one record, and the different fish ladders were compared according to that data. The average number of the recorded signals per day was 5,8 in Ikervár, 2,9 in Szentgotthárd, 3,4 in Felsőcsatár. According to the results of the signal reading it can be stated that 15% of the marked fish individuals in the two fish ladders of the River Rába and 4% of the marked fish in the River Pinka in Felsőcsatár has crossed the dams in the fish ladders. 73% of the detected fish individuals that had a signal in Szentgotthárd, 90% in Ikervár, and 38% in Felsőcsatár has crossed successfully. We have to mention the results of the fish ladder in Ikervár, according to the highest rate of the marked and crossed fish individuals.

According to the recorded signal data barbel (22%) used the fish ladder with the highest frequency. Chub showed much lower crossing frequency, only 8,5% of the marked chub individuals crossed the three fish ladders. Nase individuals were very distrustful with the artificial fish ladders, they used the „seminatural” Ikervár fish ladder with the highest frequency, 12,4% of the marked nase has crossed successfully. Smaller cyprinids, such as bleak, roach and the invasive prussian carp could also cross the fish ladder successfully beside the marked individuals of target species.

According to the examination of the standard body length of the fish species that crossed successfully 116-129 mm of bleak, 110-363 mm of barbel, 164 mm of prussian carp, 153-288 mm of nase, 127-156 mm of roach and 111-360 mm of chub crossed the three fish ladders successfully.

The results prove the fact that even in case of good swimming fish species the longer and more natural fish ladders are more efficient than the shorter and more artificial ones.

Bevezetés

Az Őrségi Nemzeti Park Igazgatóság támogatást nyert az INTERREG V-A Ausztria–Magyarország Programban megvalósuló ATHU077 – WeCon megnevezésű projekt keretében. A projekt elnevezése: „Vizes élőhelyek ökológiai hálózatának fejlesztése az osztrák-magyar határregióban”. Az Őrségi Nemzeti Park Igazgatóság a projekt vezető partnere.

Az Igazgatóság (ŐNPI) megbízta vállalkozásunkat, hogy a projekt keretében vizsgáljuk meg a Pinkán és Rábán létesített hallépcsők működési hatékonyságát. A projekt kezdeti időszakában, 2018-ban bejártuk a projektterületen vizsgálni kívánt hallépcsőket (Rába: Szentgotthárd, Ikervár, Pinka: Felsőcsatár), összegyűjtöttük és feldolgoztuk a két vízfolyás halfaunájára vonatkozó korábbi szakirodalmi adatokat, megvizsgáltuk a halcsatornában és közvetlen környezetében tartózkodó halállomány minőségi és mennyiségi összetételét, valamint az alkalmazni kívánt jelölvasó berendezés műszaki ismérveit tanulmányoztuk át. 2019–20-ban a három projekthelyszínen összesen 3000 halegyedet jelöltünk meg RFID-chippel, mellyel a két rábai és egy Pinkán lévő halcsatorna működési hatékonyságát vizsgáltuk.

A vizsgálat során célul tűztük ki, hogy tudományos módszerekkel megállapítsuk a hallépcsők műszaki paraméterei és a működésük hatékonysága közti összefüggéseket, és ezek alapján kidolgozzuk a hatékonyan működő hallépcsőkkel szemben támasztandó új elvárásokat és kritériumokat. Mindezek révén azt kívántuk elérni, hogy javaslataink elősegítsék a vízfolyások keresztirányú elzárásai élőhelyfragmentáló hatásának mérséklését, a biológiai sokféleségre gyakorolt negatív hatásának csökkentését.

Szakirodalmi adatok

A Rába hazai vízrendszerén létesített hallépcsőkre vonatkozó szakirodalmi adatok

A hallépcsők és halcsatornák nem régi eredetűek, hiszen a XXI. században vált általános elvárassá, hogy a korábban épített keresztműtárgyak, duzzasztók, gátak és erőművek mellett biztosítani kell a hosszanti átjárhatóságot, melyet a Víz Keretirányelv (VKI) is megkövetel a tagállamoktól, ugyanis a folyók jó ökológiai állapotának ez az egyik alapköve.

A Rábán Szentgotthárdnál (2013), Magyarlalnál (2005), Ikervárnál (2011) és Nicknél (2009), míg a Pinkán Felsőcsatárnál (2014) és Pornóapátinál (2012) építettek halátjárókat (Pannonhalmi, 2018). A felsorolt halátjárók közül a szentgotthárdi, az ikervári és a felsőcsatári halátjáró működésének hatékonyságát vizsgáltuk a projektidőszakban.

A Rába hazai vízgyűjtőjén épített hallépcsők vizsgálatáról eddig egyetlen nyomtatásban napvilágot látott publikációt találtunk a szakirodalomban.

Keresztessy és Keserű (2010) a kenyeri hallépcső működésének hatékonyságát vizsgálta. A nicki duzzasztó al- és felvizen összesen 36 halfaj jelenlétét mutatták ki, a hallépcsőből 18 halfaj került kézre.

A Rába ikervári duzzasztójának halcsatornájában 23 faj egyedeit azonosították. A vizsgálat során a 2,5 cm és 30 cm közötti halegyedekből fogtak, ami alapján megállapították, hogy a hallépcső főként a kisebb termetű fajok számára biztosít átjárhatóságot. A hallépcső természetközeli szakaszán az árvizek az elmúlt három évben nem okoztak átjárhatatlan akadályokat (Palkó, 2014a).

Szintén a Rábán, a szentgotthárdi duzzasztó mellett épített halcsatornában két alkalommal végzett felmérés során 14 halfaj egyedeit mutatták ki a műtárgyban. A halászatok során 5 és 31 cm közötti halegyedeket fogtak. Megállapították, hogy a csónakcsúszda legtöbb faj és egyed számára átjárható, továbbá lehetségesnek tartják, hogy a halcsatornában a vízáramlás és vízsebesség a legtöbb egyed számára már kedvezőtlenül nagy (Palkó, 2014b).

A Pinkán a felsőcsatári halcsatornában 8, a Rábán a szentgotthárdi halcsatornában 17 halfaj egyedeiből fogtak, elektromos halászgéppel és varsával együttesen végezték a vizsgálatot. A vizsgálat során megállapították, hogy Szentgotthárdnál az erőmű adott vízfogyasztása mellett nem biztosítható a hallépcső üzemi vízszintje, valamint hogy a

hallépcsőn előírt kötelező vízfolyás sem biztosított, tehát az üzemeltetők által alkalmazott beállítások mellett sem a hallépcső, sem pedig a csónakcsúszda nem átjárható. A szerző szerint mind a hallépcső, mind pedig a csónakcsúszda bejárata nehezen fellelhető a halak számára. A vizsgálat során módosították mindkét műtárgy üzemi vízszintjét, továbbá a felvizen, közvetlenül a műtárgy kijáratnál egy-egy varsát helyeztek el, mellyel mindkét zsilipkijáratnál fogtak halakat, ezzel bizonyították, hogy megfelelő üzemi vízszint beállítása esetén mindkét átjáró hatékonyan képes működni (Horváth, 2017).

Az eddig épített hazai halátjárókat Pannonhalmi (2018) foglalta össze könyvében, de a halakra vonatkozó rész vízterenkénti fajlistákat nem tartalmaz.

A projekttel érintett halcsatornákból a feldolgozott szakirodalmi forrásokban szereplő halfajok egyedszámait a saját eredményeinkkel együtt az *1. táblázat*ban foglaltuk össze.

Az RFID technológia alkalmazása a halbiológiában

Az RFID (Radio Frequency Identification – rádiófrekvenciás azonosítás) elvének megszületése a II. világháború idejére tehető, amikor a radart feltaláló Sir Robert Watson-Watt vezetésével egy titkos projekt keretében a britek kifejlesztették az első aktív, saját repülőgépeket felismerő rendszert (Papp, 2010). Azóta széleskörűen használják a technológiát útlevelek egyedi jelölésére, könyvtárakban könyvek nyilvántartására és állatok jelölésére is.

Az RFID technológia a halbiológiában is elterjedté vált az egyedek jelölésénél, így tógazdaságokban nagy értékű tenyészhalak, génbanki állományok egyedi azonosítása mellett a természetes vizeken elsősorban vonuláskutatásra használják.

Az internetes kutatásaink során több mint félezer RFID technológiával érintett, halakkal foglalkozó publikációt találtunk a világhálón, melyek közül nagyon kevés a közvetlenül témába vágó szócikk, amely műtárgyak átjárhatósági hatékonyságával foglalkozik, melyek közül az alábbiakat dolgoztuk fel.

Damborg és Pellett (2012) 3 éves felmérésük során azt mutatták ki, hogy az általuk vizsgált hallépcső részleges akadályt jelent a szivárványos pisztráng és az ezüstlazac vándorlásában. Mindkét halfaj esetében az összes átkelés mértéke nem haladta meg a 60%-ot, szabványos működési eljárások alapján ez az érték akár 30%-ra is lecsökkenhet. A sikeres átkelések függtek a mérettől és a nemtől, ami tovább csökkentheti mindkét faj produktivitását a folyó felső részén. Az átkelés sikeressége a hallépcsőben dramatikusan megnőtt, amikor a főmederben csökkentették a duzzasztási szint magasságát, vagy amikor a folyó vízhozama nem haladta meg a 8 m³/s-ot.

Weibel és Peter (2013) Svájcban 8 különböző kialakítású hallépcső és fenékküszöb átjárhatóságát vizsgálta. A hallépcsőkben és fenékküszöbökön az átlagos vízsebesség 0,23 és 0,28 m/s között változott, a maximális vízsebesség pedig 0,9–1,5 m/s volt, de a meredekebb küszöbökön nagyobb sebesség is előfordult. Összesen 3 000 halegyedet jelöltek meg egyedi chipekkel. Az eredmények az alsó pisztrángzóna műtárgyainál jelentős különbségeket mutattak a fajok és a 200 mm-nél kisebb és nagyobb pisztrángok áthaladásának esetében. A pérzóna bizonyos típusú műtárgyainál nagy arányban jutottak át a műtárgyon a 200 mm-nél nagyobb domolykók és pisztrángok, de feltűnően alacsony volt az átjutás mértéke a fenékjáró küllőnél (*Gobio gobio*), a márnánál (*Barbus barbus*), a bodorkánál (*Rutilus rutilus*) valamint a kisebb méretű (200 mm alatti) domolykóknál (*Squalius cephalus*).

1. táblázat. A Rábán és a Pinkán létesített halcsatornákból kimutatott halfajok és egyedszámaik szakirodalmi és saját adatok alapján
(a természetvédelmi oltalom alatt álló fajokat kékkel és vastagon szedtük, a közösségi jelentőségű fajokat *-gal, míg az inváziós és idegenhonos fajokat pirossal jelöltük)

Table 1. Literature data and our own data of the fish species and their individual numbers in the fish ladders of River Rába and Pinka
(blue and bold: the protected species, *: the species of Habitat Directive of the Nature 2000, red: the invasive, not native species)

Fajlista	Keresztessy & Keserű, 1995	Ikervár: Palkó, 2014a	Szentgotthárd: Palkó, 2014b	Felsőcsatár: Horváth, 2017	Szentgotthárd: Horváth, 2017	Felsőcsatár: Saját, 2018-20	Ikervár: Saját, 2018-20	Szentgotthárd: Saját, 2018-20
1. <i>Eudontomyzon mariae</i> *							3	1
2. <i>Rutilus rutilus</i>			1				1	21
3. <i>Scardinius erythrophthalmus</i>							2	1
4. <i>Leuciscus leuciscus</i>							20	5
5. <i>Squalius cephalus</i>		70	7	13		56	209	144
6. <i>Leuciscus idus</i>								
7. <i>Leuciscus aspius</i> *							1	1
8. <i>Alburnus alburnus</i>		44	11				43	333
9. <i>Alburnoides bipunctatus</i>		442	91	16		33	154	199
10. <i>Blicca bjoerkna</i>		3					5	
11. <i>Abramis brama</i>		1						3
12. <i>Ballerus sapa</i>		1						
13. <i>Chondrostoma nasus</i>		35	1				203	39
14. <i>Barbus barbus</i> *		439	236	6		10	653	121
15. <i>Gobio obtusirostris</i>		2	3	20		7		25
16. <i>Romanogobio vladykovi</i> *		24					20	10
17. <i>Pseudorasbora parva</i>		1		1				
18. <i>Rhodeus amarus</i> *		2		2			3	16
19. <i>Carassius gibelio</i>		11	9	1			5	5
20. <i>Cobitis elongatoides</i> *		9	5					
21. <i>Sabanejewia aurata</i> *		2	4				1	6
22. <i>Barbatula barbatula</i>		44	6				6	8
23. <i>Ameiurus melas</i>		1	18					
24. <i>Silurus glanis</i>		6					24	
25. <i>Salmo trutta fario</i>				1			4	3
26. <i>Lota lota</i>		6	9				1	
27. <i>Lepomis gibbosus</i>								
28. <i>Perca fluviatilis</i>		1						3
29. <i>Gymnocephalus cernua</i>								1
30. <i>Sander lucioperca</i>		4					3	
31. <i>Zingel zingel</i> *		14					7	
32. <i>Zingel streber</i> *		5						
33. <i>Proterorhinus semilunaris</i>								
Fajsám:	18	23	13	8	17	4	21	20
Összegegyedszám:		1167	401	60		106	1368	945

Nau és munkatársai (2017) Kanadában az *Alosa pseudoharengus* fajt vizsgálták. Április 24 és június 10 között összesen 5 423 egyedtel jelöltek. A jelölő év során körülbelül az egyedi jelek fele követhetlenné vált, de amelyek lekövethetők voltak azok használták a hallépcsőt április 16 és július 8 között. A hallépcső bejáratának vonzereje a 2015 és 2016 között felemelkedett 85%-ról 95%-ra. Az átkelési arány is folyamatosan javult, 2017-ben már 73%-os volt.

