

A HALKÖZÖSSÉG DIVERZITÁSA A TISZA ÖT MAGYARORSZÁGI SZAKASZÁN

DIVERSITY OF THE FISH COMMUNITIES IN FIVE HUNGARIAN SECTIONS OF RIVER TISZA

GYÖRE K.¹, LENGYEL P.¹, SALLAI Z.², JÓZSA V.¹

¹ Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas
² Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatósága, Debrecen

Kulcsszavak: halfauna, pontabundancia-minta, aggregáció, α -diverzitás, várt fajszám
Keywords: fish fauna, point abundance sample, aggregation, α -diversity, rarefaction

Abstract

The fish community was sampled by point abundance sampling by electrofishing in the autumn of 2007 in five preferential sampling areas of the Hungarian reach of River Tisza, at Tiszabecs, Tuzsér, Tiszaszőlös, Tiszaroff and Mindszent. The anode was immersed into the water to a depth of 50-100 cm for 10 seconds approximately once in every 10 metres (1 stroke), 10x25, i.e. 250 times in each sampling area. Each stroke was considered a subsample, a transect was made up of 25 strokes. In our paper, we analyse the diversity profiles of the fish communities, the differences in their α -diversity and the aggregation tendency of the individual fish species. The presence of populations of a total of 40 species was proven in the five sampling areas, 14 of which are legally protected in Hungary. The number of the strictly protected and the endemic species was 3 and 7, respectively. The number of subsamples with no fish caught was the highest in the Tiszabecs area and the lowest in the Tuzsér area. In the other areas, the number of "empty" strokes was approximately the same. The share of subsamples having a predator+prey fish community within the number of the non-empty strokes considerably differed between the sampling areas, constantly growing along the longitudinal profile of the river. From the point of view of habitat use, 4 of the 40 species were rheophilic, 6 were oligorheophilic, 22 were indifferent and 3 were limnophilic. The share of species and individuals belonging to different guilds was considerably different in the different sampling areas. The fish species found could be classified into seven reproductive guilds. On the basis of the collected taxa (24), the fish community of the Tiszaroff section of the river was the most diverse. With the exception of the Tiszabecs-Tiszaszőlös and the Tuzsér-Tiszaroff pairs, the α -diversities of the individual sampling areas significantly differed at a $P = 0.05$ level according to the two-sample t-test. The Rényi diversity of the Tuzsér, Tiszaszőlös and Tiszaroff fish communities was higher than in the Mindszent sampling area. In the remaining cases, the diversity profiles overlapped, and thus, the communities could not be ordered by diversity. A consistent and standardized application of the point abundance sampling method can efficiently prove the habitat heterogeneity through the structural relations of the fish community.

Kivonat

A Tisza magyarországi szakaszának öt kedvezményezett mintaterületén, Tiszabecs, Tuzsér, Tiszaszőlös, Tiszaroff, Mindszent térségében, elektromos halászattal, pontabundancia-módszerrel mintáztuk a halközösséget 2007 őszén. Az anódot kb. 10 méterenként 50-100 cm mélyre merítettük a vízbe 10 másodperces időtartamra (1 csapás), mintaterületenként 10x25, összesen 250 alkalommal. Az egy csapást almintaként kezeltük, 25 csapás tett ki egy transzszektet. Tanulmányunkban elemezzük a haltársulások diverzitási profilját, α -diverzitásukban mutatkozó különbségeit, az egyes halfajok aggregációs hajlamát. Az öt mintaterületen összesen 40 halfaj populációját igazoltuk, amelyből hazánkban 14 védett. A fokozottan védett fajok száma 3, az endemikusaké 7. Az alminták száma, amikor halat nem fogtunk, a tiszabecsi szakaszon volt a legtöbb és a tuzséri a legkevesebb. A többi mintaterületen az üres csapások száma megközelítőleg azonos volt. A predátor+préda halközösségű alminták hányada a nem üres csapásokban mintaterületenként jelentősen eltért, a vízfolyás longitudinális profilja mentén folytonosan növekvő. Habitat használat tekintetében a 40 fajból 9 reofil, 6 oligoreofil, 22 indifferens, 3 limnofil. Mintaterületenként az egyes guildsbe tartozó faunaelemek faj- és egyedszámaránya számottevően eltérő. A kimutatott halfajok hét szaporodási guildbe sorolhatók. A gyűjtött taxonok száma alapján (24) legváltozatosabb a folyó tiszaroffi szakaszának halközössége volt. Az egyes mintaterületek halközösségének α -diverzitása, a Tiszabecs-Tiszaszőlös és a Tuzsér-Tiszaroff pár kivételével, a $P = 0,05$ szinten a kétmintás t-próba alapján szignifikánsan különböznek egymástól. A Rényi-féle diverzitás a tuzséri, a tiszaszőlösi és a tiszaroffi halközösséget diverzebbnek találta, mint a mindszeri mintaterületét. A többi esetben a diverzitás profilok metszik egymást, a közösségek a diverzitás szempontjából nem rangsorolhatók. A pontabundancia-mintavételi módszer következetes, standardizált alkalmazásával az élőhelyek heterogenitása a halközösség strukturális viszonyaival jól bizonyítható.

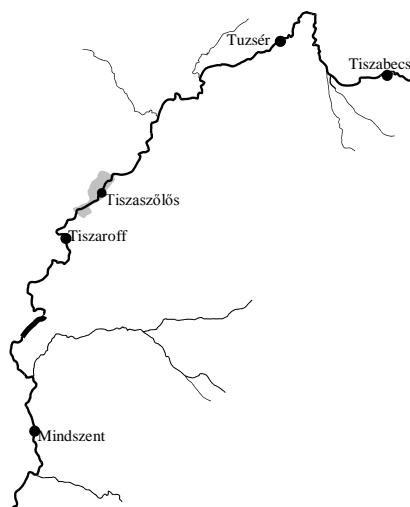
Bevezetés

A folyóvízi haltársulások mintázása komoly nehézségekkel jár. Nagy folyók esetében az elektromos halászat hatékonysága jelentős mértékben lecsökken (Kennedy & Strange 1981), egyrészt a vízfolyás szélessége miatt, másrészt mert a halak egy-egy különlegesebb élőhelyen csoportosulnak többé-kevésbé random eloszlásban, eloszlásuk térben és időben heterogén (Nelva et al. 1979). Az eredményesség emelhető az elektromos halászgép anódszámának (Cowx et al. 1988), ill. a minta nagyságának növelésével. Nelva et al. (1979) egy új, gyors, hatékony mintázó stratégiát és módszert dolgozott ki, az ún. random pontabundancia-technikát, ami a számos kis al minta szintézisével megbízható mintát szolgáltat. Az eljárás első hazai alkalmazója Guti (1994) volt, aki halivadékok struktúráját vizsgálta a módszernek egy erre a célra kifejlesztett változatával.

