

# **A TOKALAKÚAK BIOLÓGIÁJA ÉS TENYÉSZTÉSE**

Szerkesztők: Urbányi Béla és Horváth Ákos

2019



Készült Gödöllőn, 2019. decemberében

Szerkesztők: Urbányi Béla és Horváth Ákos

Közreműködő szerzők:

Fazekas Gyöngyvér  
Feledi Tibor  
Ferincz Árpád  
Hoitsy Márton  
Horváth Ákos  
Horváth László

Ittész István  
Juhász Vera  
Kovács Balázs  
Kovács Gyula  
Lehoczky István  
Lengyel Péter

Mézes Miklós  
Staszny Ádám  
Szabó Tamás  
Urbányi Béla  
Weiperth András

Szakmai lektor: Pintér Károly

Kiadja a Szent István Egyetem megbízásából:

Vármédia Print Kft.  
2100 Gödöllő, Köztársaság út 45/a.  
Borítóterv: Juhász Vera  
Műszaki szerkesztő: Horváth Ákos  
ISBN: 978-963-269-353-8  
©Urbányi Béla, Horváth Ákos

Minden jog fenntartva. A könyv egészének vagy bármely részének másolásához és közléséhez a szerkesztők és a kiadó írásos engedélye szükséges.

# Tartalomjegyzék

<b>Ábrák jegyzéke</b>	<b>5</b>
<b>Táblázatok jegyzéke</b>	<b>7</b>
<b>Előszó</b>	<b>9</b>
<i>Urbányi Béla</i>	
<b>1. Rendszertan és evolúció</b>	<b>13</b>
<i>Müller Tamás és Staszny Ádám</i>	
<b>2. Alaktan és testfelépítés</b>	<b>19</b>
<i>Staszny Ádám, Weiperth András, Juhász Vera és Ferincz Árpád</i>	
2.1. Alaktani jellemzők . . . . .	19
2.1.1. Viza ( <i>Huso huso</i> ) . . . . .	21
2.1.2. Vágótok ( <i>Acipenser gueldenstadtii</i> ) . . . . .	23
2.1.3. Simatok ( <i>Acipenser nudiiventris</i> ) . . . . .	23
2.1.4. Sőregtok ( <i>Acipenser stellatus</i> ) . . . . .	24
2.1.5. Kecsege ( <i>Acipenser ruthenus</i> ) . . . . .	25
2.1.6. Lénai vagy szibériai tok ( <i>Acipenser baerii</i> ) . . . . .	25
2.1.7. Fehér tok ( <i>Acipenser transmontanus</i> ) . . . . .	27
2.1.8. Adriai tok ( <i>Acipenser naccarii</i> ) . . . . .	27
2.1.9. Atlanti tok ( <i>Acipenser oxyrinchus</i> ) . . . . .	27
2.1.10. Lapátorrú tok ( <i>Polyodon spathula</i> ) . . . . .	27
2.1.11. Hibridek . . . . .	29
<b>3. Élettan, növekedés és környezeti igények</b>	<b>31</b>
<i>Staszny Ádám, Weiperth András, Juhász Vera és Ferincz Árpád</i>	
3.1. A tokalakúak élettani sajátosságai . . . . .	31
3.1.1. Kültakaró . . . . .	31
3.1.2. Belső váz . . . . .	32
3.1.3. Izomzat és úszás . . . . .	32

3.1.4.	Emésztő szervrendszer és táplálkozás . . . . .	33
3.1.5.	Légzőszervrendszer és légzés . . . . .	35
3.1.6.	Keringési szervrendszer . . . . .	35
3.1.7.	Kiválasztó szervrendszer . . . . .	36
3.1.8.	Érzékszervek . . . . .	36
3.1.8.1.	Szaglás és ízérzékelés . . . . .	36
3.1.8.2.	Látás . . . . .	36
3.1.8.3.	Hallás . . . . .	37
3.1.8.4.	Elektromos érzékszerv . . . . .	37
3.2.	Életkor és növekedés . . . . .	37
3.2.1.	Az életkor megállapítása . . . . .	38
3.2.2.	Élettartam . . . . .	39
3.2.3.	Növekedés és testméretek . . . . .	39
3.3.	Környezeti igények és tűrőképesség . . . . .	41
<b>4.</b>	<b>Tokfélék a Duna-vízrendszerében: a populációk hosszú idejű változásai és a jelenlegi helyzet</b>	<b>43</b>
	<i>Ferincz Árpád, Staszny Ádám, Juhász Vera és Weiperth András</i>	
4.1.	A tokfélék állományait alapvetően befolyásoló antropogén folyamatok . . . . .	44
4.2.	A Duna-vízrendszerében őshonos tokfélék állomány-változásai	45
4.2.1.	Viza ( <i>Huso huso</i> ) . . . . .	45
4.2.2.	Kecsege ( <i>Acipenser ruthenus</i> ) . . . . .	47
4.2.3.	Vágótok ( <i>Acipenser gueldenstaedti</i> ) . . . . .	50
4.2.4.	Simatok ( <i>Acipenser nudiiventris</i> ) . . . . .	51
4.2.5.	Sőregtok ( <i>Acipenser stellatus</i> ) . . . . .	52
4.2.6.	Atlanti (közönséges) tok ( <i>Acipenser sturio</i> ) . . . . .	52
4.2.7.	Idegenhonos tokfélék és hibridek megjelenése a Dunában . . . . .	53
<b>5.</b>	<b>A tokfélék természetvédelmi helyzete és megőrzésük lehetőségei</b>	<b>57</b>
	<i>Weiperth András, Staszny Ádám, Juhász Vera és Ferincz Árpád</i>	
5.1.	A tokfélék konzervációjának alapproblémái . . . . .	57
5.2.	A populációk helyzetértékelése – természetvédelmi státusz . .	58
5.3.	Antropogén eredetű hatások . . . . .	60
5.3.1.	Halászat . . . . .	60
5.3.2.	Folyamszabályozás . . . . .	62
5.3.3.	Vízszennyezés . . . . .	65
5.3.4.	Idegenhonos fajok hatása . . . . .	66
5.4.	A természetes populációk megőrzése – korlátok és lehetőségek a fajvédelem területén . . . . .	67

<b>6. A tokfajok genetikai háttere és erőforrásai</b>	<b>71</b>
<i>Kovács Balázs, Kovács Gyula és Fazekas Gyöngyvér</i>	
6.1. A tokfélék örökítőanyaga . . . . .	71
6.1.1. A tokfélék mitokondriális genomja . . . . .	72
6.1.2. A tokfélék kromoszóma-készletének és sejtmagi genomjának kialakulása . . . . .	72
6.1.3. A kecsége genom . . . . .	75
6.2. Ivar determináció a tokféléknél . . . . .	77
6.3. Teljes genom-, és ivar manipuláció tokfélékben . . . . .	79
6.4. Géntranszfer és génszerkesztés tokfélékben . . . . .	80
6.5. A tokfélék hibridjei . . . . .	81
6.6. Genetikai markerek és alkalmazásuk a tokfélék genetikai vizsgálatára . . . . .	84
6.7. A magyarországi tok génbank . . . . .	88
6.7.1. A tok génbank kialakításának előzményei és lehetőségei	88
6.7.2. A tokfélék élő génbankjának jelenlegi helyzete Magyarországon . . . . .	93
6.7.2.1. Tenyészegyedek génbanki nyilvántartásba vétele és fenntartása . . . . .	95
6.7.2.2. Szaporítás . . . . .	97
6.7.2.3. Lárvanevelés . . . . .	98
6.7.2.4. Ivadéknevelés . . . . .	99
6.7.2.5. Növendéktartás . . . . .	99
6.7.2.6. A génbank fenntartásának informatikai háttere	100
6.8. A tokfélék nemesítésének lehetőségei és korlátai . . . . .	101
<b>7. A tokalakúak táplálkozása és takarmányozása</b>	<b>103</b>
<i>Mézes Miklós</i>	
7.1. A tokalakúak táplálkozása . . . . .	103
7.2. A tokfélék takarmányozása . . . . .	105
<b>8. A tokalakúak szaporodásbiológiája</b>	<b>111</b>
<i>Szabó Tamás, Horváth László és Horváth Ákos</i>	
8.1. Ivarérés . . . . .	111
8.2. Ivarszervek és ivarsejtek . . . . .	113
8.2.1. A petefészek . . . . .	113
8.2.2. Az ikra . . . . .	113
8.2.3. A here . . . . .	114
8.2.4. A spermium . . . . .	115
8.2.5. A tokalakúak spermája és annak aktivációja . . . . .	117
8.2.6. A tokfélék ikrájának termékenyülése . . . . .	118

