

# **SZAKDOLGOZAT**

**Kistamás Péter**

**2024**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Szent István Campus**

**Növénytermesztési-tudományok intézete**

**Mezőgazdasági mérnöki alapképzési szak**

**A bodorka (*Rutilus rutilus* L.) két populációjának  
növekedési ütem és kondíció vizsgálata a Balaton-vízgyűjtőn**

**Belső konzulens:**

Dr. Ferincz Árpád

Tanszékvezető,  
egyetemi docens

**Belső konzulens  
intézete/tanszéke:**

Akvakultúra és  
Környezetbiztonsági Intézet  
Természetesvízi Halökológiai  
Tanszék

**Készítette:**

**Kistamás Péter**

**Gödöllő**

**2024**

## Tartalomjegyzék

|         |                                                                 |    |
|---------|-----------------------------------------------------------------|----|
| 1       | Bevezetés.....                                                  | 4  |
| 1.1     | Célkitűzés.....                                                 | 4  |
| 2       | Szakirodalmi áttekintés .....                                   | 5  |
| 2.1     | A bodorka általános jellemzése.....                             | 5  |
| 2.1.1   | Rendszertani besorolás .....                                    | 5  |
| 2.1.2   | Morfológiája .....                                              | 5  |
| 2.1.3   | Élőhelye és táplálkozása.....                                   | 6  |
| 2.1.4   | Szapordása .....                                                | 7  |
| 2.1.5   | Növekedése.....                                                 | 7  |
| 2.1.6   | Magyarországi elterjedése .....                                 | 8  |
| 2.2     | Környezeti tényezők hatásai a halak fejlődésére .....           | 10 |
| 2.2.1   | Abiotikus tényezők .....                                        | 10 |
| 2.2.2   | Biotikus tényezők .....                                         | 12 |
| 2.3     | Növekedési paraméterek vizsgálati módszerei halak esetében..... | 13 |
| 2.3.1   | Kormeghatározási módszerek.....                                 | 13 |
| 2.3.2   | Növekedési ütem kiszámítása.....                                | 14 |
| 2.3.3   | A testhossz-testtömeg összefüggése és kondíció.....             | 15 |
| 3       | A vizsgálatok módszerei.....                                    | 16 |
| 3.1     | A vizsgálatok helyszínei .....                                  | 16 |
| 3.1.1   | Pogány-völgyi-víz .....                                         | 16 |
| 3.1.1.1 | Természetföldrajzi és mintavételi helyek jellemzése.....        | 16 |
| 3.1.1.2 | Vízminőség .....                                                | 16 |
| 3.1.2   | Eger-víz-patak .....                                            | 17 |

|         |                                                          |    |
|---------|----------------------------------------------------------|----|
| 3.1.2.1 | Természetföldrajzi és mintavételi helyek jellemzése..... | 17 |
| 3.1.2.2 | Vízminőség .....                                         | 17 |
| 3.2     | A mintavétel menete .....                                | 18 |
| 3.3     | A minták feldolgozása .....                              | 19 |
| 4       | Eredmények és értékelésük .....                          | 21 |
| 4.1     | Életkor és hosszeloszlás.....                            | 21 |
| 4.2     | Testhossz-testtömeg összefüggések és kondíció .....      | 23 |
| 4.3     | Növekedési ütem .....                                    | 24 |
| 4.4     | Állományok összetétele.....                              | 26 |
| 4.5     | Eredmények összevetése más szakirodalmi adatokkal.....   | 28 |
| 5       | Következtetések és javaslatok .....                      | 30 |
|         | Irodalomjegyzék .....                                    | 33 |

# 1 Bevezetés

A bodorka (*Rutilus rutilus* LINNAEUS, 1758) a hazai édesvízi halfauna egyik jellegzetes, széles körben elterjedt faja, amely különféle természetes és mesterséges vizekben egyaránt előfordul. A dolgozatom témája a bodorka növekedési ütemének vizsgálata. Ennek során a Pogány-völgyi-víz (déli part) és az Eger-víz patakban (északi part) élő állományokat tanulmányoztam, amelyek eltérő élőhelyi adottságokkal jellemezhetők.

A vizsgálatok középpontjában a populációk fizikai állapotának és növekedési ütemének értékelése áll, amelyhez kondíciós számításokat, növekedés-elemzéseket, valamint kormeghatározást végeztem. Ezek az adatok fontosak a populációk ökológiai értékeléséhez, hiszen a kondíció és a növekedés mutatói alapján következtethetünk a környezet minőségére, a táplálékellátottságra és az egyedek egészségi állapotára. Ezen túlmenően a kormeghatározás lehetőséget nyújt arra, hogy a populáció szerkezetét, az egyes korosztályok arányát, valamint az életciklus jellemzőit jobban megértsük.

A bodorka, mint általánosan elterjedt faj, jól alkalmazkodik a különböző környezeti viszonyokhoz, és fontos tagja az ökoszisztémáknak, hiszen a táplálékhálózat jelentős szerepet játszik. Az általam vizsgált két patak populációinak összehasonlítása lehetőséget nyújt arra, hogy jobban megértsük az eltérő élőhelyi tényezők – például a vízminőség, élőhely minősége és táplálékbázis – hatásait a bodorka fejlődésére. Reményeim szerint a kutatásom hozzájárul a bodorka ökológiai igényeinek és alkalmazkodóképességének mélyebb megértéséhez.

## 1.1 Célkitűzés

1. Vizsgálni és modellezni a bodorka egyedi növekedésének ütemét a Balaton-vízgyűjtő két vízfolyásában
2. Vizsgálni a bodorka testhossz-testtömeg összefüggését a Balaton-vízgyűjtő két vízfolyásában
3. Összevetni a növekedési adatokat a hazai és nemzetközi irodalomban megtalálhatókkal.

## 2 Szakirodalmi áttekintés

### 2.1 A bodorka általános jellemzése

#### 2.1.1 Rendszertani besorolás

A gerincesek – *Vertebrata* altörzsébe, ezen belül az állkapcsosak – *Gnathostomata* főosztályába, sugarasúszójú halak – *Actinopterygii* osztályába, újúsósok – *Neopterygii* alosztályába, csontoshalak – *Teleostei* osztágába, pontyalakúak – *Cypriniformes* rendjébe, pontyfélék – *Cyprinidae* családjába tartozik a *Rutilus* RAFINESQUE, 1820 genus. Ide sorolható a bodorka, melynek latin neve *Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758. Ezen kívül még két faj sorolható ide: leánykancér (*Rutilus virgo*) és a gyöngyös kancér (*Rutilus frisii*) (Nelson 2016).

#### 2.1.2 Morfológiája

Számos élőhelyen, különböző földrajzi viszonyok közt elterjedt halfaj, így megjelenése is jelentős varianciát mutat. Színezete is nagy mértékben az adott élőhely adottságaitól függ. Általánosságban elmondható, hogy háta olajzöld, esetleg barnás vagy kékes árnyalatú, oldala pedig ezüstösen csillog (Specziár, 2023). Viszonylag nagy pikkelyekkel borított teste oldalról lapított, mérsékelt magasságú háta körülbelül a testhosszának egyharmad része, melyhez alacsony és rövid faroknyél társul. Viszonylag kicsi és csúcsba nyíló szája van. Kifejlett példányoknál vöröses, narancssárgás, ritkán sárga a szemgyűrű. Könnyen összetéveszthető a vörösszárnyú keszeggel, mert hasúszója és farokalatti úszója lehet élénk vörös, vagy narancssárga. is. A többi úszó azonban jellemzően szürkés, vagy csak enyhén színezett. Szembetűnő különbség azonban, hogy a bodorkánál a pikkelyek nem alkotnak élt a végbélnyílás és a hasúszó közt (Pénzes, 2004). A leginkább szembetűnő morfológiai (1. ábra) határozóbélyeg, hogy a has- és hátúszó kezdete egymás alatt egyvonalban van. (Pintér, 1989). A bodorka farokúszója mélyen bevágott, részarányosan osztott, hátúszója pedig relatíve nagy, közel kétszerese a hasúszó méretének. Úszósugárszámai: mellúszó I 13-17, hasúszó II-IV 8-11, hátúszó II-III 9-12, farokalatti úszó III 9-13. A római számok jelentik a kemény sugarakat, míg az arabszámok a lágy sugarakat. Pikkelyképlete a következő  $40\frac{7-9}{3-5}48$ , tehát az oldalvonalon 40-48 pikkelyt számolhatunk, ez fölött 7-9-et és ez alatt pedig 3-5-öt. (Specziár, 2023).



**1.ábra: A bodorka (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758) (Fotó: Dr. Ferencz Árpád)**

### 2.1.3 Élőhelye és táplálkozása

A bodorka tág ökológiai igényű halfaj, szinte minden víztérben megtalálható, élőhely-generalista (Specziár, 2023). Képes alkalmazkodni sokféle körülményhez. Az oxigénkoncentrációjára sem különösebben érzékeny. Folyóvizekben kerüli az erős sodrást, de kedveli a mélyebb vizű, lassú folyású részeket, egészen a felső szakaszjellegű vízfolyásokig megtalálja a számára megfelelő életkörülményeket (Pintér, 1989). Leggyakrabban viszont alsó folyószakaszon, csatornában, holtágakban és állóvizekben fordul elő, preferálja az iszapos aljzatú, növényzettel sűrűn benőtt élőhelyeket. Tömeges előfordulására leggyakrabban a partmenti zónában számíthatunk. Fiatalabb egyedei jellemzően csapatos életmódúak, idősebb egyedei gyakrabban magányosak, és folytatnak nyíltvízi életmódót. Csak íváskor, valamint telelésre hagyják el helyüket, és keresnek alkalmasabb szakaszt (Pintér 1989). Élőhely tekintetében kevésbé érzékeny a vízminőségre, mint a víztér szerkezetére. Vízfolyások esetében elsősorban a mélység, a meder szélessége, a víz áramlási sebessége, a partmenti- és vízinnövényzet, illetve szubsztrát típusa határozza meg elterjedését (Rossier 1996). A 0+ korosztályú bodorkánál az élőhelyhasználatot meghatározza a ragadozókkal szembeni védelem, ezért is kerülik a mély vizeket, és tartózkodnak a part menti sekélyebb sávban, ahol még búvóhelyet (fák gyökere, növényzet) is találnak (Brosse és Lek, 2000). A víz hőmérséklete és pH értéke ellenben nem befolyásolja számottevően az elterjedését (Zarkami, 2014).

Táplálékspektruma rendkívül széles, úgynevezett omnivor, mindenevő faj. Két napos lárvakorában, mikor még a szikzacskó sem szívódott föl, már elkezd táplálkozni. Lárvakori táplálékai főként kerekesszék (Rotatoria), Cladocera rákok, vízi gerinctelenek (*Limnomysis benedeni*, *Dikerogammarus spp.* és *Corophium curvispinum*), árvaszúnyog lárvák és bábok, sőt kovaalgák is (Specziár, 1997, Specziár 2002, Specziár 2019). Később jelentős mennyiségben fogyaszt bevonatalkotó fonalas algákat, élőbevonat-lakó csiga fajokat és rákokat, vándor kagylót. Előfordul, hogy kisebb halakat is elfogyaszt. Képes hasznosítani a nagy mennyiségű növényi táplálékot is. Kiváló táplálékkereső, ezért számos halfaj táplálékkonkurens lehet, jelenléte táplálékváltásra kényszerítheti például a fiatal sügér (*Perca fluviatilis*) egyedeit (Persson, 1990).