Ovidio és munkatársai (2017) Belgiumban a Bocq folyón egy 2011-ben épült hallépcsőbe jelfogó antennákat telepítettek. Összesen 125 halegyedet jelöltek, melyeket a mőtárgy alvizen engedtek szabadon a chipes jelölést követően. A sebes pisztrángok a hallépcső bejáratát átlagosan 65,1 óra alatt, a pénzes pérek átlagosan 538,9 óra alatt találták meg. Az átjutási arány a sebes pisztrágnál 86,9%, a pénzes pérnél 55,5%, a márnánál pedig 7,1% volt. A hallépcsőt használó pisztrángoknak átlagosan 1,5 órára, míg a márnáknak kb. 21 órára volt szüksége az átkeléshez.

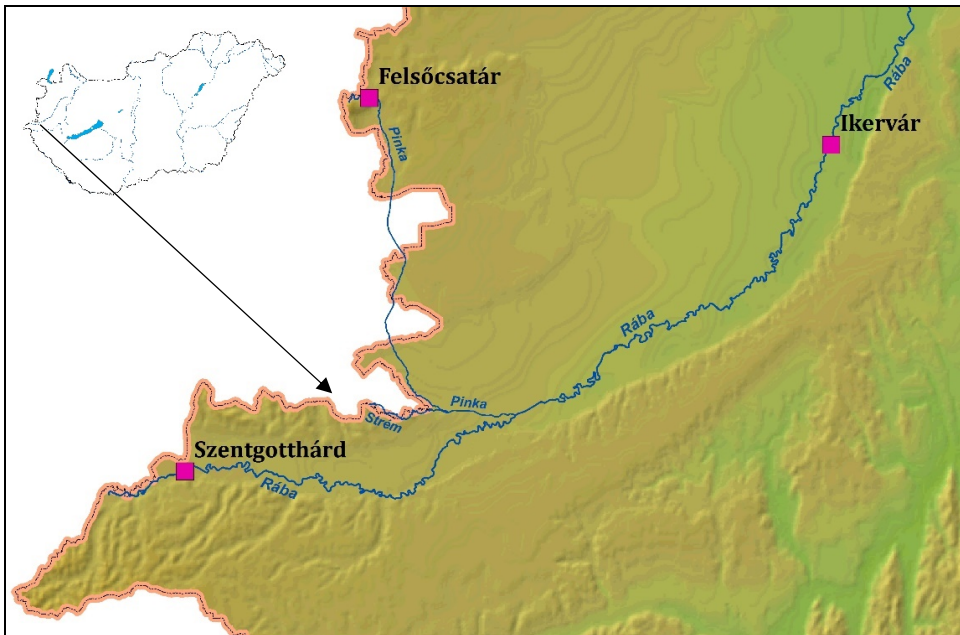
Benitez és munkatársai (2018) potamodrom fajok viselkedését vizsgálták a belga Meuse folyó hosszanti átjárhatóságának a helyreállítását követően. 2012 és 2016 között 11 faj egyedeiből jelöltek, melyeket az alvizen fogtak be, és az egyedi chipes jelölést követően a felvizen lettek elengedve. Ezek a halak viszonylag messzire eljutottak, 3 további hallépcsőn lehetett olvasni a jelüket, amelyek jelfogó antennával voltak ellátva. A vizsgálat során megállapítást nyert, hogy a domolykó, a csuka és a paduc 1,1 nap alatt tettek meg 1 km-t a következő mőtárgyig. A leggyorsabb fajnak a sebes pisztráng bizonyult, ami 0,3 nap/km sebességgel haladt felfelé. Ezenkívül megállapították, hogy a hallépcsőkön a különböző fajok eltérő napszakban vonulnak át, pl. a sebes pisztráng napközben, míg a harcsa éjszaka haladt át a mőtárgyon.

Lothian és munkatársai (2019) Angliában a Temze városi mellékfolyóján fenékküszöbök (LCB) átjárhatóságát vizsgálták. Az 1:3:3 lejtésű fenékküszöbök felvizére antennákat helyeztek ki. Vegyesen jelöltek egyedi chipekkel természetes állományból befogott és kitelepített márnákat (*Barbus barbus*), domolykókat (*Squalius cephalus*), nyüldomolykókat (*Leuciscus leuciscus*) és bodorkákat (*Rutilus rutilus*). A vizsgálat eredményeként megállapították, hogy az ilyen lejtőszöggel kialakított fenékküszöbök alkalmasak a különböző pontyfélék áthaladására, továbbá megállapították, hogy a természetes (vad) állományból befogott és mesterséges szaporulatból származó jelölt halak hasonló áthaladási sikereket értek el.

Anyag és módszer

A mintavétel módszere, a halak befogása és jelölése

A halak gyűjtését egy ukrán gyártmányú, SAMUS 725MP típusú pulzáló egyenáramot előállító, akkumulátoros halászgéppel végeztük, vízben gázolva és csónakból. Halászgépünk semmilyen maradandó sérülést nem okozott a kifogott halakban, azok rövid időn belül magukhoz tértek és elúsztak. A halakat a meghatározást és a jelöléseket követően szabadon engedték, begyűjtésre nem került sor. 2018-ban megvizsgáltuk az előzetesen kijelölt halcsatornákat (1. ábra) – a szentgotthárdi, az ikervári és a felsőcsatári halátjárót –, egyrészt hogy a jelölni kívánt halak megtalálható-e a mőtárgyakban és az alvizen, másrészt hogy milyen mennyiségben vannak jelen. 2019-ben egyedül a szentgotthárdi duzzasztó alvizen volt lehetőségünk begyűjtésre és jelölésre a jelfogó antennák meghibásodása miatt. 2020-ban mindhárom kijelölt hallépcső térségében gyűjtöttünk faunisztikai adatokat és jelöltünk halakat.



1. ábra. A projekt keretében vizsgált halcsatornák elhelyezkedése
 Fig. 1. The distribution of the investigated fish ladders in the project

A gyűjtési helyeket egy GARMIN GPSMAP64st típusú GPS-készülék segítségével mértük be, a koordinátákat asztali térinformatikai szoftver segítségével dolgoztuk fel. A mintaszakaszok közigazgatási hovatartozását az EOV-koordináták alapján határoztuk meg. A fajonkénti egyedszámok, a testhosszak, chip-kódok és a geokoordináták rögzítésére egy OLYMPOS WS-812 típusú digitális diktafont használtunk. A diktafonos adatok lehallgatásánál a fajonkénti egyedszámokat mintahelyenkénti adatlapokon összegeztük, majd Access adatbáziskezelő szoftver segítségével töltöttük fel az adatbázisba. A terepi tájékozódásban az 1:25.000 méretarányú katonai térképek voltak segítségünkre. Az alsó és felső pont megadásával viszonylag pontosan mérhető egy-egy mintavételi egység hossza. A mintavételeknél a halászgép hatótávolságát 2 m szélességben állapítottuk meg, a mederhossz-szelvényre, illetve partélre merőlegesen. A fajok magyar elnevezésénél Harka (2011), míg a tudományos nevek esetében a Fishbase-ben (Froese & Pauly 2021) használt neveket tekintettük irányadónak, ami gyakorlatilag Kottelat és Freyhof (2007) munkáján alapul.

A halcsatornákra vonatkozó, általunk feldolgozott szakirodalmi adatok alapján megállapítható, hogy a halcsatornák több áramláskedvelő faj számára optimális élő-, táplálkozó- és szaporodóhelyet biztosítanak, azonban az elektromos halászgéppel történő vizsgálatok során az sehol nem bizonyítható, hogy a halcsatornában tartózkodó halak elhagyják-e a felvízi műtárgyat. Horváth (2017) ennek bizonyítására a műtárgy felvizen, közvetlenül a felvízi műtárgyra egy varsát csatlakoztatva, Szentgotthárdnál bebizonyította, hogy a halak feljutnak a felvízre, ha a halcsatornában megfelelő mennyiségű üzemi víz áll rendelkezésre. Ez a módszer azonban csak rövid időintervallumban alkalmazható, ugyanis a felvíz felől érkező tereptárgyak károkat okozhatnak a varsában, így nem szolgáltat hosszútávon megbízható információkat. Tudvalevő az is, hogy a különböző potamodrom halfajok napszaki és szezonális aktivitása eltérő, ezért a halcsatornák működési hatékonyságának a vizsgálata egy olyan rendszer kiépítését indokolná, ami kiküszöböli a fenti módszertani problémák okozta információhiányt.

Egy viszonylag új technológia alkalmazásával végeztük a halak egyedi jelölését és nyomon követését, ez alapján megállapítható, hogy az előzetesen meghatározott célfajok (domolykó, márna, paduc) ivarérett egyedei milyen mértékben használták és jutottak át a hallépcsőkön. A célfajokon kívül jelöltük néhány egyéb faj (bodorka, küsz, ezüstkárász, sebes pisztráng) adult egyedeit is, ugyanis a befogásoknál rendszeresen bent tartózkodtak a halcsatornában, és érdekelt bennünket, hogy átúsznak-e a műtárgyon. A jelölés során kiemelt figyelmet fordítottunk arra, hogy a befogott halak a legkevésbé sérüljenek, törjenek. Mindössze a standard testhosszukat rögzítettük, hogy az ívás előtt lévő egyedeket minél kisebb stressznek tegyük ki. A jelölést megelőzően minden esetben kézi jelöléssel ellenőriztük, hogy az adott halegyed korábban volt-e jelölve, ezáltal lekövethető volt, hogy mikor történt a jelölésük. A befogott halegyedeket a testhossz lemérését követően hasfalba juttatott chippel láttuk el, a beültetés helyét sebfertőtlenítővel kezeltük, majd valamennyit szabadon engedtünk a műtárgyak alvívén. A jelölés által bekövetkezett elhullásról nincs tudomásunk. A chip beültetésre szolgáló tűket folyamatosan fertőtlenítettük alkoholban és kb. 20 egyedenként cseréltük. Egyetlen esetben, egy márnánál tapasztaltuk, hogy az egy hónappal korábbi jelölés helye kissé fekélyes lett, ezért ismét lekezeltük sebfertőtlenítővel. A 439 visszafogás esetében azt tapasztaltuk, hogy már az egyhónapos sebek sok esetben alig voltak felfedezhetőek a hasfalon. A vizsgálat során 3 000 db halat jelöltünk meg, arra törekedve, hogy a három hallépcsőnél közel azonos mennyiségben jelöljünk.

A halak mozgásának követésére az úgynevezett RFID technológiát alkalmaztuk, melynek során a mikrochippel jelölt halegyedek detektálására került sor. Ennek segítségével megállapítható volt a jelölt halaknak a jelölés helyétől történő elmozdulásának a mértéke, illetve az egyedi jelölés segítségével az is nyomon követhető volt, hogy mely halegyedek keresték fel a halcsatornát, illetve melyek jutottak át sikeresen a műtárgyon. A detektálásra jelfogó antennákat és jelolvasó berendezést alkalmaztunk. Ezzel egyrészt információhoz jutottunk a jelölt halfajok napszaki és szezonális aktivitásáról, másrészt információt nyertünk arról, hogy a különböző fajú és méretű fajok számára mennyire volt átjárható a műtárgy. A jelfogó antennák megépítését és telepítését megbízott külső szakemberek és az ÖNPI munkatársaival együtt közösen végeztük.

A jelöléshez az OREGON RFID EU GmbH által forgalmazott 23 mm-es chipet alkalmaztuk. A jelölésnél figyelembe kellett vennünk, hogy a chip tömege nem haladhatja meg a hal tömegének a 2%-át levegőn, vagy a 1,25%-át a vízben. Az általunk használt tagek tömege 0,6 g, emiatt a jelölt halak standard testhossza 100 mm és tömege 30 g fölötti volt.

A vizsgálni kívánt halátjárók műszaki adatait Pannonhalmi (2018) nyomán a 2. táblázatban foglaltuk össze.

A jelfogó antennák telepítése, a jelolvasások kiértékelésének módszere

A három vizsgált halcsatorna különböző műszaki kialakítású, ezért a jelfogó antennákat nem volt lehetőségünk egységesen telepíteni. A jelolvasó berendezést (reader), egy vízmentes és vandálbiztos zárható fémdobozban helyeztünk el, melyről egy-két hetes gyakorisággal történt a rögzített adatok mentése, melyben alkalmanként a nemzeti park munkatársai is közreműködtek.

Az első jelfogó antennát 2019 áprilisában Szentgotthárdon, a duzzasztó felvívén sikerült megépíteni és üzembe helyezni. Az antennát nagyon nehezen sikerült beüzemelni, mindazok ellenére, hogy a gyártó és forgalmazó által javasolt paraméterekkel rendelkező rézhuzalt alkalmaztuk az antenna kialakításához és folyamatos volt a gyártóval a kommunikáció. Az antenna hurkát távtartók beépítésével alakítottuk ki, hogy az antennahurok alsó és felső vezetéke közötti távolság nagyjából állandó legyen (max. 60 cm).