8.3.	Ivarsejtképződés és ivari ciklus . . . . .	120
8.3.1.	Ovogenezis . . . . .	120
8.3.1.1.	Az ovogenezis általános bemutatása . . . . .	120
8.3.1.2.	A tokfélék ovogenezisének bemutatása . . . . .	120
8.3.2.	Spermatogenezis . . . . .	123
8.3.3.	A tejesek ivari ciklusa . . . . .	124
8.4.	Termékenység (fekunditás) . . . . .	126
8.5.	A szaporodás szabályozása . . . . .	126
8.5.1.	Környezeti szabályozás . . . . .	126
8.5.2.	Hormonális szabályozás . . . . .	127
8.6.	A tokfélék ívása . . . . .	128
8.7.	Ikra- és lárvafejlődés . . . . .	129
<b>9.</b>	<b>A tokalakúak szaporítása és ivadéknevelése</b>	<b>133</b>
	<i>Szabó Tamás, Horváth László és Ittész István</i>	
9.1.	Szaporítás . . . . .	134
9.1.1.	Anyák érlelése . . . . .	134
9.1.2.	Hormonkezelés . . . . .	138
9.1.3.	Fejés . . . . .	139
9.1.4.	Termékenyítés és az ikra ragadóságának megszüntetése	142
9.1.5.	Az ikra keltetése . . . . .	143
9.2.	Ivadéknevelés . . . . .	145
9.2.1.	Tápos ivadéknevelés . . . . .	145
9.3.	Kecsege szaporítás és ivadéknevelés a TEHAG-ban . . . . .	148
9.3.1.	A természetes vízi kecsege ( <i>Acipenser ruthenus</i> ) hazai halászati megítélése . . . . .	148
9.3.2.	Mesterségesen nevelt kecsege ivadék állományok visszatelepítése, a visszatelepítések hatékonyságának véleményezése . . . . .	149
9.3.3.	A TEHAG-ban alkalmazott kecsege szaporítási módszer rövid bemutatása . . . . .	151
9.3.4.	A kecsege ivadék felnevelése élő táplálékon . . . . .	156
<b>10.</b>	<b>A tokhalászat történeti áttekintése az őskortól napjainkig</b>	<b>161</b>
	<i>Juhász Vera, Weiperth András, Ferincz Árpád, Staszny Ádám</i>	
10.1.	Vizahorgok és kecsegehorgok . . . . .	161
10.2.	Hálóval történő halászat . . . . .	163
10.3.	Rekesztő halászat: a vizafogó szégye . . . . .	163
<b>11.</b>	<b>A tokalakúak tenyésztése</b>	<b>167</b>
	<i>Horváth Ákos</i>	

11.1. A világ toktenyésztése . . . . .	167
11.1.1. Kína toktenyésztése . . . . .	169
11.2. Kaviártermelés . . . . .	171
11.3. Technológiai fejlesztés . . . . .	174
<b>12. A tokalakúak betegségei és parazitái</b>	<b>179</b>
<i>Hoitsy Márton</i>	
12.1. Vírusok okozta megbetegedések . . . . .	179
12.1.1. Iridovírus fertőzés . . . . .	179
12.1.2. Alloherpeszvírusok által okozott megbetegedések . . .	180
12.1.2.1. Tok-herpeszvírus 1 . . . . .	180
12.1.2.2. Tok-herpeszvírus 2 . . . . .	180
12.1.2.3. Szibériai tok herpeszvírus okozta megbetege- dése . . . . .	181
12.1.3. Adenovírus . . . . .	181
12.1.3.1. Fehér tokok adenovírusos megbetegedése . .	181
12.2. Baktériumok okozta fertőzések . . . . .	182
12.2.1. <i>Aeromonas spp.</i> fertőzés ( <i>furunculosis</i> ) . . . . .	182
12.2.2. <i>Pseudomonas spp.</i> által kiváltott megbetegedés . . . . .	182
12.2.3. <i>Flavobacterium spp.</i> által okozott kórképek . . . . .	183
12.2.3.1. <i>Flavobacterium columnare</i> . . . . .	183
12.2.3.2. <i>Flavobacterium johnsoniae</i> . . . . .	183
12.2.4. Yerseniózis . . . . .	183
12.2.5. <i>Mycobacteriosis</i> . . . . .	184
12.2.6. <i>Epitheliocystis</i> . . . . .	184
12.2.7. Lapátorrú tokok orrnyúlványának degeneratív elválto- zása (Rostrum degenerative disease) . . . . .	185
12.2.8. <i>Plesiomonas shigelloides</i> . . . . .	185
12.2.9. Prevenció és kezelés . . . . .	185
12.3. Gombás eredetű bántalmak . . . . .	186
12.3.1. Ikrapenész, halpenész ( <i>Saprolegniosis, dermatomycosis</i> )	186
12.3.2. Kopoltyúrothadás ( <i>Branchiomycosis</i> ) . . . . .	186
12.3.3. <i>Veronaea botryosa</i> fertőzés ( <i>Phaeohyphomycosis</i> ) . . . .	187
12.4. Paraziták okozta megbetegedések . . . . .	188
12.4.1. Egysejtű élősködők . . . . .	188
12.4.1.1. Csillósok . . . . .	188
12.4.1.2. Ostorosok . . . . .	191
12.4.1.3. Sporozoa élősködők . . . . .	192
12.4.2. Többsejtű paraziták . . . . .	193
12.4.2.1. Nyálkaspórások ( <i>Myxosporea</i> ) által okozott fer- tőzés . . . . .	193

12.4.2.2. Csalánozók okozta bántalom . . . . .	193
12.4.3. Féregparazitózisok . . . . .	194
12.4.3.1. Csákllyásférgek által előidézett megbetegedések . . . . .	194
12.4.3.2. Métély fertőzöttség tokalakúakban . . . . .	195
12.4.3.3. Fonálféreg okozta fertőzés . . . . .	197
12.4.3.4. Tokalakúak galandférgessége . . . . .	198
12.4.3.5. Buzogányfejű férgek kártétele tokalakúakban . . . . .	198
12.4.3.6. Gyűrűsférgek okozta bántalom . . . . .	199
12.4.4. Kagyló fejlődési stádiumok okozta megbetegedés . . . . .	200
12.4.5. Rákélősködők okozta elváltozások . . . . .	200
12.4.5.1. <i>Ergasilosis</i> . . . . .	200
12.4.5.2. <i>Lernæosis</i> . . . . .	201
12.4.5.3. Haltetvesség ( <i>Argulosis</i> ) . . . . .	201
12.5. Daganatos megbetegedések . . . . .	202
12.6. Környezeti, takarmányozási és tartástechnológiai tényezők-ből eredő problémák . . . . .	202
12.6.1. Környezeti ártalmak . . . . .	202
12.6.1.1. Gázbuborék-betegség . . . . .	202
12.6.1.2. Hőmérsékleti sokk . . . . .	203
12.6.1.3. A pH, mint kórok . . . . .	203
12.6.1.4. Nitrit mérgezés . . . . .	203
12.6.1.5. Autogén mérgezés . . . . .	204
12.6.2. Takarmány eredetű problémák . . . . .	204
12.6.2.1. Felfúvódás, dysbacteriosis . . . . .	204
12.6.2.2. Zsíros májelfajulás . . . . .	205
12.6.2.3. Mikotoxin mérgezés . . . . .	205
12.6.2.4. Idegentest okozta elváltozás . . . . .	206
12.6.3. A vázrendszer deformításai . . . . .	206
<b>13. A tokalakúak magyarországi helyzete – elterjedés, tenyésztés</b>	<b>209</b>
<i>Feledi Tibor, Lengyel Péter és Urbányi Béla</i>	
<b>A felhasznált szakirodalom jegyzéke</b>	<b>211</b>
<b>Tárgymutató</b>	<b>232</b>