#### 2.1.4 Szaporodása

Mint minden halfajnál, a bodorkánál is, a környezeti adottságok (főként a hőmérséklet) jelentősen befolyásolja az egyedek ivaréését. A tejesek általában valamivel korábban, akár már 2 évesen is ivarérettek lehetnek. Az ikrás egyedeknek több időre van szüksége ehhez a folyamathoz. Régebbi leírások csak a part menti sávokat említik, mint a bodorka kedvelt ívőhelye (Pintér 1989, Györe 1995). Azóta megfigyelések bizonyítják, hogy gyakran mélyebb vizekre húzódik. Az ivartermék-érése főként ősszel történik, 6 °C-os vízhőmérséklet alatt teljesen megáll, majd a felmelegedő vízzel tavasz elején újraindul. Korán, akár már 8-10 °C-os vízben ívik elég korán, ez gondot tud okozni akkor, ha az ívás után lehűlés következik mert a lárváknak magasabb hőmérsékletre és táplálékra van szüksége, valamint az anyáknak is regenerálódniuk kell (Graudie, 2010). Balatonban megfigyelték, hogy gyakran a süllő (*Sander lucioperca*) után közvetlenül, annak fészkeire ívik, mely problémát tud okozni, mert a süllő ikrái ilyenkor befulladnak. (Specziár 2023).

#### 2.1.5 Növekedése

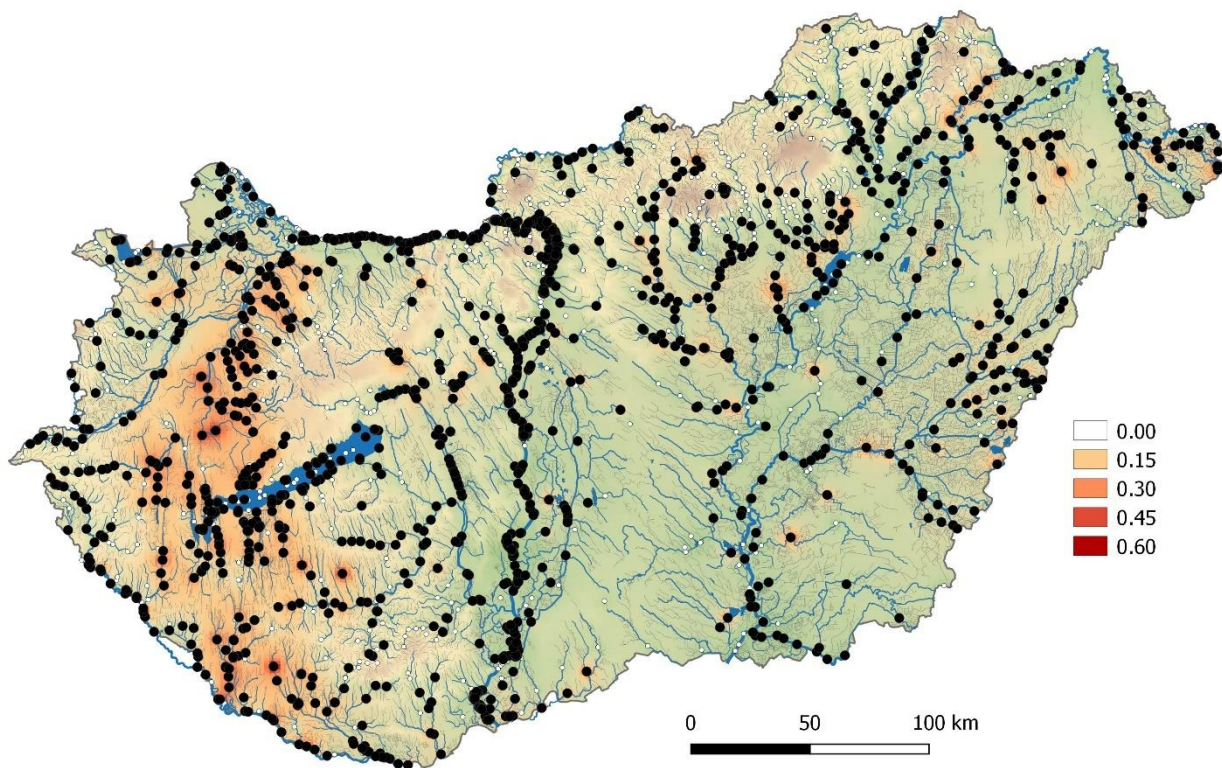
Általánosan elmondható, hogy növekedése viszonylag lassú, és kifejlett kori mérete ritkán nagyobb 15-20 cm-nél (Harka, 2022). Élőhelyenként, főként a környezeti tényezők miatt, eltérő lehet a növekedési ütem. Számára kedvező feltételek mellett évenként 2-3 cm-t nyúlik ötéves koráig (Pénzes, 2004, Specziár, 2023). A bodorka különböző populációi között jelentős eltérések figyelhetők meg a növekedési ütem tekintetében. Ez több tényező együttes hatásának tudható be, mint például az élőhely vízminősége, a táplálékbőség és a halak sűrűsége. A tápanyagban kevésbé gazdag vizekben a növekedési ütem lassabb lehet, míg azokban a tavakban és folyókban, ahol a

táplálékforrás bőségebb, gyorsabb növekedést mutathatnak (Mann 1973, Hellawell 1972). A Keleti-főcsatorna különböző, eltérő élőhelyi adottságú szakaszain a bodorka állományok denzitása is jelentősen különbözhet. Azon élőhelyeken, ahol a denzitás magas, a növekedés jellemzően gyengébb, mert a táplálék mennyisége limitáló tényező. (Kovács, 2004). A Balatoni és a Tisza-tavi populációk gyors növekedése is főként az elérhető és megfelelő táplálék mennyiségének és a kedvező élettérnek köszönhető (Specziár, 2002; Halasi-Kovács, 2014).

A bodorka különböző állományainak növekedési üteme fontos információt nyújtanak a populációk állapotáról és az élőhelyek egészségéről, és megfelelő környezeti feltételek mellett ez a faj hosszú élettartamú, sikeresen alkalmazkodik különböző vízi környezetekhez (Györe 1995). Számos tanulmányt találunk mind magyar, mind külföldi szakirodalomban is, ami a bodorka populációk növekedésével, táplálkozásával, fejlődésével foglalkozik (Specziár, 1997, Specziár 2002, Kovács 2004, Boros 2008, Halasi-Kovács 2014).

#### 2.1.6 Magyarországi elterjedése

Hazánkban, és szinte egész Európában őshonos halfaj. Majdnem minden hazai vízben megtalálható. Herman Ottó (1887) veresszárnyú konzcér (*Leuciscus rutilus*, LINNÉ) néven írja le a fajt, és a következő élőhelyeket sorolja föl: Szamos, Zagyva, Dráva, Körös, Szernye, Bódva, Olt, Sajó, Rába. Petényire hivatkozva említi még a Velencei tavat, Rákost és az alsó Vágot, valamint Heckelre hivatkozva a Duna, Maros, Mura, Tisza, Fertő, Cserna, Balaton szerepel még könyvében. Azóta természetesen még számos természetes és mesterséges vízben találtak és vizsgáltak populációikat (**2. ábra**).



1. ábra: A bodorka magyarországi elterjedése (Specziár (2023) nyomán)

A bodorka ökológiai funkcióját tekintve fontos a Balaton ökoszisztémájában, ahol gyakori és helyenként tömeges halfaj. A Duna és a Tisza mentén található holtágak kiváló élőhelyet nyújtanak a bodorka számára. Ezek a vízterek jellemzően lassú áramlásúak, medrük iszapos, partjaikat dús növényzet borítja, mely ideális ívási szubsztrát és búvóhely. A bodorka jól alkalmazkodik az eutrofizáció hatásához. Ugyanakkor a magyarországi vízrendszerek állapotának változásai – mint a szennyezés, a vízszint ingadozásai és az éghajlatváltozás – jelentős hatással vannak a bodorka populációira, befolyásolva élőhelyeit.

Összességében a bodorka Magyarországon széleskörben elterjedt faj, amely vizeinkben rendszerint stabil populációkkal rendelkezik. Tömegességéből adódóan fontos szerepet játszik a hazai édesvízi ökoszisztémákba (Pintér 2002, Harka 2022).

## 2.2 Környezeti tényezők hatásai a halak fejlődésére

Szakdolgozatomban a bodorka növekedési ütemének különbségeit vizsgálom két eltérő víztérben. Ahhoz, hogy az esetleges eltérésekre választ kapjunk fontos ismerni, hogy egyes környezeti hatások miként befolyásolhatják egy egyed ivaréretését, növekedési ütemét vagy kondícióját. A halak fejlődését befolyásoló környezeti tényezők két nagy csoportra oszthatók: abiotikus (pl. hőmérséklet, fény, vízminőség) és biotikus tényezők. A biotikus tényezők az élőlények közötti kölcsönhatásokra, az élő rendszerek és a környezet közötti kapcsolatokra összpontosítanak.

### 2.2.1 Abiotikus tényezők

Pénzes (2004) szerint a halak élőhelyi igényei pontosan meghatározhatóak. Csak bizonyos számukra ideális környezeti feltételek mellett képesek táplálkozni és szaporodni. A halak eltérő mértékben viselik el a különböző környezeti hatásokat, így egyes fajok jelenléte vagy hiánya jelentős információval szolgálhat a vizek állapotáról. Az egyes fajok elterjedtsége és populációs nagysága többek között a környezet változásaira is utalhat, például a víz minőségének romlására vagy javulására (Erős et al. 2015, Tóth et al. 2020).

Az egyik legfontosabb paraméter a víz oxigéntartalma, mely folyóvizekben egyes szakaszokon, állóvizekben viszont a különböző napszakokban is eltérő értéket mutathat (Bíró 2011). Az oxigén a vízbe vagy a légkörből diffúzióval kerül be, vagy az autotróf élőlények fotoszintézise során keletkezik (Hancz 2007).

Az oxigéntartalommal szoros összefüggésben a hőmérséklet is egy limitáló tényező. A halak változó testhőmérsékletű (poikilotherm) állatok, ami azt jelenti, hogy a környezetük hőmérséklete határozza meg testük hőmérsékletét (Bíró 2011). A halak a számukra optimális hőmérsékleten nőnek a legnagyobb mértékben. Ettől lényegesen magasabb, vagy alacsonyabb hőmérséklet negatívan hat a halaktesthossz és testsúly növekedésére is (Parker 1974). A hőmérsékletnek közvetlen és közvetett hatása is van. Közvetlen hatásai: táplálkozás, anyagcsere folyamatok, növekedés, aktivitás. Közvetett hatásai például az algavirágzás, vagy a hínár és egyéb növények elterjedése (Horn et al. 2023).

Korlátozó tényezők közé tartozik a fény. A vizek fényklímája mélységétől a vízben oldott anyagok minőségétől és mennyiségétől, valamint a lebegőanyag koncentrációjától is függ. Bár ez

természetes körülmények közt általában nem szétválasztható a víz hőmérsékletétől, bizonyított tény, hogy a fény intenzitásának, a nappalok hosszának köze van például a halak hormonális rendszerének működéséhez, táplálkozásához, szaporodáshoz, az otolitok fejlődéséhez (Boeuf és Bail, 1999). Fényviszonyok váltakozása befolyásolja a melatonin szintézisét, sötétben fokozott, fény hatására csökken. A melatonin hatást fejt ki a neuroendokrin rendszerre és viselkedési funkcióra. Magas koncentrációja például a herék korai érését okozza. Közvetlenül hat az agyalapi mirigyre, ami termeli a növekedési hormont (GH). Továbbá hatással van a táplálkozásra és az immunitásra is (Falcon, 2010). Brüning (2018) az emberek által létrehozott fényszennyezés hatását vizsgálta, és végeredményben főként a szaporodásra gyakorolt hatását emelte ki. A mesterséges fény csökkentette a szexuális hormonok szintjét a vérben, valamint a luteinizáló és tüszőstimuláló hormonok (LH és FSH) mRNS expresszióját az agyalapi mirigyben.