A Tisza magyarországi szakaszának öt kedvezményezett mintaterületén (Tiszabecs, Tuzsér, Tiszaszőlős, Tiszaroff, Mindszent) elektromos pontabundancia-módszerrel mintáztuk a halközösséget 2007 őszén. A kutatás célja volt az egyes, geomorfológiailag jól elkülönülő folyószakaszok halközösség struktúrájának megállapítása. Tanulmányunkban elemezzük a haltársulások különbözőségét, diverzitási mutatóit, diverzitási profilját, α -diverzitásukban (Shannon-féle entrópiájukban) mutatkozó különbségeit, mozaikosságát (β -diverzitását) az egyes halfajok aggregációs hajlamát, habitat és szaporodási guildjeit.

Mintaterület

A Tiszán Tiszabecs, Tuzsér, Tiszaszőlős, Tiszaroff és Mindszent térségében egy-egy mintaterületet jelöltünk ki (1. ábra). A vízáramlással összefüggésben az első mintaterület hosszát 6 000, a többiét 2 500 m-ben határoztuk meg, de a ténylegesen halászott szakasz minden esetben 2 500 m volt.



1. ábra. Az öt mintahely a Tisza magyarországi szakaszán

Fig. 1. Location of the five sampling areas in the Hungarian reach of River Tisza

Mintavételi módszer, feldolgozás

A halközösséget 2007. október 16. és 19. között a folyó partszegélyén, kb. 3 méter széles sávban, egy EL63 II típusú aggregátoros elektromos halászgéppel mintáztuk (300 V, 2-3 A, 50 Hz). Az anódot kb. 10 méterenként 50-100 cm mélyre merítettük a vízbe 10 másodperces időtartamra (1 csapás), mintaterületenként 10x25, összesen 250 alkalommal. A 250 csapást, mint minimálisan szükséges mintaelem számot 27 mintaterület 11 előzetes monitoring

eredményei alapján becsültük (Györe & Józsa 2010). Csapásonként a hatásos vonzás körzetének kiterjedése ($r=1,5$ m) a halászgép teljesítményből és a víz hőmérsékletéből adódóan 7 m^2 volt (Regis et al. 1981). Az egy csapást almintaként kezeltük, 25 csapás tett ki egy 175 m^2 -es transzszektet. Minden bemejtés (csapás) után az immobilizált halakat 2 mm-es szembőségű merítőhálójával emeltük ki. Meghatározásuk és megszámlálásuk után az egyedeket visszahelyeztük élőhelyükre. A csapásonkénti fogási adatokat külön rekordba, azonnal, egy OLYMPUS WS-200S digitális diktafonra mondtuk. A csapásszámot a diktafon rekordszámlálóján követtük nyomon.

A fajnevek írásánál Kottelat & Freyhof (2007), ill. Harka (2011) munkáját, valamint a FishBase (Froese & Pauly 2012) adatbázisát fogadtuk el. A veszélyeztetettségi státusz besorolásnál Guti (1995) által javasoltakat (kipusztult, eltűnő, veszélyeztetett, ritka, tömeges, bevándorló, exotikus, unikális) annyiban módosítottuk, hogy a bevándorló és exotikus kategóriákat egy ún. nem őshonos fogalomkörbe vontuk össze. A habitathasználat tekintetében Zauner & Eberstaller (1999) klasszifikációs sémáját alkalmaztuk kisebb módosításokkal. A szaporodási szokásokra, az ivási szubsztrátum helyére és minőségére vonatkozóan a Balon-féle koncepcióban vázoltakat használtuk (Balon 1981).

Statisztikai analízis

A halközösségek hasonlóságát a Hellinger transzformált egyedszámok (Legendre & Gallagher 2001) Bray-Curtis távolságmátrixának csoportátlag fúziós algoritmus eljárással történő hierarchikus klasszifikációjával vizsgáltuk a PAST 2.15 program segítségével (Hammer et al. 2001). A csoportok közötti szignifikáns különbségeket ANOSIM teszttel igazoltuk (PAST 2.15). A diverzitásmutatók közül a fajszámot, a Berger-Parker dominanciát, a Shannon-Wiener α -diverzitást, a Wilson-Shmida β -diverzitást, az effektív fajszámot, a ritkított mintanagysághoz rendelt várt fajszámot használtuk. A diverzitás skálafüggő jellemzésére a Rényi-féle általánosított entrópiát alkalmaztuk. Két mintaterület diverzitás eltéréseinek szignifikanciáját Solow-féle (1993) statisztikai próbával teszteltük. A diverzitás mutatókat a Species Diversity and Richness IV programcsomaggal becsültük (Seaby & Henderson 2006). A populációk egyedeinek térbeli eloszlását a Taylor-féle hatványtörvénnyel (Taylor et al. 1978) elemeztük. Az egyes mintaterületek halközösségének térbeli mozaikosság vizsgálatához a fajszám-terület összefüggéseket használtuk (Crawley 1986). A halfajoknak a folyó longitudinális profilja szerinti elrendezését a PAST 2.15 program gyakorisági szeriációjával vizsgáltuk.

Eredmények

Az olyan alminták (csapások) száma, amikor halat nem fogtunk, a tiszabecsi szakaszon volt a legtöbb és a tuzsérin a legkevesebb (1. táblázat). A többi mintaterületen az üres csapások száma megközelítőleg azonos, 57-66 volt. Tiszabecsen a 75. csapásban 5 faj 29 egyedét fogtuk, együttesen volt jelen a *Squalius cephalus* (3 ind.), az *Alburnoides bipunctatus* (12 ind.), a *Chondrostoma nasus* (12 ind.), a *Romanogobio kessleri* (1 ind.) és a *Rhodeus amarus* (1 ind.). Tuzséron a 89. almintában összesen 9 faj 33 egyedét határoztuk meg. Együttesen a *Rutilus rutilus* (3 ind.), *Rutilus virgo* (6 ind.), *Alburnus alburnus* (3 ind.), *Alburnoides bipunctatus* (4 ind.), *Ballerus sapa* (2 ind.), *Chondrostoma nasus* (9 ind.), *Barbus barbuis* (3 ind.), *Rhodeus amarus* (2 ind.) *Lota lota* (1 ind.) fordultak elő. A tiszaszőlősi mintaterületen az egy csapás alkalmával fogott maximális fajszám ugyancsak 9 volt. A 118. csapás alkalmával a *Rutilus rutilus* (12 ind), *Scardinius erythrophthalmus* (1 ind.), *Leuciscus idus* (2 ind.), *Alburnus alburnus* (1 ind.), *Blicca bjoerkna* (1 ind.), *Silurus glanis* (1 ind.), *Ameiurus melas* (16 ind.), *Perca fluviatilis* (1 ind.), *Proterorhinus semilunaris* (1 ind.) fajokat gyűjtöttük. A csapásonkénti maximális fajszám a tiszaroffi mintaterületen a tiszabecsen tapasztalathoz hasonlóan 5 volt. A 229. almintában együtt fordult elő a *Leuciscus idus* (1 ind.), *Alburnus alburnus* (10 ind.), *Ameiurus melas* (2 ind.), *Lota lota*

(1 ind.), *Neogobius fluviatilis* (1 ind.). A Mindszenti mintaterületen a legtöbb fajt, hatot, a 169. csapás alkalmával fogtuk, együttesen volt jelen az *Alburnus alburnus* (110 ind.), *Pseudorasbora parva* (1 ind.), *Lota lota* (3 ind.), *Gymnocephalus baloni* (2 ind.), *Proterorhinus semilunaris* (2 ind.), *Neogobius fluviatilis* (3 ind.). A csapásonkénti maximális egyedszám a tuzséri mintaterületen volt a legalacsonyabb, a legmagasabb pedig Mindszenti térségében.