# Ábrák jegyzéke

1.1. Tokalakúak rendszertani kapcsolódása a többi nagyobb ősi típusú (ordinális, szubordinális) taxon csoportokkal a kialakulásuk függvényében (Betancur-R et al (2017) alapján módosítva. A fordított háromszögek a fajgazdagságot jelölik (világoskék 1-20 faj, a sötét kék 21-50 faj), a sárga >1000 faj; Ord.: Ordovicium, Sil.: Szilur, Kain.: Kainozoikum). . . . .	15
1.2. A tokalakúak rendjébe tartozó fajok természetes elterjedése (Billard és Lecointre (2001) nyomán módosítva) . . . . .	16
2.1. Rövidorrú tok ( <i>Acipenser brevirostrum</i> ) farki régiójának oldalnézete egy 251 mm-es standard testhosszú egyednél metilénkék-eozin festéssel (Hilton et al. 2011). . . . .	20
2.2. A hazai őshonos tokfajok oldalnézeti rajza (FAO 2019). . . . .	21
2.3. A viza ( <i>Huso huso</i> ) kinyújtható szája (Rajz: Juhász Vera Vecsei et al. 2002 nyomán). . . . .	22
2.4. A viza ( <i>Huso huso</i> ) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera). . . . .	22
2.5. A vágótok ( <i>Acipenser gueldenstadtii</i> ) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera). . . . .	23
2.6. A simatok ( <i>Acipenser nudiventris</i> ) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera). . . . .	24
2.7. A sőregtok ( <i>Acipenser stellatus</i> ) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera). . . . .	25
2.8. A kecsege ( <i>Acipenser ruthenus</i> ) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera). . . . .	26
2.9. A lénai tok ( <i>Acipenser baerii</i> ) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera). . . . .	26

3.1. Rövidorrú tok ( <i>Acipenser brevirostrum</i> ) agykoponyájának és a gerincoszlop feji végének felülnézeti fotója egy 960 mm-es standard testhosszú nőstény egyednél. Rózsaszínnel a csont, míg fehérrel a porcos részek. (Hilton et al. 2011). . . . .	33
3.2. Lapátorrú tok ( <i>Polyodon spathula</i> ) fejének ventrális nézete (Fotó: Ferincz Árpád). . . . .	38
4.1. Viza ( <i>Huso huso</i> ) a HAKI génbankjából (Fotó: Ferincz Árpád) .	46
4.2. Vizafogás a Duna román szakaszán 1920-2005 (Paraschiv et al. 2006) . . . . .	47
4.3. Kecsege ( <i>Acipenser ruthenus</i> ) a HAKI génbankjából (Fotó: Ferincz Árpád) . . . . .	48
4.4. A kecssegefogás alakulása Magyarországon, éves összesített adatok (Guti, 2008) . . . . .	48
4.5. Vágótók ( <i>Acipenser gueldenstaedti</i> ) portré a HAKI génbankjából (Fotó: Ferincz Árpád) . . . . .	50
4.6. Sőregtok ( <i>Acipenser stellatus</i> ) a HAKI génbankjából (Fotó: Ferincz Árpád) . . . . .	52
4.7. Lapátorrú tok ( <i>Polyodon spathula</i> ) a HAKI génbankjából . . .	53
4.8. Lénai tok ( <i>Acipenser baeri</i> ) a HAKI génbankjából . . . . .	54
4.9. Fiatal tokhibrid ( <i>Acipenser naccarii</i> x <i>Acipenser baerii</i> ) a Dunából (Fotó: Weiperth András) . . . . .	54
5.1. A Dunán és egyes mellékfolyóin a gátak által okozott fragmentáció hatása és a mederben történő erózió iránya a tokfélék ismert élőhelyein (Forrás: Friedrich et al. 2019) . . . . .	64
5.2. Európában és Törökországban üzemelő, valamint kivitelezés és tervezés alatt lévő vízerőművek (Forrás: Schwarz 2018) . . .	65

- 6.1. Genomduplikációk a tokfélék jelenleg élő fajainak törzsfáján: A törzsfaja a mitokondriális citokróm-b gén szekvenciák alapján készült (Peng és mtsai., 2007), az eredeti ábra módosításával. Barna függőleges vonal a tokfélék közös ősében lezajlott genom duplikációt jelzi, a zöld és piros függőleges vonalak további olyan genom duplikációkat jeleznek, amelyekre a kromoszóma számok és genom méretek alapján következtethetünk. A kék vonal egy mikroszatellit vizsgálatok alapján feltételezett duplikáció, amely esetén a pirossal jelzett duplikációk valószínűleg nem történtek meg. Jobb oldalon a különböző földrajzi elterjedés és rendszertani csoport szerinti kládok, illetve a különböző ploiditási szintű csoportok láthatók. Scaphi: *Scaphirynchus* fajok Kládja, Ten: az Atlanti-óceánban is megtalálható genetikailag elkülönülő *Acipenser* fajok kládja, Poly: a Polyodontidae klád. . . . . 73
- 6.2. Gazdasági használlataink génállomány-megőrzésének lehetőségei a tokfélékre adaptálva (Simianer, 2005 nyomán). . . . . 91
- 6.3. Kecsege utódok kihelyezése természetes vizekbe. . . . . 92
- 6.4. A NAIK HAKI által fenntartott tok génbank működésének folyamatábrája. . . . . 96
- 6.5. Tavi medencék, vagy tó a tóban rendszer a NAIK HAKI-ban. . . . . 99
- 8.1. A kecssege petevezetője tölcser formájában nyílik a testüregben. Az ovulált ikrás petesejtjeinek nagy részét a hasfal felnyitását követően eltávolították a testüregből. . . . . 114
- 8.2. A közönséges tok (*Acipenser sturio*) spermiumai transzmissziós elektronmikroszkópos felvételen. A: akroszóma; ECS: endonukleáris csatornák; IM: implantációs mélyedés; PL: poszterolaterális nyúlvány; PN: posztnukleáris csatorna; U: „úszók”, a spermium ostorának két oldalán megfigyelhető citoplazmatikus kitérkedések. A fehér nyíl a proximális centriólumra mutat. Fotó: Horváth Ákos. . . . . 115
- 8.3. A közönséges tok (*Acipenser sturio*) spermiumának flagellumai keresztmetszeti transzmissziós elektronmikroszkópos felvételen. Jól láthatók a flagellum két oldalán található úszószerű képletek, illetve a 9+2 belső szerkezet. Fotó: Horváth Ákos. . . . . 117