A sótartalom nemcsak a tengeri, hanem az édesvízi halak esetében is jelentős hatással van a tápanyagfelvételre és a tápanyaghasznosításra, valamint hatással van a standard anyagcsere-sebességre és a hormonális szabályozásra is (Boeuf és Payan, 2001).

A halak fokozottan ki vannak téve a szennyezőanyagok hatásainak, mivel a vízi környezetben való táplálkozásuk és élőhelyük révén folyamatos kapcsolatban állnak, a potenciálisan toxikus anyagokkal. Ezáltal érzékenyebbek sok mérgező anyagra, mint más gerincesek, így kiválóan jelzik a vizek ökológiai állapotát (Cancosa and Bertucci 2023). Az egyik legnagyobb probléma a mezőgazdasági vegyszerek, peszticidek bemosódásával van. Ezek a vízi ökoszisztéma egészére toxikus hatással vannak (Covert és mts. 2020). A különböző nehézfémek főként a halak embrionális fejlődésében okozhatnak zavarokat, mert a kifejlett, ivarérett egyedek ivarszervében felhalmozódott anyagok a lárvák deformáltságát és gyengébb fejlődését okozzák. Ezek mellett közvetlen módon is felszívódhat (Jeziarska és mts. 2009). Nem elhanyagolható a társadalom által használt gyógyszerek, hormonhatású készítmények, kemikáliák, testápolószerek sem, melyek legtöbb esetben a szennyvízzel kerülnek természetes vizeinkbe. Legnagyobb mértékben a halak endokrin rendszerét befolyásolják, és hormonális zavarokat okozhatnak. A humán gyógyszerészetiileg aktív vegyületek a kisebb vízfolyásokban nagyobb veszélyt jelent, a kisebb pufferkapacitás miatt nagyobb koncentrációban lehet jelen, bár mértéke igen változó, és nem feltétlenül van összefüggésben a szennyvíz tisztítók helyszínével (Kondor, 2022). A halak pikkely-

és test alakját csak kis mértékben befolyásolják a kemikáliák, azonban ez mégsem elhanyagolható a természetes vizek vizsgálata során (Staszny 2021).

## 2.2.2 Biotikus tényezők

A halak növekedése nagymértékben függ a rendelkezésre álló táplálék mennyiségétől és minőségétől. A táplálékláncban elfoglalt pozíció határozza meg, hogy milyen típusú táplálék áll a halak rendelkezésére. A növényevő halak esetében a vízi növények, algák és fitoplankton jelentik a fő táplálékforrást, míg a ragadozó halak számára az apróbb halak, rákok, rovarlárvák és egyéb vízi élőlények biztosítják a szükséges energiát a növekedéshez.

A táplálék mennyisége és eloszlása közvetlenül befolyásolja a halak fejlődési ütemét. A halakat táplálkozásuk szerint gildekbe lehet sorolni. Fontos kihangsúlyozni, hogy egy faj akár több gildbe is besorolható, mert sok halfaj - többek közt a karikakeszeg (*Blicca bjoerkna*), dévérkeszeg (*Abramis brama*), kősüllő (*Sander volgensis*) és a bodorka is – növekedése során akár többször is étrendet vált. Specziár (2019) 11 gildet határozott meg. Minél több faj tartozik egy gildbe, annál fontosabb, mert jelentősek lehetnek a közösség-szerveződési és anyagforgalmi kölcsönhatásai.

A táplálékláncban elfoglalt hely nem csak a növekedés ütemére van hatással, hanem a halak energetikai igényeire is. A ragadozó halak növekedése gyorsabb lehet, ha zsákmányuk bőséges, de ha a táplálék korlátozott, a fejlődés lassúbbá válik. A ragadozó halak jelenléte hatással van a zsákmányhalak növekedési ütemére. A rejtőzködő halak kevesebbet mozognak, így alacsonyabb aktivitásuk miatt, ha a táplálékellátásuk megfelelő, az energiájukat főként növekedésre tudják fordítani. (Holopainen 2005).

A halak fejlődésére jelentős hatással lehet a paraziták jelenléte. A parazitizmus gyengíti az immunrendszert, és sok esetben közvetlenül is csökkenti a halak növekedését, mivel a paraziták tápanyagokat vonnak el a gazdatesttől, vagy szövetkárosodást okoznak, károsítják a szervrendszer részeit. Gyakran előfordulnak a halak testüregében és zsigerében, mely a táplálék felvételét és az emésztést gátolhatja. Ezáltal a fertőzött egyedek gyakran kisebb méretűek és gyengébbek, mint az egészséges (Tessema 2020).

Összességében a halak növekedését és fejlődését jelentős mértékben befolyásolják a biotikus tényezők. A tápláléklánc, a versengés, a predáció, a parazitizmus és a szimbiózis mind közvetlen hatással vannak arra, hogy a halak milyen gyorsan és milyen mértékben tudnak fejlődni. Ezek a

kölcsönhatások alapvetően meghatározzák a halpopulációk sikerességét és fennmaradását az adott ökológiai rendszerekben. (Herczeg 2015, Hancz 2007)

## 2.3 Növekedési paraméterek vizsgálati módszerei halak esetében

### 2.3.1 Kormeghatározási módszerek

A halak életkorának és növekedésének meghatározására három alapvető módszert használnak: (1) a növekedés nyomon követése ismert korú egyedeknél, (2) a halak méret-eloszlásának elemzése, azaz a Petersen-módszer, valamint (3) az évgyűrűk vizsgálata kemény képleteken, mint például a pikkelyek, csigolyák, vagy az otolitok (Bíró, 2011)

Mérsékelt éghővön leggyakrabban alkalmazott módszer az évgyűrűkön alapuló vizsgálat. Az évszakok közötti hőmérsékleti dinamika miatt a halak növekedési üteme sem állandó. Télen sok esetben teljesen le is áll a növekedés, a kemény képleteken megjelenő növekedési vonalak sűrűsödnek, amely az évgyűrűként jelenik meg a pikkelyeken, csigolyákon, otoliton. Majd tavasszal a növekedés újraindul és ilyenkor a növekedési vonalak jól megkülönböztethetővé válnak.

Számos irodalom tárgyalja a mintavétel menetét, a minta megfelelő előkészítését, valamint az évgyűrűk pontos leolvasását.

A pikkelyeket meg kell tisztítani a szennyeződésektől tiszta vízzel, glicerinnel vagy etanol híg vizes oldatával. A tisztított pikkelyeket két tárgylemez közé kell helyezni, majd ragasztószalaggal összeragasztani (McCurdy 2002). Régebben főként fénymikroszkóp segítségével vizsgálták az évgyűrűket, azonban a technika fejlődésével lehetőség nyílt a minták nagy felbontású szkennelésére és digitalizálására. Kalibrált mérőprogram segítségével lehet lemérni az évgyűrűk sugarát. Előny, hogyha a képen nem látható kivehetően az évgyűrűk, akkor lehetőség van a kép több paraméterét megváltoztatni (pl.: kontraszt), mely jobban láthatóvá teszi azt (Troadek 2002)

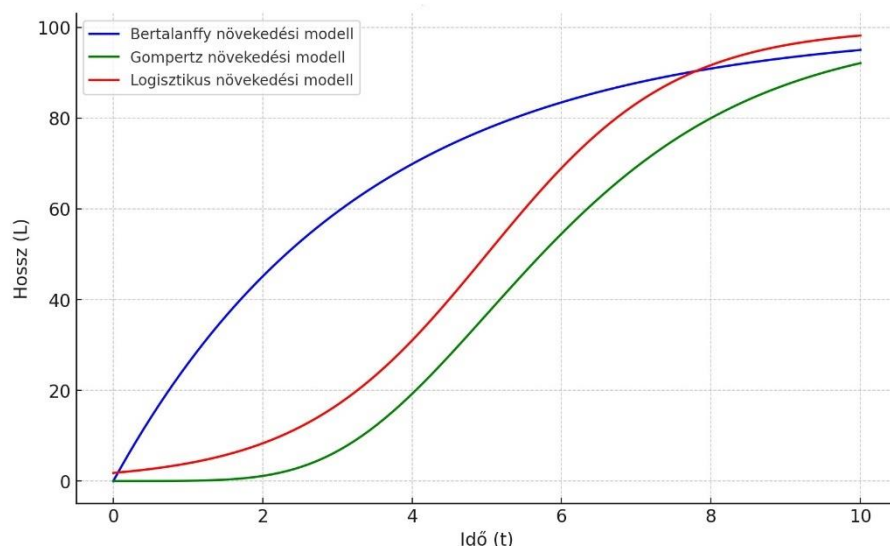
Ha pikkelyekkel szeretnénk dolgozni, fontos, hogy a mintákat az összes egyed azonos testajáról vegyük. Az összes pikkelyen a fókusztól ugyanabba az irányba mérjük az évgyűrűk távolságát. Előfordulhat, hogy a pikkely regenerált (**3. ábra**) vagy sérült, akkor nem alkalmasak mérésre (Bíró 2011, Carlander 1950, Lux 1971).



**3. ábra: regenerált, sérült bodorka pikkely**

### 2.3.2 Növekedési ütem kiszámítása

Számos szakirodalomban találunk leírást a testhossz-növekedés kiszámítására és modellezésére. Például a Gompertz-féle függvényt, mely egy lassú kezdeti növekedést, majd gyorsulást, és ismét lassulást ír le. Ez egy alternatív szigmoid görbét ír le, mely feltételezi, hogy a mérettel a növekedési sebesség exponenciális csökken (Quinn és Deriso, 1999). Leíróképlete:  $L_t = L_{inf} \exp(-\exp^{-k(t-t_0)})$ . És logisztikus növekedési modell egy alternatív szigmoid görbe, mely a következő függvényével írható le:  $L_t = L_{inf} (1 + \exp^{-k(t-t_0)})^{-1}$ . Valamint a Bertalanffy-féle szigmoid növekedési függvényt, mely halbiológiában az egyik leggyakrabban használt. Alapelve, hogy a halak növekedési üteme csökken a mérettel. Kiszámítását lentebb, a minták feldolgozása fejezetben részletezem (Katsanevakis, 2008). Mindháromban közös, hogy aszimptotikus, tehát meg kell becsülni a hal végleges testhosszát. A **4. ábrán** jól látható a függvények közötti különbség. A Bertalanffy-modell egy kezdeti gyors növekedés után lassuló növekedést ír le, ahogy a hal közelíti a maximális méretét. a Gompertz- és a Logisztikus-modell pedig egy S-alakú görbét követ, mely kezdetben lassú, majd gyors, és az öregedéssel ismét lassuló növekedést fejez ki. Vagy a lineáris növekedési modell, mely azt feltételezi, hogy a testhossz növekedése egyenletesen növekszik meghatározott időtartam alatt.



4.ábra: halak növekedési ütemét leíró modellek közötti különbség

### 2.3.3 A testhossz-testtömeg összefüggése és kondíció

Egy adott testhosszhoz tartozó testsúly becslésére alkalmas a testsúly-testtömeg összefüggés (Tesch, 1968). Számos halfaj sok egyedet vizsgálta meg Fulton (1904), és arra a következtetésre jutott, hogy a hal testsúlya nem négyzetes arányban nő a testhosszához képest, ahogy azt korábban feltételezték, hanem ennél magasabb mértékben. Fulton ekkor még nem határozott meg képletet. Az általunk is használt képletet először Keys (1928) publikálta (Froese, 2006).

A testhossz és testtömeg összefüggéséhez szorosan kapcsolható a kondíció meghatározása.