2. táblázat. A vizsgált halcsatornák műszaki adatai Pannonhalmi (2018) alapján
 Table 2. The technical parameters of the investigated fish ladders by Pannonhalmi (2018)

	Pinka, Felsőcsatár halcsatorna	Rába, Szentgotthárd halcsatorna	Rába, Ikkervár halcsatorna
Helyszín / Sites:	Pinka 34+120 fkm	Rába 206+857 fkm	Rába 100+574 fkm
Létesítés éve / Year of establishment:	2014	2013	2011
VKI víztípus / Water Framework Directive water type:	3 M	4 L	4 L
VKI haltípus / Water Framework Directive fish type:	2 HLS	3 HLR	3 HLR
Halátjáró típusa / Fish passage type:	természetközeli, kőküszöbös medencés	réselt, medencés kőküszöbös, kefeelemes	természetközeli, kőküszöbös / réselt
Építőanyag / Building material:	vízépítési terméskő, vasbeton	vízépítési terméskő, vasbeton, fa, acél	vízépítési terméskő, vasbeton, fa
Szaktervező / Professional designer:	SOLVEX Kft.	Hullámvonal Kft.	SOLVEX Kft.
Kivitelező / Constructor:	VÍZÉPTEK Bt.	Colas-Hungária Zrt.	Szombathelyi Vízerőmű Kft.
Szintkülönbség / Level difference (Δh):	2,05 m	4,15 m	6,20 m
Jellemző vízhozam / Water flow:	0,20 m ³ /s	1,30 m ³ /s	0,30 m ³ /s
Hosszúság / Length:	70 m	95 m	226 m
Átlagos esés / Average fall:	29 ‰	43,6 ‰	27 ‰
Összes költség / Total cost:	72 mFt / 232.000 €	72 mFt / 223.000 €	106 mFt / 378.000 €
Fajlagos költség / Unit cost:	1,03 mFt/fm	0,76 mFt/fm	0,47 mFt/fm
Fajlagos költség / Unit cost::	35,1 mFt/ Δh	17,4 mFt/ Δh	17,1 mFt/ Δh
Megjegyzés / Comment:	-	A költség a duzzasztó átépítés beruházási	-

A jelfogó antennát egy kötélhez rögzítettük, ami mintegy függöny volt leeresztve a vízbe, melyet úgy próbáltunk beállítani, hogy az antennahurok alsó része a mederfenék felett legyen legalább 50 cm-rel. Ezáltal a jelfogás működött az antennahurok alsó vezetéke alatt a mederfenékig, illetve a hurok felső vezetéke felett is kb. 60 cm-rel, valamint a két vezeték közötti hurokban. Az antennát a mederbe úgy telepítettük – a terepi lehetőségekhez igazodva –, hogy az a teljes mederszélességet lefedje. A jelfogó antenna a hallépcső felvízi műtárgyának kilépője felett 100 m-rel 2019. április 5. és november 4. között folyamatosan üzemelt, azonban november 4-én egy áradás oly mértékben megromlalta, hogy működésképtelenné vált. A 2019-es év jelfogási eredményeinek kiértékelésénél derült fény arra, hogy antennánk nem működött kielégítően, ugyanis az alsószölnöki hallift jelölvasója több olyan márnáról is gyűjtött adatokat, melyeket munkacsoportunk jelölt a szentgotthárdi duzzasztó alvizén. Az Alsószölnöknél lévő hallift jelfogó berendezésénél jelt adó halegyedeket, melyeket a duzzasztó alvizén jelöltünk és a szentgotthárdi antenna nem detektált, szintén sikeres átkeléseként kezeltük. 2020-ban további források felhasználásával a szentgotthárdi kenucsúszda és a halcsatorna felső szakaszára 2–2 antennát telepítettek külső szakemberek. A beüzemelést követően 2020 áprilisában folytattuk a jelöléseket. Azokat az eseteket könyveltük el sikeres átjutásoknak, ahol a jelölt halak jelet gerjesztettek a folyásirányban lévő alsó és felső jelfogó antennánál is, és 24 órán belül nem történt újabb jelölvasás a felső antennáknál. Nagy problémát jelentett, hogy a

2020-as év folyamán két alkalommal is beakadt egy-egy nagyobb uszadékfa a kenecsúszdába és halátjáróba, ami a kenecsúszdában alul vízhiányt, a beakadt uszadékfa felett visszaduzzasztást eredményezett. A vízügyi kezelőnek közel két hónapjába került, mire eltávolította a műtárgyból az uszadékfákat. Emiatt a jelfogó antenna június 15. és augusztus 12. között sajnálatosan üzemén kívül volt. Ezért szintén sikeres átjutásként könyveltük el azokat az eseteket, amikor a folyásirányban lévő felső antennánál történt az első jelfogás, ugyanis ilyen esetekben a jelölt halak a jelfogó berendezés üzemszünetében keltek át a műtárgyon. Ugyancsak akadályozta a halak feljutását a kenecsúszdában, hogy legtöbbször minimális vizet találtunk benne, és az alsó szakasza erősen feliszapolódott.

Ikerváron a másik két helyszínhez hasonlóan 2020 januárjában történt meg a két új antenna telepítése, azonban a kivitelező, a halcsatorna alsó részébe, a résekt halátjáróba építette be az antennákat. Ikerváron mivel a természetszerű halcsatorna közel 150 méteres szakasza az elhelyezett antennák felett kezdődik, tudvalevő, hogy a halak felúsznak a halcsatornába, de bennünket az érdekelt, hogy sikeresen áthaladnak-e rajta és elhagyják-e azt. Ezért kérésünkre 2020. május 14-én az antennákat, új elemekkel kiegészítve áttelepítettük közvetlenül a kilépő műtárgy alá. A jelfogásokat ezért ettől az időponttól kezdve emeltük be az értékelésbe. Itt is azokat az eseteket könyveltük el sikeres átjutásoknak, ahol a jelölt halak jelet gerjesztettek a folyásirányban lévő alsó és felső jelfogó antennánál is, és 24 órán belül nem történt újabb jelölvasás a felső antennánál, mert ezen esetekben a jelölt hal visszafordult.

Az antennákat minden esetben úgy rendeltük a kivitelezőtől, hogy a folyásirányban lévő felső antenna minél közelebb legyen a halcsatorna kilépő műtárgyához, ez azonban sajnos nem minden esetben sikerült. Felsőcsatáron a halcsatorna mindössze 70 m hosszú, az itt elhelyezett antenna felett még 3 medence és legalább 15 méter halcsatorna-szakasz található. Ezért a kiértékelésnél figyelembe kellett azt vennünk, hogy az alsó és felső antennán áthaladó jelölt halról nem mondhatjuk el azt, hogy 100% biztonsággal elhagyta a felvízi műtárgyat, hiszen még a felső antenna fölött is hasonló körülményeket találhattak, mint az alsó antenna alatt. A felsőcsatári jelfogások esetében is azokat tekintettük 100%-os biztonsággal átkelt halaknak, melyeknek az utolsó jelfogása a felső antennánál történt, és utána nem történt újabb jelfogás az alsó antennánál, továbbá azokat, melyek a felső antenna elhagyását követően legalább 24 órán keresztül nem jelentkeztek újra a felső, majd az alsó antennánál. Ugyanis ezek a halegyedek minden bizonnyal elhagyták a műtárgyat, csak a felvízen nem találtak optimális élő- vagy táplálkozóhelyet, ezért visszafordultak és leúsztak a műtárgyon. Több esetben tapasztaltuk, hogy a jelölt halak felúsztak a felső antennáig, de mivel újra jelfogás történt az alsó antennánál, ez azt jelentette, hogy visszafordultak, ezt több egyed, többször is megtette. Sajnos többször volt az akkumulátor lemerüléséből származó üzemszünet is, ami tovább nehezítette a kiértékelést.

A jelölt halegyedek aktivitását havi bontásban is értékeltük. A rögzített adatokat oly módon elemeztük, hogy az egy halegyedtől származó jeladást egy hónapon belül egy előfordulásként kezeltük, és a célfajok (domolykó, márna, paduc) esetében vizsgáltuk a havi aktivitásukat.

Eredmények

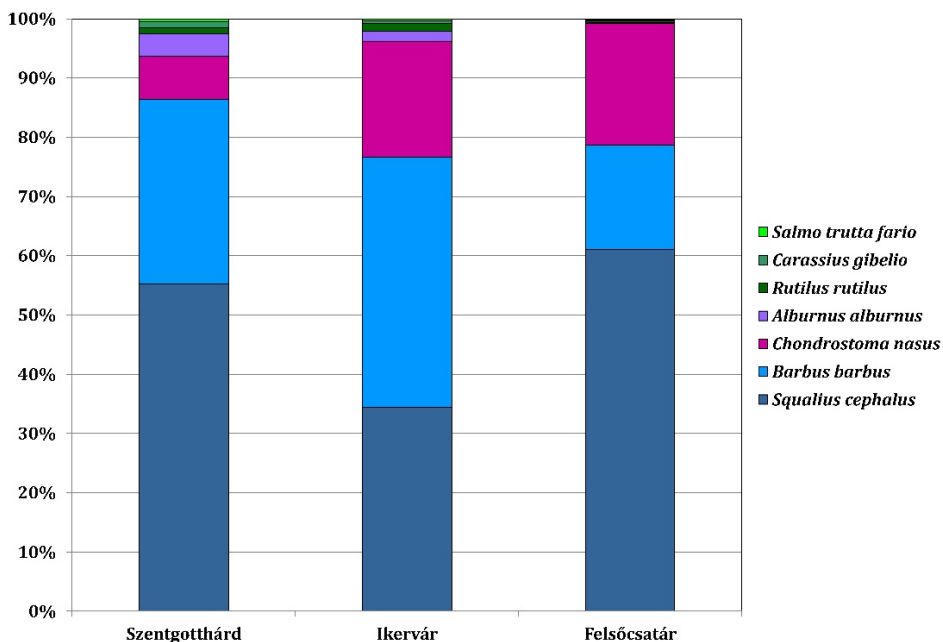
Faunisztikai adatok

2018-ban a szentgotthárdi, az ikervári és a felsőcsatári halátjáróban és annak közvetlen környékén végeztünk felmérést, abból a célból, hogy a jelölésre tervezett célfajok, a domolykó, a márna és a paduc jelen vannak-e a műtárgyak térségében és milyen mennyiségben. A vizsgálatra 2018 szeptemberében került sor, összesen 301 halegyedet fogtunk és határoztunk meg, melyek 19 fajt képviseltek. 2019-ben a szentgotthárdi duzzasztó halcsatornájában és a műtárgy alvizén végeztünk adatgyűjtést a jelölni kívánt halak befogása céljából, összesen 25 faj, 683 egyedét fogtuk meg. 2020-ban mindhárom térségben gyűjtöttünk halakat jelölés céljából, összesen 5 714 halegyedet fogtunk, melyek 35 fajhoz tartoztak.

A három mintavételi évben összesen 6 698 halegyedet fogtunk, melyek 37 fajt képviseltek. A 37 faunaelemből 14 élvezi a hazai természetvédelem oltalmát – dunai ingola (*Eudontomyzon mariae*), nyúldomolykó (*Leuciscus leuciscus*), sujtásos küsz (*Alburnoides bipunctatus*), dunai küllő (*Gobio obtusirostris*), halványfoltú küllő (*Romanogobio vladkovi*), homoki küllő (*Romanogobio kesslerii*), szívárványos ökle (*Rhodeus amarus*), kövicsík (*Barbatula barbatula*), vágócsík (*Cobitis elongatoides*), balkáni csík (*Sabanejewia balcanica*), bolgár csík (*Sabanejewia bulgarica*), széles durbincs (*Gymnocephalus baloni*), magyar bucó (*Zingel zingel*), német bucó (*Zingel streber*). 13 faj az Élőhelyvédelmi Irányelv függelékeiben is megtalálható: kecsge (*Acipenser ruthenus*), dunai ingola, balin (*Leuciscus aspius*), márna (*Barbus barbus*), halványfoltú küllő, homoki küllő, szívárványos ökle, vágócsík, balkáni csík, bolgár csík, széles durbincs, magyar bucó és német bucó. A duzzasztók térségében kimutatott halfajokat a 3. táblázatba foglaltuk össze.

Az RFID-chipekkel jelölt halfajokkal kapcsolatos eredmények és tapasztalatok

A három projekthelyszínen (Szentgotthárd, Ikervár és Felsőcsatár) 2019. február 26. és 2020. szeptember 5. között 3 000 halegyedbe ültettünk RFID-chipeket. Sajnos több esetben hibásak voltak a chipek, a beültetést követő ellenőrzésnél 18 esetben nem sikerült a kézi jelölővel ellenőriznünk a beültetett chip azonosítóját. A projektidőszakban a három halátjáró térségében összesen 1 470 domolykót, 943 márnát, 474 paducot, 59 küsz, 27 bodorkát, 16 ezüstkárászt és 11 sebes pisztrángot jelöltünk meg. A szentgotthárdi duzzasztó térségében 998, az ikervári duzzasztó környezetében 1 141, míg a Pinkán a felsőcsatári duzzasztó térségében 861 halegyedet jelöltünk. A jelölt halak fajonkénti megoszlását a három projekthelyszín között a 2. ábrán szemléltetjük.



2. ábra. A jelölt halak fajonkénti megoszlása a projekthelyszínek között
Fig. 2. The rate of the marked fish species on the project sites

A halcsatornába felúszott jelölt halak gyakran többször próbálkoztak az átkelésel, ezáltal hosszasan tartózkodtak a jelfogó antennák körzetében, melyből fakadóan gyakran előfordult, hogy egy-egy jelölt hal egy percen belül akár 20-nál több jelet is gerjesztett egy

antennánál, melyek külön rekordként jelentek meg a jelfogó berendezés által rögzített adatbázisban. A keletkezett adatokat a táblázatba rendezést követően ezért egy segédprogram segítségével oly módon megszürtük, hogy az egy antennához tartozó egy percen belül keletkezett adatokat az értékelésnél egy rekordként kezeltük.