8.4. A szibériai tok érett folliculusának kialakulása. Rövidítések: BL: alapi hártya, CA: kortikális granulomok, GC: granulóza sejtek, jc: kocsonyás burok, LG: lipidtestek, OMV: a petesejt mikrovilli nyúlványai, PG: pigment testek, ThC: theca sejtek, YG: szikszemcsék, zre: <i>zona radiata externa</i> , zri: <i>zona radiata interna</i> (Le Menn et al., 2018). . . . .	121
9.1. Érett ikrás kecsge. . . . .	137
9.2. Ívó hím kecsge ivarnyílásában jól látható a tej . . . . .	137
9.3. A: a petevezető hasüreg felé nyitott tölcséres vége B: Paramesonephrikus kivezető cső C: petevezető redő /szelep/ D: vese E: húgyvezeték F: ivarnyílás G: a teljes petevezető rendszer. . .	140
9.4. A képen jól látható az ikraszemekkel megtelt petevezető. . . .	140
9.5. A tokfélék petefészke nem zárt, így az ovulált ikra a hasüregben található. . . . .	141
9.6. Az ikrát száraz műanyag tálba fejjük, hasonlóan a többi hal-fajhoz. . . . .	142
9.7. Az ikra ragadóságának megszüntetése keményítőoldattal. . .	143
9.8. Kecselárva összegyűjtése. . . . .	144
9.9. Egynapos kecselárva. . . . .	145
9.10. Tápon nevelt kecsgeivadék. . . . .	147
9.11. Frissen kelt kecsge lárva a műanyag nevelő medencében (fotó Szabó T.) . . . . .	157
9.12. Előnevelt kecsge a TEHAG-ban (fotó Szabó T.) . . . . .	158
10.1. <i>Horogsor készítésének ábrázolása egy középkori festményen (forrás: Türr István Múzeum, Baja).</i> . . . . .	162
11.1. A világon, illetve Kínában megtermelt tokalakúak mennyisége tonnában a 2010-2017 közötti időszakban (forrás: FAO). . .	170
11.2. A világ 10 vezető kaviártermelő országa és a megtermelt kaviár mennyisége 2017-ben (forrás: Bronzi et al., 2019). . . . .	173

11.3. Mesterséges ívató csatorna tokfélék szaporításához (forrás: Chebanov és Galich, 2011). 1: körkörös ívató csatorna, 2: a tenyészállomány és az elfolyó víz csatornája, 3: ivadékcsatorna, 4: ivadéknevelő, 5: vízsebesség szabályozók, 6: vizsugárszivattyúk, 7: ívóhelyek, 8: ikraöblítő csövezet, 9, 16: vízvezetékek, 10, 17: csapok, 11. medence, 12: ivadékgyűjtő tálca, 13: belső víztest, 14: lecsapoló szűrők, 15: szivattyúház, 18, 19: zsilipszabályozók, 20, 21: védőhálók, 22: kiemelhető védőháló a nagyobb halak számára, 23: átjárók, 24: gézlapok, 25: a gézlapokat tartó rácsok kivételére és behelyezésére szolgáló vájatok, 26. gézlap tartó rácsok, 26. mozgatható felszíni öblítő csövezet. . . . .	177
12.1. <i>Saprolegnia sp.</i> (Fotó: Hoitsy Márton) . . . . .	187
12.2. <i>Ichthyophthirius multifiliis trophont</i> (Fotó: Hoitsy Márton) . .	190
12.3. <i>Trichodina sp.</i> (Fotó: Hoitsy Márton) . . . . .	190
12.4. Idegentest víza ( <i>Huso huso</i> ) gyomrában (CT felvétel: Petneházy Őrs, Donkó Tamás, Csehó Lilian, Hoitsy Márton). . . . .	207
12.5. Ép és deformált úszójú vágótokok (Fotó: Hoitsy György, Hoitsy Márton). . . . .	208



# Táblázatok jegyzéke

1.1. Tokalakúak rendjébe tartozó fajlista természetes elterjedési területükkel (Billard és Lecointre (2001) nyomán módosítva). . .	17
2.1. Hazai tokfajok úszósugarainak és csontvértjeinek száma, valamint a bajuszsálak elhelyezkedése. o-sz: a bajuszsálak az orrcsúcs és a szájnylás között féltávon erednek; o: a bajuszsálak az orrcsúchhoz közelebb erednek; sz: a bajuszsálak a szájnyláshoz közelebb erednek; i: a bajuszsálak hátrasimítva elérik a szájnylást; n: a bajuszsálak hátrasimítva nem érik el a szájnylást. . . . .	28
3.1. Különböző tokfajok úszási viselkedésének adatai vándorlásuk során (McKenzie et al. 2007). . . . .	34
3.2. Egyes tok fajok becsült legnagyobb testhossza, testtömege, maximális kora, valamint az ivarérettség elérésének éve és két év között eltelt évek száma . . . . .	40
3.3. A kecsége ( <i>Acipenser ruthenus</i> ) egyes években elért teljes testhossza és testtömege. . . . .	41
5.1. Jelenleg ismert tokfajok természetes állományainak fenyegetettsége . . . . .	59
5.2. Az európai tokfajok helyzete az egyes nemzetközi egyezményekben . . . . .	61
6.1. A tokfajok haploid sejtmagi genom mérete, kromoszóma száma és ploiditása. A.: <i>Acipenser</i> ; H.: <i>Huso</i> ; Ps.: <i>Pseudoscaphirynchus</i> ; S.: <i>Scaphirynchus</i> ; * mikroszatellit vizsgálatok alapján becsült érték; ** genom méret alapján becsült érték; <sup>CR</sup> súlyosan veszélyeztetett (Pisano és mtsai. 2007 nyomán kiegészítve) . .	76
6.2. Spontán poliploidok előfordulása a tokfélékben (Gill és mtsai. 2015 nyomán). . . . .	77

6.3. A NAIK HAKI tok élő génbankjának jelenlegi helyzete fajok, illetve állományok tekintetében (2019. őszi állapot). . . . .	94
7.1. Egyes takarmány alapanyagok energia hasznosulása és lát-szólagos fehérje emészthetősége szibériai tokban. . . . .	108
7.2. Szibériai tok esszenciális aminosav szükséglete. . . . .	109
7.3. Jelentősebb arányban előforduló táplálékok megoszlása a szibériai tok béltartalmában. . . . .	109
8.1. A viza, a vágótok, a szibériai tok, a közönséges tok és a ke-csege fontosabb szaporodásbiológiai jellemzői (Chebanov és Galich, 2011). . . . .	112
9.1. Tokfajok neve, élőhelye, maximális testtömege, az ivarééréshez szükséges idő és az ivarérett állatok súlya (Rónyai, 2017. In-tenzív haltenyésztés) . . . . .	136
11.1. A 2017-ben toktenyésztésben vezető országok által megter-melt tokalakúak mennyisége (t) a 2010-2017 közti időszakban (forrás: FAO) . . . . .	169



## 5. fejezet

# A tokfélék természetvédelmi helyzete és megőrzésük lehetőségei

Weiperth András, Staszny Ádám, Juhász Vera és Ferincz Árpád

### 5.1. A tokfélék konzervációjának alapproblémái

**A** valódi tokfélék (Acipenseridae) megőrzésének nehézségeit főként a fajcsoportra általánosan jellemző biológiai okokkal magyarázzák. A tokfélék a legősibb, a halak közé sorolt taxon, hiszen több mint 200 millió évvel ezelőttre vezethető vissza kialakulásuk. Szinte valamennyi ma ismert tokfajra jellemző az igen hosszú élettartam, amihez lassú növekedés és az ismert halfajok többségéhez képest késői ivarérés társul. Emellett a legtöbb tokfaj egyedei nem szaporodnak minden évben, egyes egyedek szaporodási ciklusai között akár 6-8 év is eltelhet. Ezek a számok annak az ismeretében válnak valóban érdekessé, ha például egy-két halászati és horgászati célból fontos halfajjal, mint például a ponty (*Cyprinus carpio*), vagy a süllő (*Sander luciperca*) növekedés és szaporodásbiológiai adataival összehasonlítjuk. Természetes élőhelyén mindkét faj akár a 20-25 éves kort is elérhet és ivarérésüket (3-4 év) követően minden évben képesek szaporodni. Mindkét faj állományát a legtöbb vizünkben telepítésekkel erősítik, különben pár év alatt a természetes szaporulat nem lenne elégséges az állományok fenntartásához. Bár a tokfélék többségének mesterséges szaporítása is megoldott, ugyanakkor a legtöbb fajuk esetén az alapvető ökológiai és biológiai igényekről sem rendelkezünk elég információval.