A halak kondícióvizsgálata az állatok állapotának és testsúlygyarapodás ütemének leírását szolgálja. A halak kondíciója összefügg a táplálékkal való ellátottságukkal, a környezeti tényezők hatásaival és a denzitással is. A kondícióvizsgálatot szinte mindenféle halfajon végzik, beleértve az édesvízi és tengeri fajokat is. Gyakran használják a kereskedelmi jelentőségű halfajokon például a ponty (*Cyprinus carpio*), vagy a lazac (*Salmo salar*), de természetvédelmi vagy kutatási célból kisebb, kevésbé ismert fajokon is elvégzik, mint például a bodorka vagy a sügér (Bolger és Connolly 1989, Bhattacharya 1967).

### 3 A vizsgálatok módszerei

#### 3.1 A vizsgálatok helyszínei

##### 3.1.1 Pogány-völgyi-víz

###### 3.1.1.1 Természetföldrajzi és mintavételi helyek jellemzése

A Pogány-völgyi-víz, vagy más néven Keleti-bozót csatorna Somogy vármegyében található. A mintegy 13,31 km hosszú vízfolyás Fonyódnál torkollik a Balatonba. Környezete és élővilága gazdag és változatos. Például számos vízibogárnak (*Coleoptera*) (Lökkös 2010). Móra (2007) 65 taxont azonosított makroszkópikus gerinctelen állatból, ezek közt voltak többek között kérészek és álkérészek (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*), szitakötők (*Odonata*), poloska fajok (*Heteroptera*) és tegzesek (*Trichoptera*). A patak meder szélessége a mintavételi pontok között igen eltérő: a 2-es pontnál átlagosan 15 méter a 3-mas pontnál átlagosan 9 méter, még a 4-es és 5-ös pontnál 2 és 7 méter közt változik. Az aljzat nagy mértékben iszapos, néhol agyagos, de előfordul homokosabb rész is.

###### 3.1.1.2 Vízhminőség

1. táblázat: Pogány-völgyi-víz mintavételi pontjainak vízminősége

|                                    | POG-2      |            | POG-3      |            | POG-4      |            | POG-5      |            |
|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                                    | 2021.06.25 | 2021.10.13 | 2021.06.25 | 2021.10.13 | 2021.06.25 | 2021.10.13 | 2021.06.25 | 2021.10.13 |
| pH                                 | -          | 8,17       | 7,94       | 8,31       | 8,14       | 8,41       | 8,21       | 8,23       |
| Vezetőképesség (µS/cm)             | 771        | 875        | 740        | 864        | 713        | 743        | 816        | 740        |
| Szaturáció (%)                     | 85,2       | 63,3       | 52         | 108        | 58         | 83,5       | 58,4       | 76,2       |
| O <sub>2</sub> koncentráció (mg/l) | 6,26       | 6,69       | 4          | 12,21      | 4,43       | 8,94       | 5          | 8,16       |
| Hőmérséklet (°C)                   | 29,63      | 11,49      | 27,2       | 9,4        | 28         | 11,3       | 22,22      | 10,5       |
| NO <sub>3</sub> (mg/l)             | <1.0       | 0          | 2,1        | 2          | <1.0       | 0          | 1,9        | 0          |
| NO <sub>2</sub> (mg/l)             | 0,01       | 0,07       | >0.15      | 0,02       | 0,03       | 0,02       | 0,09       | 0,02       |
| NH <sub>4</sub> (mg/l)             | <0.1       | <0.1       | <0.1       | 0          | 0,2        | 0          | 0,1        | 0          |
| PO <sub>4</sub> (mg/l)             | 0,4        | 1,8        | 0,3        | 0,3        | 0,5        | 0,6        | 0,5        | 0          |
| Klorofill-a (µg/l)                 | 20,8       | 6          | 22,4       | 34         | 72,6       | 37,9       | 15,8       | 66,2       |
| cianobakteriális klorofill (µg/l)  | 2,1        | 0          | 1,5        | 4,8        | 24,2       | 3,2        | 0          | 17,8       |

### 3.1.2 Eger-víz-patak

#### 3.1.2.1 Természetföldrajzi és mintavételi helyek jellemzése

A Veszprém vármegyei Eger-patak a Balaton-felvidéken, a Déli-Bakony területén ered, ahol a Vázsonyi-Séd patakkal egyesülve keresztülhalad az Eger-völgyön és a Tapolcai-medencén, mígnem a Balatonba ömlik Szigligetnél, a Badacsony közelében. Medrének egy része a Káli-medence Tájvédelmi Körzet északi határát követi. Balaton-felvidék leghosszabb, mintegy 32 km hosszú, felszíni vízfolyása. ([http.:1](http://1)) Iszapos medrű, egyes szakaszokon betonozott patak. Mederszélessége átlagosan 2-4 méter közötti.

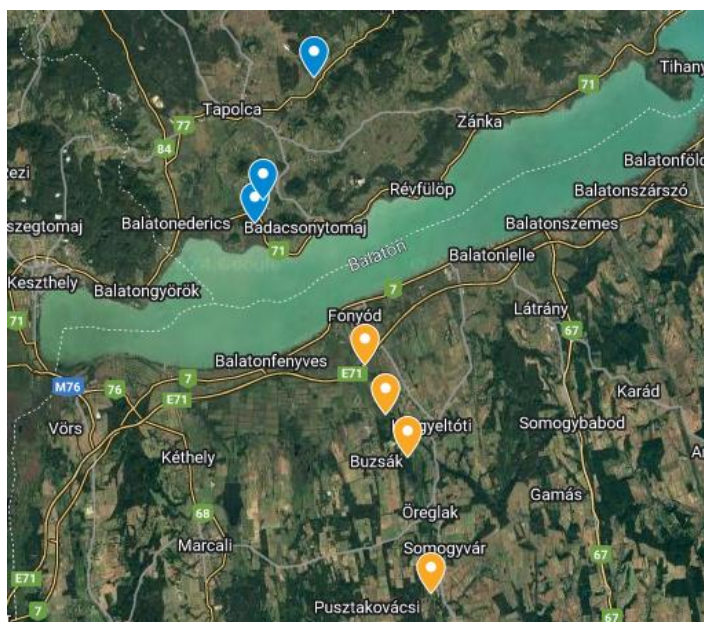
#### 3.1.2.2 Víztisztaság

2. táblázat: Eger-víz patak mintavételi pontjainak víztisztasága

|                                    | EGE-1      |            | EGE-2      |            | EGE-3      |            |
|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                                    | 2021.06.25 | 2021.10.13 | 2021.06.25 | 2021.10.13 | 2021.06.25 | 2021.10.13 |
| pH                                 | -          | 8,23       |            | 8,28       | -          | 8          |
| Vezetőképesség (µS/cm)             | 727        | 728        | 744        | 754        | 681        | 696        |
| Szaturáció (%)                     | 42,9       | 61,5       | 59,3       | 67,4       | 48,1       | 52,5       |
| O <sub>2</sub> koncentráció (mg/l) | 3,51       | 5,84       | 4,86       | 6,58       | 3,87       | 5,05       |
| Hőmérséklet (°C)                   | 24,37      | 17,02      | 23,11      | 16,19      | 24,85      | 15,91      |
| NO <sub>3</sub> (mg/l)             | <1.0       | <1.0       | 1,2        | 0          | 1,2        | <1.0       |
| NO <sub>2</sub> (mg/l)             | 0,03       | 0,01       | 0,02       | 0          | 0,1        | 0,02       |
| NH <sub>4</sub> (mg/l)             | -          | <0.1       | -          | 0          | -          | <0.1       |
| PO <sub>4</sub> (mg/l)             | 0,5        | <0.2       | 0,4        | 0          | 1,9        | <0.2       |
| Klorofill-a (µg/l)                 | 21         | 20,2       | 35         | 25,6       | 35         | 56         |
| cianobakteriális klorofill (µg/l)  | 1,8        | 0          | 4,7        | 0,1        | 4,7        | 0          |

### 3.2 A mintavétel menete

A mintavétel az NBmR, azaz Nemzeti Biodiverzitás monitorozó Rendszer által javasolt protokoll alapján történt (Sallai, 2020). A felmérésekre 2021. június 24-én és október 5-én az Eger-víz patak, valamint június 25-én és október 13-án a Pogány-völgyi-víz esetében került sor. A feldolgozott bodorka egyedek az Eger-víz esetében 3 (kék pontok a térképen), a Pogány-völgyi-víz esetén 4 (sárga pontok a térképen) mintavételi pontról származtak (**5. ábra**). Az Eger-víz-patak és a Pogány-völgyi-víz 4-es és 5-ös szakasza a River 1, a 3-mas pedig a River 2 kategóriába sorolható (Sallai et.al., 2019). Itt a halászat Hans-Grassl IG200 háti akkumulátoros halászgéppel történt. A Pogány-völgyi-víz 1-2-es szakasza már River 3 kategóriába sorolható. Ezeknél a pontoknál a halászat csónakból Hans-Grassl EL63 típusú aggregátoros halászgéppel történt. A mintavételi szakaszok gézolható vízfolyások esetében 3x50 méter, tehát 150 méter, míg csónakból történő mintavétel esetében 3x100m, azaz 300m hosszúak (Sallai, 2019).

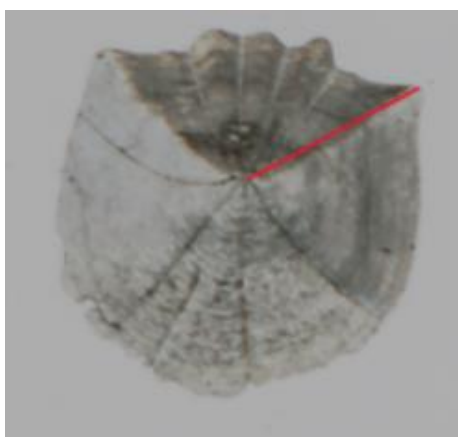


5. ábra: mintavételi pontok

A pikkelymintavétel minden hal esetében ugyanarról, a hátúszó első sugara és az oldalvonal közé húzott képzeletbeli szakasz felezőjének tájékáról történt. Feljegyzésre került a halak teljes testhossza (TL), ami az orrcsúctól a farokúszó végéig mért távolság mm-ben. A standard testhossz (SL), mely az orrcsúctól a farokúszó tövéig mért távolság szintén mm-ben. A halak testsúlya (W) grammban kifejezve, valamint boncolás után megállapításra került az egyedek ivara.

### 3.3 A minták feldolgozása

A pikkelyekről a nyálkát és a szennyeződésekkel etil-alkohol híg vizes oldatával eltávolítottam, majd két tárgylemez közé helyeztem. A lemezeket ragasztással rögzítettem, illetve egyedi azonosítóval láttam el. A mintákat magas felbontású (4800 dpi) Epson V850 pro, felső megvilágítású szkennerrrel digitalizáltam. ImageJ 1.54g program segítségével (Schneider 2012), valódi évgyűrűk alapján meghatároztam a halak életkorát, és lemértem az évgyűrűk távolságát a pikkelyfókusztól. Fontos, hogy minden pikkelyen ugyan abba az irányba történjen a mérés, mely jelen esetben a pikkelyfókusztól a pikkely jobb vállának irányába történt (**6. ábra**).



**6.ábra: 2+ éves bodorka pikkely mérésiránya**

Erre a növekedés modellezéséhez volt szükség. Először lineáris összefüggést feltételezve Dahl és Lea (1910) visszszámoltuk az évenként elért testhosszt:  $l_n = \frac{S_n}{S} * l$ , tehát ha az  $n$ -edik évgyűrű pikkelyfókusztól mért távolságát ( $S_n$ ) elosztom a pikkely teljes rádiuszával ( $S$ ) és ezt megszorozom a standard-testhosszal ( $l$ ), akkor megkapom a hal  $n$ -edik évben elért standard testhosszát ( $l_n$ ) (Bíró, 2011).