1. táblázat. Az üres alminták száma, aránya, maximális egyedszám, maximális fajszám és a hozzátartozó egyedszám
Table 1. Number and share of empty subsamples, maximum abundance, maximum species richness and the corresponding abundance

Mintaterület	Almintánként			
	üres (db)	üres (%)	max. ind.	max. fajszám/ind.
Tiszabecs	127	50,8	52	5/29
Tuzsér	8	3,2	40	9/33
Tiszaszőlős	57	22,8	65	9/36
Tiszaroff	66	26,4	120	5/15
Mindszenti	61	24,4	157	6/121

Az öt mintaterületen összesen 40 halfaj előfordulását igazoltuk (2. táblázat). A Magyarországon védett 33 halfajból 14 fordul elő, ebből a fokozottan védett fajok száma 3: *Barbus carpathicus*, *Zingel zingel*, *Zingel streber*. A mintaterületek 5, a Duna vízrendszerére jellemző endemikus halfaja a *Gobio carpathicus*, *Romanogobio vladykovi*, *Romanogobio uranoscopus*, *Rutilus virgo*, *Gymnocephalus schraetser*. A veszélyeztetettségi státusz szerint a halközösségnek 1 eltűnő (*Romanogobio uranoscopus*), 10 veszélyeztetett, 9 ritka, 12 tömeges és 8 nem őshonos faunaeleme van. Mindegyik mintaterületen egyedül az *Alburnus alburnus* egyedei fordultak elő. Tíz olyan halfaj volt, amelynek populációját csak egy-egy szakaszon mutattuk ki.

A legfelső mintaterületen 17 halfaj 439 egyedét fogtuk. Dominánsnak az *Alburnoides bipunctatus* populációját találtuk. Második leggyakoribb halfajnak az *Alburnus alburnus* bizonyult. A hidrológiai viszonyoknak megfelelően gyakori még a *Romanogobio kessleri* is. A tuzséri szakaszon 21 halfaj 2 329 egyedét mintáztuk. A halközösség domináns hala a küsz, gyakorinak mutattuk ki a *Squalius cephalus* és az *Alburnoides bipunctatus* állományát. A tározói Tisza szakaszon, Tiszaszőlős közelében a 18 fajú halközösségben a *Rutilus rutilus* a leggyakoribb halfaj. A mintaterület gyakori hala még az *Alburnus alburnus*, valamint a *Blicca bjoerkna*, a *Scardinius erythrophthalmus* és az *Ameiurus melas*. Tiszaroff térségében 24 faj 874 egyedét fogtuk. A minta domináns hala az *Alburnus alburnus* volt, második leggyakoribbnak a *Barbus barbatus* egyedeit mutattuk ki. A Mindszenti szakaszon az összesen fogott 1 742 egyed 18 fajhoz tartozott. A domináns hal ugyancsak az *Alburnus alburnus*, igen kimagasló egyedszámáránnyal. A halközösség következő két gyakori hala, a *Pseudorasbora parva* és a *Lota lota* együttes aránya sem éri el a tíz százalékot.

Habitathasználat tekintetében a 40 fajból 9 reofil, 6 oligoreofil, 22 indifferens, 3 limnofil. Folyóvizek esetében különösen fontos a reofil halak halközösségen belüli aránya. Jelenlétük-hiányuk kiválóan jelzi a természetesen változó vagy a keresztgátakkal mesterségesen megváltoztatott hidrológiai viszonyokat. Mintaterületenként számottevően eltérő az egyes csoportba tartozó faunaelemek aránya (3. táblázat). A vízáramlással szemben toleráns fajok száma és aránya a tiszabecsi szakaszon a legmagasabb, a jellemző 34 cm/km-es mederesésnek és a 0,2-0,6 m/sec-os áramlási sebességnek (Végh 1999) köszönhetően. A 8 faj több mint 70 egyedszázalékot képvisel a mintaterület halközösségében. Tuzsér térségében, ahol a mederesés 22 cm/km, az áramló víz sebessége pedig 0,2-0,3 m/sec, az áramlást toleráló fajok száma és egyedszámáránya sokkal kisebb. A tározói duzzasztott, Tiszaszőlős környéki kis mederesésű (0,07 cm/km) folyószakaszon pedig már csak mindössze egy reofil halfaj, a *Chondrostoma nasus* két egyedét mutattuk ki. A

magyarországi előfordulásai és azok gyakorisága alapján a *Squalius cephalus* szerintünk a Zauner-Eberstaller besorolástól eltérően az oligoreofil csoportba tartozik. Az általuk oligoreofilnak tartott *Cobitis elongatoides* (*Cobitis taenia* néven) pedig inkább az indifferens csoportba tartozik.

2. táblázat. A halközösség struktúrája a Tisza öt mintaterületén
Table 2. The structure of the fish community in the five sampling areas of River Tisza

Faj	Veszélyeztetettségi státusz	Abundancia (%)				
		Tiszabecs	Tuzsér	Tiszaszőlős	Tiszaroff	Mindszent
Cyprinidae						
<i>Rhodeus amarus</i>	tömeges	0,91	2,06	-	-	-
<i>Gobio carpathicus</i>	tömeges	-	-	-	-	0,11
<i>Pseudorasbora parva</i>	nem őshonos	-	0,04	-	0,11	4,42
<i>Romanogobio vladkovi</i>	ritka	0,68	1,89	-	-	0,46
<i>Romanogobio uranoscopus</i>	eltűnő	1,14	-	-	-	-
<i>Romanogobio kessleri</i>	veszélyeztetett	12,30	0,09	-	-	-
<i>Barbus barbatus</i>	tömeges	3,64	4,29	-	12,93	-
<i>Barbus carpathicus</i>	veszélyeztetett	0,46	-	-	-	-
<i>Carassius gibelio</i>	nem őshonos	-	0,04	-	0,34	0,23
<i>Abramis brama</i>	tömeges	-	0,04	2,46	-	-
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	veszélyeztetett	49,66	12,80	-	-	0,06
<i>Alburnus alburnus</i>	tömeges	13,44	54,01	24,38	58,70	81,11
<i>Aspius aspius</i>	ritka	-	0,21	1,02	2,29	0,98
<i>Ballerus sapa</i>	ritka	-	2,23	-	-	-
<i>Blicca bjoerkna</i>	tömeges	0,46	-	8,58	0,11	0,06
<i>Chondrostoma nasus</i>	ritka	2,73	1,59	0,17	0,34	-
<i>Leucaspis delineatus</i>	veszélyeztetett	-	-	0,08	-	-
<i>Leuciscus idus</i>	ritka	-	-	2,72	5,03	0,46
<i>Rutilus rutilus</i>	tömeges	-	0,30	41,63	0,23	0,29
<i>Rutilus virgo</i>	veszélyeztetett	0,46	0,39	-	-	-
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	tömeges	-	-	7,39	0,23	-
<i>Squalius cephalus</i>	tömeges	4,33	13,91	-	0,57	0,06
<i>Vimba vimba</i>	veszélyeztetett	-	0,17	-	-	-
Cobitidae						
<i>Cobitis elongatoides</i>	ritka	-	-	0,59	-	-
Ictaluridae						
<i>Ameiurus nebulosus</i>	nem őshonos	-	-	0,17	0,11	-
<i>Ameiurus melas</i>	nem őshonos	-	-	6,54	2,52	-
Siluridae						
<i>Silurus glanis</i>	ritka	0,23	0,64	0,17	0,34	-
Esocidae						
<i>Esox lucius</i>	tömeges	-	-	0,59	0,57	0,17
Lotidae						
<i>Lota lota</i>	veszélyeztetett	4,56	1,89	-	5,26	5,45
Centrarchidae						
<i>Lepomis gibbosus</i>	nem őshonos	-	-	-	-	0,23
Percidae						
<i>Gymnocephalus cernua</i>	tömeges	-	-	-	0,23	-
<i>Gymnocephalus baloni</i>	ritka	-	-	-	5,95	1,95
<i>Gymnocephalus schraetser</i>	veszélyeztetett	-	-	-	0,34	0,06
<i>Perca fluviatilis</i>	tömeges	0,91	0,04	1,87	0,46	-
<i>Sander lucioperca</i>	ritka	-	-	0,08	0,46	-
<i>Zingel streber</i>	veszélyeztetett	1,82	-	-	-	-
<i>Zingel zingel</i>	veszélyeztetett	2,28	3,31	-	0,11	-
Odontobutidae						
<i>Percottus glenii</i>	nem őshonos	-	0,04	-	-	-
Gobiidae						
<i>Neogobius fluviatilis</i>	nem őshonos	-	-	0,17	2,63	2,93
<i>Proterorhinus semilunaris</i>	nem őshonos	-	-	1,36	0,11	0,98
Fajszám	40	17	21	18	24	18
Egyedszám	6 561	439	2 329	1 177	874	1 742

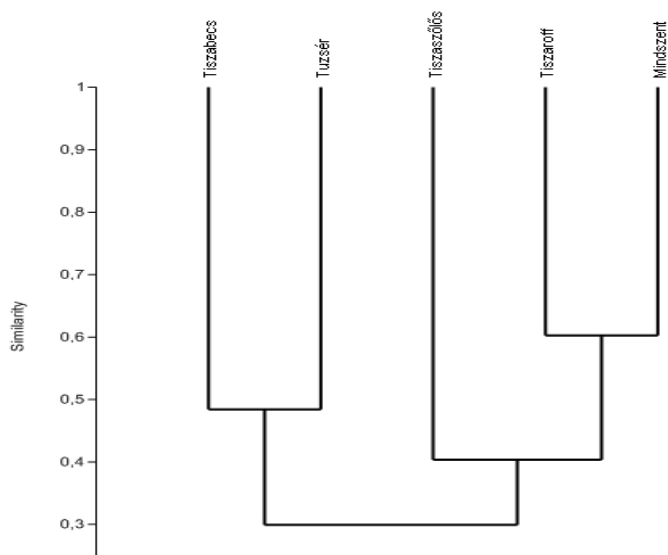
Ugyancsak hibásnak tartjuk a *Romanogobio vladkovi* (*Gobio albipinnatus* néven) reofil guildbe való sorolását, a hazai élőhelyek alapján az legfeljebb oligoreofil.

Az áramló vizek halas minősítésekor a habitat guildek közül fontos mutató a litofil halfajok halközösségen belüli aránya. A kimutatott halfajok összesen hét ívási, szaporodási guildbe sorolhatók (3. táblázat). A köre, kavicsra ívő fajok száma a két felső-tiszai mintaterületen kimagasló, Tiszabecs térségében a 7 litofil faj egyedei az összfogás csaknem kétharmadát teszik ki. A tuzséri mintaterületen ugyan a litofil taxonok száma valamivel több, kilenc, de azok összes egyedszámaránya jelentősen alacsonyabb. A tiszaszőlősi szakaszon a két litofil faj (*Aspius aspius*, *Chondrostoma nasus*) egyedszámaránya alig több mint 1%.

3. táblázat. A habitat- és szaporodási guildekbe tartozó fajok száma, aránya és egyedszámuk aránya a Tisza öt mintaterületén

Table 3. The number and share of species and the share of individuals belonging to different habitat and reproductive guilds

Guild	Tiszabecs	Tuzsér	Tiszaszőlős	Tiszaroff	Mindszent
Reofil	8	5	1	2	2
Oligoreofil	3	4		4	4
Indifferens	5	11	15	17	12
Limnofil	1	1	2	1	
Reofil faj%	47,05	23,81	5,56	8,33	11,11
Reofil egyed%	72,21	19,15	0,17	13,27	0,17
Lito-pelagofil	1	1		1	1
Litofil	7	9	2	8	6
Psammofil	3	2	2	2	3
Fito-litofil	1	3	4	4	3
Fitofil	4	4	8	7	3
Speleofil			2	2	2
Ostracofil	1	1			
Litofil faj%	41,17	42,86	11,11	33,33	33,33
Litofil egyed%	64,92	38,56	1,19	22,65	7,52



2. ábra. A mintaterületek halközösség szerinti klaszterezése
Fig. 2. Clustering of the sampling areas by the fish community structure

A Bray-Curtis index alapján történő hierarchikus klasszifikáció először az egymást követő tiszaroffi és mindsenti (BC = 0,60), valamint a tiszabecsi és tuzséri (BC = 0,48) mintaterületeket fűzi egy-egy klaszterbe (2. ábra). A továbbiakban a fúziós algoritmus a

[Tiszaroff+Mindszent] + Tiszaszőlős sorrendben vonja össze a mintahelyek halközösségét az alkalmazott metrika alapján (BC = 0,30). A két felső-tiszai mintaterület halközössége jelentősen eltér a másik háromtól, a százalékos hasonlóság mindössze 17% (BC = 0,17). A dendrogramban felmért páronkénti ultrametrikák torzítása csekély, a kofonetikus korreláció értéke viszonylag magas, 0,73. A csoportok között a nem paraméteres egyirányú ANOSIM teszttel a mintaterületek halközösségbeli különbségei $R = 1,000$ érték mellett $p = 0,05$ szinten nem szignifikánsak.

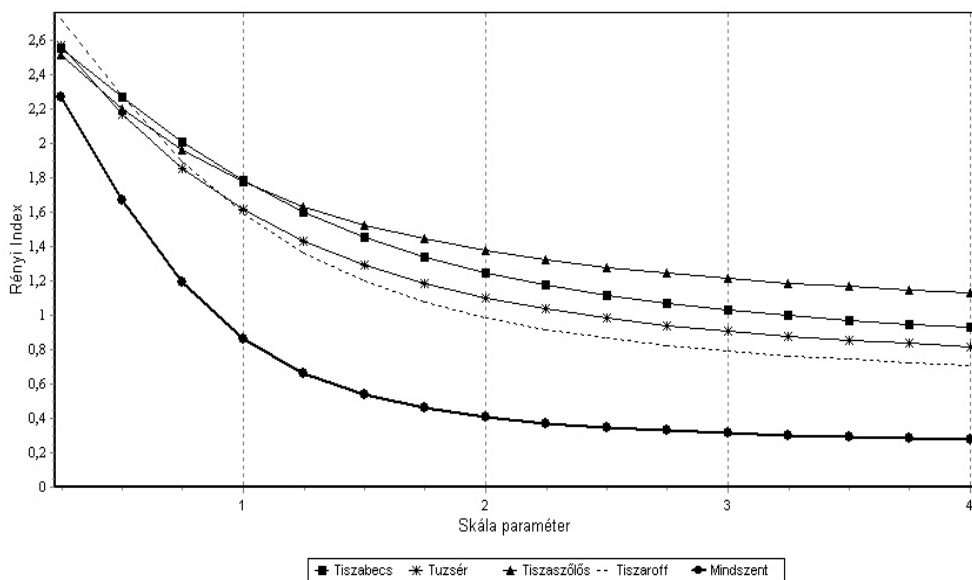
A gyűjtött taxonok száma alapján legváltozatosabbnak a folyó tiszaroffi szakaszának halközössége bizonyult (4. táblázat). A tuzséri szakaszon az előző helyen tapasztaltnál kevesebb faj került elő, de jóval nagyobb halállományt találtunk. A tiszabecsi mintaterület fajszámában és egyedszámában is a legszegényebbnek bizonyult. A Berger-Parker dominancia index (n_{\max}/N) három mintaterületen, Tuzsér, Tiszaroff, Mindszent, az *Alburnus alburnus* populációjával kapcsolatos. Az index egy-egy szakaszon az *Alburnoides bipunctatus* (Tiszabecs), ill. a *Rutilus rutilus* (Tiszaszőlős) fajhoz rendelhető. A szóban forgó index mindszerinti magas értéke egyúttal predestinálja a halközösség alacsony Shannon-Wiener indexét is. A Shannon-Wiener index 0,811 és 1,788 között változott. A legmagasabb diverzitást a 17 fajú tiszabecsi, a legalacsonyabbat pedig a 18 fajú mindszerinti halközösség mutatta. Az egyes mintaterületek halközösségének α -diverzitása, a Tiszabecs-Tiszaszőlős és a Tuzsér-Tiszaroff pár kivételével, a $P = 0,05$ szinten a kétmintás t-próba alapján szignifikánsan különböznek egymástól. A mindszerinti folyószakasz halközösségét mindössze három faj dominálja (*Alburnus alburnus*, *Lota lota*, *Pseudorasbora parva*), az effektív fajszám 2,38. Ez a diverzitásmutató a tiszabecsi és a tiszaszőlősi mintaterületek esetében a legnagyobb. Tiszabecsen a közösséget az *Alburnoides bipunctatus*, *Alburnus alburnus*, *Romanogobio kessleri*, *Lota lota*, *Squalius cephalus* és a *Barbus barbus*, Tiszaszőlősen pedig a *Rutilus rutilus*, *Alburnus alburnus*, *Blicca bjoerkna*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Ameiurus melas* és a *Leuciscus idus* dominálja. A ritkított mintanagysághoz tartozó mintaterületenkénti fajszámot (= várható fajszám) a tiszabecsi mintavételi hely ($n = 439$) abundanciaszintjén számítottuk. A várható fajszámok szerint a halközösség a folyó tiszaroffi szakaszán a legváltozatosabb. A várható fajszám az eredeti fajszámhoz képest a tiszaszőlősi és a tiszaroffi mintaterületeken csökkent a legkisebb arányban (17-17%). A mutató alapján a legjelentősebben a tuzséri mintahely halközösségének fajszáma csökkent (29%).

4. táblázat. A halközösségek diverzitásmutatói [$N =$ egyedszám, $S =$ fajszám, $n_{\max}/N =$ Berger-Parker dominancia, $H =$ Shannon-Wiener index, $expH =$ effektív fajszám, $ES(m) =$ ritkított mintanagysághoz rendelt fajszám]
 Table 4. Diversity indices of the fish communities [$N =$ individuum number, $S =$ species number, $n_{\max}/N =$ Berger-Parker dominance, $H =$ Shannon-Wiener index, $expH =$ effective species number, $ES(m) =$ species number of the rarefied sample]

Mintaterület	N	S	n_{\max}/N	H	expH	ES(m)
Tiszabecs	439	17	0,497	1,788	5,98	17
Tuzsér	2329	21	0,540	1,617	5,04	15
Tiszaszőlős	1177	18	0,416	1,776	5,91	15
Tiszaroff	874	24	0,587	1,592	4,91	20
Mindszent	1742	18	0,811	0,867	2,38	13

A Shannon-Wiener diverzitásfüggvény a ritka fajok hatását emeli ki hangsúlyosabban. A diverzitásprofilok összevetésével a közösségek diverzitáskülönbségei ökológiai szempontból hitelesebben prezentálhatók. A Rényi-féle diverzitásrendezés (diverzitás skálafüggő jellemzése) alapján a tiszabecsi, tuzséri, tiszaszőlősi, tiszaroffi mintaterület halközössége diverzebb, mint a mindszerinti, mert mind a négy halközösség diverzitásprofilja az alsó-tiszai közösség diverzitásprofilja fölött fut a skálaparaméter teljes tartományán (3. ábra). A többi esetben a diverzitásprofilok metszik egymást, tehát a közösségek a diverzitás szempontjából nem rangsorolhatók. Ökológiai aspektusból a többi szituáció úgy jellemezhető, hogy a ritka

fajok tekintetében a tiszabecsi mintaterület halközössége változatosabb, mint a tiszaszőlősi. A tuzséri halközösség a tiszaszőlősihez, a tiszaroffi pedig a tiszabecsihez, tuzsérihez és a tiszaszőlősihez képest diverzebb.



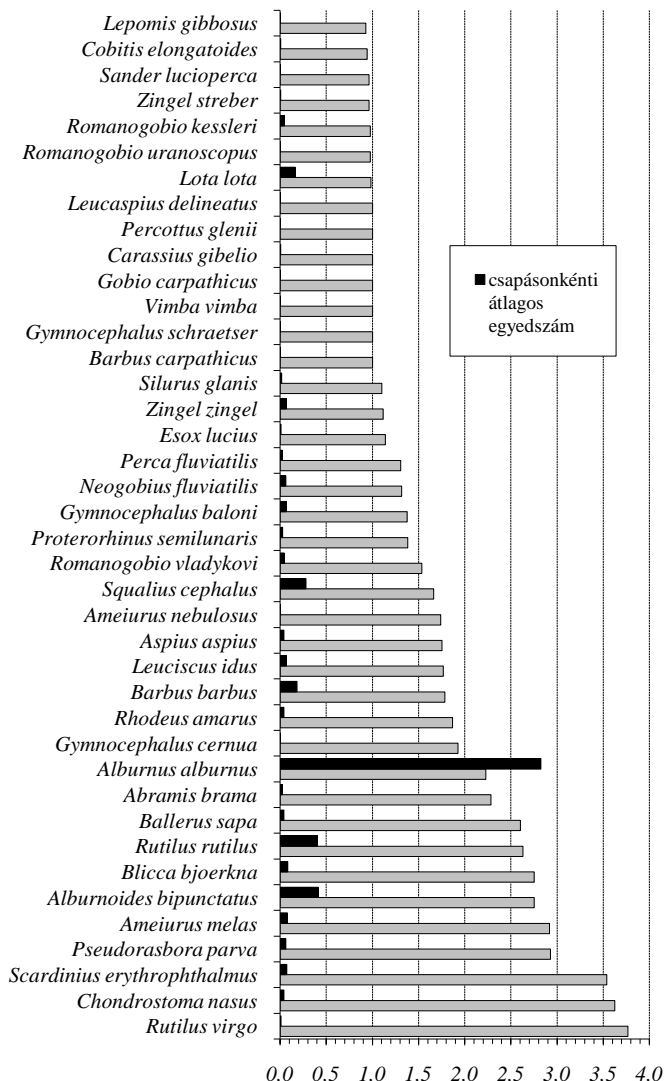
3. ábra. A tiszai mintaterületek halközösségeinek diverzitási rendezése a Rényi-féle általánosított entrópia szerint
 Fig. 3. Diversity ordering of the fish communities of the Tisza sampling areas according to Rényi's generalized entropy values

A halközösségeknek, a folyó longitudinális profilja menti, fajösszetételbeli variabilitása kvantifikálását az SDR IV programcsomagba ágyazott Wilson & Shmida-féle β -diverzitás index alkalmazásával végeztük. A fajdiverzitás élőhelyről élőhelyre változása csak Tuzsér – Tiszaszőlős között számottevő, a többi esetben alacsony mértékű. A fajkicserélődési ráta, ha kihagyjuk a köztes tuzséri mintaterületet, Tiszabecs és Tiszaszőlős között volt a legnagyobb (5. táblázat), de az előbbi mintaterület fajkészletéhez képest a tiszaroffi, ill. a mindszerinti mintaterület fajösszetétele is jelentősebb változást mutat, mint a Tiszabecs–Tuzsér élőhelyek között.

5. táblázat. A Wilson & Shmida-féle β -diverzitási indexek értékei
 Table 5. Values of the Wilson & Shmida β -diversity indices

	Tuzsér	Tiszaszőlős	Tiszaroff	Mindszent
Tiszabecs	0,316	0,714	0,561	0,657
Tuzsér	-	0,641	0,467	0,538
Tiszaszőlős		-	0,286	0,556
Tiszaroff			-	0,333

Az egyes halfajok csapásonkénti átlagos egyedszáma nagyon alacsony volt, a 40 fajból 34 esetben még a 0,1 ind./csapás értéket sem érte el (4. ábra). Öt fajnál (*Alburnoides bipunctatus*, *Rutilus rutilus*, *Squalius cephalus*, *Barbus barbus*, *Lota lota*) 0,1 és 0,5 között volt az átlagos egyedszám. A küsznek (*Alburnus alburnus*) csapásonként átlagosan 2,8 példányát mutattuk ki, 0 és 157 egyed/csapás szélsőértékek mellett.

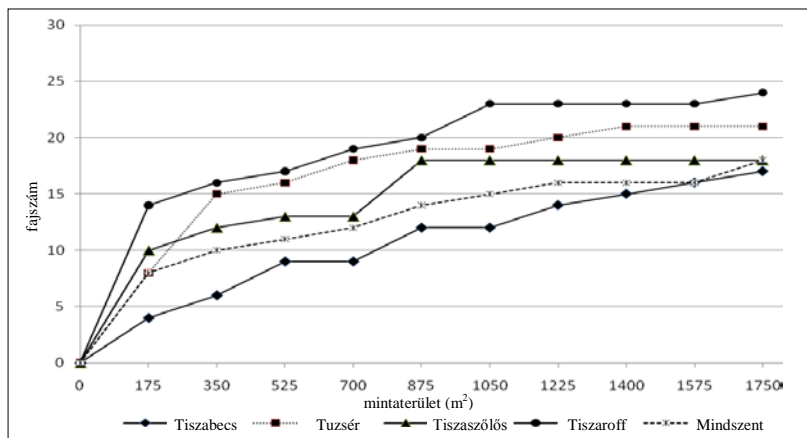


4. ábra. Tiszai halfajok csapásonkénti átlagos egyedszáma és aggregációs indexe öt mintaterület alapján
 Fig. 4. Average individual number of Tisza fishes in a stroke and their aggregation index on the basis of five sampling areas

Az aggregációs index, a Taylor-féle hatványtörvény b kitevője azonban nem a küsz esetében a legnagyobb (4. ábra). Erős aggregált diszpergáltság mutatható ki a *Rutilus virgo* ($b = 3,77$), a *Chondrostoma nasus* ($b = 3,63$) és a *Scardinius erythrophthalmus* ($b = 3,54$) fajoknál. Ragályos jellegre utalnak a *Pseudorasbora parva*, *Ameiurus melas*, *Alburnoides bipunctatus*, *Blicca bjoerkna*, *Rutilus rutilus*, *Ballerus sapa*, *Abramis brama*, *Alburnus alburnus* fajok esetében számított magas értékek ($b = 2,93-2,23$). A térbeli mintázat aggregáltak ítéhető még további 12 faj esetében, amelyeknek azonban az aggregációs indexe már csak 1,93-1,31 értékek között található. A b paraméter 1 körüli értéke véletlenszerű diszpergáltságot mutat a többi 17 faj esetében. A szóban forgó fajoknál a számított átlagos gyakoriság megközelítőleg egyenlő a varianciával, azaz a térbeli mintázat a

véletlenné tulajdonítható, ami Poisson-eloszlással közelíthető. Tipikusan szegregált diszpergáltság ($b < 1$) egyetlen halfaj esetében sem volt kimutatható.

A mintavételi egység nagysága és a benne talált fajok száma közötti összefüggés egyik mintaterület esetében sem követi a klasszikus Arrhenius-féle függvény alakját (5. ábra). Egy-egy kifejezetten domináns halfaj mellett, a ritka fajok hozzáadódásával, a tuzséri, tiszaroffi és mindszei mintahelyek fajszám–terület telítődési görbéi a kezdeti nagyobb meredekséget követően többé-kevésbé lineárisan emelkednek. A másik két mintahely esetében a durvaszemcsés szerkezetű, csekély egyenletességű társulások következtében a görbe inkább ún. lépcsős szerkezetű.