Mivel Ázsiában és Európában évszázadok óta halásszák a tokféléket, így a megmaradt állományok megőrzése jelentős nehézségekbe ütközik, mivel a túlhalászat és az élőhelyátalakítás következtében szinte valamennyi faj állománya jelentősen lecsökkent. Európa nagy folyóiban és azok torkolataiban hajdan gyakori közönséges toknak (*Acipenser sturio*) néhány évvel ezelőttre mindössze egyetlen populációja maradt fenn bizonyíthatóan a Gironde-folyóban (Franciaország). Az egyes populációk megőrzését nehezíti, hogy az életük kezdeti időszakában folyami, később pedig számos faj esetén brakkvízi élőhelyekre is szükségük van. A szaporodó egyedek vándorlását pedig gátak akadályozzák. A víz- és környezetszennyezés egyértelmű negatív hatással van ezekre a hosszú életű halakra, mivel táplálékozásuk során számos szennyező anyag akkumulálódhat szervezetükben.

A tokfélékre jellemző összetett ökológiai és biológiai igények és a jelentősen átalakított élőhelyeik ismeretében a természetvédelem egyik legösszetettebb és legnehezebb feladatát jelenti védelmük.

## 5.2. A populációk helyzetértékelése – természetvédelmi státusz

A mértéktelen halászat, élőhelyeik eltűnése, és környezetük elszennyezése miatt mára valamennyi tokfaj szerepel az IUCN Vörös listáján és jelenleg az egyik leginkább veszélyeztetett csoportnak tekinthető (5.2 táblázat). E kis fajszámú csoport tagjai közül kerültek ki az emberiség történelme során legrégebb óta, és Európa esetén a legnagyobb mennyiségben halászott hal-fajok, melyek egyedeit az 1970-es évekig szinte kizárólag természetes élőhelyükön fogták meg.

Az egyik első, nagy, regionális egyezményt Európában fogadták el 1979-ben, Bernben, az európai, vadon élő élővilág és a természetes élőhelyek védelméről (Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats- Bern Convention). 1982 óta hatályos, miután az egyezményben előírtak szerint, az első 5 állam ratifikálta - melyek közül négynek az Európa Tanács tagjának kellett lennie. Ebből látható, hogy létrejöttében fontos szerepet játszott az Európa Tanács, amely azóta is gazdája az egyezménynek és a nemzetközi titkárságnak is helyet ad Strasbourgban. Az egyezményt azok a közép- és kelet-európai államok is aláírták, melyekben az Európai Unióhoz csatlakozásokat megelőzően az anadrom tokfajok halászata még jelentős iparágnak számított (Bulgária, Románia). Három európai tokfaj (kecsege, sóregtok, viza) szerepel a Berni Egyezmény III. függelékében. A III. függelékben halászható és vadászható fajok is szerepelnek, ugyanis az egyezmény értelmében védelemnek minősül az is, ha valamely faj "hasznosítása"

### 5.1. táblázat. Jelenleg ismert tokfajok természetes állományainak fenyegetettsége

Fajnév magyar név ( <i>latin név</i> )	IUCN státusz / természetes állomány trendje
lénai (szibériai) tok ( <i>Acipenser baerii</i> )	veszélyeztetett (EN) / csökkenő
rövidorrú tok ( <i>Acipenser brevirostrum</i> )	sebezhető (VU) / csökkenő
jangcei tok ( <i>Acipenser dabryanus</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / csökkenő
tavi tok ( <i>Acipenser fulvescens</i> )	kevésbé érintett (LC) / stagnál
vágótok ( <i>Acipenser gueldenstaedtii</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / csökkenő
japán tok ( <i>Acipenser mikadoi</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / csökkenő
adriai tok ( <i>Acipenser naccarii</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / csökkenő
simatok ( <i>Acipenser nudiiventris</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / csökkenő
atlanti tok ( <i>Acipenser oxyrinchus</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / csökkenő
perzsa tok ( <i>Acipenser persicus</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / csökkenő
kecsege ( <i>Acipenser ruthenus</i> )	sebezhető (VU) / csökkenő
amuri tok ( <i>Acipenser schrenckii</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / csökkenő
kínai tok ( <i>Acipenser sinensis</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / csökkenő
sőregtok ( <i>Acipenser stellatus</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / csökkenő
közönséges tok ( <i>Acipenser sturio</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / csökkenő
fehér tok ( <i>Acipenser transmontanus</i> )	kevésbé érintett (LC) / stagnál
szibériai viza ( <i>Huso dauricus</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / csökkenő
viza ( <i>Huso huso</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / csökkenő
lapátorrú tok ( <i>Polyodon spathula</i> )	sebezhető (VU) / csökkenő
kardorrú tok ( <i>Psephurus gladius</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / ismeretlen
szir-darjai tok ( <i>Pseudoscaphirhynchus fedtschenkoi</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / ismeretlen
törpe tok ( <i>Pseudoscaphirhynchus hermanni</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / csökkenő
amu-darjai tok ( <i>Pseudoscaphirhynchus kaufmanni</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / csökkenő
sápadt tok ( <i>Scaphirhynchus albus</i> )	veszélyeztetett (VU) / csökkenő
kanálorrú tok ( <i>Scaphirhynchus platyrhynchus</i> )	sebezhető (VU) / csökkenő
alabamai tok ( <i>Scaphirhynchus suttkusi</i> )	súlyosan veszélyeztetett (CR) / csökkenő

törvényes korlátozásokkal történik. Az itt szereplő fajok esetében – de a természetvédelmi hatóságok engedélye alapján a II. függelék fajainál is – be kell tartani azokat a korlátozásokat, amelyeket a IV. függelék tartalmaz, azaz nem használhatók az ott felsorolt befogási, halászati, vadászati módszerek. Ezen kívül csak – az adott ország által előírt – időszakban történhet e fajok hasznosítása, és ideiglenes vagy helyi tilalmakat is be kell vezetni annak érdekében, hogy az állományok fennmaradása biztosítható legyen (2. táblázat). Az egyezmény függelékeiben szereplő fajok helyzetét rendszeresen megvizsgálják, és ahol kell, módosítják.

1998 óta a washingtoni egyezmény, vagy más néven CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora - Egyezmény a veszélyeztetett vadon élő állat- és növényfajok nemzetközi kereskedelméről) jelenleg 23 tokfaj, valamint a belőlük készült termékek (elsősorban a kaviár) kereskedelmét is szabályozza. A tokfélék kereskedelme kapcsán a CITES lista egyik legfőbb célja a Fekete- és a Kaszpi-tenger térségében élő hat tokfaj védelme, melyek a világ kaviár termelésének mind a mai napig jelentős részét biztosítják (5.2 táblázat). A tokfajok a II. függelékben (veszélyeztetett fajok) találhatóak, de mára több szakértő szerint az I. függelékben (különösen veszélyeztetett fajok) kellene a legtöbb fajnak szerepelnie. Erre a későbbiekben számos példát mutatunk be.