Ezek után a növekedést modelleztük Bertalanffy növekedési függvényével:  $L_t = L_{inf} [1 - e^{-K(t-t_0)}]$ . Ahol az „ $L_t$ ” a „ $t$ ” korú hal testhossza, az „ $L_{inf}$ ” az aszimptotikus testhossz, az „ $e$ ” a természetes logaritmus alapja, a „ $K$ ” a növekedési sebesség állandója és a „ $t_0$ ” pedig egy feltételezett időpont, amikor a hal mérete nulla (Ricker 1975, Bagenal és Tesch 1978).

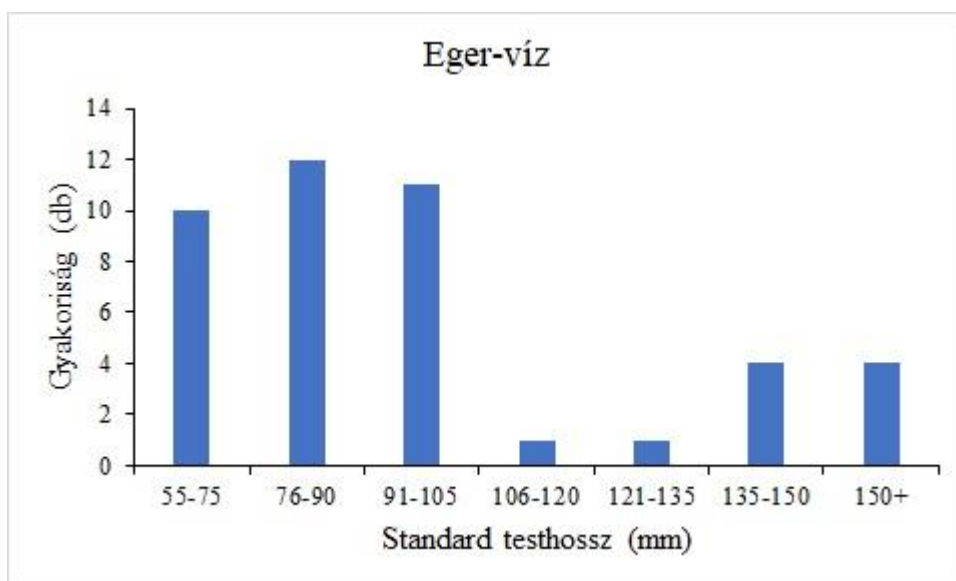
A testsúly-testtömeg összefüggését a következő képlettel írtuk le:  $W = aL^b$ , ahol  $W$  = a testtömeg,  $L$  = a standard testhossz,  $a$  = regressziós együttható és a  $b$  = egy általában 3 körüli hatványkitevő.

Fulton képletével számoltuk a halak kondícióját:  $K = W * 100 / SL^3$ . Fulton kondíciótényezője a „ $K$ ”, grammban megadott hal tömege a „ $W$ ” és a standard-testhossz pedig az „ $SL$ ”. Izometrikus növekedést feltételeztünk, ezért a hatványkitevőt 3-nak vettük (Tesch 1968, Ricker 1975).

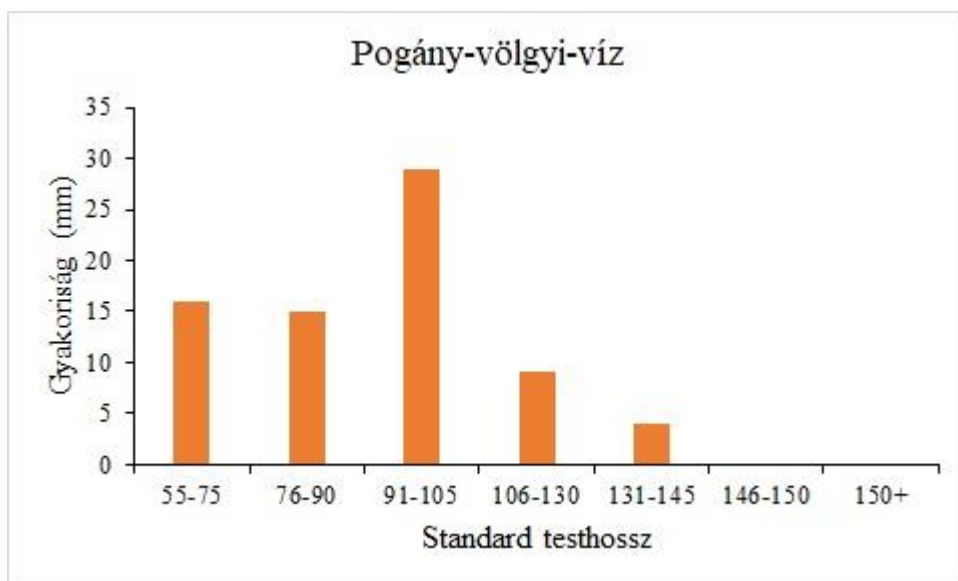
## 4 Eredmények és értékelésük

### 4.1 Életkor és hosszeloszlás

Az Eger-víz patakából (7. **ábra**) összesen 43 darab halról volt minta, a leggyakoribb korosztály az 1+, melyhez főként a 70-90 mm standard testhosszúságú halak tartoznak. A Pogány-völgyi-vízen (8. **ábra**) valamivel több, 73 darab bodorkát vizsgáltunk. Itt a domináns testhossz 90-105 mm, ahova többségében 2+ éves halak tartoznak. Jól látható, hogy az Eger-víznél gyakorlatilag hiányoznak a 110 és 140 mm közötti halak, a Pogány-völgyi-víznél ez a mérettartomány nem hiányzik, viszont a halászat során nem sikerült 130 mm-nél hosszabb bodorkát fogni.



7. ábra: Eger-víz patak populációjának hosszeloszlása

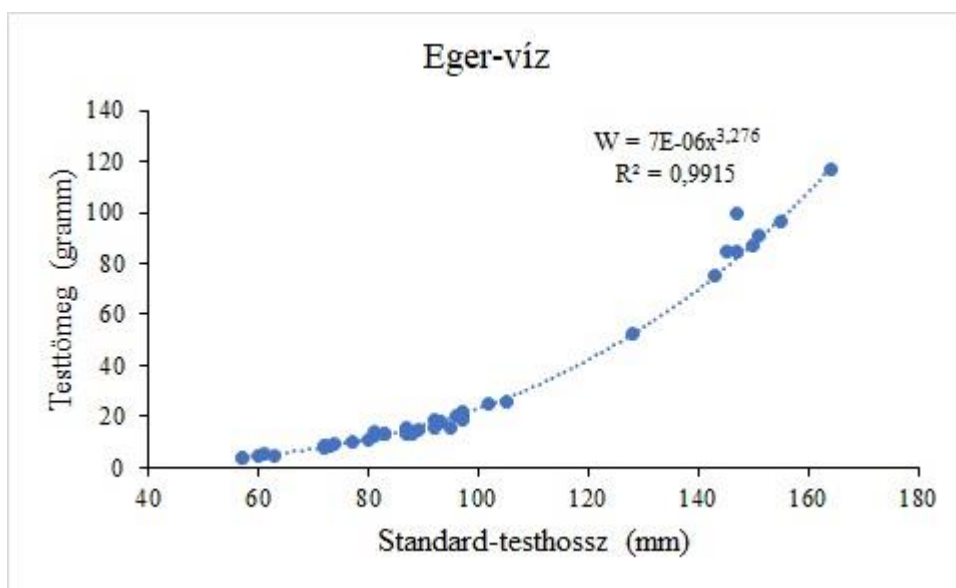


**8. ábra: Pogány-völgyi-víz populációjának hosszeloszlása**

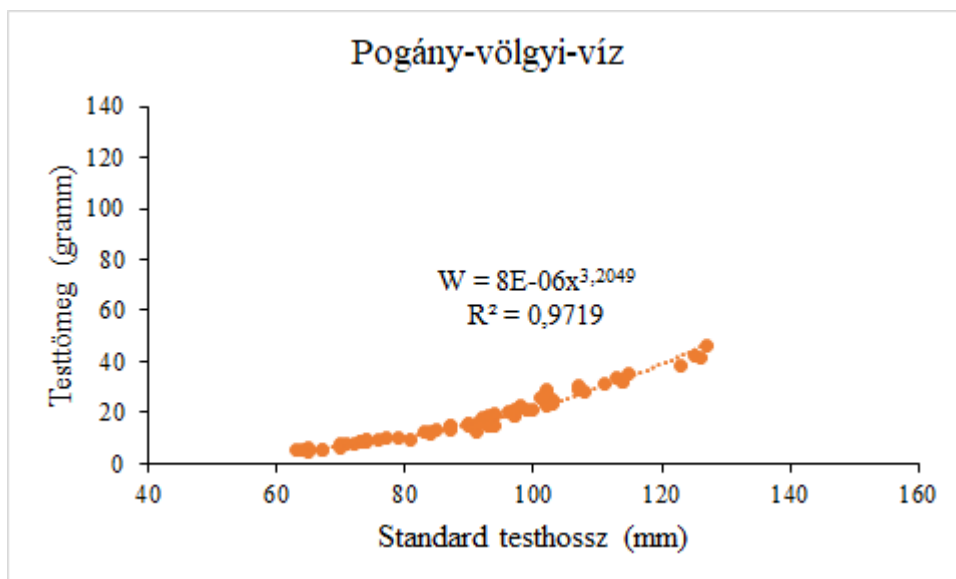
A hossz eloszlások alapján megfigyelhető, hogy az Eger-vízben a kisebb, 65–90 mm közötti standard testhosszúságú egyedek vannak túlsúlyban, míg a Pogány-völgyi-vízben a 91–105 mm hosszúságú halak dominálnak. az Eger-víz patakban a 106–135 mm-es testhosszúságú halak száma mindössze két példányra korlátozódott, míg a Pogány-völgyi-vízben lényegesen több ilyen méretű halat találtunk. Érdekes módon azonban a Pogány-völgyi-vízből nem sikerült 135 mm feletti egyedet befogni, ami különbséget mutat a két populáció maximális méretei között.

## 4.2 Testhossz-testtömeg összefüggések és kondíció

A testhossz-testtömeg leíró képlete a  $W = a * L^b$ . Az Eger-víz pataknál (9. ábra) az „a” értéke 0,00007 még a Pogány-völgyi-víznél (10. ábra) 0,00008. A „b” értékek sem megegyezők, viszont csak kis mértékben különböznek: az előbbinél 3,276 még az utóbbinál 3,2049, ebből a relatív kondícióra lehet következtetni. És mivel a b értéke nem egyenlő 3-mal ezért a növekedés allometrikus.



9. ábra: Testhossz-testtömeg összefüggés az Eger-víz patak populációjában



10. ábra: Testhossz-testtömeg összefüggés a Pogány-völgyi-vízben

A kondícióvizsgálat eredményei, melyet Fulton képletével számoltuk, majd a kapott  $K$  értékeket átlagoltuk, az Eger-víz-patakban (EGE) a halak átlag kondíciója jobb: átlagosan 2,343. A Pogány-völgyi-vízben (POG) élő populáció kondíciója 2,137. A növekedés megállapításának érdekében megvizsgáltuk az azonos korú halak átlagos  $K$  értékét (**3. táblázat**).