A szentgotthárdi haljelölés és jelolvasás eredményei

A szentgotthárdi duzzasztó felvizen a jelfogó antenna működőképes beüzemelésére 2019. április 4-én került sor. 2019. november 4. és 2020. március 28. között nem üzemelt jelfogó antenna, mivel a korábbi, felvizen elhelyezett antenna működésképtelenné vált, illetve az új antennák beüzemelésére márciusban került sor. A jelfogó antenna 2020. június 15. és augusztus 12. között sajnálatosan ismét üzemem kívül volt, a nagyobb beakadt uszadékfák miatt. 2020. szeptember 17-én a kenecsúszdában lévő alsó antennát a nemzeti park munkatársa összetörve találta, így ettől az időszaktól kezdődően kizárólag a halcsatornában lévő antennák üzemeltek.

2019-ben 155 napon működtek az antennák, melyből 151 napon történt jelfogás, míg 2020-ban 94 napot üzemeltek, melyből 80 napon történt jelfogás. Amennyiben az egy naptári napon egy kódhoz tartozó jelfogást egy rekordként kezeltük, ez alapján 2019-ben összesen 551, míg 2020-ban 274 jelfogás történt az antennákon.

Szentgotthárdon 2019. február 19. és 2020. szeptember 4. között összesen 7 faj 998 egyedébe ültettünk RFID-chipeket, 551 domolykót, 311 márnát, 73 paducot, 38 kűszt, 10 ezüstkárászt, 10 bodorkát és 5 sebes pisztrángot jelöltünk meg (4. táblázat).

A legnagyobb számban jelölt célfajok (domolykó, márna, paduc) egyedeit 5 milliméterenkénti méretcsoportokba soroltuk. A domolykó esetében a 121–125 mm-es és a 136–140 mm-es egyedekből fogtunk és jelöltünk a legnagyobb mennyiségben, összesen 89 egyedet. A jelölt halak közel felét (46%) a 116–150 mm-es méretcsoportba tartozó domolykók tették ki. A márnákból a legnagyobb mennyiségben a 141–145 mm-es méretcsoportba tartozó egyedekből jelöltünk, összesen 41 egyedet. Megjegyezzük továbbá, hogy a 116 és 140 mm közötti mérettartományba tartozó halak közel kétharmadát, 61%-át adták a jelölt márnáknak. A paducok esetében a legnagyobb egyedszámban a 196–200 mm-es egyedekből jelöltünk, ami közel egytizede volt a jelölt halaknak.

2019. április 5. és november 4. között összesen 69 720 adat érkezett a jelolvasóra. A kiértékelésnél a keletkezett txt fájlokból táblázatokat generáltunk, melyeket egybefűztünk. Ennek során fény derült rá, hogy a jelolvasó valamilyen hibája miatt az adatok egy része duplán szerepelt az adatbázisban. Az adatbázisból leszűrtük az azonos kódú és időpontra eső rekordokat, így 38 900 adat keletkezett, ami a szűrést követően 5 378 rekordra redukálódott. 2020. március 28. és 2020. november 21. közötti időszakban összesen 43 958 rekordot rögzített a jelolvasó berendezés, ami a szűrést követően 6 425 rekordra csökkent.

Az általunk jelölt 998 halegyed közül 209-ről sikerült a jelolvasó berendezésünknek (reader) és az alsószőlőki készüléknek adatot gyűjteni. A 209 halegyed közül több visszafordult, nem haladt át a halcsatornán. Összesen 153 halegyed esetében jelenthetjük ki, hogy 100% biztonsággal áthaladt a kenecsúszdán vagy a halcsatornán. Az Alsószőlőknél lévő duzzasztó halliftjénél beüzemelt jelfogó antenna adatai alapján az általunk jelölt halak közül 56 márna és 8 domolykó a halliften is átjutott. Ezeket az adatokat szintén bevontuk az értékelésbe, hiszen jelfogó antennánk többször volt üzemem kívül.

Összegezve az adatokat, az általunk jelölt 998 halból összesen 153 halegyed kelt át sikeresen, ami az összes jelölt halegyedszámnak a 15,3%-a. Alsószőlőknél, a duzzasztó alvizen is történtek egy másik projekt keretében egyedi chipes jelölések, ezekről a halakról is volt több jelfogásunk, de az innen származó adatokat az értékelésnél nem vettük figyelembe.

3. táblázat. A vizsgált duzzasztók térségében kimutatott halfajok saját adatak alapján (a természetvédelmi oltalom alatt álló fajokat kékkel és vastagon szedtük, a közösségi jelentőségű fajokat *-gal, míg az inváziós és idegenhonos fajokat pirossal jelöltük)

Table 3. The fish species according to our data in the region of the investigated dams (blue and bold: the protected species, *: the species of Habitat Directive of the Nature 2000, red: the invasive, not native species)

Tudományos név	Magyar név	Szentgotthárd 2018-20	Ikervár 2018-20	Felsőcsatár 2018-20
1. <i>Eudontomyzon mariae</i> *	dunai ingola			
2. <i>Acipenser ruthenus</i> *	kecsge			
3. <i>Rutilus rutilus</i>	bodorka			
4. <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	vörösszárnú keszeg			
5. <i>Leuciscus leuciscus</i>	nyúldomolykó			
6. <i>Leuciscus aspius</i> *	balin			
7. <i>Leuciscus idus</i>	jász			
8. <i>Squalius cephalus</i>	domolykó			
9. <i>Alburnus alburnus</i>	küsz			
10. <i>Alburnoides bipunctatus</i>	sujtásos küsz			
11. <i>Blicca bjoerkna</i>	karikakeszeg			
12. <i>Abramis brama</i>	dévérkeszeg			
13. <i>Chondrostoma nasus</i>	paduc			
14. <i>Barbus barbus</i> *	márna			
15. <i>Gobio obtusirostris</i>	dunai küllő			
16. <i>Romanogobio vladykovi</i> *	halványfoltú küllő			
17. <i>Romanogobio kesslerii</i> *	homoki küllő			
18. <i>Pseudorasbora parva</i>	razbóra			
19. <i>Rhodeus amarus</i> *	szivárványos ökle			
20. <i>Carassius auratus</i>	aranyhal			
21. <i>Carassius gibelio</i>	ezüstkárász			
22. <i>Cyprinus carpio</i>	ponty			
23. <i>Cobitis elongatoides</i> *	vágócsík			
24. <i>Sabanejewia balcanica</i> *	balkáni csík			
25. <i>Sabanejewia bulgarica</i> *	bolgár csík			
26. <i>Barbatula barbatula</i>	kövicsík			
27. <i>Silurus glanis</i>	harsa			
28. <i>Esox lucius</i>	csuka			
29. <i>Salmo trutta fario</i>	sebes pisztráng			
30. <i>Lota lota</i>	menyhal			
31. <i>Lepomis gibbosus</i>	naphal			
32. <i>Perca fluviatilis</i>	sügér			
33. <i>Gymnocephalus cernua</i>	vágódurbincs			
34. <i>Gymnocephalus baloni</i> *	széles durbincs			
35. <i>Sander lucioperca</i>	süllő			
36. <i>Zingel zingel</i> *	magyar bucó			
37. <i>Zingel streber</i> *	német bucó			
Fajszám:		31	33	15
Összegyszám:		2805	2381	1512

A 311 jelölt márnából, a saját jelolvasónk és az alsószőlőnői reader adatai alapján 113 egyedről érkezett jelolvasási rekord, melyből összesen 95 márna jutott át sikeresen a felvízre. Az adatok alapján kijelenthető, hogy a jelölt halak közül a márnák használták a legnagyobb arányban a halátjárót, a jelölt márnák közel egyharmada, 30,5%-a jutott fel. A sikeresen átkelt márnák standard testhossza 114 és 327 mm között változott, átlagos testhosszuk 148 mm volt. Megjegyezzük érdekeséggé, hogy egy 117 mm-es és egy 128 mm-es márna, melyet 2019. 05. 25-én, illetve 2019. 04. 06-án jelöltünk, 2019 októberében sikeresen átkelt a halcsatornán, majd az alsószőlőnői jelolvasónál jelet gerjesztettek, és 2020 áprilisában sikeresen visszatértek a szentgotthárdi duzzasztó alvizére. Egy 133 mm-es márna, melyet szintén 2019 májusában jelöltünk, ugyancsak 2019 októberében kelt át a műtárgyon, majd jelet adott Alsószőlőknél, és 2020. november 21-én tért vissza a szentgotthárdi duzzasztó alvizére a kenecsúszdán.

A jelölt domolykók a márnáknál jóval alacsonyabb arányban használták a halátjárókat, ugyanis az 551 jelölt egyedből mindössze 83 egyedről volt jelfogásunk. A 83 egyedből 52 domolykóról mondhatjuk el, hogy sikeresen átjutott a műtárgyon. Ez viszonylag alacsony átjutási arányt jelent, ugyanis a jelölt domolykóknak a 9,4%-a kelt át a műtárgyon. A sikeresen átkelt domolykók 112 és 360 mm közötti mérettartományba tartoztak, melyek átlagos standard testhossza 161 mm volt. Ezenkívül megjegyezzük, hogy egy 142 mm-es domolykót 2019. 04. 07-én jelöltük, majd 2019. 04. 19-én 37 jelet adott a felvízen és 2019. 05. 25-én és 26-án újra megfogtuk az alvizen, a jelét a kézi jelolvasóval azonosítottuk. Ez az adat a fentebb említett három márnaadattal együtt azt is bizonyítja, hogy a halak számára nemcsak a feljutás, hanem a leúszás lehetősége is biztosítva van a szentgotthárdi duzzasztó halátjáróiban.

Nagy meglepetést okozott, hogy a 73 jelölt paduc közül egyről sem érkezett jelfogási adat.

A 38 adult jelölt küszből, három jutott át a szentgotthárdi halcsatornán, melyek standard testhossza 116 és 121 mm közötti volt. Egy 119 mm-es egyed 2019. 05. 26-án jelöltünk meg és rá két napra, 28-án már detektálta a felvízen a jelolvasónk, mindössze két jelfogást produkált. Meg kívánjuk jegyezni, hogy további 5 egyedről érkezett jelolvasási adat az alsó antennáról, de ezek nem haladtak át a halcsatornán, visszafordultak az alvíz irányába.

Összesen 10 adult ezüstkárászt jelöltünk, melyből három egyed mozgását detektálta a jelfogó antenna és egy 164 mm-es egyed sikeresen átjutott a halcsatornán. Ez az adat pedig bizonyítékként szolgál arra, hogy a halátjárók nem akadályozzák az inváziós fajok terjeszkedését.

A 10 jelölt bodorka közül mindössze kettőről érkezett jelfogási adat, egy 127 és egy 156 mm-es standard testhosszúságú egyedről, mindkettő sikeresen átkelt a halcsatornán. Egy 2019. 04. 06-án jelölt, 127 mm-es bodorka másnapra már feljutott a felvízre, 2019. 04. 07 és 2019. 08. 02 között összesen 858 jelet gerjesztett.

Az átjutott halakat 5 mm-es méretcsoportokba soroltuk, mely alapján megállapítható, hogy legnagyobb arányban a 141-145 mm-es mérettartományba tartozó márnák jutottak át, összesen 15 példány hatolt fel a műtárgyon, ami az átjutott márnák 16%-a. Amennyiben tágabb méretcsoportot vizsgálunk, a 116 és 150 mm közötti márnák adták az átjutott egyedek kétharmadát (71%). Az adatok alapján megállapítható, hogy az átkelt márnák szűkebb és tágabb méretcsoportban is többnyire szinkronban voltak a jelölt méretcsoportok arányaival (141–145 mm: jelölt: 13%, átkelt: 16%; 116–150 mm: jelölt: 68%, átkelt: 71%).

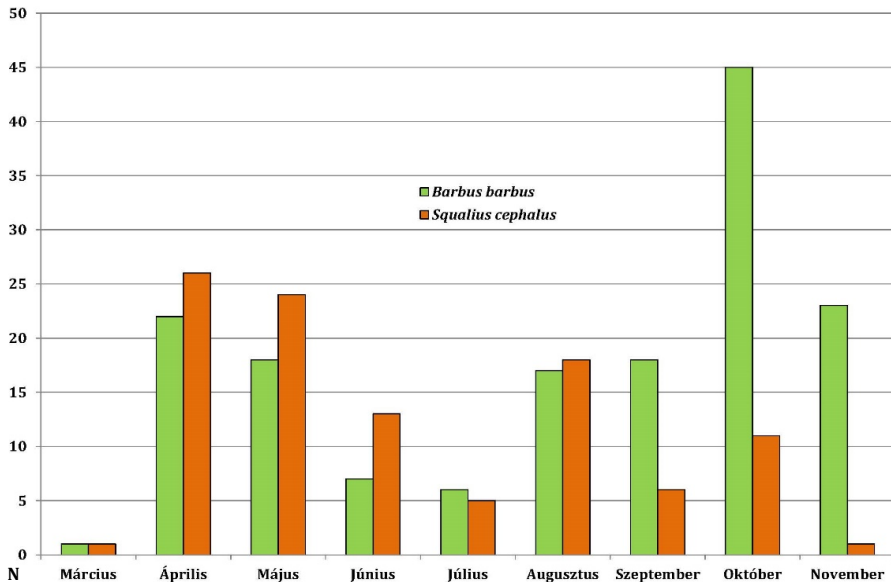
Fentebb említettük, hogy a domolykóknak jóval alacsonyabb volt az átkelési aránya. A legnagyobb arányban a 116–125 mm és a 136–145 mm-es (összesen 20 egyed) mérettartományba tartozó halak jutottak át (38%). Amennyiben tágabb mérettartományt elemzünk, a 116–145 mm-es halak az átjutott egyedek közel felét (46%) adták a sikeresen átkelt domolykóknak. A jelölésnél a domolykók ebbe a mérettartományba tartozó aránya valamelyest alacsonyabb volt (40%).