## 5.3. Antropogén eredetű hatások

### 5.3.1. Halászat

A tokfajok természetes állományai a túlhalászat következtében a világ minden táján erőteljes csökkennek, bár az egyes kontinenseken ez a csökkenés időben eltérő trendet mutat. Napjainkra a legkritikusabb helyzetben Jangce és a Hoangho folyókban előforduló kardorrú tok (*Psephurus gladius*) van. Az 1980-as években a faj még szerepelt a halászok fogásaiban, de állományai összeomlása után a 2000-es évek közepén már egyetlen egyedét sem sikerült természetes élőhelyén megtalálni. Két nőstény egyedét fogtak ki véletlenül 2002-ben, amiből az egyik fogságban elpusztult, míg a másik példányt visszaengedték, de a ráhelyezett műholdas nyomkövető jeladása 12 óra múlva megszűnt. Kutatók egy csoportja 2006 és 2008 között 4762 eresztő hálót helyezett ki a Jangce-folyó felső folyásának 412,5 km-es szakaszán, de nem sikerült egyetlen példányt sem befogni. Ezt követően különböző ultrahangos készülékekkel (szonár) próbálták a faj egyedét megtalálni, de ez a próbálkozás is eredménytelennek bizonyult. Ráadásul a faj mesterséges szaporítására tett kísérletek sem vezettek még eredményre. A kardorrú tok állományainak összeomlását a mértéktelen halászat mellett a folyókra

5.2. táblázat. Az európai tokfajok helyzete az egyes nemzetközi egyezményekben

Fajnév magyar ( <i>latin név</i> )	CITES (1998)	EU Élőhelyvédelmi Irányelvek (1992)	Berni Egyezmény (1979)	Bonni Egyezmény CMS (1979)
vágótok ( <i>Acipenser gueldenstaedtii</i> )	Függelék II	Melléklet V	nem szerepel	Függelék II
perzsa tok ( <i>Acipenser persicus</i> )	Függelék II	Melléklet V	nem szerepel	Függelék II
adriai tok ( <i>Acipenser naccarii</i> )	Függelék II	Melléklet II és IV	Függelék II	Függelék II
simatok ( <i>Acipenser nudiventris</i> )	Függelék II	Melléklet V	nem szerepel	Függelék II
atlanti tok ( <i>Acipenser oxyrinchus</i> )*	Függelék II	Melléklet II és IV	nem szerepel	Függelék I és II
kecsege ( <i>Acipenser ruthenus</i> )	Függelék II	Melléklet V	Függelék III	Függelék II (Dunai populáció)
sőregtok ( <i>Acipenser stellatus</i> )	Függelék II	Melléklet V	Függelék III	Függelék II
közönséges tok ( <i>Acipenser sturio</i> )	Függelék II	Melléklet II és IV	Függelék III	Függelék I és II
viza ( <i>Huso huso</i> )	Függelék II	Melléklet V	Függelék II (mediterrán populáció), Függelék III	Függelék II

\*Jelenlegi ismeretek szerint az atlanti tok Észak-Amerikában élő faj, de egyes nagytestű egyedeit az elmúlt két évtizedben Wales és Spanyolország folyótorkolataiban is kifogták

épített vízerőművekkel, valamint a kínai gazdaság, 90-es évektől bekövetkezett robbanásszerű fejlődésével magyarázzák a szakértők. Utóbbi hatásként a természetes vizeik mára olyan mértékben szennyezetté váltak, hogy számos, korábban gyakori, gazdaságilag értékes faj állománya is veszélybe került. Mindez érinti a térség folyóiban és torkolataikban élő tokfajok (amuri és kínai tok) állományait is.

Észak-Amerikában a tokhalak halászata jelentős iparággá a 19. század második felében vált. A kontinensen élő tokfajok közül például a tavi tok (*Acipenser fulvescens*) halászata az 1870-es évek után kezdett felfutni, mikor a konzervgyárak a tartósított tokhúst, kaviárt és halenyvet nagy mennyiségben kezdték előállítani. A faj állománya mára a töredékére csökkent, akár csak a rövidorrú toknak (*Acipenser brevirostrum*) vagy az atlanati toknak (*Acipenser oxyrinchus*). A halászat mellett a tokfajok populációit itt is a folyókon épített erőművek akadályozzák a szaporodó helyeik elérésében, valamint az első világháborút követő gazdasági fellendülés következtében jelentős szennyezések érték szinte valamennyi élőhelyüket.

Az európai tokfajok állományainak csökkenése az utóbbi 300 évben vált nyilvánvalóvá. A kontinens folyóiban szaporodási céllal felúszó anadrom (közönséges tok, viza), valamint az édesvizekben élő kecsge halászatáról számos régészeti lelet bizonyítja, hogy már a rómaiak előtt is fontos élelemnek számítottak. A tokfajok halászatának fénykorában számos középkori város megélhetése függött a halászatok sikerétől. A túlzott halászat, valamint a folyamszabályozások következtében az egyedfejlődésük szempontjából kulcsfontosságú élőhelyek elvesztésének együttes hatására a legnagyobb testű európai tokfajok állományai már a 18. századra lényegében összeomlott.

Nem szabad szó nélkül hagyni az illegális halászatot sem, amely a volt Szovjetunió utódállamaiban, sajnálatos módon a mai napig jelentős „iparág”. Európa nyugati felén, illetve Észak-Amerikában a törvényi előírások betartásának (betartatásának) hatására az illegális tokhalászat főleg a kelet-európai térségre koncentrálódik, de például a teljes fogási tilalmak bevezetésével (Bulgária, Románia) és ennek fokozottabb ellenőrzésével itt is sikerült egyes térségekben az illegális tokhalászatot visszaszorítani. Az Ázsiában illegálisan kifogott tokfajok mennyiségére vonatkozóan kevés megbízható adat áll rendelkezésre.

### 5.3.2. Folyamszabályozás

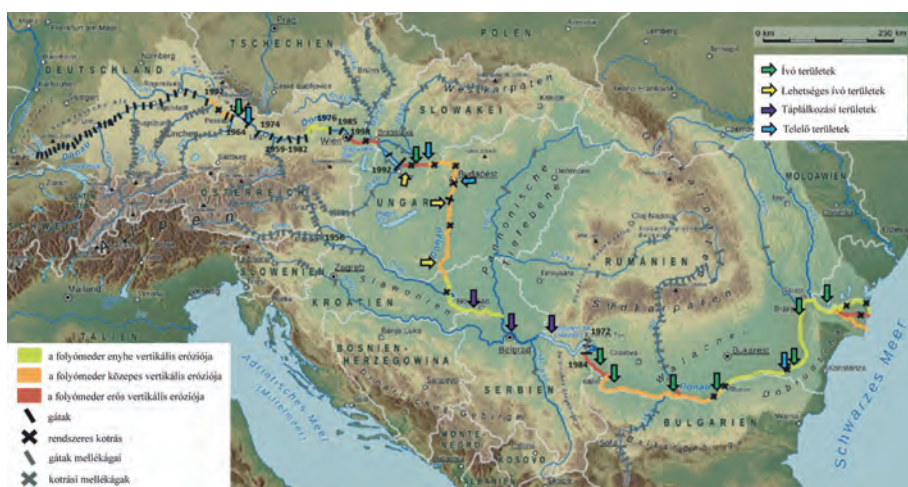
Az elmúlt két évszázadban mindhárom kontinensen a lakosságszámok robbanásszerű növekedése és az ipari fejlődés együttes hatására folyamszabályozások új lendületet vettek. A 18. század elején Európában számos

folyam, valamint a hozzájuk kapcsolódó hullámtéri ágrendszerek hidrológiai és hidromorfológiai viszonyait a folyóvizek természetes dinamikája még alapvetően meghatározta. A 19. században viszont az ázsiai, észak-amerikai és európai folyókon számos, a hajózást, energiatermelést és a mezőgazdaság vízigényét kiszolgáló vízlépcső épült. Ezek minden esetben szinte leküzdhetetlen akadályt képeznek nem csak a tokfélék, de számos áramlás-kedvelő és vándorló halfaj (pl. angolna- és lazacfélék) számára is.