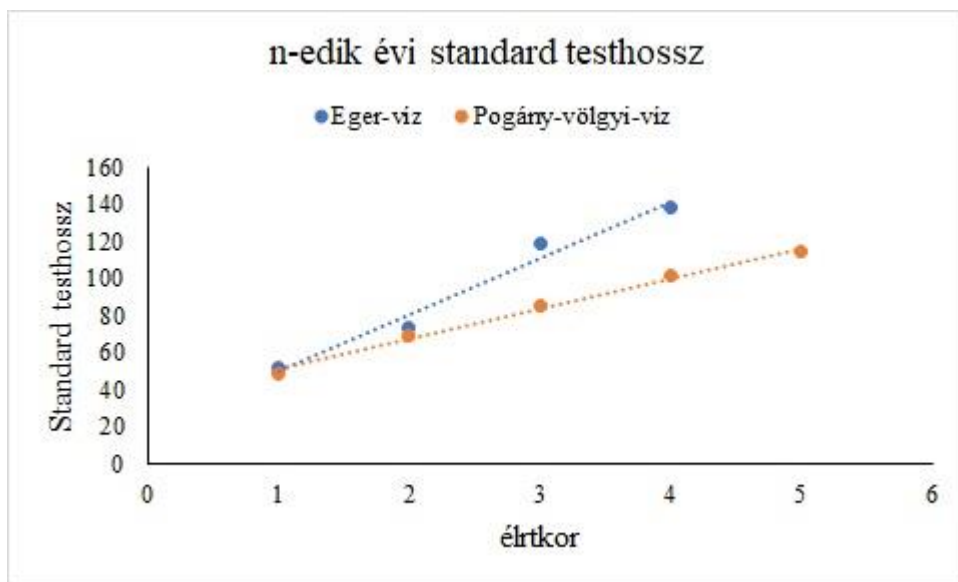
**3. táblázat: átlagos  $K$  értéke korosztályonként az Eger-víz és a Pogány-völgyi-víz populációjában**

| kor | 1+    | 2+    | 3+    | 4+    |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| EGE | 2,178 | 2,205 | 2,664 | 3,156 |
| POG | 2,061 | 2,136 | 2,256 | 2,16  |

A kondícióvizsgálat alapján látszik, hogy már az 1+ éves korosztályban kisebb eltérés van a populációk kondíciója között. A Pogány völgyi vízben az első négy évben csak kis mértékben növekedik, még a 4+ korosztály ismét gyengébb kondícióval bír. Ezzel szemben az Eger-víz patakban a kondíció folyamatosan nő, mely a halak gyors és nagy mértékű súlygyarapodását feltételezi.

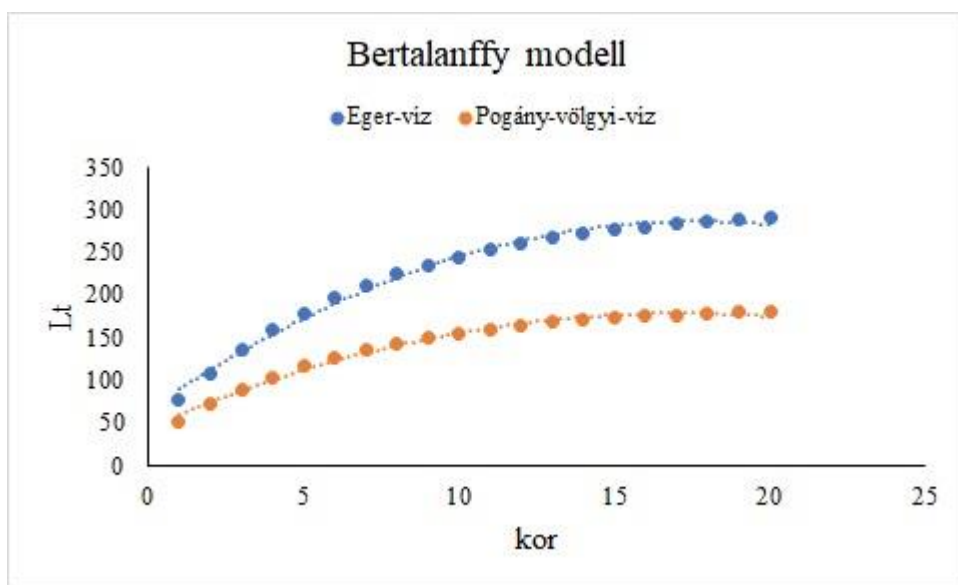
### 4.3 Növekedési ütem

A Dahl és Lea képletével visszaszámolt standard testhosszokat átlagolva a következő kaptuk (**11. ábra**). Melyből már lehet következtetni a növekedési ütemre, valamint a növekedési modell alapját szolgáltatja. Az Eger-víz patakból származó halaknál a 2+ és a 3+ korosztályban igen magas szórást tapasztaltunk. Az így kapott eredmények alapján megállapítottuk, hogy az Eger-víz patak halai feltételezhetően nagyobb végső méretet érnek el ( $L_{inf} = 304,3$ ), mint a Pogány-völgyi-víz ( $L_{inf} = 192,2$ ) populációja.



11. ábra: az n-edik évben elért testhossz a pikkelysugár alapján

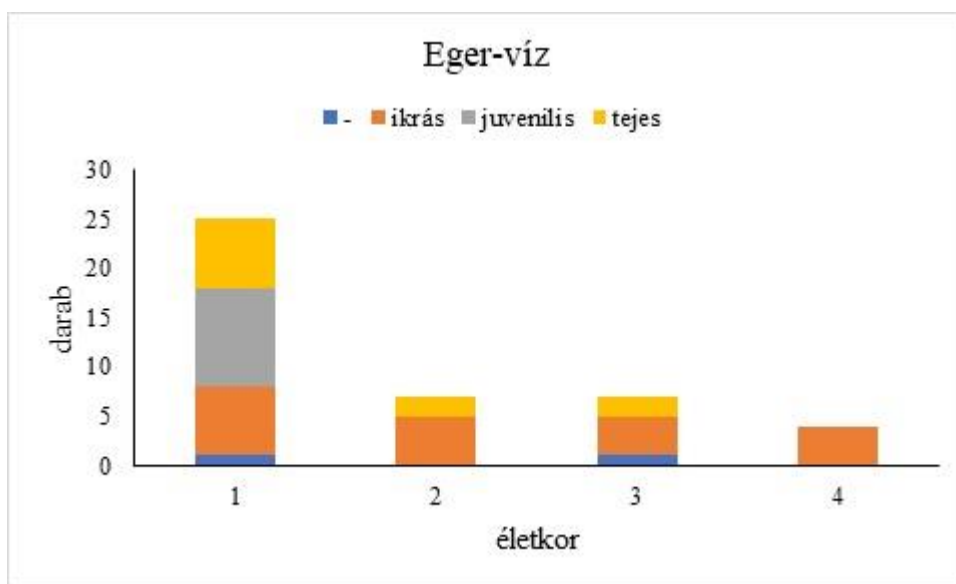
A két élőhely között az aszimptotikus testhossz lényegesen eltérő értékű. Ezen felül a növekedési sebesség állandója, tehát a  $K$  is jelentősen különbözik. Az Eger-víz patakban élő bodorka populáció Bertalanffy függvényével leírt növekedése:  $L_t = 304,3 * [1 - e^{0,1485(t-0,9707)}]$ . A Pogány-völgyi-vízben pedig:  $L_t = 192,2 * [1 - e^{0,1527(t-0,999)}]$ . Az 12. ábrán a két populáció növekedési görbéjét helyeztük.



12. ábra: Bertalanffy növekedési modellje a két vizsgált víztérben

## 4.4 Állományok összetétele

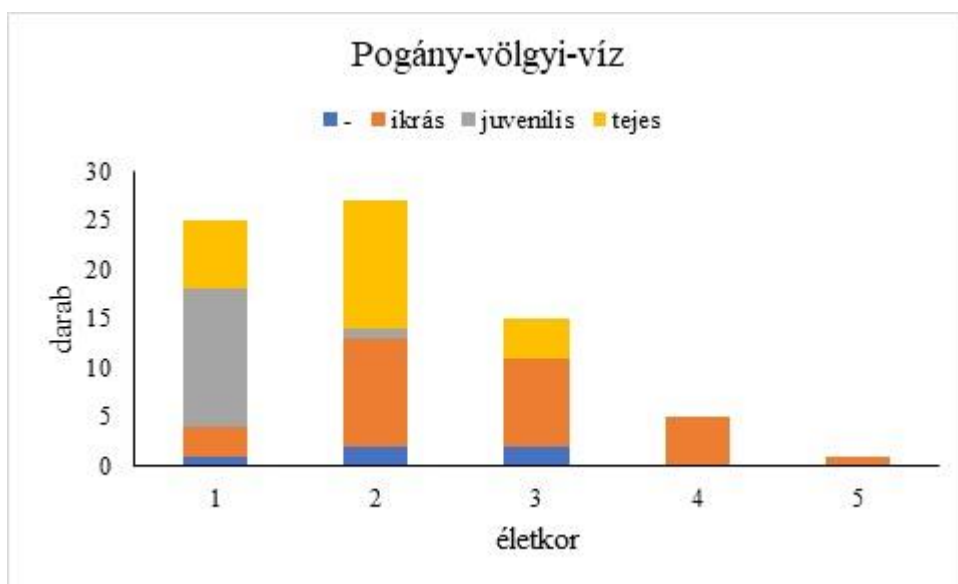
Először megvizsgáltuk, hogy a korosztályoként mennyi juvenilis, tejes és ikrás egyed van (12. és 13. ábra). Majd korosztályonként az ivarok kondícióját, melyet az 4. és 5. táblázatban foglaltam össze. Mindkét helyszínről 25-25 darab 1+ éves halat tudtunk vizsgálni. Az Eger-víz patakban az 1+ éves korcsoport dominált, míg a Pogány-völgyi-víz esetében a 2+ éves korosztályú halak voltak gyakoribbak.



12. ábra: ivari eloszlás sz Eger-víz patakban

4. táblázat: átlagos kondíció kor és ivar eloszlásban az Eger-víz patakban

| életkor   | 1+    | 2+    | 3+    | 4+    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| juvenilis | 2,107 |       |       |       |
| tejes     | 2,24  | 2,266 | 2,68  |       |
| ikrás     | 2,205 | 2,18  | 2,736 | 2,606 |



13. ábra: Ivari eloszlás a Pogány-völgyi-vízben

5. táblázat: átlagos kondíció kor és ivar eloszlásban a Pogány-völgyi-vízben

| életkor   | 1+    | 2+    | 3+    | 4+    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| juvenilis | 2,005 | 1,864 |       |       |
| tejes     | 2,129 | 2,152 | 2,186 |       |
| ikrás     | 2,12  | 2,163 | 2,325 | 2,142 |

Az ivari megoszlás vizsgálatokor kiderül, hogy a juvenilis egyedek, akiknél még nem fejlődtek ki az ivarszervek, nagyobb számban találhatók meg a Pogány-völgyi-vízben. Ezen a helyszínen az 1+ éves tejes egyedek (hímek) száma is meghaladta az ikrásokat (nőstényeket). Az Eger-víz patakban ezzel szemben az 1+ éves halak között azonos arányban voltak jelen a tejesek és az ikrások.