5. ábra. A fajszám-terület összefüggés a Tisza öt mintaterületén
 Fig. 5. Correlation of species richness and area in the five sampling areas on River Tisza

A Coleman-teszt görbéi a tiszaszőlösi mintahely kivételével, amely esetben a várható és a megfigyelt adatok alapján megrajzolt görbék csaknem azonosak, a megfigyelt fajgyarapodások görbéi felett futnak, ami a minták heterogenitását bizonyítja, vagyis az utóbbi négy mintahelyen a területnövekedéssel járó fajgyarapodást nem lehet a véletlenszerű mintáknak tulajdonítani. A fajszám–terület összefüggését modellező hatványgörbék [$S = cA^z$, ahol S a fajszám, az A pedig a terület (m^2)] meredekségeit jelző „ z ” paraméterek értékei 0,382 és 0,427 között vannak (6. táblázat). A szóban forgó paraméter általában < 1 , a z tipikus értékét He & Legendre (1996) 0,1-0,4 körülre teszi, mások szélesebb intervallumot adnak meg, ill. a szárazföldi és a vizes élőhelyek, valamint egyes taxonok esetében is eltérő értékeket adnak meg (Collins et al. 2002).

6. táblázat. Az Arrhenius modell logaritmikus formájának z paraméterei és determinációs együtthatói
 Table 6. Values of the z parameter and determination coefficients of the logarithmic form of the Arrhenius model

	HUTI-01	HUTI-06	HUTI-15	HUTI-19	HUTI-025
z	0,382	0,421	0,396	0,427	0,383
R^2	0,948	0,986	0,984	0,979	0,997

A halfajok jelenlét–hiány adatmátrixa alapján a vízfolyás hosszanti profilja szerinti előfordulásukat leíró feltételes optimalizációs algoritmus (szériáció) a *Romanogobio uranoscopus*, *Barbus carpathicus* és a *Zingel streber* fajokat helyezi a folyó magyarországi felső szakaszára jellemző taxonoknak (7. táblázat). A mintavétel időpontjában a Felső-Tisza jellegzetes halai voltak még a *Romanogobio kessleri*, *Rutilus virgo*, *Vimba vimba*, *Ballerus sapa* és meglepő adatként a *Rhodeus amarus*, valamint a *Perccottus glenii*. Utóbbi két faj

valószínűsíthetően az ártéri holtágakból juthat a Felső-Tiszába, amely szakaszon előfordulásuk nem tipikus.

7. táblázat. A halfajoknak a folyó longitudinális profilja szerinti szeriációja
Table 7. Seriation of fish species along the longitudinal profile of the river

Faj	HUTI-01	HUTI-06	HUTI-15	HUTI-19	HUTI-25
<i>Romanogobio uranoscopus</i>	■				
<i>Barbus carpathicus</i>	■				
<i>Zingel streber</i>	■				
<i>Romanogobio kessleri</i>	■	■			
<i>Rutilus virgo</i>	■	■			
<i>Rhodeus amarus</i>	■	■			
<i>Vimba vimba</i>		■			
<i>Perccottus glenii</i>		■			
<i>Ballerus sapa</i>		■			
<i>Zingel zingel</i>	■	■		■	
<i>Barbus barbus</i>	■	■		■	
<i>Perca fluviatilis</i>	■	■	■	■	
<i>Silurus glanis</i>	■	■	■	■	
<i>Chondrostoma nasus</i>	■	■	■	■	
<i>Abramis brama</i>		■	■		
<i>Romanogobio vladykovi</i>	■	■			■
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	■	■			■
<i>Squalius cephalus</i>	■	■		■	■
<i>Alburnus alburnus</i>	■	■	■	■	■
<i>Cobitis elongatooides</i>			■		
<i>Lota lota</i>	■	■		■	■
<i>Leucaspis delineatus</i>			■		
<i>Blicca bjoerkna</i>	■		■	■	■
<i>Rutilus rutilus</i>		■	■	■	■
<i>Sander lucioperca</i>			■	■	
<i>Aspius aspius</i>		■	■	■	■
<i>Ameiurus nebulosus</i>			■	■	
<i>Ameiurus melas</i>			■	■	
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>			■	■	
<i>Pseudorasbora parva</i>		■		■	■
<i>Carassius gibelio</i>		■		■	■
<i>Gymnocephalus cernua</i>				■	
<i>Proterorhinus semilunaris</i>			■	■	■
<i>Leuciscus idus</i>			■	■	■
<i>Neogobius fluviatilis</i>			■	■	■
<i>Esox lucius</i>			■	■	■
<i>Gymnocephalus baloni</i>				■	■
<i>Gymnocephalus schraetser</i>				■	■
<i>Gobio carpathicus</i>					■
<i>Lepomis gibbosus</i>					■

A Monte Carlo szimulációs program a minden vagy csaknem minden mintaterületen előforduló fajokat az átló középre rendezi (pl. *Alburnus alburnus*, *Lota lota*, *Blicca bjoerkna*). A 30 random mátrix alapján futó szimuláció az eredeti mátrixhoz képest $p = 0,006$ szinten szignifikáns.

Értékelés

A romániai eredetű cianid-szennyezést követő, HAKI (Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas) által vezetett halas monitoring a folyó 27 szakaszán mintázta a halközösséget (Györe et al. 2006). Ezek közül öt a mostani vizsgálatoknak is kijelölt mintaterülete volt. Az egyedszámokat tekintve a tiszabecsi szakaszon közelítőleg a

monitoring átlagát gyűjtöttük, míg a többi mintaterületen a korábban jellemző átlagos egyedszám többszörösét fogtunk (8. táblázat). A vízfolyások egy-egy szakaszának parti sávjában pillanatnyilag kimutatható halközösség minőségi és mennyiségi összetételét alapvetően meghatározza a mindenkori vízjárás, a vízállás és a változás iránya (áradás, apadás), az évszak, a halak aktivitása (táplálkozási, ívási migráció) és a napszak. A 2000-2005. évek közötti felmérésorozat átlagos és maximális egyedszámához képest a 2007. évi jelentősen magasabb egyedszámok azonban egyértelműen a pontabundancia mintavételi módszerének köszönhetőek. A folyó tiszabecsi szakaszának halközössége, különösen a tuzséri mintaterületéhez képest, feltűnő módon foltokba, csoportokba tömörül, amit a viszonylag magas számú üres csapás bizonyít. Ennek oka, hogy a Tisza magyarországi felső szakaszán kijelölt mintaterület rendkívül különböző hidrográfiai paraméterekkel jellemezhető, változatos élőhelyet reprezentál. A halak számára alkalmasabb élőhelyfoltokon területegységenként több faj és egyed található, mint a kevésbé alkalmas mikrohabitatokban. Előnyben részesülnek a kellően tagolt, mesterségesen kikövezett, bedőlt fákkal tarkított partvonalak, szemben a növényzetmentes, tagolatlan, kavicsos, homokos, vagy iszapos partszegéllyel.

8. táblázat. A fajszám és az egyedszám alakulása az öt mintaterületen a 2000-2005. közötti monitoring és a 2007. évi mintavétel alapján

Table 8. Changes in the species numbers and abundances in the five sampling areas on the basis of a monitoring conducted between 2000 and 2005 and the 2007 sampling

Mintaterület	Fajszám			Egyedszám		
	2000-2005		2007	2000-2005		2007
	összesen	min-max/minta		összesen	min-max/minta	
Tiszabecs	32	5-19	17	491	31-2 854	439
Tuzsér	28	7-17	21	188	67-384	2 329
Tiszaszőlős	19	1-12	18	79	4-173	1 177
Tiszaroff	25	7-14	24	172	33-376	874
Mindszent	25	5-15	18	165	44-326	1 742

A meder esésének pár száz méteren belüli jelentős változása, a kanyarulatok, a partvédő kövezések meghatározzák a vízáramlás sebességének, mélységének, a meder anyagának alakulását. A halak, a számukra kedvezőtlen körülményeket biztosító helyeket kerülik, így a közösség foltossága, mozaikossága nyilvánvaló. Ugyanakkor az alkalmatlan, vagy kevésbé alkalmas mikrohabitatok időnkénti látogatása sem zárható ki teljesen. A tuzséri élőhelyen a 250-ből mindössze 8 csapás helyén nem találtunk halat. A halközösség egyedei a mintázott terület csaknem minden „pontját” belakják. A két mintaterület különböző faj- és egyedszámú, és eltérő mintázatú közösség fajtelitődési görbéi alapján világosan kiderül, hogy a tiszabecsi szegregált halközösség jóval kisebb diverzitású (5. ábra). A fajtelitődési diverzitásrendezést a többi mintaterület közössége esetében csak annyiban lehet értelmezni, hogy bármelyik diverzebb, mint a tiszabecsi. A nyers fajgazdaság a legtöbb esetben skálafüggő, azaz nagyobb területen több egyed gyűjthető, a több egyed pedig nagyobb valószínűséggel tartalmaz új fajokat. A skálafüggés kiküszöbölése érdekében a rarefaction-diverzitásmutatót alkalmazzák. A módszer arra hívja fel a figyelmet, hogy az α -diverzitás elvileg csak akkor lenne alkalmazható két vagy több mintaterület halközössége fajgazdagságának az összehasonlítására, amennyiben a mintaterületek azonos nagysága mellett élőhelyi heterogenitása is teljességgel megegyező. Véleményünk szerint a tiszai mintaterületeken a fajgazdaság mérését a rarefaction-módszerrel nem lehet teljesen skálafüggetlenné tenni, mégpedig azért nem, mert az élőhelyheterogenitás nem egyszerűen a terület növekedésével nő (csak valószínűleg!). A gyűjtő számára nem látható haltartó helyek (és ezek időbeli változása) olyan paraméterek, amelyek a rarefaction-módszerekkel nem egyezíthetők egyértelműen.

A Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó rendszer halas mintavételi protokollja a Tisza nagyságú folyók esetében 5x200 m hosszúságú szakasz elektromos halászatát írja elő. A pontabundacia-módszerrel végzett jelen vizsgálatok eredményei azt látszanak igazolni, hogy a területnövekedéssel járó látványos fajgyarapodás miatt (5. ábra) növelni szükséges a mintázni szükséges minimális folyószakasz hosszát, miután csak 200 csapás (2 000 m, ill. 1 400 m²) után lehetett csak megfogni a mintavétel során kimutatott összes faj 88-100%-át.

Irodalom

- Balon, E. K. (1981): About processes which cause the evolution of guilds and species. *Environmental Biology of Fishes* 6: 129-138.
- Collins, M. D., Vazquez, D. P., Sanders, N. J. (2002): Species-area curves, homogenization and the loss of global diversity. *Evolutionary Ecology Research* 4: 457-464.
- Cowx, I. G., Wheatley, G. A., Hickley, P. (1988): Developments of boom electric fishing equipment for use in large rivers and canals in the United Kingdom. *Aquaculture and Fisheries management* 19: 205-212.
- Crawley, M. J. (1986): The structure of plant communities. In Crawley, M. J. (ed.): *Plant ecology*. Blackwell, p. 1-50.
- Froese, R., Pauly, D. (eds.) (2012): FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (07/2012).
- Guti G. (1994): Halivadékkállományok struktúrája kisvízes időszakban a Duna szigetközi hullámterében. *Halászat* 87: 39-44.
- Guti G. (1995): Conservation status of fishes in Hungary. *Opuscula Zoologica* 27-28: 153-158.
- Györe K., Józsa V. (2010): A tiszai halközösség fajkészletváltása a folyó hosszanti profilja mentén. *Halászatfejlesztés* 33: 109-125.
- Györe K., Józsa V., Lengyel P. (2006): A Tisza halközösségének változása a 2000-2005. évek közötti monitorozások eredményei alapján. *Halászatfejlesztés* 30: 53-106.
- Hammer, O., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001): PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palontologia Electronica* 4: 9.
- Harka Á. (2010): Tudományos halnevek a magyar szakirodalomban. *Halászat* 104: 99-104.
- He, F., Legendre, P. (1996): On species-area relation. *American Naturalist* 148: 719-737.
- Kennedy, G. J. A., Strange, C. D. (1981): Efficiency of electric fishing for salmonids in relation to river width. *Fisheries Management* 12: 55-60.
- Kottelat, M., Freyhof, J. (2007): *Handbook of European freshwater fishes*. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany, pp. 646.
- Legendre, P., Gallagher, E. (2001): Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129: 271-280.
- Nelva, A., Persat, H., Chessel, D. (1979): Une nouvelle méthode d'étude des peuplements ichtyologiques dans les grands cours d'eau par échantillonnage ponctuel d'abondance. *Compte rendu hebdomadaire des séances de l'Académie des sciences*. Paris, D 289: 1295-1298.
- Regis, J., Pattee, E., Lebreton, J. D. (1981): A new method for evaluating the efficiency of electric fishing. *Archiv für Hydrobiologie* 93: 68-82.
- Seaby, R. M., Henderson, P. A. (2006): *Species Diversity and Richness Version 4*. Pisces Conservation Ltd., Lymington, England.
- Solow, A. R. (1993): A simple test for change in community structure. *J. Anim. Ecol.* 62/1:191-193.
- Taylor, L. R., Woiwod, I. P., Perry, J. N. (1978): The density-dependence of spatial behaviour and the rarity of randomness. *Journal of Animal Ecology* 47: 383-406.
- Zauner, G., Eberstaller, J. (1999): Klassifizierungsschema der österreichischen Flusfishfauna in bezug auf deren Lebensraumansprüche. *Österreichs Fisherei* 52: 198-205.
- Végh M. (1999): Preparation proposal for Ramsar site designation. In Hamar, J., Sárkány-Kiss, A. (eds.): The Upper Tisza Valley. *Tisza monograph series*, Szeged, pp. 9-123.

Authors:

Károly GYÖRE (gyorek@haki.hu), Péter LENGYEL (lengyel@haki.hu), Zoltán SALLAI, Vilmos JÓZSA