4. táblázat. A jelölt halak fajonkénti egyedszáma (N), minimális [Min. (Lc)], maximális [Max. (Lc)] és átlagos [Átl. (Lc)] standard testhossza halcsatornánkénti bontásban

Table 4. The individual number (N), the minimal [Min. (Lc)], maximal [Max. (Lc)] and average [Átl. (Lc)] standard body length of the marked fish in the different fish ladders

Fajok	Szentgotthárd				Ikervár				Felsőcsatár			
	N	Min. (Lc) (mm)	Max. (Lc) (mm)	Átl. (Lc) (mm)	N	Min. (Lc) (mm)	Max. (Lc) (mm)	Átl. (Lc) (mm)	N	Min. (Lc) (mm)	Max. (Lc) (mm)	Átl. (Lc) (mm)
<i>Alburnus alburnus</i>	38	105	135	119	19	105	129	117	2	120	120	120
<i>Barbus barbus</i>	311	111	580	149	481	110	363	142	151	111	257	157
<i>Carassius gibelio</i>	10	112	236	169	5	107	232	179	1	218	218	218
<i>Chondrostoma nasus</i>	73	124	415	203	224	117	327	198	177	120	314	167
<i>Rutilus rutilus</i>	10	113	156	134	15	116	189	138	2	137	181	159
<i>Salmo trutta fario</i>	5	165	270	209	4	134	222	167	2	175	269	222
<i>Squalius cephalus</i>	551	110	480	173	393	111	426	162	526	108	473	150
Összesen:	998				1141				861			

A jelölt halegyedek aktivitását havi bontásban is értékeltük. A jelölvasónk 2019. április 5. és november 4., valamint 2020. március 28. és 2020. november 21. között üzemelt, kivéve a 2020. június 15. és augusztus 12. közötti időszakot, amikor az uszadékfák miatt a jelölvasó üzemen kívül volt. A bodorka, a küsz és az ezüstkárász esetében a minimális jelfogási adat miatt nem végeztünk elemzést. Mivel a jelfogó antenna március és november hónapok között üzemelt, adatok csak erről az időszakról állnak rendelkezésre. Az eredményeket a 3. ábrán szemléltetjük, melyből jól kitűnik, hogy a márnák a legnagyobb aktivitást ősszel, október–november hónapokban mutatták, de jelentős mennyiségben voltak április–május és szeptember hónapokban is. A domolykók április–májusban mutatták a legnagyobb aktivitást, az őszi aktivitásuk a halátjárókban a márnákkal ellentétben nem volt számottevő.



3. ábra. A márnák és domolykók havi aktivitása Szentgotthárdon
Fig 3. Monthly activity of the barbels and chubs in Szentgotthárd

Az ikervári haljelölés és jelolvasás eredményei

Az ikervári duzzasztó melletti halcsatornába a jelfogó antenna beüzemelésére 2020 januárjában került sor. Miként említettük, a kivitelező a kérésünktől eltérően a két jelfogó antennát a halcsatorna alsó részébe, a réselts halátjáróba építette be. A halcsatorna természetszerű, közel 150 méteres szakasza azonban e fölött kezdődik, így ebben az állapotban a jelölt és detektált halakról mindössze azt tudtuk megállapítani, hogy beléptek a halcsatornába, de ez alapján nem volt bizonyított, hogy el is hagyták azt. Ezért 2020. május 14-én mindkét antennát áttelepítettük a természetszerű halcsatorna legfelső szakaszára, a kilépő műtárgy felső részétől 10 méteren belüli távolságra. Jelfogási adatok 2020. március 28. és november 19. közötti időszakból állnak rendelkezésre, azonban a fenti okok miatt, kizárólag a 2020. május 14. utáni adatok elemzésével foglalkoztunk. Sajnálatosan a jelfogó berendezésről az első jelfogási adatok viszonylag későn, két hét múlva lettek lementve, amikor a nemzeti park munkatársa azt tapasztalta, hogy a jelfogó berendezés memóriakártyája meghibásodott, és a rajta lévő adatok elvesztek. Több kísérletet tettünk az adatok visszanyerésére, de nem jártunk sikerrel. A memóriakártya cseréjét követően 2020. június 16-tól vannak jelfogási adatok. Az ikervári duzzasztó halátjárójában 2020-ban az antenna áthelyezés miatt 115 napon üzemelt a jelfogó antenna, melyből 112 napon volt jelfogás. Amennyiben az egy naptári napon az egy kódhoz tartozó jelfogást egy rekordként kezeltük, 2020-ban összesen 671 jelfogás történt.

2020. március 28. és szeptember 5. között az ikervári duzzasztó térségében a 8 terepnapon 7 faj 1 141 egyedébe ültettünk RFID-chipeket, 481 márnát, 393 domolykót, 224 paducot, 19 kűszt, 15 bodorkát, 5 ezüstkárászt, 4 sebes pisztrángot jelöltünk (4. táblázat).

A domolykók esetében a legnagyobb egyedszámban a 136–140 mm-es egyedekből fogtunk és jelöltünk, összesen 31 egyedet. Ugyancsak nagy egyedszámban fogtunk és jelöltünk a 116–120 mm-es és a 146–150 mm-es mérettartományba tartozó egyedekből, 29–29 egyedet. A három méretcsoportba tartozó egyedek közel egynegyedét adták (23%) a jelölt domolykóknak. Amennyiben tágabb méretcsoportot vizsgálunk, a 111–165 mm-es mérettartományba tartozó domolykók több mint kétharmadát (68%) tették ki az általunk jelölt domolykóknak.

A márnák esetében a legnagyobb mennyiségben a 121–125 mm-es méretcsoporthoz tartozó egyedekből jelöltünk, összesen 70 egyedet. Megjegyezzük továbbá, hogy a 111 és 143 mm közötti mérettartományba tartozó egyedek közel felét (46%) adták a jelölt márnáknak.

A paducok esetében a legnagyobb egyedszámban a 186–190 mm-es méretcsoportba tartozó egyedekből jelöltünk, ami 14%-a volt a jelölt paducoknak. Szélesebb mérettartomány vizsgálata esetén a 171 és 210 mm közötti testhosszúságú paducok közel kétharmadát (64%) adták a faj jelölt egyedeinek.

A halak nagyobb mennyiségben történő jelölését 2020. március 28-án kezdtük meg. A jelfogó antennák áthelyezésére május 14-én került sor és az előzőekben leírt jelolvasó berendezésünk memóriakártyáján bekövetkezett adatvesztés miatt a jelfogási adatok június 16. és november 19. közötti időszakból állnak rendelkezésre. Június 16. és november 19. között összesen 48 747 adat érkezett a jelolvasóra. Az adatbázisból leszűrtük az azonos kódú, azonos időpontra és egy percen belüli rekordokat, így 9 961 adat maradt.

Az 1 141 általunk jelölt halegyed egyharmadát (382 halegyed) a duzzasztó alvizen, míg kétharmadát (759 egyed) a halcsatornában fogtuk be jelölés céljára. Ezek közül 194-ről sikerült a jelolvasó berendezésünknek (reader) adatot gyűjteni, melyből 19 visszafordult, nem haladt át a halátjárón. Összesen 175 halegyed esetében jelenthetjük ki, hogy 100% biztonsággal áthaladt a halcsatornán. A sikeresen átkelt halak 87%-át (152 egyed) a halcsatornában fogtuk be és a jelölést követően minden esetben az alvizen engedték szabadon a halakat, majd ezek az egyedek sikeresen keltek át a halcsatornán.

Összegezve az adatokat, az általunk jelölt 1 141 halból összesen 175 kelt át sikeresen, ami az összes jelölt egyedszámnak a 15,3%-a.

2020-ban összesen 481 márnát jelöltünk meg egyedi chipekkel. Jelölvasónk adatai alapján 111 egyedről érkezett jelölvasási rekord, és a jelölt márnák egyötöde, 99 kelt át sikeresen a műtárgyon. Szentgotthárdhoz hasonlóan, Ikervár esetében is kijelenthető, hogy a jelölt halak közül a márnák használták a legnagyobb arányban a halátjárót, a jelölt márnák 21%-a jutott fel. A sikeresen átkelt márnák standard testhossza 110 és 363 mm között változott, átlagos testhosszuk, megegyezik a szentgotthárdi adattal, 148 mm volt.

A jelölt domolykók a márnáknál jóval alacsonyabb arányban használták a halátjárót, ugyanis az 393 jelölt egyedből mindössze 55 egyedről volt jelfogási adatunk. Az 55 egyedből 52 domolykóról mondhatjuk el, hogy sikeresen átjutott a műtárgyon. Ez viszonylag alacsony átjutási arányt jelent, ugyanis a jelölt domolykóknak 13%-a kelt át a műtárgyon, bár itt megjegyezzük, hogy az átjutási arány a domolykók esetében magasabb volt, mint Szentgotthárdon. A sikeresen átkelt domolykók 111 és 254 mm közötti mérettartományba tartoztak, melyek átlagos standard testhossza 158 mm volt.

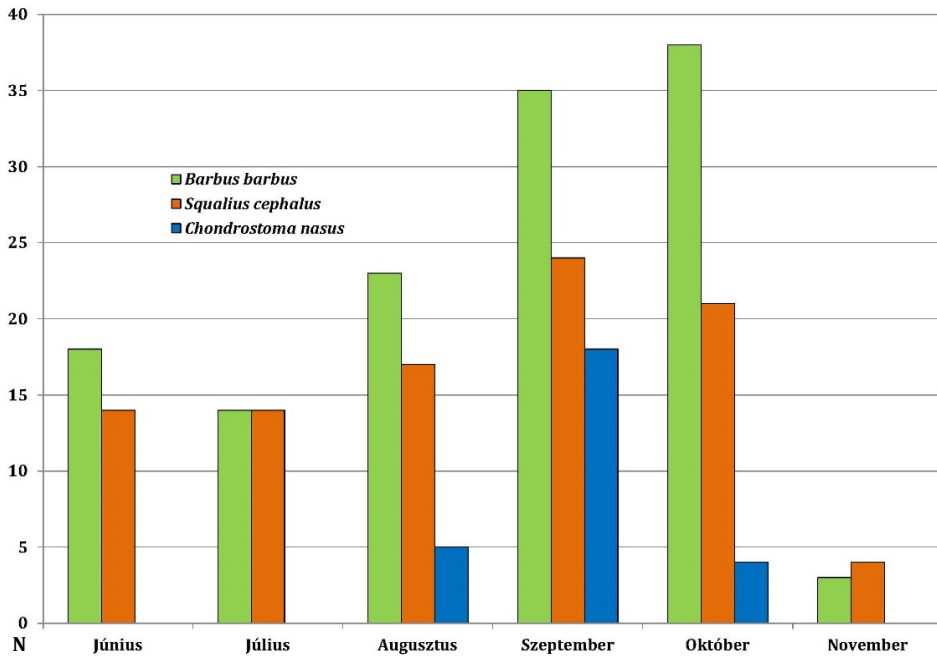
A 224 jelölt paduc közül 26 egyedről érkezett jelfogási adat, melyből 22 sikeresen átkelt a halcsatornán. Az átjutási arány a faj esetében 9,8%-os, ami meglepően jó eredménynek számít, ugyanis Szentgotthárdon egyáltalán nem volt paductól származó jelfogási adatunk. A sikeresen átkelt paducok 168 és 288 mm közötti mérettartományba tartoztak, átlagos standard testhosszuk 198 mm volt.

A 19 adult jelölt küszből mindössze egy 129 mm-es egyedről érkezett jelölvasási adat, mely a jelfogó berendezésünk tanúsága szerint sikeresen át is kelt a halátjárón. Bodorkákból mindössze 15 egyedbe ültettünk RFID-chipeket, egy 143 mm-es egyedről érkezett jelfogási adat, ami szintén sikeresen átkelt a halcsatornán. Ezüstkárásról és sebes pisztrángról nem detektált a jelfogónk áthaladási adatot.

Az 5 mm-es méretcsoportok vizsgálata alapján megállapítható, hogy a legnagyobb arányban a 121–125 mm-es márnák jutottak át – ebből a mérettartományból jelöltük a legtöbb egyed –, összesen 16 példány hatolt fel a műtárgyon, ami az átjutott márnák 16%-a. Amennyiben tágabb méretcsoportot vizsgálunk, a 111 és 130 mm közötti márnák adták az átjutott egyedek 42%-át. Az adatok alapján megállapítható, hogy az átkelt márnák a tágabb méretcsoportban nem mutattak jelentős eltérést a jelölt halak méretcsoportok arányaival (111–130 mm: jelölt: 37%, átkelt: 42%). A domolykóknak – Szentgotthárdhoz hasonlóan – jóval alacsonyabb volt az átkelési aránya. A sikeresen átkelt domolykók alacsony száma miatt csak tágabb mérettartomány elemzésére volt lehetőségünk. A 111–170 mm-es átjutott egyedek a 77%-át adták a sikeresen átkelt domolykóknak. A jelölésnél a domolykók ebbe a mérettartományba tartozó aránya alacsonyabb volt (68%). Ikerváron lehetőségünk nyílt a jelölt és sikeresen átkelt paducok méretcsoportjainak az összevetésére is. A paducok közül a 181 és 190 mm közötti mérettartományba tartozó egyedek keltek át a legnagyobb arányban, az átkelt paducok 45%-át adták. A jelölésnél a paducok ebbe a mérettartományba tartozó aránya jóval alacsonyabb volt (21%).