Ázsiában, ezen belül is elsősorban a kínai és kelet-oroszországi nagy folyókon, az elmúlt közel 100 évben számos olyan vízlépcső épült, melyek élővilágra gyakorolt negatív hatásaival nem számoltak – azaz gyakorlatilag semmibe vették – a tervezés során. Észak-Amerikában az atlanti tok, a rövidorrú tok és a fehér tok hosszú vándorlása során ütközik a duzzasztókba, míg az állandó édesvízi életmódra áttért tavi tok a Nagy-tavak irányából a folyók felső szakaszait, illetve a mellékágakat nem tudja elérni a hossz- és a keresztirányú átjárhatóságot csökkentő műtárgyak miatt. Különösen érdekes a lapátorrú és kanálorrú tok esete, ugyanis ez a két faj természetes élőhelyén a folyókba torkoló mellékfolyók, valamint nagyobb, állandóan átfolyó mellékágak (eupotamon-B<sup>1</sup>) torkolatának komplex élőhelyeit használja szaporodási célból és az ivadék hosszabb ideig az itt található élőhelyeken marad. Így, akárcsak az Európában élő legtöbb tokfajra, rájuk is nem csak a hossz, de a folyóvízi élőhelyek keresztirányú átjárhatóságát megakadályozó műtárgyak, beavatkozások is jelentős hatással vannak. A folyamatszabályozások következtében fellépő negatív hatásokat az európai tokfajok esetén dokumentálták a legjobban. Ezek közül is kiemelkedik a Duna vízgyűjtőjén végzett számos átfogó elemzés, mivel az itt előforduló tokfajok évszázadokig számos ország halászatának a legfontosabb halfajai voltak. Napjainkra az Al-Duna kivétel a legtöbb európai folyó tokfaj állománya eltűnt, vagy súlyosan veszélyeztetett. A Felső-Dunán (Ulm-Bős (Gabčikovo)) csak a folyam főágában összesen 31 hosszirányú átjárhatóságot megakadályozó műtárgy épült. Emellett a Felső-Duna mellékfolyóin is több tucat, a keresztirányú átjárhatóságot megakadályozó műtárgy épült az elmúlt száz évben, melyek a szaporodó helyek elérhetőségét tovább csökkentik (5.1 ábra).

A 19. századtól kezdve a Felső-Dunán épült vízlépcsők hatására, mára teljesen megváltozott a folyam e szakaszának hidrodinamikája és hidromorfológiája. A Jochenstein és Aschach (2202-2163 fkm) között megmaradt kecsege állomány egyedszáma mára a legoptimistább becslések alapján sem éri el a 200 egyedet, pedig a vizsgálatok alapján az állomány tartós megmaradáshoz minimum 1000 egyedre lenne szükség. A Felső-Dunán

<sup>1</sup>Eupotamon B mellékág: Állandóan átfolyó mellékág, vagyis olyan mellékág típus, mely kapcsolata a főággal mind felvizen, mind alvizen folyamatos.

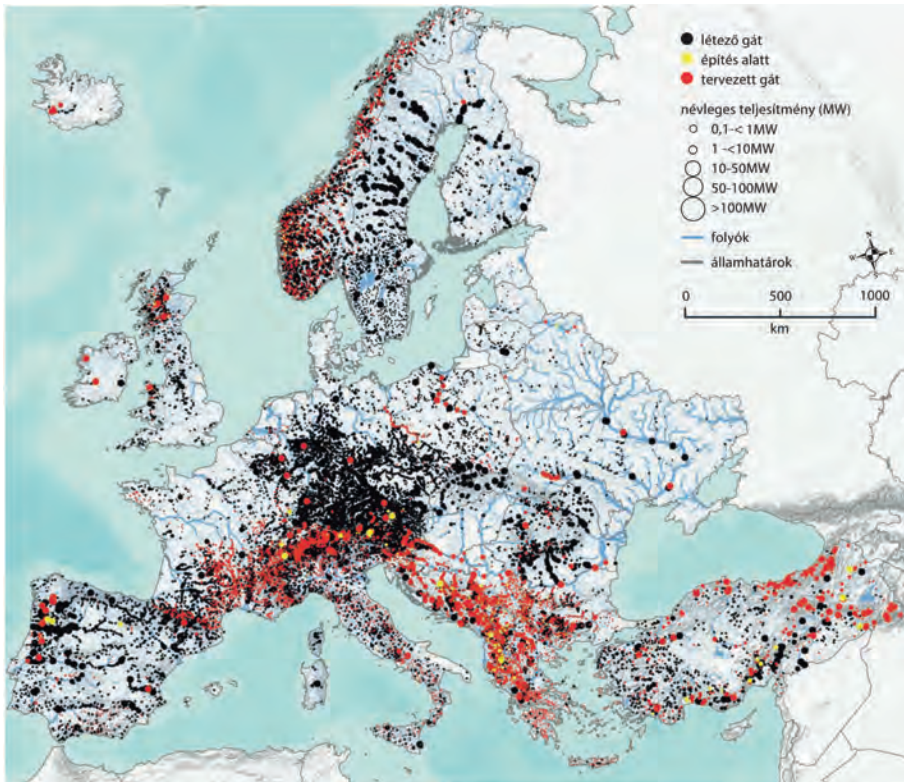


5.1. ábra. A Dunán és egyes mellékfolyóin a gátak által okozott fragmentáció hatása és a mederben történő erózió iránya a tokfélék ismert élőhelyein (Forrás: Friedrich et al. 2019)

végzett szabályozási munkák a Közép-Dunára is jelentős hatással voltak és vannak mind a mai napig. A bősi (Gabčíkovo) vízlépcső üzembe helyezésével a Duna eredeti mellékágából a víz jelentős része elterelésre került. Ennek egyik következményeként a Szigetközben rendkívül gyors degradációs folyamatok indultak meg, köztük a kecségék ívóhelyeként ismert Bagaméri-mellékágrendszerben is, ahol 1992 után egy gyors ütemű feliszapolódás hatásaként a mellékágakban található ívó- és ivadékok számára fontos élőhelyek teljesen eltűntek. A Közép-Duna térségében jelentős hatása van a felső szakaszokon található erőművek hordalékvisszatartó hatásának is. A Közép-Duna mentén mára egyre nagyobb probléma a Duna medrének eróziója (bevágódása), ezzel párhuzamosan a mellékágak intenzív feliszapolódása. A ritkuló, de egyre intenzívebb árhullámok eredményeként, általában átrendeződnek a folyómeder eróziós és depozíciós szakaszai, megváltoztatva a meder morfológiáját, a hordalékszállítás, a mederanyag szemcseméretösszetételét, intersticiális üregeit és az intersticiális vízáramlást, stb. Ezek a hatások érintik az egyes dunai tokfélék által használt élőhelyeket, az ikra- és az ivadék túlélését, a táplálékforrások elérhetőségét. Ezek eredményeként akár újabb ívóhelyek keresésére is kényszeríthetik egy-egy folyószakasz lokális állományát. Az Al-Dunán élő tokfajok Közép-Duna felől történő vándorlását Vaskapu I. és II. akadályozza, de emellett az al-dunai állományokat is veszélyeztetik a Duna hajózhatóságát biztosító fejlesztések,



mederfenntartási munkálatok. Az eddigi vizsgálatok többsége abban egyetért, hogy az európai anadrom tokfajok állományainak többsége a vízlépcsők megépítése előtt már töredékére csökkent. Ugyanakkor a napjainkban tervezés, kivitelezés alatt álló erőművek a még megmaradt tokfélék mellett számos más halfaj populációit veszélyezteti (5.2 ábra).



5.2. ábra. Európában és Törökországban üzemelő, valamint kivitelezés és tervezés alatt lévő vízerőművek (Forrás: Schwarz 2018)

### 5.3.3. Vízszennyezés

A folyamszabályozások lehetővé tették számos országban az ipar, a mezőgazdaság fejlődését, ezzel együtt a lakosság lélekszámának növekedését. E három tényező vált azonban a természetes vizeink legnagyobb szennyezőjévé az utóbbi évszázadban. Az ipari- és lakosság által kibocsátott vizekkel mind a mai napig nehézfémek kerülnek a vizeinkbe, melyek közül számos toxikus hatással bír (pl: higany, kadmium, ólom). A gyógyszer- és vegy-

ipar által előállított anyagok eredeti formái és bomlástermékei is súlyos tüneteket, mérgezéseket tudnak előidézni, mely az olyan, lassú ivarérésű és hosszú életkort elérő fajok esetén, mint a tokfélék fokozott kockázatokat jelentenek a természetes állományokra. Fontos szennyező forrás az erdőgazdasági, mezőgazdasági és urbanizált területekről bemosódó különböző szemcseméretű hordalék. Ezekhez különböző szennyező anyagok tapadnak és a mederben lerakódva a legtöbb tokfaj által ívási területként preferált, lassan áramló, kavicsos aljzatú és mély mederszakaszokat feliszapolhatják. Az ívási aljzat megváltozása szintén negatív hatással lehet szaporodásukra. Mivel a tokfélék szinte kizárólag a meder fenekéről veszik fel a táplálékot, így fokozottan ki vannak téve és érzékenyek lehetnek az üledékben lerakódott szennyező anyagokra.

Az anadrom tokfajoknál a folyótorkolatok körüli tengeri, illetve félsós, úgynevezett brakkvízi élőhelyek elszennyezése is kockázatot jelent. A Fekete-tenger vízgyűjtőjén élő fajok esetén például a vízszennyezés hatására a tengerben kialakuló anoxikus zóna határa a felszíntől számított 100-150 méterről olykor a 10 m-es mélységben is már kimutatható. Ennek következtében a Fekete-tenger térségében a halak, köztük a tokfélék életterének beszűkülésével és állományméretük csökkenésével kell számolni. Ezt igazolják a térségben egyre gyakoribb tömeges halpusztulások.

Külön meg kell említeni, hogy az utóbbi évtizedben a folyók mentén működő erőművek, gyárak, valamint a nagyobb városok által hőterheléssel kibocsátott vizek tokfélékre gyakorolt közvetlen illetve közvetett hatásairól nagyon kevés adattal rendelkezünk. A hőszennyezés a vizek anyagáramlásán keresztül a táplálékhálózat minden részvevőjére hatással van, de a tokfélék természetes állományai esetén ennek mértékéről nagyon kevés az információ.

#### **5.3.4. Idegenhonos fajok hatása**

A körülöttünk található élővilágra számos emberi tevékenység akarva vagy akaratlanul, közvetve és közvetlenül, de jelentős hatással van. Mára az ember környezetátalakító (ha úgy tetszik, környezetpusztító) tevékenységének egyik legnagyobb árnyoldala nem más, mint a biológiai invázió. A biológiai inváziók során egymástól távol, izoláltan kialakult fajok kerülnek szándékosan, vagy véletlenül egy élőhelyre és ennek hatására az őshonos fajok állományai visszaszorulnak, esetenként el is tűnhetnek eredeti élőhelyükről.

Tokfélék esetén az ívóhelyeken megjelenő idegenhonos állatfajok hatása megnöveli az ivadékok predációs nyomását, a fiatal egyednek táplálék konkurenciái lehetnek. Észak-Amerikában számos őshonos halfaj, köz-

tük a lapátorru- és kanalas tok állományainak csökkenését az ázsiai eredetű pontyfélék, elsősorban a busa fajok terjedésével és tömegessé válásával hozzák összefüggésbe.

Az idegenhonos tokfélék és tokhibridek természetes vizekbe történő kikerülése és az esetleges további hibridizáció kockázata valamennyi tokfaj esetén reális veszélyt jelent. Az elmúlt 20 évben Európa szerte, így a Duna vízgyűjtőjének országaiban is számtalan völgyzárógátas tározóba, valamint vízfolyásokkal közvetlen összekötetésben lévő horgásztavakba telepítenek tokhalakat (pl. lénai tok), köztük számos hibridet (lénai × adriai tok) is. Újabb divat pedig a nagyobb kerti tavakban tokhalakat tartani. Horgászati célból legtöbbször adult, nagytestű, horogérett egyedeket telepítenek, míg kerti tavakba kisebb (>20cm) példányokat is be lehet szerezni. Mindez számos kérdést vet fel annak ismeretében, hogy az európai tokfélék kereskedelmét számos nemzetközi egyezmény szabályozza. Mind a horgászati, mind a dísztavakba történő telepítése sok esetben jelentős kockázattal jár, hiszen az idegenhonos tokfajok és hibridek egyedei kikerülve folyóvizeinkbe hibridizálódhatnak az őshonos fajok egyedeivel és ezáltal a populáció genetikai leromlását okozhatják. Idegenhonos tokfajok egyedeiből számos példány került elő a Duna hazai vízgyűjtőjén, valamint Ausztriában sikerült kimutatni a kecsge és lénai tok kereszteződését.

#### **5.4. A természetes populációk megőrzése – korlátok és lehetőségek a fajvédelem területén**

A fejezetben foglaltak alapján láthatjuk, hogy a tokfélék megőrzését számos olyan tényező nehezíti, amik leküzdéséhez határokon átnyúló, hosszútávú fajmegőrzési programok szükségesek. Mára az is nyilvánvaló, hogy a veszélyeztetett tokfélék védelme olyan megoldásra váró probléma, amihez számos szakterület összefogása szükséges. Egyes fajok számára, mint amilyen a kardorrú tok is, pedig talán már túl késő.

Az eddigi programok eredményeiből látható, hogy a passzív védelem, mint az egyszerű halászati tilalom nem elegendő a kipusztulás határán álló fajok megőrzéséhez. Egyes fajok esetében mérlegelni kellene az ivadéktelepítések hatékonyságát is, és megfontolandó lenne a korábbi fejezetben tárgyalt homing viselkedés szabályozó szerepének feltárása, ami az anadrom tokfélék mellett esetleg az állandó édesvízi életmódra áttért faj(ok)nál, mint például a kecsgénél is előfordulhat. A dunai tokfélék közül a Magyarországon telepített vizák esetében igazolták a homing viselkedés meglétét, de részletes vizsgálatok nem történtek. Pedig a homing szabályozás műkö-

désének ismerete döntő lehet a természetes populációk mesterséges utánpótlásának eredményessége szempontjából.

A tokfélék állományainak alakulásáról jelenleg többnyire csak közvetett halászati adatsorok alapján kaphatunk képet, a populációk közvetlen vizsgálata jelentős ráfordítást igényel. Ez módszertanát tekintve is nehéz, illetve egyes fajok esetén diplomáciai nehézségeket is felvet. Abban minden szakértő egyetért, hogy valamennyi tokfaj védelmének alapvető feltétele az egyedfejlődésükben kulcsfontosságú élőhelyek és vándorlási útvonalaik helyreállítása. Az élőhelyi struktúrák helyreállításához az élőhely-használat pontosabb megismerésére, továbbá az élőhelyek morfológiai, hidrológiai és hidraulikai leírására irányuló, közvetlen kutatások nyújthatnak tervezési alapadatokat.

Az egyes tokfélék megőrzése céljából számos program indult. Észak-Amerikában egyes fajok estében az USA államai, illetve Kanada közösen dolgoztak ki fajmegőrzési terveket az elmúlt évtizedekben. Az itt élő fajok megőrzéséhez a természetes állományok folyamatos vizsgálatával, nagy mennyiségű adat áll rendelkezésre. Az észak-amerikai kontinensen élő tokfajok mindegyikének megoldott a mesterséges szaporítása és telepítésekkel igyekeznek az egyes populációk utánpótlásán segíteni. Mindezt a központi, valamint az államok költségvetése is folyamatosan finanszírozza.

Európában számos program indult az itt élő tokfajok megőrzése érdekében, melyek szinte mindegyike a következő intézkedéseket fogalmazták meg:

- az eredeti állományok még meglévő maradványainak felmérése, megőrzése és erősítése,
- az egyes tokfajok egyedfejlődésében meghatározott szerepet játszó élőhelyek védelme és rekonstrukciója, valamint az ezeket összekötő vándorlási útvonalaik biztosítása,
- a fajok mesterséges szaporításának megoldása és az eredeti élőhelyről származó anyahalak utódainak telepítése a még megmaradt és a helyreállított élőhelyekre,
- a fajok folyamatos monitoringja,
- a halkereskedelem és a fajok halászatának szigorú szabályozása.

A legújabb kutatások eredményei alapján a felsorolt intézkedések elérése érdekében a teljes ökoszisztéma feltárása szükséges ahhoz, hogy megértjük a tokfajok populációira ható változók összetettségét. Gondoljunk csak bele, hogy ez milyen összetett feladat a Duna-medence és a Fekete-tenger

térségében, mikor például a viza védelme érdekében kívánunk eredményeket elérni.