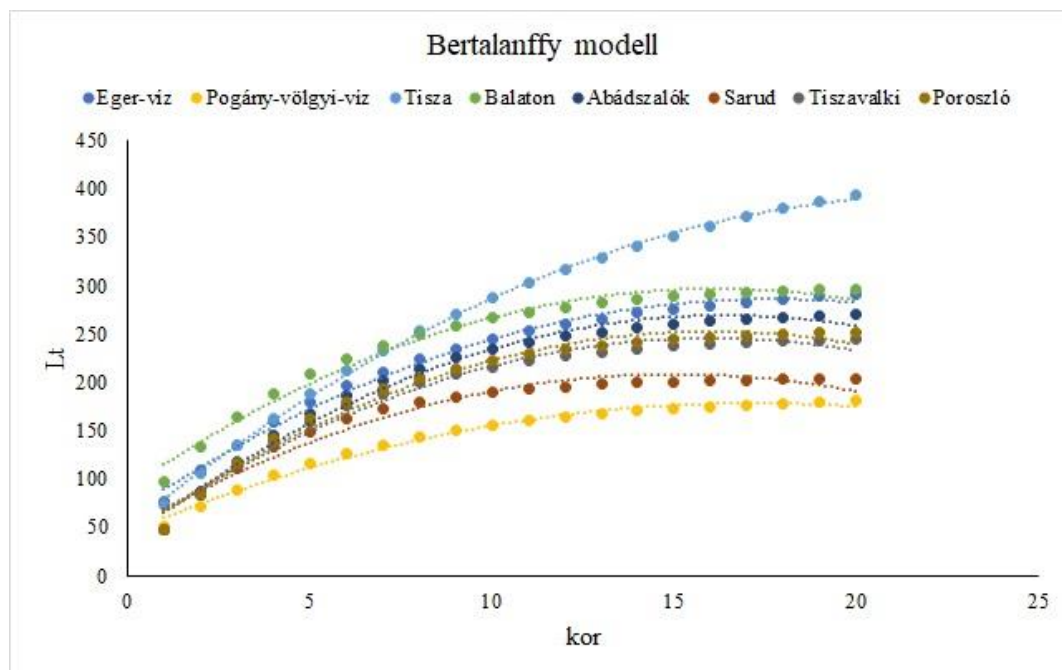
Az Eger-víz patak 2+ és 3+ éves korosztályaiban az ikrás egyedek dominanciája mutatkozott, ami arra utal, hogy ebben a vízfolyásban a nőstények száma magasabb. A Pogány-völgyi-vízben a 2+ éves egyedek között viszont kiegyenlítettebb arányt találtunk a tejesek és ikrások között, ráadásul itt még egy juvenilis egyed is előfordul, ami lassabb fejlődésre utal. A 3+ éves korcsoport mindkét vízfolyásban hasonló ivari arányokat mutatott, míg a 4+ évesnél idősebb hal mindkét esetben kizárólag ikrás egyed volt.

A kondícióelemzés további különbségeket fedett fel. Az 1+ éves korcsoportban mindkét vízfolyásnál a tejes egyedek mutatták a legjobb átlagos kondíciót. Az Eger-víz patak esetében a 2+ életkorú egyedek között is a tejesek kondíciója jobb, és csak a 3+ korosztályban múlják felül az ikrás halak a tejesek kondícióját. A Pogányvölgyi-vízben azonban más mintázatot figyeltünk meg: az idősebb korcsoportokban az ikrás egyedek kondíciója valamelyest jobb volt a tejesekénél. Ez a különbség a két vízfolyás eltérő környezeti feltételeire is utalhat.

#### **4.5 Eredmények összevetése más szakirodalmi adatokkal**

Magyar szakirodalmi adatokat összehasonlítva az Eger-víz patak bodorka populációjának növekedése csak kis mértékben marad el a balatoni állomány növekedésétől és az aszimptotikus testhossz pedig közel azonos (Specziár, 1996). A kezdeti növekedési ütem leginkább a Györe (1993) által vizsgált tiszai populációhoz hasonlít, viszont az ott becsült végleges testhossz lényegesen magasabb, mint az Eger-víz patakban. Az Abádszalóki-medencében vizsgált populáció csak kis mértékben mutat gyengébb növekedést, a Poroszlói-, Tiszavalki- és Sarudi-medencében szintén gyengébb növekedés látszik (Halasi-Kovács, 2014).

A Pogány-völgyi-víz egyedei a harmadik évtől gyengébb növekedést produkálnak, mint bármelyik magyar irodalomban megtalálható populáció. A legközelebb hozzá a Sarudi-medence bodorka populációja áll, mely első két évben szinte ugyan azt a növekedést éri el, a harmadik évtől is csak kicsivel növekedik jobban. A magyar és a nemzetközi szakirodalomban sem találtam olyan populációt, melynél a becsült aszimptotikus testhossz ilyen alacsony, csak ehhez közelítőt, de az összes 200 mm feletti érték volt. Hasonló eredményeket a Hutovo Blato vizes élőhelyek populációjánál találtam. A testsúly növekedés itt is allometrikus, viszont a becsült végleges testhossz alacsony, viszont az évenkénti növekedés nagyobb (Matić-Skoko 2010).



**14. ábra: Magyar bodorka populációk összehasonlítása Bertalanffy modellel**

## 5 Következtetések és javaslatok

Összességében elmondható, hogy az Eger-víz patakban élő bodorka populáció növekedése és kondíciója, összevetve más szakirodalmi adatokkal, jónak mondható. Ezzel szemben a Pogány-völgyi-vízben gyenge, a szakirodalmi forrásokkal történő összevetés alapján a leggyengébb. Ennek hátterében több tényező is állhat.

Az élőlények fenotípusos varianciáját, beleértve az egyedi növekedés ütemét több tényező határozza meg ( $V_f = V_g + V_e + V_{gxe}$ ). Szerepet játszik a genetikai variancia ( $V_g$ ), a környezet potenciális változatossága ( $V_e$ ), illetve ezen kettő kovarianciája (Oborny és Pásztor 2007). Ezek közül a genetikai és a környezeti komponens mérése napjainkban már nem okoz nehézséget, ugyanakkor a környezet és a genetikai (és epigenetikai) tényezők egymásra hatásaként értelmezett variancia továbbra is csak elméleti síkon értelmezhető. Ennek megfelelően az általam vizsgált élőhelyek esetében tapasztalható eltérések leegyszerűsítve vagy az eltérő genetikai háttér vagy pedig az eltérő környezet okozza.

A Balaton-vízgyűjtő bodorka populációinak genetikai hátteréről nem rendelkezünk ismeretekkel, azaz nem tudjuk, hogy a vízgyűjtő bodorkái valójában egy szaporodási közösségnek tekinthetők-e. A vízgyűjtőt tekintve vagy azt legalább érintve genetikai vizsgálatokat a közelmúltban fogassüllőn (Bánó et al. 2024), ezüstkárászon (Keszte et al. 2021), csukán (Takács et al. 2022), fenékjáró küllő fajkomplexen (Takács et al. 2014), illetve lápi pócon (Takács et al. 2015) végeztek. Ezen vizsgálatok többségükben arra engednek következtetni, hogy a Balaton-vízgyűjtő különböző élőhelyein előforduló halpopulációk genetikai háttere viszonylag egységesnek tekinthető. Ez alól kivétel az inváziós ezüstkárászon végzett vizsgálat (Keszte et al. 2021), amely felhívja a figyelmet, hogy a fajnak az egyik viszonylag zárt belvízöblözetnek tekinthető élőhelyen (Balatonőszödi-berek) elő populációja a genetikai izoláció jeleit mutatja. Ezek alapján tehát kizárni nem lehet, de nagyobb az esélye annak, hogy az általam vizsgált két bodorka populáció genetikai háttere között nincs akkora különbség, amely a növekedési ütemben tapasztalható jelentős különbséget okozhatná.

Nagyobb a valószínűsége tehát, hogy a regisztrált különbséget a két élőhely eltérő környezeti viszonyai okozzák. Az adott víztest tápanyag-ellátottságára következtethetünk egyrészt a mért oldott növényi tápanyag-koncentrációkból, másrészt a víz klorofill-a tartalmából. Ezen értékek

mindkét vízfolyás esetében átlagban magasnak tekinthetők, átlagos értékeik között a klorofill-a esetében statisztikai próbával igazolható különbség sincs. Ennek megfelelően a trofitásban való eltérés nem okozhat jelentős növekedési ütem különbséget.

Mivel a bodorka alapvetően omnivor halfaj (Specziár 2023) számos különböző táplálékbázist képes kihasználni. Hogy az adott élőhelyen mit fogyaszt, elsősorban a rendelkezésre álló táplálékforrás és a halállomány-összetétel határozza meg (Radenkovic et al 2023). Mindemellett ismeretes az is, hogy a bodorka esetében az eltérő táplálékforrások nem feltétlenül okoznak eltérést a növekedési ütemben (Hayden et al. 2014).

Összességében kijelenthető, hogy elvégzett vizsgálatom rámutatott a Balaton-vízgyűjtő két bodorka populációjának egy dinamikai paraméterében lévő fontos különbségre. A Pogányvölgyi- vízben tapasztalható lassabb növekedés oka a vizsgálatból rendelkezésre álló adatok alapján nem határozhatóak meg egyértelműen, így ennek felderítésére az alábbi vizsgálatokat javaslom:

1. Az egyes mintavételi szakaszokról külön-külön megfelelő mennyiségű minta begyűjtése és vizsgálata
2. Az egyes vízfolyás szakaszok mikroszennyező (különös tekintettel a hormonháztartást befolyásoló vegyületekre – ún. endokrin diszruptorok) terhelésének vizsgálata és a lehetséges hatásaik elemzése
3. A Balaton-vízgyűjtő bodorka-populációinak genetikai háttér elemzése.

## 6 Összefoglalás

A bodorka (*Rutilus rutilus*, Linnaeus 1758) hazánkban és egész Európában széles körben elterjedt halfaj, amely szinte minden víztérben megtalálható élőhely-generalista. Megjelenése jelentős varianciát mutat, amely a földrajzi és élőhelyi adottságoktól függ. Jelentős szerepe van a táplálékláncban, elterjedésének sikerességét széles táplálékspektrumának is köszönheti. A kutatás során a Balaton vízgyűjtő rendszerének két vízfolyásában, az Eger-víz patakban (északi part) és a Pogány-völgyi-vízben (déli part) vizsgáltuk a bodorka egyedi növekedési ütemét, testhossz-testtömeg összefüggését és kondícióját, valamint ezeket az adatokat összevetettük hazai és nemzetközi szakirodalmi adatokkal. A mintákat elektromos halászgéppel gyűjtöttük, és a helyszínen rögzítettük a vízkémiai paramétereket is. A laboratóriumi feldolgozás során pikkelymintákat vettünk az egyedek életkorának meghatározásához, valamint lejegyeztük a testhosszt, testsúlyt és az ivart. A növekedési ütemet Bertalanffy-modell segítségével, a kondíciót Fulton képletével határoztuk meg. A vizsgálatok eredményei alapján az Eger-víz patakban élő populáció növekedési üteme és kondíciója a hazai és nemzetközi szakirodalomban található adatokkal összehasonlítva jónak mondható, míg a Pogány-völgyi-víz populációja gyengébb eredményeket mutatott. A különbségek oka lehet genetikai háttérű és környezeti különbségek hatása is, de a rendelkezésre álló adatok alapján a Pogány-völgyi-vízben tapasztalt lassabb növekedés pontos oka nem határozható meg egyértelműen. További vizsgálatok szükségesek a különbségek okának feltárására, ideértve a megfelelő mennyiségű minták begyűjtését az egyes mintavételi szakaszokról, a mikroszennyezők terhelésének és annak lehetséges hatásainak vizsgálatát és a Balaton-vízgyűjtő bodorka-populációinak genetikai háttér elemzését.