Az ikervári duzzasztó melletti halcsatornából 2020. június 16. és 2020. november 19. közötti időszakból állnak rendelkezésre jelfogási adatok. Ezen a helyszínen lehetőségünk nyílt mindhárom cél faj (domolykó, márna és paduc) havi aktivitásának vizsgálatára.

A bodorka és a küsz esetében a minimális jelfogási adat miatt nem végeztünk elemzést. Az eredményeket a 4. ábrán szemléltetjük, melyből kitűnik, hogy a márnák és domolykók ősszel, szeptember-október hónapokban mutatták a legnagyobb aktivitást, bár itt megjegyezzük, hogy a tavaszi, az április és május közötti vonulás vizsgálatára nem volt lehetőségünk az adatvesztés miatt. A paducok szintén ősszel, szeptemberben keltek át a legnagyobb mennyiségben a halátjárón.



4. ábra. A márnák, domolykók és paducok havi aktivitása Ikerváron
 Fig 4. Monthly activity of the barbels, chubs and nases in Ikervár

A felsőcsatári haljelölés és jelolvasás eredményei

Az felsőcsatári duzzasztó melletti halcsatornában a jelfogó antenna beüzemelésére 2020 januárjában került sor. A két jelfogó antenna a halcsatorna felső részén került beépítésre. Az áramláskedvelő fajok a felső antenna felett is optimális áramlási viszonyokat találtak legalább 15 méteres halcsatornaszakaszon. Itt is kizárólag azokat a halegyedeket tekintettük sikeres átkelőknak, melyek legalább 24 órán belül nem jelentkeztek újra a felső jelfogó antennánál. Jelölési adatok 2020. május 16. és november 4. közötti időszakból állnak rendelkezésre.

A felsőcsatári duzzasztó melletti halcsatornában 2020-ban 143 napon üzemelt a jelfogó antenna, melyből 137 napon volt jelfogás. Amennyiben az egy naptári napon egy kódhoz tartozó jelfogást egy rekordként kezeljük, összesen 483 jelfogás történt.

2020. május 16. és szeptember 5. között 5 terepnapon jelöltük a halakat, 7 faj 861 egyedébe ültettünk RFID-chipeket, 526 domolykó, 177 paduc, 151 márna, 2 küsz, 2 bodorka, 2 sebes pisztráng és 1 ezüstkárász egyedet jelöltünk meg (4. táblázat).

A domolykók esetében a legnagyobb egyedszámban a 111–120 mm-es egyedekből fogtunk és jelöltünk, ami a jelölt domolykók egynegyedét (26%) tette ki (135 egyed). Tágabb méretcsoport vizsgálata esetén, a 111–155 mm-es mérettartományba tartozó domolykók közel háromnegyedét (72%) tették ki az általunk jelölt domolykóknak.

A márnákból a 121–125 mm-es egyedekből jelöltünk a legnagyobb mennyiségben, összesen 15 egyedet. Megjegyezzük továbbá, hogy a 121 és 155 mm közötti mérettartományba tartozó halak közel felét, 44%-át adták a jelölt márnáknak.

A paducok esetében a legnagyobb számban a 161–165 mm-es méretcsoportba tartozó egyedekből jelöltünk, ami 13%-a volt a jelölt halaknak. Szélesebb mérettartomány vizsgálata esetén a 131 és 170 mm közötti paducok több mint kétharmadát (68%) adták a faj jelölt egyedeinek.

A halak jelölését 2020. május 16-án kezdtük meg. Május 16. és november 4. között összesen 43 683 adat érkezett a jelolvasóra. Az adatbázisból leszűrtük az azonos kódú, azonos időpontra és egy percen belüli rekordokat, így 12 308 adat maradt.

A 861 általunk jelölt halegyed 93%-át (800 halegyed) a duzzasztó alvizén és a szurdokágban fogtuk be, a halcsatornába mindössze 61 egyedét gyűjtöttünk be jelölés céljára. Ezek közül mindössze 96 halegyedről gyűjtött adatot a jelölvasó berendezés, melyből 60 visszafordult, nem haladt át a halátjárón, de 36 halegyed 100% biztonsággal áthaladt a halcsatornán.

Összegezve az adatokat, az általunk jelölt 861 halból összesen 36 halegyed kelt át sikeresen, ami az összes jelölt halegyedszámnak a 4,2%-a, ami a legalacsonyabb átkelési arány a három vizsgált halátjáró közül.

2020-ban összesen 151 márnát jelöltünk meg egyedi chipekkel, 33 egyedről érkezett jelölvasási rekord (22%), melyből a jelölt márnák kevesebb, mint egytizede (9,3%), 14 egyed kelt át sikeresen a műtárgyon. A sikeresen átkelt márnák standard testhossza 117 és 251 mm között változott, átlagos testhosszuk 167 mm volt.

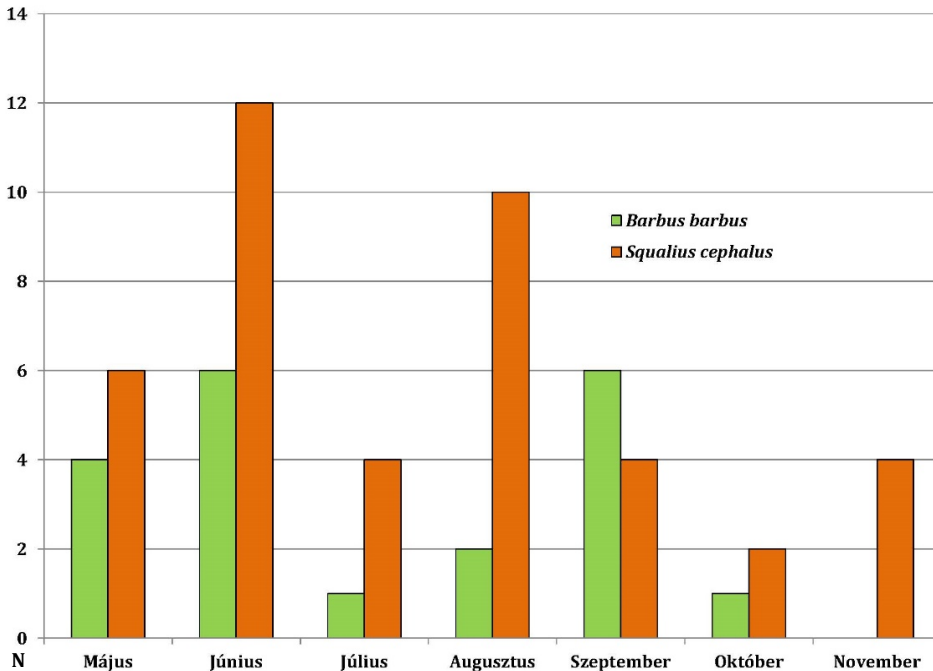
A jelölt domolykók a márnáknál is jóval alacsonyabb arányban használták a halátjárót, ugyanis az 526 jelölt egyedből mindössze 61 egyedről volt jelfogásunk (12%). A 61 egyedből mindössze 21 domolykóról mondhatjuk el, hogy sikeresen átjutott a műtárgyon. Ez a márnákhoz hasonlóan nagyon alacsony átjutási arányt jelent, ugyanis a jelölt domolykóknak a 4%-a kelt át a műtárgyon. A sikeresen átkelt domolykók 118 és 170 mm közötti mérettartományba tartoztak, melyek átlagos standard testhossza 135 mm volt.

Ezenkívül a két jelölt küsz közül az egyikről érkezett jelfogási adat, de nem haladt át a műtárgyon, és egy 153 mm-es paducról is rögzített adatot a jelfogó berendezésünk, ami ellentétben a küszszel, sikeresen átkelt. Bodorkáról, ezüstkárászról és sebes pisztrángról nem érkezett adat a jelfogónkra.

Az átjutott márnák 5 mm-es méretcsoportjainak az elemzésénél a 116–135 mm-es egyedek jutottak át nagyobb arányban, összesen 6 példány hatolt fel a műtárgyon, ami az átjutott márnák 43%-a.

A domolykóknak – mint korábban említettük – jóval alacsonyabb volt az átkelési aránya. A sikeresen átkelt domolykók alacsony száma miatt – a márnákhoz hasonlóan – csak tágabb mérettartomány elemzésére volt lehetőségünk. A 121–135 mm-es egyedek az átjutott halak 57%-át adták a sikeresen átkelt domolykóknak. A jelölésnél a domolykóknak a 111–120 mm-es mérettartományba tartozó egyedeinek aránya volt a legmagasabb (26%), míg ebből a mérettartományból, mindössze két (9,5%) domolykó kelt át a sikeresen a halcsatornán.

A felsőcsatári duzzasztó melletti halcsatornából 2020. május 18. és 2020. november 4. közötti időszakból állnak rendelkezésre jelfogási adatok. A paduc esetében mivel egy jelfogási adattal rendelkezünk, nem végezhattünk elemzést. Az eredményeket az 5. ábrán szemléltetjük, melyből kitűnik, hogy a márnák a legnagyobb aktivitást június és szeptember hónapokban mutatták, míg a domolykók júniusban és augusztusban keltek át a legnagyobb mennyiségben.



5. ábra. A márnák és domolykók havi aktivitása Felsőcsatáron
 Fig 5. Monthly activity of the barbels and chubs in Felsőcsatár

Értékelés

A jelölvasóink sajnos nem üzemeltek egységesen, melyeket olyan külső körülmények idéztek elő, mint pl. uszadékfák miatt bekövetkezett üzemszünet, vagy a gyártói memóriakártyán bekövetkezett adatvesztés, emiatt nehéz összevetni a különböző műszaki tartalmú halátjárók működési hatékonyságát.

A három vizsgált halcsatornán elemeztük a jelölt és a sikeresen átjutott halegyedek arányát. A jelölvasási eredmények alapján megállapítható, hogy a két rábai halcsatornában a jelölt halak 15,3–15,3%-a kelt át sikeresen, míg a felsőcsatári halcsatornán ez az arány nagyon alacsony volt, mindössze 4,2%-os.

Szentgotthárdon 249, Ikerváron 115, míg Felsőcsatáron 143 napon üzemeltek a jelfogó antennák. Az egy naptári napra és egy kódhoz tartozó jelfogás (egy rekord) alapján összevetettük a halátjárókat. Ez alapján Ikerváron 5,8, Szentgotthárdon 2,9, míg Felsőcsatáron 3,4 volt az egy üzennapra eső jelfogások száma. Az eredmények értékelésénél kiemelni, hogy a három vizsgált halátjáró közül Ikerváron működött a legrövidebb időszakban a jelölvasó berendezés, ennek figyelembevételével is ezt a halátjárót értékeltük a leghatékonyabbnak. Ezenkívül megvizsgáltuk a halcsatornában jelt adó és sikeresen átkelt halak arányát. Szentgotthárdon a jelfogó berendezés által detektált halegyedek 73%-a, az ikervári halcsatornában a jelet adó halak 90%-a, míg a Pinkán a felsőcsatári halcsatornában jelet adó példányoknak mindössze a 38%-a kelt át sikeresen. Ez alapján ismét az ikervári halcsatorna eredményei emelhetők ki, a jelölt és jelet adó halegyedek itt keltek át a legnagyobb arányban.

Az eredmények igazolják azt a tényt, hogy a jó úszóképességű fajok esetében is a hosszabb és természetsszerű halátjárók sokkal hatékonyabbak, mint a rövidebb, mesterséges kialakítású halátjárók, ezért a továbbiakban a Rába vízgyűjtőjén lévő hazai keresztműtárgyak mellett a kevésbé meredek, természetsszerű halátjárók építése javasolt.

A vizsgált halcsatornában a jelölt és sikeresen átjutott halak számát, valamint az átjutott egyedek fajonkénti százalékos arányát az 5. táblázatban foglaljuk össze. Itt azonban

meg kell jegyeznünk, hogy az üzemszünetek miatt ennél több hal kelhetett át, de ezekről nem rendelkezünk információkkal, tehát a feltüntetett egyedszámok minimumértékek.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a halcsatornákat a márnák használták a legnagyobb arányban (22%). A felsőcsatári halcsatorna esetében megjegyezzük, hogy a három célfaj közül a márnák mindössze az egyötödét adták a jelölt halaknak, míg a domolykók közel a kétharmadát. A domolykóknak jóval alacsonyabb volt az átkelési aránya, a jelölt domolykók 8,5%-a kelt át sikeresen a három vizsgált halcsatornán. Saját adataink alapján megállapítható, hogy a teljesen mesterséges halátjárókkal szemben, mint pl. a szentgotthárdi kenucsúszda és halátjáró, a paducok nagyon bizalmatlanok voltak. A faj jelölt egyedei a legnagyobb mennyiségben a természetszerű ikervári hallépcsőt használták, bár ennek az alsó szakasza, a résel halátjáró teljesen mesterséges kialakítású.

5. táblázat. Az átjutott halak fajonkénti egyedszáma (N) és relatív gyakorisága (%) halcsatornánkénti bontásban

Table 5. The individual number (N) and the relative abundance (%) of the fish species that crossed in the different fish ladders

Fajok	Szentgotthárd		Ikervár		Felsőcsatár	
	N	%	N	%	N	%
<i>Alburnus alburnus</i>	3	0,3	1	0,1		
<i>Barbus barbus</i>	95	9,5	99	8,7	14	1,6
<i>Carassius gibelio</i>	1	0,1				
<i>Chondrostoma nasus</i>			22	1,9	1	0,1
<i>Rutilus rutilus</i>	2	0,2	1	0,1		
<i>Salmo trutta fario</i>						
<i>Squalius cephalus</i>	52	5,2	52	4,6	21	2,4
Összesen átjutott:	153	15,3	175	15,3	36	4,2
Összesen jelölt:	998	100	1141	100	861	100

A jelölt célfajok mellett bebizonyosodott, hogy a kisebb termetű pontyfélék, mint pl. a küsz és a bodorka is sikeresen át tud kelni a halátjárókon és sajnálatosan az inváziós ezüstkárász is.

A fentiekén kívül fontosnak tartottuk annak vizsgálatát, hogy mekkora halak tudnak átkelni a halátjárókon. A jelölt és a sikeresen átjutott halak fajonkénti legkisebb és legnagyobb standard testhosszát a 6. táblázatban tüntettük fel. A táblázat alapján megállapítható, hogy a vizsgált halcsatornákon egy 363 mm-es márná volt a legnagyobb hal, ami sikeresen átkelt. Ezt a halat az ikervári duzzasztó alvizén fogtuk be és itt ez volt a legnagyobb márná, amit jelöltünk. Ugyancsak kiemelést érdemel, hogy Szentgotthárdon a második legnagyobb márná, amit jelöltünk, 327 mm-es volt, ami szintén sikeresen átkelt a halcsatornán. Ezen adatok alapján megállapítható, hogy a nagyobb, idősebb márnák átjutását nem akadályozták a halátjáró adta átkelési nehézségek. Ugyancsak kitűnik a táblázatból, hogy a legnagyobb domolykó a szentgotthárdi halcsatornában kelt át, standard testhossza 360 mm volt. Megjegyezzük, hogy a térségben összesen 13 db 360 mm-es vagy ennél nagyobb testhosszúságú egyedtel jelöltünk és mindössze egyetlen egyedről érkezett jelfogási adat. Ez alapján kijelenthető, hogy a nagyobb méretű domolykók vélhetően nem érzik biztonságosnak a vizsgált halátjárókat, és ezzel magyarázható, hogy a fiatalabb egyedek keltek át nagyobb arányban. A jelfogási adatok alapján Szentgotthárdon egyáltalán nem, míg Felsőcsatáron mindössze egyetlen paduc kelt át sikeresen. Kijelenthető ellenben, hogy az ikervári halcsatorna a nagyobb paducok számára is biztonságos átkelést biztosít, ugyanis az ötödik legnagyobb méretű paduc, aminek a standard testhossza 288 mm volt, sikeresen áthaladt az ikervári halcsatornán.

6. táblázat. A jelölt és sikeresen átjutott halak fajonkénti egyedszáma (N), minimális [Min. (Lc)], maximális [Max. (Lc)] és átlagos [Átl. (Lc)] standard testhossza halcsatornánkénti bontásban
 Table 6. The individual number (N), the minimal [Min. (Lc)], maximal [Max. (Lc)] and average [Átl. (Lc)] standard body length of the marked fish that crossed the dam in the different fish ladders

Fajok	Szentgotthárd				Ikervár				Felsőcsatár			
	N	Min. (Lc) (mm)	Max. (Lc) (mm)	Átl. (Lc) (mm)	N	Min. (Lc) (mm)	Max. (Lc) (mm)	Átl. (Lc) (mm)	N	Min. (Lc) (mm)	Max. (Lc) (mm)	Átl. (Lc) (mm)
<i>Alburnus alburnus</i>	3	116	121	119	1	129	129	129				
<i>Barbus barbus</i>	95	114	327	148	99	110	363	148	14	117	251	167
<i>Carassius gibelio</i>	1	164	164	164								
<i>Chondrostoma nasus</i>					22	168	288	199	1	153	153	153
<i>Rutilus rutilus</i>	2	127	156	142	1	143	143	143				
<i>Salmo trutta fario</i>												
<i>Squalius cephalus</i>	52	112	360	166	52	111	254	156	21	118	170	135
Összesen:	153				175				36			

Javaslatok

A kapott eredmények alapján javaslatot teszünk a három vizsgált halcsatorna halak számára hatékonyabb átjutást biztosító módosításaira és üzemeltetésére vonatkozóan.

Szentgotthárdi hallépcső és kenecsúszda

Szentgotthárdon többször tapasztaltuk, hogy a kenecsúszdában minimális víz volt (5–8 cm), ami meggátolta a halak biztonságos vonulását mindkét irányba. A vonuló halak számára kiemelten fontos hogy március és november között, de különösen a fő vonulási időszakokban (április–május; szeptember–november) megfelelő mennyiségű víz legyen (legalább 30 cm) a halátjárókban. Ugyancsak problémát jelentenek az áradással berakódó uszadékfák, melyek 2020-ban több alkalommal is üzemszünetet eredményeztek. Az uszadékfák megakadását oly módon lehetne megakadályozni, hogy a halcsatorna mederoldali részére egy halcsatorna betonfala felé legalább 2 m magasságú uszadékterelő szádfalat kellene elhelyezni a halcsatorna teljes hossza mentén, ami a duzzasztón átsodródott uszadékfák halcsatornába történő bejutását megakadályozná. Az uszadékfák nemcsak a halcsatornában, hanem a kenecsúszdában is akadályozták a feljutást, továbbá visszaduzzasztó hatást is kifejtettek a beakadásuk feletti szakaszokon. Mind a kenecsúszda, mind a halcsatorna alsó szakaszain egyre nagyobb mértékű a feliszapolódás, melyet időszakonként, legalább évente egyszerű célszerű lenne eltávolítani az üzemeltetőnek.

Ikervári halcsatorna

Megítélésünk és az eredmények alapján is a leghatékonyabban üzemelő halátjáró a három vizsgált halcsatorna közül. Az ikervári halcsatorna vízszintje volt a vizsgálat időszakában a legkiegyenlítettebb, ami nyilvánvalóan hozzájárult a jó eredményekhez. Kedvező a lejtése, ezáltal nincsenek nagy vízsebességek a bögék között, a legtöbb vonuló faj számára biztosítja az átjutás lehetőségét. Lubieniecki (2003) alapján a halátjárókat úgy kell kialakítani, hogy a paduc számára is átjárható legyen, amennyiben ez biztosított úgy az a legtöbb vonuló faj számára biztonságos átjutást eredményez. Ikerváron az antenna áthelyezésnél a vízszintcsökkenésnél tapasztaltuk, hogy a paducok rendszeresen bejárnak táplálkozni a rézelt halátjáróba, „legelésük” nyomai jól megfigyelhetők voltak a

betonelemek. Az ikervári halcsatornánál az uszadékfák bejutása okoz kisebb problémákat, a felső bögékben kisebb torlaszok keletkezhetnek, ugyanis a nagyobb uszadékfák bejutását a felvízi műtárgy felett elhelyezett úszó uszadékterelő meggátolja. Az áradásokat követően ezeket célszerű rendszeresen eltávolítani a halátjáróból. Szintén kisebb problémát jelent, hogy a halcsatorna két felső bögéjében kisebb mértékű feliszapolódás jelentkezett, de egyelőre ez nem számottevő, jelenlegi tapasztalataink alapján ez eddig nem akadályozta meg a halakat az átjutásban. Ugyancsak célszerű lenne a fejlesztéseknél figyelembe venni, hogy jelenleg meglehetősen körülményes a halcsatornába bejutó víz mennyiségének a csökkentése, a halcsatorna leürítése, ezt jó lenne oly módon átépíteni, hogy a halcsatorna esetleges karbantartási és fenntartási munkálatai külső gépi erő igénybevétele nélkül is elvégezhetőek legyenek.

Felsőcsatári halcsatorna

A felsőcsatári halcsatornának a legfőbb problémája, hogy a Pinka főmedrébe torkolló, duzzasztót megkerülő ágban (szurdokág) legtöbbször annyira minimális vizet találtunk, hogy a halaknak fizikálisan sincs lehetősége a megkerülő ágba bekötött halcsatornáig eljutni, ugyanis több helyen a víz mélysége a 2 cm-t sem érte el a teljes mederszelvényben. A mellékágban az áradásokat követően kisebb-nagyobb torlaszok alakulhatnak ki, melyeket a fenntartási munkálatok során folyamatosan el kell távolítani, illetve rajtuk az átjárhatóságot biztosítani kell. Mintázásaink idején a mellékág (szurdokág) felső részén, a kiágazásnál lévő bukógáton egyszer sem bukott át a víz. Kiemelten fontos lenne a szurdokág vízellátásának a javítása, hogy a vonulni kívánó halak fel tudjanak jutni a halcsatornáig. A másik legjelentősebb probléma, hogy a csalivíz a halcsatorna legalsó bögéjébe van bekötve, ezáltal nem látja el a funkcióját. Kiemelten fontos lenne, hogy a csalivíz kivezetése a szurdokágba, a halcsatorna torkolata mellé legyen áthelyezve, hogy a halak megtalálják a halcsatorna bejáratát. Emellett azt is tapasztaltuk, hogy elégtelen mennyiségű víz folyt belőle, ami alapján valószínűsíthető, hogy el volt részlegesen dugulva. A csalivíz bevezetésénél ezért olyan nagyobb rácsos szűrőt, vagy uszadékterelőt kellene elhelyezni, ami megakadályozná a csalivízvezeték eltömődését. Ugyancsak problémának találtuk, hogy a halátjárók bukóinál meglehetősen kicsik, szűkek az átjáró nyílások, ami a résekben nagy vízsebességet eredményez, így legtöbb faj számára nehezen leküzdhető. A felső bögék sebességtörő keresztgátjai már részlegesen tönkrementek, a víz egy részüket megrongálta, elmosta, ezáltal kedvezőbb áramlási viszonyok alakultak ki, a szintkülönbségek kiegyenlítettébbek lettek. Ennek megfelelően célszerű lenne a bukók átalakítása, a medencéket lezáró mesterséges falakat nagyobb kövekkel kialakított bukógátakkal lehetne helyettesíteni, ezáltal az átjárók nyílásai szélesebbek lennének, így az eddigi tapasztalataink alapján ez a megoldás a legtöbb faj számára biztonságosabb átkelést biztosítana. A felvízi műtárgy áteresze többször el volt tömődve, ami egy külső uszadékterelő beépítésével vélhetően elkerülhető lenne.

Műszaki elvárások a Rábán létesítendő halátjárókkal kapcsolatban

A Víz Keretirányelv elvárása a tagállomokkal szemben, így Magyarországgal szemben is olyan halátjárók, halcsatornák létesítése, amelyek környezetbarát módon biztosítják a keresztirányú zárások által elzárt víztestek közötti átjárhatóságot, javítják az elzárt víztestek ökológiai állapotát. Ennek az elvárásnak leginkább a természetszerű, természetközeli halcsatornák tesznek eleget, vizsgálataink során is az ikervári halcsatorna adta a legjobb eredményeket. Pannonhalmi (2018) részleteiben tárgyalja a hazánkban épült, főként dunántúli halátjárókat, továbbá meghatározza, hogy melyek azok a műszaki paraméterek, amelyek biztosítják a halak biztonságos átjutását. A létesítendő halátjárókkal szemben támasztott követelményekhez felhasználtuk még a Tomczyk és munkatársai (2017) által leírt ajánlásokat is.

A halátjárók és hallépcsők tervezésénél elsődleges szempont az ívóhelyekre történő vándorlás biztosítása, ami megakadályozza az egymástól elszigetelt víztestekben élő

halpopulációk genetikai állományának a degradációját. Ugyancsak fontosnak tartjuk, hogy megismerjük a keresztirányú műtárgy alvizén élő halállomány fajkészletét és a dominanciaviszonyait, a tervezést csak ezt követően lehet megkezdeni. A különböző fajoknak és korosztályoknak eltérőek az ökológiai igényei és anatómiai sajátosságaiknál fogva eltérő az úszóképességük is. Saját és szakirodalmi tapasztalatok alapján a halcsatorna áramlási viszonyait úgy kell kialakítani, hogy a legtöbb vándorlásra képes halfaj legtöbb korosztályú egyede át tudjon biztonságosan jutni mindkét irányból a halcsatornán. A halátjárót úgy kell kialakítani, hogy lehetőleg turbulenciamentes legyen, a medencékben a teljesítménysűrűség ne haladja meg a 100 W/m^3 -es értéket. A meder lejtését és a szűkületeket úgy kell tervezni, hogy a víz sebessége sehol ne haladja meg az $1,6\text{--}2 \text{ m/s}$ értéket, a halátjáró teljes hosszában a víz átlagos sebessége $0,4\text{--}0,6 \text{ m/s}$ legyen. A halcsatorna mederlejtése az $1\text{--}3 \%$ -ot ($1:20$; $1:50$) ne haladja meg. A halcsatornák kialakításánál szintén figyelembe kell venni, hogy 2 m -es szintkülönbség után indokolt turbulenciamentes pihenőmedencék létesítése. A mederfeneket a súrlódás csökkentése érdekében legalább $20\text{--}30 \text{ cm}$ -es vastagságban indokolt kövekkel borítani, ami a víz sebességének a lassítása mellett a vízi makrogerinctelen fauna szempontjából is kiemelten fontos. A halátjárók mederszélességének a növelésével a nagyobb testű, idősebb halak számára biztonságosabbá tehető az átkelés. Ezért fontosnak tartjuk, hogy a Rába esetében legalább 3 méter szélességű és $1\text{--}1,2 \text{ m}$ mélységű halátjárókat tervezzenek. Csalivíz bevezetésének olyan halátjáróknál van létjogosultsága, ahol a halátjáró vízfelhasználását csökkenteni akarják, és kiemelten fontos, hogy a halak megtalálják a halátjáró bejáratát, ennek tervezése nagy körülménytét igényel. A hallépcső alvízi torkolata közvetlenül a műtárgy alatt helyezkedjen el. Mivel a halak vándorlás közben leggyakrabban a part mellett haladnak a torkolatnál kedvező lehet egy öböl kialakítása. A halcsatornákat úgy kell kialakítani, hogy a befolyó víz mennyisége szabályozható legyen, a fenntartási munkálatokhoz a halcsatorna leüríthető legyen. Ugyancsak fontos, hogy a halcsatornák mindkét parton jól megközelíthetők legyenek, hogy a fenntartási munkálatokat hatékonyan el lehessen végezni (pl. a parti vegetáció elburjánzása ne akadályozza a halcsatorna működképességét). A megkerülő csatornás halátjárókba, a szabálytalan alakú sziklák elhelyezése növeli az érdességet. A sziklákat úgy kell elhelyezni, hogy közöttük a szabad nyílás legalább $0,3\text{--}0,4 \text{ m}$ legyen, és a sziklák $\frac{1}{2}$ vagy $\frac{1}{3}$ részét az aljzatba célszerű rögzíteni, lebetonozni, hogy az áradások után ne kelljen helyreállítani azokat. A medencék közötti eséskülönbség sehol ne haladja meg a 12 cm -t. A súrlódás további csökkentése és a partfal eróziójának megakadályozása érdekében célszerű a halcsatornák oldalfalát is terméskövekkel borítani. Rendszeresen problémát jelent, hogy a felvív felől uszadék jut be a halcsatornába, ami negatívan befolyásolhatja a halátjáró funkcionalitását, ezért a belépő műtárgy előtt fontos az uszadékterelő tervezése. A halátjárók műszaki tervezésénél célszerű már a tervezés első fázisában a szakemberek bevonása, hogy hatékony, jól használható, megfelelő műszaki tartalmú halátjárók épülhessenek.

Összefoglalás

Az INTERREG V-A Ausztria–Magyarország Programban megvalósuló ATHU077 – WeCon megnevezésű projekt keretében vizsgáltuk a Pinkán és Rábán létesített hallépcsők működési hatékonyságát. A projektben RFID-technológia alkalmazásával végeztük a halak egyedi jelölését és nyomon követését, ez alapján megállapítható, hogy az előzetesen meghatározott célajok (domolykó, márna, paduc) ivarérett egyedei milyen mértékben használták és jutottak át a hallépcsőkön. A projekt keretében a három helyszínen (Szentgotthárd, Ikervár és Felsőcsatár) 2019. február 26. és 2020. szeptember 5. között 3000 halegyedbe ültettünk RFID-chipeket. A duzzasztók alvizén és a halcsatornában befogott halakat a testhossz lemérését követően hasfalba beültetett chippel láttuk el, majd valamennyit szabadon engedték, minden esetben a műtárgyak alvizén. A chip beültetésének a helyét sebfertőtlenítővel kezeltük, jelölés által bekövetkezett elhullásról nincs tudomásunk. A jelölt halak detektálására jelfogó antennákat és kézi jelölvasót alkalmaztunk.

A jelolvasó berendezést (reader), egy vízmentes és vandálbiztos zárható fémdobozban helyeztünk el, melyről egy-két hetes gyakorisággal voltak a rögzített adatok lementve. A halcsatornák felső szakaszára 2–2 jelfogó antennát telepítettünk külső szakemberek bevonásával. Azokat az eseteket könyveltük el sikeres átkeléseknek, ahol a jelölt halak jelet gerjesztettek a folyásirányban lévő alsó és felső jelfogó antennánál is, és 24 órán belül nem történt újabb jelolvasás a felső antennáknál. A halak befogása mellett faunisztikai adatokat is gyűjtöttük, melyhez egy akkumulátoros üzemű, pulzáló egyenáramot előállító halászgépet alkalmaztunk, ami semmilyen maradandó sérülést nem okozott a kifogott halakban, azok rövid időn belül magukhoz tértek és elúsztak. A halászatokat vízben gázolva és csónakból végeztük. A gyűjtési helyeket GPS segítségével mértük be, a kapott geokoordinátákat egy asztali térinformatikai szoftverrel dolgoztuk fel. A faunisztikai adatok feldolgozását adatbázis-kezelő programmal végeztük. A fajonkénti egyedszámok, a geokoordináták, valamint a jelölt halak testhosszának rögzítésére digitális diktafont használtunk.

A három mintavételi évben összesen 6 698 halegyedet fogtunk, melyek 37 faj képviseltek. A 37 faunaelemből 14 faj élvezi Magyarországon a természetvédelem oltalmát: *Eudontomyzon mariae*, *Leuciscus leuciscus*, *Alburnoides bipunctatus*, *Gobio obtusirostris*, *Romanogobio vladykovi*, *Romanogobio kesslerii*, *Rhodeus amarus*, *Barbatula barbatula*, *Cobitis elongatoides*, *Sabanejewia balcanica*, *Sabanejewia bulgarica*, *Gymnocephalus baloni*, *Zingel zingel*, *Zingel streber*. Tizenhárom faj az Élőhelyvédelmi Irányelv függelékeiben is megtalálható: *Eudontomyzon mariae*, *Acipenser ruthenus*, *Leuciscus aspius*, *Barbus barbus*, *Romanogobio vladykovi*, *Romanogobio kesslerii*, *Rhodeus amarus*, *Cobitis elongatoides*, *Sabanejewia balcanica*, *Sabanejewia bulgarica*, *Gymnocephalus baloni*, *Zingel zingel*, *Zingel streber*.

A projektidőszakban a három halátjáró térségében összesen 1470 domolykó, 943 márna, 474 paduc, 59 küsz, 27 bodorka, 16 ezüstkárász és 11 sebes pisztráng jelölésére került sor. A Rábán a szentgotthárdi duzzasztó térségében 998, az ikervári duzzasztó térségében 1141, míg a Pinkán a felsőcsatári duzzasztó térségében 861 halegyedet jelöltünk meg chipekkel.

Szentgotthárdon 274, Ikerváron 115, míg Felsőcsatáron 143 napon üzemeltek a jelfogó antennák. Amennyiben az egy naptári napon az egy kódhoz tartozó jelfogást egy rekordként kezeltük, ez alapján összevetettük a halátjárókat. Ikerváron 5,8, Szentgotthárdon 2,9, míg Felsőcsatáron 3,4 volt az egy üzemnapra eső jelfogások száma.

A jelolvasási eredmények alapján megállapítható, hogy a két rábai halcsatornában a jelölt halak 15,3%-a kelt át sikeresen, míg a Pinkán lévő felsőcsatári halcsatornán ez az arány nagyon alacsony volt, mindössze 4,2%-os.

Ezenkívül megvizsgáltuk a halcsatornában jelt adó és a sikeresen átkelt halak arányát is. Szentgotthárdon a jelfogó berendezés által detektált halegyedek 73%-a, az ikervári halcsatornában a jelet adó halegyedek 90%-a, míg a Pinkán a felsőcsatári halcsatornában jelet adó halaknak mindössze a 38%-a kelt át sikeresen. Ez alapján az ikervári halcsatorna eredményei emelhetők ki, a jelölt és jelet adó halegyedek itt keltek át a legnagyobb arányban.

A jelfogási adatok alapján megállapítható, hogy a halcsatornákat a márnák használták a legnagyobb arányban (22%). A domolykóknak jóval alacsonyabb volt az átkelési aránya, a jelölt domolykók 8,5%-a kelt át sikeresen a három vizsgált halcsatornán. Adataink alapján megállapítható, hogy a teljesen mesterséges halátjárókkal kapcsolatban, mint pl. a szentgotthárdi kenucszúda és halátjáró, a paducok nagyon bizalmatlanok voltak, a faj jelölt egyedei a legnagyobb mennyiségben a természetszerű ikervári hallépcsőt használták, az itt jelölt paducok 12,4% kelt át sikeresen. A jelölt célfajok mellett bebizonyosodott, hogy a kisebb termetű pontyfélék, mint pl. a küsz és a bodorka is sikeresen át tud kelni a halátjárókon és sajnálatosan az inváziós ezüstkárász is.

A sikeresen átkelt halegyedek testhosszainak vizsgálta során megállapítást nyert, hogy a küszök a 116–129 mm, a márnák a 110–363 mm, az ezüstkárász 164 mm, a paducok 153–288 mm, a bodorkák 127–156 mm és a domolykók 111–360 mm standard testhosszúságú egyedei tudtak sikeresen átkelni a három vizsgált halcsatornán.

Az eredmények igazolják azt a tényt, hogy a jó úszóképességű fajok esetében is a hosszabb és természetyszerű halátjárók sokkal hatékonyabbnak bizonyultak, mint a rövidebb, mesterséges kialakítású halátjárók, ezért a továbbiakban a Rába vízgyűjtőjén létesítendő keresztműtárgyak mellé a kevésbé meredek, természetyszerű halátjárók építésének a támogatását javasoljuk.

Köszönetnyilvánítás

Kiemelt köszönet illeti meg Dr. Szentirmai Istvánt, Fera Gábort, Krajcsovsky Bencét és Tóth Mihályt, akik közreműködtek az akkumulátorok cseréjében és a jelölvasási adatok mentésében.

Ugyancsak hálásan köszönjük az Őrségi Nemzeti Park Igazgatóság valamennyi munkatársának, akik bármilyen módon segítették a munkánkat.

Szintén köszönettel tartozunk Horváth Jenőnek, aki rendszeresen tájékoztatott arról, amikor a jelölt halainkat visszafogta az alsószőlőnöki halliftnél.

Nagyon köszönjük Dr. Józsa Vilmosnak a lengyel szakirodalom fordításában nyújtott segítségét.

Irodalom

- Benitez J.P., Dierckx A., Matondo B. N., Rollin X. & Ovidio, M. 2018: Movement behaviours of potamodromous fish within a large anthropised river after the reestablishment of the longitudinal connectivity. *Fisheries Research* Volume 207: 140–149.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165783618301784>
- Damborg, J. & Pellett K. 2012: Salmon River Diversion Steelhead and Coho passage evaluation. pp. 62.
http://a100.gov.bc.ca/appsdata/acad/documents/r39494/11.CBR.06_coho_passage_1383674943103_a6999dfdd7264de0542bfdb24aa4309287c63eae9908552a92b91520fe8d79d2.pdf
- Froese, R. & Pauly, D. (Eds) 2021: FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org version (06/2021).
- Harka Á. 2011: Tudományos halnevek a magyar szakirodalomban. *Halászat* 104/3–4: 99–103.
- Horváth J. [Zöld Zala Természetvédelmi Egyesület] 2017: Halátjárók működésének vizsgálata az Őrségi Nemzeti Park Igazgatóság működési területén található vízfolyásokon (Pinka - Felsőcsatár; Rába - Magyarlak, Szentgotthárd). Kutatási jelentés, Zalaegerszeg, 45 pp.
- Keresztessy K. & Keserű B 2010: A kenyeri hallépcső működésének vizsgálata (Rába, Kenyeri). *Pisces Hungarici*, 4: 27–31.
- Kottelat, M. & Freyhof, J. 2007: Handbook of European freshwater fishes. *Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof*, Berlin, Germany 646 pp.
- Lothian, A. J., Gardner, C. J., Hull, T., Griffiths, D., Dickinson, E. R. & Lucas, M. C. 2019: Passage performance and behaviour of wild and stocked cyprinid fish at a sloping weir with a Low Cost Baffle fishway. *Ecological Engineering*, 130: 67-79. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S09255857419300515>
- Lubieniecki, B. 2003: Przepławki i drożnośc rzek. *Wydawnictwo Instytutu Rybactwa, Olsztyn*, 83 pp.
- Nau, G. S., Spares, A. D., Andrews, S. N., Mallory, M. L., McLellan, N. R. & Stokesbury, M. J. W. 2017: Body size, experience, and sex do matter: Multiyear study shows improved passage rates for alewife (*Alosa pseudoharengus*) through small - scale Denil and pool - and - weir fishways. *Wiley, River Res Applic.*, 33/9: 1472-1483. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/rra.3215>
- Ovidio, M., Sonny, D., Dierckx, A., Watthez, Q., Bourguignon, S., Court, B. de le, Detrait, O. & Benitez, J.P. 2017: The use of behavioural metrics to evaluate fishway efficiency. *River Research and Applications*, 33/9: 1484–1493. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/rra.3217>
- Palkó Cs. 2014a: Az ikervári hallépcső elektromos halászgéppel végzett felmérésének eredményei. Kutatási jelentés, Zalaegerszeg, 22 pp.
- Palkó Cs. 2014b: A szentgotthárdi hallépcső elektromos halászgéppel végzett átjárhatóság - vizsgálatának eredményei. Kutatási jelentés, Zalaegerszeg, 22 pp.
- Pannonhalmi M. 2018: Halátjárók. *Földművelésügyi Minisztérium, Győr-Budapest*, 180 pp.
- Papp Z. 2010: Az új technológiák veszélyei: RFID és az elektronikus útlevel. *Hadmérnök*, 5/4: 248-254. http://hadmernok.hu/2010_4_papp.pdf
- Tomczyk, P., Kózka, K. & Wiatkowski, M. J. 2017: Larinier type and bypass fishway as a methods of ensuring the ecological patency of rivers. Conference: VI International Scientific Conference "Environmental Engineering - Through An Young Eye: Białystok University of Technology, Poland 30: 94–107.
- Weibel, D. & Peter, A. 2013: Effectiveness of different types of block ramps for fish upstream movement. *Aquatic Sciences*, 75: 251–260.
https://www.researchgate.net/publication/257318478_Effectiveness_of_different_types_of_block_ramps_for_fish_upstream_movement

Authors:

Márton SALLAI (martonsallai98@gmail.com), Zoltán SALLAI (csabak@csabak.hu)