## Irodalomjegyzék

- Bagenal, T. B., Tesch, F. W. (1978): Age and growth. Begenal, T. (ed.): Methods for assessment of fish production in fresh waters. 3rd ed. IBP Handbook No. 3, Blackwell Science Publications, Oxford, pp. 365.
- Bánó, B., Benedek, I., Zsolnai, A., Specziár, A., Takács, P., & Molnár, T. (2024). Population genetic structure of intensively exploited pikeperch (*Sander lucioperca*) in Lake Balaton (Hungary). *Hydrobiologia*, 851(3), 559-571.
- Berinkey L. (1966): Halak. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 136.
- Bhattacharya, C. G. (1967): A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics* 23/1: 115–135. 101–136 p
- Bíró P. (2011): Vizsgálati módszerek és értékelési eljárások a halbiológiában. Debreceni Egyetemi Kiadó. 271 p.
- Boeuf, G., & Le Bail, P. Y. (1999). Does light have an influence on fish growth?. *Aquaculture*, 177(1-4), 129-152.
- Bœuf, G., & Payan, P. (2001). How should salinity influence fish growth?. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 130(4), 411-423.
- Bolger, T., & Connolly, P. L. (1989): The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *Journal of Fish Biology*, 34(2), 171-182.
- Brosse, S., & Lek, S. (2000). Modelling roach (*Rutilus rutilus*) microhabitat using linear and nonlinear techniques. *Freshwater Biology*, 44(3), 441-452.
- Brüning, A., Kloas, W., Preuer, T., & Hölker, F. (2018). Influence of artificially induced light pollution on the hormone system of two common fish species, perch and roach, in a rural habitat. *Conservation Physiology*, 6(1), coy016.
- Bulbul Ali, A., & Mishra, A. (2022). Effects of dissolved oxygen concentration on freshwater fish: a review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 10(4), 113-127.
- Covert, S. A., Shoda, M. E., Stackpoole, S. M., & Stone, W. W. (2020). Pesticide mixtures show potential toxicity to aquatic life in US streams, water years 2013–2017. *Science of the total environment*, 745, 141285.
- Deane, E. E., & Woo, N. Y. (2009). Modulation of fish growth hormone levels by salinity, temperature, pollutants and aquaculture related stress: a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 19, 97-120.
- Falcon, J., Migaud, H., Munoz-Cueto, J. A., & Carrillo, M. (2010). Current knowledge on the melatonin system in teleost fish. *General and comparative endocrinology*, 165(3), 469-482.
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of applied ichthyology*, 22(4), 241-253.

- Fulton, T. W., (1904): The rate of growth of fishes. *Twenty-second Annual Report*, Part III. Fisheries Board of Scotland, Edinburgh, pp. 141–241.
- Geraudie, P., Gerbron, M., Hill, E., & Minier, C. (2010). Roach (*Rutilus rutilus*) reproductive cycle: a study of biochemical and histological parameters in a low contaminated site. *Fish Physiology and Biochemistry*, 36, 767-777.
- Györe K. (1995): Magyarország természetesvízi halai, Környezetgazdálkodási Intézet, pp.1-339.
- Hancz, C. (2007). Haltenyésztés. Egyetemi jegyzet. Kaposvár, 262 p.
- Harka Á. (2011). Tudományos halnevek a magyar szakirodalomban. – *Halászat* 104/3-4: 99-103.
- Harka Á. (2022): A bodorka a 2022-es év hala. *Halászati Lapok* 23. (2.) 8.
- Hayden, B., Massa-Gallucci, A., Harrod, C., O'grady, M., Caffrey, J., & Kelly-Quinn, M. (2014). Trophic flexibility by roach *Rutilus rutilus* in novel habitats facilitates rapid growth and invasion success. *Journal of Fish Biology*, 84(4), 1099-1116.
- Hellawell, J. M. (1972): The growth, reproduction and food of the roach *Rutilus rutilus* (L.), of the River Lugg, Herefordshire. *Journal of Fish Biology*, 4(4), 469-486.
- Herczeg, G. (2015): Fajon belüli adaptív változatosság: vizsgálatok a fenotípustól a genotípusig (Doctoral dissertation, Eötvös Loránd Tudományegyetem). 316 p.
- Herman O. (1887): A magyar halászat könyve, Magyar Természettudományi Társulat Budapest, reprint 2008, Homonnai kiadó, 860 pp.
- Https1: <https://veszprembalaton2023.hu/projekt/eger-viz-patakmuveszeti-orseg> (2024.10. 24)
- Juhász L. (2022): A bodorka. *Természetbúvár* 77. évfolyam 1. szám 20-21
- Katsanevakis, S., & Maravelias, C. D. (2008). Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and fisheries*, 9(2), 178-187.
- Kenneth D. Carlander (1950): HANDBOOK of FRESHWATER FISHERY BIOLOGY. WM. C. BROWN COMPANY U.S.A pp. 4-10.
- Keszte, S., Ferincz, A., Tóth-Ihász, K., Balogh, R. E., Staszny, Á., Hegyi, Á., Takács, P., Urbányi, B. & Kovács, B. (2021). Mitochondrial sequence diversity reveals the hybrid origin of invasive gibel carp (*Carassius gibelio*) populations in Hungary. *PeerJ*, 9, e12441.
- Keys, A. B., (1928): The weight-length relationship in fishes. *Proceedings of the National Academy of Science*, 14 (12). 922–925.
- Kondor, A. C., Molnár, É., Jakab, G., Vancsik, A., Filep, T., Szeberényi, J., Szabó, L., Maász, G., Pirger, Zs., Weiperth, A., Ferincz, Á., Staszny, Á., Dobosy, P., Horváthné, K., K., Hatvani, I., G., & Szalai, Z. (2022). Pharmaceuticals in water

- and sediment of small streams under the pressure of urbanization: Concentrations, interactions, and risks. *Science of The Total Environment*, 808, 152160.
- Lökkös, A. (2010). The water beetles (Coleoptera: Hydradephaga, Hydrophiloidea) of the Nagy-berek area, Lake Balaton, Hungary. *Natura Somogyiensis*, (17), 157-170.
- Lux, F. E. 1971. Age determination of fishes (Revised). U.S. Natl. trfar. Fish. Serv. Fish. Leall. 637.
- Mann, R. H. K. (1973): Observations on the age, growth, reproduction and food of the roach *Rutilus rutilus* (L.) in two rivers in southern England. *Journal of Fish Biology*, 5(6), 707-736.
- Matić-Skoko, S., Tutman, P., Dulčić, J., Prusina, I., Đodo, Ž., Pavličević, J., & Glamuzina, B. (2011). Growth pattern of the endemic Neretvan roach, *Rutilus basak* (Heckel, 1843) in the Hutovo Blato wetlands. *Journal of applied ichthyology*, 27(3), 813-819.
- McCurdy W. J., Panfili J., Meunier F., Geffen A.J., Ponrual de H. (2002): Preparation of calcified structures In: Panfili, J., Pontual H. (de), Troadec H., Wright P.J. (ed.) Manual of fish sclerochronology. Brest, France: Ifremer-IRD coedition, 464p., 331-355p.
- Móra A., Bodai P., Csabai Z., Cser B., Deák Cs., Papp L., (2007): A Balaton környéki kisvízfolyások makroszkópikus gerinctelen faunája. *Acta Biologica Debrecina. Supplementum Oecologica Hungarica* 16: 105–167.
- Parker, R. A. (1974). Empirical functions relating metabolic processes in aquatic systems to environmental variables. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 31(9), 1550-1552.
- Pénzes B., (2004): Halaink. Osiris Kiadó, Budapest., 201-204
- Persson, L., & Greenberg, L. A. (1990). Juvenile competitive bottlenecks: the perch (*Perca fluviatilis*)-roach (*Rutilus rutilus*) interaction. *Ecology*, 71(1), 44-56.
- Pintér K. (1989): Magyarország halai. Biológiájuk és hasznosításuk. Akadémiai Kiadó, BP., 57-59
- Pintér K. (2002): Magyarország halai. Akadémiai Kiadó, BP., 116-118
- Radenković, M., Milošković, A., Stojković Piperac, M., Veličković, T., Curtean-Bănăduc, A., Bănăduc, D., & Simić, V. (2023). Feeding patterns of fish in relation to the trophic status of reservoirs: A case study of *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) in five fishing waters in Serbia. *Fishes*, 9(1), 21.
- Rossier, O., Castella, E., & Lachavanne, J. B. (1996). Influence of submerged aquatic vegetation on size class distribution of perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*) in the littoral zone of Lake Geneva (Switzerland). *Aquatic Sciences*, 58, 1-14.
- Sallai Z., Varga I. & Erős T. (2019): Halközösségek monitorozása Magyarország különböző típusú állóvízeiben és vízfolyásokban (2001-2018). In: Vácz O. Varga I. & Bakó B. (szerk.) 2019: A Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer eredményei II. – Gerinces állatok. Körös-Maros Nemzeti Park Igazgatóság, Szarvas, p. 157-179.

- Somogyi D., Antal L., Nyeste K., (2022): Az év hala, a bodorka. *Honismeret* 2022/2 1. évfolyam 88-89.
- Specziár A., (2024): Bodorka. In: Ferincz Á. Staszny Á. Dérer I. Urbányi B. (szerk.) 2024: Magyar Halkönyv. p. 180-183.
- Staszny, A., Dobosy, P., Maasz, G., Szalai, Z., Jakab, G., Pirger, Z., Szeberényi, J., Molnár, É., Pap, O. L., Juhász, V., Weiperth, A., Urbányi, B., Kondor, Cs. A. & Ferincz, A. (2021). Effects of pharmaceutically active compounds (PhACs) on fish body and scale shape in natural waters. *PeerJ*, 9, e10642.
- Takács, P., Bánó, B., Czeglédi, I., Erős, T., Ferincz, Á., Gál, B., Bánó-Kern, B., Kovács, B., Nagy, A. A., Nyeste, K., Lente, V., Preiszner, B., Sipos, S., Staszny, Á., Vitál, Z., Weiperth, A. & Csoma, E. (2022). The mixed phylogenetic origin of northern pike (*Esox lucius* Linnaeus 1758) populations in the Middle Danubian drainage. *BMC zoology*, 7(1), 28.
- Takacs, P., Bihari, P., Erős, T., Specziar, A., Szivak, I., Biro, P., & Csoma, E. (2014). Genetic heterogeneity reveals on-going speciation and cryptic taxonomic diversity of stream-dwelling gudgeons (Teleostei, Cyprinidae) in the middle Danubian hydrosystem (Hungary). *PLoS One*, 9(5), e97278.
- Takács, P., Erős, T., Specziár, A., Sály, P., Vitál, Z., Ferincz, Á., Molnár, T., Szabolcsi, Z., Bíró, P. & Csoma, E. (2015). Population genetic patterns of threatened European Mudminnow (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) in a fragmented landscape: implications for conservation management. *PLoS One*, 10(9), e0138640.
- Tesch, F. W., (1968): Age and growth. In: *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. W. E. Ricker (Ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 93–123.
- Tessema, W. (2020). Review on parasites of fish and their public health importance. *ARC J. Anim. Vet. Sci*, 6, 23-27.
- Tóth S. (2004): Adatok a Balatonba torkolló kis vízfolyások kétszárnyú (diptera) faunájához. *Folia musei historico-naturalis bakonyiensis. A bakonyi természettudományi múzeumi közleményei* 21-2004; 155-171
- Troadec H., Benzinou A. (2002): Computer-assisted age estimation In: Panfili, J., Pontual H. (de), Troadec H., Wright P.J. (ed.) Manual of fish sclerochronology. Brest, France: Ifremer-IRD coedition, 464p., 199-244p.
- Zarkami, R., Sadeghi, R., & Goethals, P. (2014). Modelling occurrence of roach “*Rutilus rutilus*” in streams. *Aquatic Ecology*, 48, 161-177.

## NYILATKOZAT

### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kistamás Péter  
A Hallgató Neptun kódja: VOO5GI  
A dolgozat címe: A bodorka (*Rutilus rutilus* L.) két populációjának növekedési ütem és kondíció vizsgálata a Balaton-vízgyűjtőn  
A megjelenés éve: 2024  
A konzulens intézetének neve: Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Természetesvízi Halökológiai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: 2024 év 11 hó 12 nap



Hallgató aláírása

## NYILATKOZAT

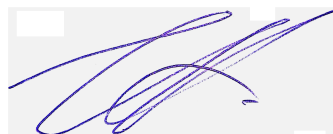
Kistamás Péter (név) (hallgató Neptun azonosítója: VOO5GI) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót<sup>1</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre **javaslom / nem javaslom<sup>2</sup>**.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz:

igen nem\*<sup>3</sup>

Kelt: 2024 év 11 hó 12 nap



\_\_\_\_\_

belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendő.