

A süllő (*Sander lucioperca* L.) domesztikációja és intenzív nevelése során fellépő változások - Irodalmi áttekintés

Changes occurring during the domestication and intensive culture of the pikeperch (*Sander lucioperca* L.) - Literature review

MOLNÁR Tamás – MARTON Csaba – BENEDEK Ildikó – URBÁNYI Béla

ÖSSZEFOGLALÁS

Az Európai akvakultúra diverzifikációja és gazdaságossági megítélése szempontjából is kiemelt fontosságú süllőn az elmúlt két-három évtizedben végzett domesztikációs munka lehetővé tette a faj intenzív nevelését. Jelenleg a domesztikáció utolsó előtti lépcsőjén áll, miszerint a termelése már intenzíven megoldott, de szelekciós programok még nem indultak vele. Az intenzív nevelés hatására más fajokhoz hasonlóan megváltozott az anyagcsere, és felgyorsult növekedés volt megfigyelhető, befolyásolva ezzel a vázizomzat működését, struktúráját, összetételét. Az intenzív nevelés gyengébb reprodukciós paramétereket eredményezett, azonban az újabb irodalmak már a domesztikált állományok sikeres hormonindukált szaporításról számolnak be. A süllő esetében a stressz és a pelletált takarmányra szoktatás jelenti az egyik legnagyobb kihívást a folyamat során, melyek esetében a domesztikáció jobban teljesítő, de stresszre érzékenyebb egyedeket hozott létre, és megváltoztatta a faj táplálkozási viselkedését. A pelletált táplálékra való áttérés nem kontrollált szelekciót okoz a lárvanevelés során, mely genetikailag is nyomon követhető, és befolyásolja az explorációs képességet is. Az intenzíven nevelt egyedek élő zsákmányon való predációja gyengébb, azonban megfelelő környezet-gazdagítással javítható. A genetikai kutatások igazolták génexpressziós szinten is a megváltozott anyagcserét és vizsgálták a stressz hatását, rámutatva az immunrendszert érintő változásokra is. A jelen irodalmi összefoglalás a folyamat során a fajnál bekövetkezett változásokat gyűjti össze, hogy háttérrel biztosítson a most kezdődő szelekciós programok kialakításához.

Kulcsszavak: süllő, domesztikáció, viselkedés, genetikai változások

Summary

Objective: The pikeperch is of key importance in terms of diversifying and economic assessment in European aquaculture. Thanks to domestication efforts, it has been intensively farmed over the past two to three decades. It is currently in the penultimate stage of domestication, meaning that its production has been well established, but breeding programmes have not yet been initiated.

Literature review: As with other species, intensive farming has altered metabolism and accelerated growth, affecting the function, structure, and composition of skeletal muscle. Intensive farming has resulted in weaker reproductive parameters, but recent literature reports successful hormone-induced reproduction in domesticated stocks. In the case of pikeperch, stress and habituation to pelleted feed are among the greatest challenges in the domestication process. Domestication creates individuals that perform better but are more sensitive to stress, and it also changes the species' feeding behaviour. The transition to pellet feed causes uncontrolled selection during larval rearing, which is genetically detectable and affects exploratory ability. Intensively reared individuals are less successful at predating live prey, but this can be improved through environmental enrichment. Genetic research has confirmed altered metabolism at the gene expression level and examined the effects of stress on the immune system.

Conclusions: This literature review summarises the changes that have occurred in the species during this process, providing background information for the development of selection programmes, which are just beginning.

Keywords: pikeperch, domestication, behaviour, genetic changes

1. Bevezetés, domesztikáció az akvakultúrában

A halászatból származó fogások az 1980-as évek vége óta meglehetősen stabilak, de az emberi fogyasztásra szánt halak növekvő kínálatának fő forrása mára már az akvakultúra. A halak diverzifikációja az egyik módja a növekvő akvakultúra-termelés támogatásának, ami új fajok domesztikációját igényli. Egy új faj házasítása hosszú, nehéz és költséges folyamat, és gyakran empirikus úton történik (*Teletchea és Fontaine, 2014*). A házasítást a generációk során bekövetkező genetikai változások, minden generációban ismétlődő fejlődési folyamatok (pl. az ismétlődő környezeti események által kiváltott tanulás) és az egyes biológiai tulajdonságokat befolyásoló, a fogságban alkalmazott, tartási módok valamilyen kombinációjával érik el (*Price, 1999*). Egyes változásokat az emberek nem tudnak könnyen kontrolálni, mint például a beltenyésztést és a genetikai sodródást, amelyek az egyes generációkban használt tenyészállatok számától függenek.

A halak domesztikációja azonban eltér más haszonállatokétól. A biológiai alapját a csontos halaknál bekövetkezett múltbéli genom duplikációból adódó rendkívül magas genetikai diverzitás biztosítja (*Glasauer és Neuhaus, 2014*). A FishBase több, mint 35 800 halfajt azonosít (*Froese és Pauly, 2024*), ami egy potenciálisan nagy bázist jelent a domesztikáció számára. Azonban, a legjobb jelöltek azonosítása érdekében szükséges számos szempontot figyelembe venni, mint például kereskedelmi értékük, a termelési költségük, húsminőségük, fogságban való nevelhetőségük, valamint a már tenyésztett vagy házasított fajokkal szembeni előnyeik (*Milla és mtsai, 2021*). Ezeket is figyelembe véve a domesztikált fajok száma alacsony, mintegy harminc faj (tíz családból), amely ma domesztikáltnak tekinthető (*Teletchea, 2021*). Nehéz azonban egyértelműen meghatározni, hogy mi számít házasítottnak a halak esetében. A haltermelés tenyésztési rendszereinek palettája széles, a tavakban történő termeléstől a recirkulációs akvakultúra-rendszerekben (RAS) történő intenzív termelésig terjed, amelyek mindegyike a házasítás egy-egy sajátos útját kínálja (*Fontaine és Teletchea, 2019*). A halak házasítását így dinamikus és végtelen folyamatként határozhatjuk meg, amely akkor kezdődik, amikor az egyedeket eredeti vad élőhelyükről mesterséges körülmények közé helyezik át. *Teletchea és Fontaine (2014)* által megalkotott osztályozás öt domesztikációs szintet különböztet meg: az 1.-es a legkevésbé házasított, az 5-ös a leginkább házasított, és a 0. szint pedig a domesztikálatlan, halászatához használt vad állományokat jelöli.

Az akvakultúra rendszerek méretükben kisebbek és kevésbé komplexek a természetes környezethez viszonyítva, azonban a populációk sokkal népesebbek, ami a szociális interakciók gyakoriságát és természetét befolyásolja, sokszor az egyed számára nem kedvező módon. A kultúr környezet így egyrészt csökkenti a szelekciós nyomást egy sor tulajdonság esetében, azonban megnöveli másikat tekintetében. A mesterséges környezet a domesztikációs szindróma megjelenéséhez vezet, olyan életmód mintázatokhoz, melyek az erőforrásokat a növekedésre és szaporodásra helyezik át, szemben a komplex és kiszámíthatatlan természetes környezetben preferált tulajdonságokkal, mint a táplálékszerzés és predátor elkerülés. A mesterséges környezet alapvetően egy felgyorsult élettempót eredményez, ami a tenyésztési szempontból előnyös gyorsabb növekedéssel jár együtt (*Lorenzen és mtsai, 2012*).

A fejlődési változások elsősorban a felgyorsult életmenet és a technológiai nem megfelelőségek miatt lépnek fel. Ezen változások egyik jelentős hányada a viselkedéssel kapcsolatos. Egy másik terület a testösszetétel megváltozása, mely elsősorban a test zsírtartalmát érinti, és azon belül is nem csak a mennyiséget, de a minőséget (magasabb MUFA és alacsonyabb PUFA tartalom) is. A fejlődési változások által érintett harmadik terület a szaporodással összefüggő tulajdonságok, így a korai ivarérettség, és a csökkent reprodukzív teljesítmény a domesztikált állományokban a vadhoz képest, mely az alacsonyabb szexhormon szintekben, és alacsonyabb GSI, ovulációs ráta, termékenyülés és lárvá megmaradásban nyilvánul meg (Milla és mtsai, 2021).

2. A süllő domesztikációja

A Percidae család az édesvízi akvakultúra diverzifikációja szempontjából az egyik legfontosabb család. A süllő (*Sander lucioperca* L.), e család egyik nagy testű faja, kulcsszerepet játszik az európai vízi ökoszisztémákban és értékes erőforrást jelent a recirkulációs akvakultúra-rendszerek (RAS) számára (FAO, 2025). A süllő esetében a domesztikáció jelenleg a 4. szinten tart, a szelekciós programok kialakítása még csak most kezdődik el. A domesztikáció hatásának tükrében, az első vizsgálatok a halak testösszetételére irányultak. A tenyésztett süllő testében háromszor annyi zsír volt (2,87%), mint a vadon élő halakéban, és a filé EPA és DHA tartalma jelentősen magasabb volt, a magas zsírtartalomnak köszönhetően (Jankowska és mtsai, 2003). Növényi olaj kiegészítés csökkentő hatással volt a telített zsírsavak összegére, és növelte az olajsav és az α -linolénsav arányát a filében. A többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) összesített aránya azonban állandó maradt (Molnár és mtsai, 2006). Egy újabb kutatásban, TöniBen és mtsai (2024) kifejlett tavi és RAS-ban nevelt és süllő vázizomzatának paramétereit vizsgálták meg. Az elemzések kiterjedtek a biokémiai jellemzőkre (nukleinsav-, fehérjetartalom), az enzimaktivitásokra (kreatin-kináz, laktát-dehidrogenáz, NADP-függő izocitrát-dehidrogenáz), az izomspecifikus gének és fehérjék expressziójára), valamint az izomrostok szerkezetére. Az eredmények egyértelmű különbségeket mutatnak a vadon élő és a tenyésztett süllő vázizomzata között. A vadon élő süllőknél megfigyelt magasabb enzimaktivitás az izmok nagyobb metabolikus aktivitására utal. Ezzel szemben a tenyésztett süllőknél az izomzat erőteljes növekedésére utaló jeleket találtak.

Az intenzíven nevelt és a vadon nevelt süllőtől származó lárvák tavi előnevelése után a tápraszkoltatást követően az ivadékok RAS-ban való teljesítményét vizsgálta Ljubobratović és mtsai (2018). A vad szülőktől származó halak nagyobb sikert és túlélést mutattak a pelletált táplálékhoz való hozzászoktatás időszakában, mint az intenzíven nevelt szülőktől származók. A hat hetes intenzív nevelés után az intenzíven nevelt szülőktől származó ivadékok szignifikánsan magasabb fajlagos növekedési rátát mutattak. Úgy tűnik, hogy a korai háziasításnak nincs pozitív hatása a tóban nevelt ivadékok átszoktatására, azonban, a tenyésztett állományból származó ivadékok megfelelőbb alapot jelentenek az intenzív továbbneveléshez. Péter és mtsai (2023) az egy generációnyi domesztikáció hatását vizsgálta a süllőnél. Kísérletükben az F_1 generáció közvetlenül vad szülőktől, míg az F_2 generáció tavi kultúrában nevelt szülőktől származtak, és ezek teljesítményét vizsgálták RAS rendszerben. A száraz takarmányhoz való szoktatás során az F_1

halak mind a növekedés, mind a túlélés tekintetében gyengébbek voltak az F_2 halakhoz képest. A stressz- és immunológiai markerelemzés az F_1 -hez képest nagyobb stresszérzékenységet mutatott ki az F_2 generációban, amelyhez erősebb immunrendszer-aktiváció társult. Ez magasabb kortizol- és immunglobulin-válaszban nyilvánult meg, már a halak áthelyezését követően.

A szaporodás tekintetében az irodalmi adatok nem egységesek, azonban látható, hogy a módszer fejlesztések eredményeképpen az újabb publikációk már sikerről számolnak be. Legelőször *Khendek és mtsai* (2018) hasonlította össze a tavi nevelt és tisztán recirkben nevelt süllők hormonindukált szaporíthatóságát. A vizsgálatukban a vad csoport sikeresen szaporodott, míg a tenyésztett csoport egyáltalán nem. A program során mind a hímek, mind a nőstények gonadoszomatikus mutatói, valamint a szexuáliszteroidok szignifikánsan magasabbak voltak a vadon élő halak esetében. A génextpressziós elemzés a tenyésztett nőstények esetében szignifikánsan alacsonyabb LH transzkript szinteket, a hímek esetében, pedig alacsonyabb FSH transzkript szinteket mutatott ki. Ezt követően *Falahatkar és mtsai* (2024) vizsgálták a hormonindukció hatását a vad és domesztikált süllő szaporodására. Az eredményeik azt mutatták, hogy bár minden vadon fogott nőstény reagált az LHRHa2-re, a készítmény egyetlen tenyésztett nősténynél sem volt hatásos, és a többi hormon kezelésben (hCG, ponty hipofízis) is rosszabb eredményt mutattak. Valamennyi hormonkezelés a tenyésztett halak kortizol- és glükokortikoidjainak emelkedését mutatta, míg a plazma kortizol szintje jelentősen csökkent az ovulációt követően a vadon élő csoportokban. *Falahatkar és mtsai* (2025) vizsgálata azonban már bizonyította, hogy a házasított süllők 2 éves korban is ívhatnak, és fogságban tartott körülmények között még további évekig képesek ikrát termelni. Azonban a halak ívásra való felkészültségét és a fészkek minőségét (az ikrával borított fészkek felülete) meglehetősen befolyásolta a halak életkora, míg a megtermékenyítési és kelési arányokban nem találtak jelentős eltéréseket a különböző életkorok között.

3. A süllő intenzív nevelése és annak hatása a viselkedésre

Az elmúlt 30 évben, a süllő intenzív RAS nevelésével kapcsolatban a kutatási aktivitás erőteljes volt, bár az eredmények sokszor ellentmondásokat tartalmaztak. *Policar és mtsai* (2019) összefoglaló munkájában a sügérfélék lárvaneveléssel kapcsolatosan az alábbi optimális paramétereket adja meg, azonban a megadott paraméterek széles tartományokat írnak le, és a tenyésztési fázis végtermékeként előállított korai fiatal egyedek túlélési aránya és minősége is jelentősen ingadozó 20-80% közötti. Ezért a lárvák és a korai ivadékok nevelését folyamatosan optimalizálni szükséges a jövőben. A lárvanevelést követő nevelési periódus recirkulációs rendszerben szintén részletesen kutatott terület. Számos tanulmány értékelte a hőmérséklet (*Rónyai és Csengeri*, 2008; *Wang és mtsai*, 2009), a fényintenzitás (*Luchiarini és mtsai*, 2006; *Kozłowski és mtsai*, 2010), a vízminőség (*Schram és mtsai*, 2014), a táplálkozási gyakoriság (*Zakęs és mtsai*, 2006; *Wang és mtsai*, 2009; *Pěnka és mtsai*, 2023, 2024; *Kozłowski és Piotrowska*, 2024a), a takarmánypellet mérete (*Mattila és Koskela*, 2017; *Kozłowski és mtsai*, 2021) és az állománysűrűség (*Szkudlarek*, 2007; *Molnár és mtsai*, 2004; *Kozłowski és Piotrowska*, 2024b) hatását a süllők növekedésére. A közép- és kelet-európai országokban, ahol a hagyományos tavi tenyésztés gyakori, a fiatal egyedek alacsony költségű, tavi

tenyésztés RAS-termeléssel kombinált módja nyereségesen kivitelezhető (*Policar és mtsai*, 2013). A magas termelési hatékonyság és a morfológiai deformitások alacsony szintje jellemzi a kombinált módszert, ami magas minőségű és menyiségű ivadékokat eredményez (*Policar és mtsai*, 2016).

A RAS, mint ingerszegény nevelési környezet, megváltoztatja az intenzíven nevelt halak viselkedési variabilitását, plaszticitását és kognitív képességét (*Salena és mtsai*, 2021). *Ahlbeck és Holliland* (2012) kimutatta, hogy a tavi tenyésztésben vagy RAS-ban nevelt egyedek eltérő felfedező és táplálékkereső viselkedést mutatnak. A tóban nevelt ivadékok (TL: 63-76 mm) gyorsabban kezdenek táplálkozni élő gerinctelen zsákmánnyal, és aktívabban reagálnak a ragadozók jelenlétében. Annak ellenére, hogy az intenzíven nevelt süllők ivadéakai alkalmazkodnak a tavi tenyésztéshez, ha rendelkezésre állnak zsákmányhalfajok, a tavakban való túlélésük változó szintet mutat. Ez hasonló az eredetileg tavakban nevelt állományok értékéhez, ha a tavakban a süllő az egyetlen ragadozó faj (65,2% - *Blecha és mtsai*, 2016 és 84,3% - *Zakęs és mtsai*, 2015), de más ragadozók jelenlétében jelentősen csökken (22,9% (*Zakęs és mtsai*, 2015)). *Molnár és mtsai* (2018) vizsgálatában kimutatta, hogy a pelletált táplálékot korábban elfogadó süllő egyedek kevésbé bátrak (felfedező), mint azok a halak, amelyek később szoknak át a mesterséges táplálékra, vagy soha nem fogadták el a pelletált táplálékot. A kannibál egyedek ugyanolyan félénkek voltak az új tárgy tesztben, mint a korai csoport. A pelletált takarmányra való korai áttérés nagyobb testméretet eredményezett a félénk egyedeknél. Ezek alapján a testméretre való szelekció az intenzíven nevelt állományoknál a kevésbé felfedező (gyávább) egyedeket helyezheti előtérbe, mely más ragadozó jelenlétében negatívan befolyásolhatja a zsákmányszerzésüket.

A süllő természetes ragadozó viselkedéséről elérhetőek publikációk (*Turesson és Brönmark*, 2004; *Turesson és mtsai*, 2002; *Colchen és mtsai*, 2020; *Malinovsky és mtsai*, 2022), az intenzíven tenyésztett egyedek élő zsákmányszerzéséről azonban kevés információ áll rendelkezésre. *Molnár és mtsai* (2023) vizsgálata alapján a pelletfogyasztásra való hajlandóság nem befolyásolta az élőhalon való zsákmányszerzési tesztekben a süllők zsákmányszerzési sikerességét. Bár mind a pelletfogyasztási hajlandóság, mind az exploráció befolyásolta a táplálékkereső viselkedést, hatásuk eltérő volt. Az exploráció a felismerés látenciáját befolyásolta, alacsonyabb értéket eredményezve a felfedező egyedeknél. A pelletfogyasztási hajlandóság viszont erős hatással volt az első támadás látenciájára. Ezek arra utalnak, hogy bár a felfedezés és a pelletfogyasztási hajlandóság ugyanolyan irányú hatást gyakorol a táplálékkereső viselkedés elemeinek látenciájára, hatásuk független egymástól, és egyik sem befolyásolta a sikeres ragadozás látenciáját.

A környezet gazdagítása az intenzív nevelés szelekciós hatásainak csökkentésére szolgál azáltal, hogy a fejlődés során összetettebb környezetet biztosít. Szerepe összetett, mivel nemcsak a halak jólétét javítja intenzív körülmények között, hanem lehetővé teszi, hogy az egyedek természetes körülmények között jobban teljesítsenek. A környezetgazdagítás öt kategóriája közül az utóbbi években a strukturális gazdagítás került a középpontba (*Arechavala-Lopez és mtsai*, 2022). Azonban a másik négy stratégia (érzékszervi, foglalkoztatási, szociális és étrendi gazdagítás) is figyelmet érdemel a haltenyésztés szempontjából. A süllő esetében a publikációk elsősorban az állatok jólétével foglalkoznak (strukturális gazdagítás - *Thomas és mtsai*, 2022; foglalkoztatási - *Thomas és mtsai*, 2020; szo-

ciális - Thomas és mtsai, 2022, Lepič és mtsai, 2017; és a táplálkozási gazdagítás - Pěnka és mtsai, 2023). A fogságban nevelt egyedek legfontosabb képességei a vadonba való kiengedés során a ragadozók elkerülése, a táplálékszerzés és a szaporodási viselkedés. Természetes környezetben a ragadozó halak esetében az élő zsákmány elfogása és a taktika tanulása az elsődleges fontosságú, amit a táplálékszerző tréning elősegít, többnyire közvetlen expozíciós technikák alkalmazásával (Näslund, 2021). A pelletre szoktatott süllőivadék élőhal zsákmányolása során a ragadozás uralkodó módszere a farkon történő elejtés volt, és a gyakorlat nem befolyásolta ezt a taktikát (Molnár és mtsai, 2023). Azonban mind a felismerés, mind az első támadás látenciája esetében az egyedek csökkenő értékeket mutattak az első három, illetve négy egymást követő próbálkozás során.

A süllő, hasonlóan észak-amerikai rokonához, az északi süllőhöz, a gyakorlat alapján javulást mutathat a viselkedés sikerességének arányában (Wahl és mtsai, 1995). A gyakorlásnak valószínűleg jelentős szerepe van a viselkedés kinematikájában (Wintzer és Motta, 2005; Caldentey és mtsai, 2021). A zsákmány mérete befolyásolhatja a tanulási folyamatot, a nagyobb zsákmány a magasabb kezelési költségek és esetleg a kisebb ragadozói siker miatt gyorsan veszíthet (energetikai) értékéből (Gill, 2003). Vadon fogott süllőknél a preferált PPR érték átlagosan 0,23 volt, míg 98 mm-TL-es egyedeknél 0,63-as maximális PPR értéket mértek (Dörner és mtsai, 2007). Egy laboratóriumi zsákmányválasztási vizsgálat (Turesson és mtsai, 2002) alapján a fajnál aktív zsákmányválasztás figyelhető meg 0,25 PPR értékű preferenciával. Az intenzíven nevelt süllő esetében a ragadozó viselkedést a méretpreferencia tesztek során tett próbálkozások zsákmánymérete alapján két nagy csoportba lehetett sorolni: kis-közepes zsákmány és közepes-nagy zsákmányt preferáló viselkedés (Benedek és Molnár, 2023). Az intenzíven nevelt süllőknél a kis-közepes zsákmánykísérletek voltak túlsúlyban, ami 0,11- 0,22-es PPR-értékek szerinti preferenciát jelzett. Bár a három méretkategória nem különbözött a sikeres tesztekben, a próbálkozások száma alacsonyabbnak bizonyult a kis méretűek esetében és a nagyobb zsákmányra való vadászat hosszabb predációs látenciát eredményezett. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy bár a kis zsákmány szuboptimális PPR-rel rendelkezett, az intenzíven nevelt naiv egyedek tanulási folyamata szempontjából előnyös volt.

4. A domesztikáció hatását vizsgáló genetikai kutatások

Kezdetben a közel rokon fajokra, mint az északi süllőre (Wirth és mtsai, 1999), az Észak-amerikai sügérre *Perca flavescens* (Lelerc és mtsai, 2000), a Rhöne-vidéki bucóra *Zingel asper* (Dubut és mtsai, 2010) leírt mikroszatellit markereket használták a vizsgálatokban. Az első fajspecifikus markereket csak 2008-ban írták le (Kohlman és Kersten, 2008). Ezt követően számos újabb fajspecifikus mikroszatellit marker készlet került fejlesztésre (Han és mtsai, 2016, Kánainé és mtsai, 2019, Lu és mtsai, 2022). Mikroszatellit markerekkel Benedek és mtsai (2025), végeztek vizsgálatot a pelletfogyasztás a kannibalizmus és a genetikai diverzitás összefüggésének vizsgálatára. Kimutatták, hogy azok az egyedek, akik elkerülik a pelletet, nagyobb genetikai variabilitással rendelkeznek, és genetikailag megkülönböztethetők azoktól, akik fogyasztják, amit egy pozitív szelekció alatt álló genetikai marker is megerősített. Eredményeik arra utalnak, hogy a

pelletekhez való hozzászokás kontrollálatlan szelekciós erőként hat a házasítás során, befolyásolva a házasított állományok genetikai variabilitását. A kannibál egyedek a kezdeti populációban megfigyelt variabilitáshoz hasonló variabilitást mutattak, és ugyanolyan arányban származtak a másik két csoportot képviselő két genetikai klaszterből, jelezve, hogy a tulajdonság megjelenése független a pelletek fogyasztására való hajlamtól.

Mikroszatellit markerekkel azonban csak populációgenetikai vizsgálatok történtek, géntérképezés nem valósult meg. A géntérkép elkészítéséhez *Guo és mtsai* (2018) specifikus hosszúságú amplifikált fragmentum (SLAF) könyvtár építést használt. E nagy sűrűségű genetikai kapcsoltsági térkép alapján 21 QTL-t azonosítottak nyolc növekedéssel kapcsolatos tulajdonságra, melyek a teljes hossz, testtömeg, testhossz, fejhossz, testmagasság, testvastagság, testkörfogát és vágósúly voltak. A genomikai vizsgálatokhoz a süllő teljes genomjának 2019-ben való megszekvenálása nyitott új lehetőségeket (*Nguinkal és mtsai*, 2019). Összesen 21 249 fehérjekódoló gént annotáltak a süllő genomjában. Ezt követően, *de los Rios Pérez és mtsai* (2020) egy 24 kapcsoltsági csoportot és 1 023 625 SNP markert tartalmazó, rendkívül nagy sűrűségű kapcsoltsági térképet készítettek. A kapcsoltsági térképhez szekvenált süllőcsaládok adatait használva, *de los Rios Pérez és mtsai* (2022) vizsgálta az autozigozitást a homozigozitás genomszintű futásai (ROH) alapján a szülői és az utód egyedek mintáján, meghatározva az effektív populációméretet (N_e), és értékelve a rokonságot a szülői egyedek között. Vizsgálatuk alacsony effektív populációméretet mutatott ki és rámutatott a genomikai információk fontosságára, amikor a családi kapcsolatok ismeretlenek az állományon belül.

A süllőn végzett genomikai vizsgálatok jelentős része a génexpresszió szintjén fellelhető különbségeket kereste. A vizsgálatok egy részében egyes gének, illetve géncsoportok expresszióját vizsgálták, így *Teng és mtsai* (2020) a növekedési gének polimorfizmusait és expresszióját, *Schäfer és mtsai*, (2021) a korai ontogenezis fejlődési folyamatának nyomon követésére alkalmas molekuláris markerek expressziós mintázatát, *Imentai és mtsai* (2022) a bél fejlődésével és érésével kapcsolatos gének, valamint az emésztési enzimek génjeinek expresszióját a lárvanevelés alatt.

A génexpressziós vizsgálatok másik részében a teljes génexpressziós profilt (transzkriptomot) meghatározták a kutatás során. *Nguinkal és mtsai* (2021) egy több szövetre kiterjedő, kiváló minőségű referencia-transzkriptomot mutatott be a süllő életfontosságú szöveteiből, jellemezték a szövetspecifikus funkciót a szövetspecifikus génekkel összefüggő funkcionális útvonalak és biológiai folyamatok azonosításával. Ezen felül feltételezeten szelekciós nyomás alatt álló géneket azonosítottak, beleértve az ismert hipoxiával kapcsolatos géneket, az immunrendszerrel kapcsolatos géneket és a transzkripció faktorokat. A stressz hatása a süllőre kiemelt fontosságú téma, melyen belül *Wang és mtsai* (2019) a hőstressz hatását vizsgálta máj transzkriptóma segítségével és talált 403 differenciálisan expresszált gént (DEG), amelyek közül sok az endoplazmatikus retikulumban (ER) történő fehérjefeldolgozás, az inzulin jelátvitel és az immunrendszerrel kapcsolatos KEGG útvonalak eleme volt. *Chen és mtsai* (2021) szintén a hőstressz hatását vizsgálta csak kopoltyú transzkriptom segítségével. Esetükben 252 gén kifejeződése változott jelentősen: 191 gén szabályozódott felfelé, 61 gén pedig lefelé. A KEGG útvonalak közül leginkább a lipid-anyagcserét, majd az aminosav-anyagcserét, és a szénhidrát-anyagcserét érintette a stressz.

Lengyel kutatók (*Nyca és mtsai, 2020*) először proteomikai módszerrel vizsgálták, hogy a háziasítás milyen hatással van a süllő ikrájának fehérjeprofiliójára. A vadon fogott nőstények ikráiban magasabb expressziós szintet mutattak az apoptotikus folyamatban, a purin metabolizmusban és az immunválaszban részt vevő fehérjék, míg a háziasított nőstények ikráiban a főként az anyagcserében részt vevő fehérjék, mely utóbbi tükrözheti a süllő alkalmazkodását a kereskedelmi célú táplálékhoz. Az immunválaszhoz kapcsolódó fehérjék mennyiségének csökkenése a háziasított populációból származó ikrákban arra utal, hogy a háziasítás vagy a védekezési mechanizmusok zavaraihoz vezethet, vagy (amit a hőszokkfehérjék alacsonyabb mennyisége is jelez a háziasított halak ikrájában), hogy már alkalmazkodtak a tenyésztési körülményekhez, illetve a tenyésztésből eredően jobb stressztűrőssük van. *Žarski és mtsai (2020)* vadon élő és háziasított populációkból nyert ikrák transzkriptom-profilozását végezték el. Találtak 710 differenciálisan kifejeződő gént, amelyek főként az idegrendszer fejlődéséhez kapcsolódtak. Azt feltételezték, hogy az összes folyamatot a megtermékenyítetlen ikrákban található, anyai eredetű génkészlet előre meghatározza, így vélhetőleg a viselkedést is jelentősen befolyásolja. Ezt igazolandó következő vizsgálatukban (*Žarski és mtsai, 2021*) kimutatták, hogy az anyai úton öröklődő mRNS-ek alakítják az embrió idegfejlődését és az ovulációt közvetlenül megelőző folyamatok módosítják a megfelelő embrionális fejlődéshez létfontosságú gének expressziós szintjét.

5. Következtetések

A feldolgozott irodalmak alapján a süllő esetében a domesztikáció folyamata több területen is megváltoztatta a faj tulajdonságait közvetlen szelekció nélkül is. Ezek közül számos változás, mint például a növekedés felgyorsulása, az anyagcsere módosulása más intenzíven nevelt fajokra is jellemző. A süllő esetében a viselkedés változása azonban jelentős, és a stressz hatásának kezelése jelentős kihívásokat jelent még a további tenyésztési munka során. A háziasított fenotípus esetében az előnyös tulajdonságok (pl. pelletált táplálék fogyasztása) sokszor társulnak más nem minden környezetben előnyös tulajdonságokkal (pl. megváltozott exploráció), melyek a későbbi szelekciós munka során negatív hatással lehetnek az állományok teljesítményére.

6. Köszönetnyilvánítás

Ezt a munkát a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) K143458 projektje, valamint a Magyar Agrártudományi és Élettudományi Egyetem Kutatási Kiválósági Program és Kiemelt Kutatócsoportok Program támogatta.

7. Felhasznált irodalom

- Ahlbeck I. – Holliland P. B. (2012): Rearing environment affects important life skills in pikeperch (*Sander lucioperca*). *Boreal. Environ. Res.*, 17. 291–304.
- Arechavala – Lopez, P. – Cabrera – Álvarez, M. J. – Maia, C. M. – Saraiva, J. L. (2022): Environmental enrichment in fish aquaculture: A review of fundamental and practical aspects. *Rev. Aquac.*, 14. 704–728. <https://doi.org/10.1111/raq.12620>

- Benedek, I. – Molnár, T. (2023): Size preference of live fish prey in the pellet-consuming pikeperch. Appl. Sci., 13: 2259. <https://doi.org/10.3390/app13042259>
- Benedek, I. – Urbányi, B. – Kovács, B. – Lehoczky, I. – Zsolnai, A. – Molnár, T. (2025): Genetic Variability Related Behavioral Plasticity in Pikeperch (*Sander lucioperca* L.) Fingerlings. Animals, 15. 2229. <https://doi.org/10.3390/ani15152229>
- Blecha, M. – Kristan, J. – Policar, T. (2016): Adaptation of intensively reared pikeperch (*Sander lucioperca*) juveniles to pond culture and subsequent re-adaptation to a recirculation aquaculture system. Turk. J. Fish. Aquat. Sci., 16. 15–18. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v16_1_02
- Caldentey, P. – Brennan, N. P. – Heimann, T. – Gardiner, J. M. (2021): Prey capture kinematics of wild and hatchery juvenile common snook *Centropomus undecimalis*. Bull. Mar. Sci., 97. 539–558. <https://doi.org/10.5343/bms.2020.0023>
- Chen, Y. – Liu, E. – Li, C. – Pan, C. – Zhao, X. – Wang, Y. – Ling, Q. (2021): Effects of heat stress on histopathology, antioxidant enzymes, and transcriptomic profiles in gills of pikeperch *Sander lucioperca*. Aquaculture, 534. 736277. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736277>
- Colchen, T. – Dias, A. – Gisbert, E. – Fontaine, P. – Pasquet, A. (2020): The onset of piscivory in a freshwater fish species: analysis of behavioural and physiological traits. J. Fish. Biol. 96. 1–12. <https://doi.org/10.1111/jfb.14322>
- De los Ríos-Pérez, L. – Druet, T. – Goldammer, T. – Wittenburg, D. (2022): Analysis of autozygosity using whole-genome sequence data of full-sib families in pikeperch (*Sander lucioperca*). Front. Genet., 12. 786934. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.786934>
- De Los Ríos-Pérez, L. – Nguinkal, J. A. – Verleih, M. – Rebl, A. – Brunner, R. M. – Klosa, J. – Wittenburg, D. (2020): An ultra-high density SNP-based linkage map for enhancing the pikeperch (*Sander lucioperca*) genome assembly to chromosome-scale. Sci. Rep., 10. 22335. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79358-z>
- Dörner, H. – Hülsmann, S. – Hölker, F. – Skov, C. – Wagner, A. (2007): Size-dependent predator–prey relationships between pikeperch and their prey fish. Ecol. Freshw. Fish., 16. 307–314. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2006.00223.x>
- Dubut, V. – Grenier, R. – Meglécz, E. – Chappaz, R. – Costedoat, C. – Danancher, D. – Descoux, S. – Malausa, T. – Martin, J. F. – Pech, N. – Gilles, A. (2010): Development of 55 novel polymorphic microsatellite loci for the critically endangered *Zingel asper* L. (Actinopterygii: Perciformes: Percidae) and cross-species amplification in five other percids, Eur. J. Wildl. Res., 56. 931–938. <https://doi.org/10.1007/s10344-010-0421-x>
- Falahatkar, B. – Efatpanah, I. – Kargar, E. R. – Rahmati, M. – Fontaine, P. (2025): Domestication may affect spawning performance of F1 pikeperch (*Sander lucioperca*) during consecutive captive reproduction. Aquac. Rep., 40. 102561. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102561>
- Falahatkar, B. – Poursaeid, S. – Ershad Langroudi, H. – Efatpanah, I. – Meknatkhah, B. (2024): Oocyte maturation and changes of plasma steroid levels in the wild and cultured pikeperch, *Sander lucioperca* following hormonal induction. Casp. J. Environ. Sci., 22. 555–566.
- FAO. (2025): *Sander lucioperca*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Zakęś, Z. In Fisheries and Aquaculture; FAO: Rome, Italy, Available online: https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/sander_lucioperca/en (accessed on 27 June 2025).
- Fontaine, P. – Teletchea, F. (2019): Domestication of the Eurasian perch (*Perca fluviatilis*). In Animal domestication. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.85132>
- Froese, R. – Pauly, D. (Edit) (2024): FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (10/2024).
- Gill, A. B. (2003): The dynamics of prey choice in fish: the importance of prey size and satiation. J. Fish. Biol., 63. 105–116. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8649.2003.00214.x>
- Glasauer, S. M. – Neuhauss, S. C. (2014): Whole-genome duplication in teleost fishes and its evolutionary consequences. Mol. Genet. Genomics., 289. 1045–1060. <https://doi.org/10.1007/s00438-014-0889-2>

- Guo, J. – Li, C. – Teng, T. – Shen, F. – Chen, Y. – Wang, Y. – Ling, Q. (2018): Construction of the first high-density genetic linkage map of pikeperch (*Sander lucioperca*) using specific length amplified fragment (SLAF) sequencing and QTL analysis of growth-related traits. *Aquaculture*, 497. 299–305. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.047>
- Han, X. – Ling, Q. – Li, C. – Wang, G. – Xu, Z. – Lu, G. (2016): Characterization of pikeperch (*Sander lucioperca*) transcriptome and development of SSR markers. *Biochem. Sys. Ecol.*, 66. 188–195. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2016.04.001>
- Imentai, A. – Gilannejad, N. – Martínez-Rodríguez, G. – López, F. J. M. – Martínez, F. P. – Pěnka, T. – Policar, T. (2022): Effects of first feeding regime on gene expression and enzyme activity in pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. *Front. Mar. Sci.*, 9. 864536. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.864536>
- Jankowska, B. – Zakęś, Z. – Żmijewski, T. – Szczepkowski, M. (2003): A comparison of selected quality features of the tissue and slaughter yield of wild and cultivated pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Eur. Food. Res. Technol.*, 217. 401–405. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0757-5>
- Kánainé Sipos, D. – Kovács, G. – Buza, E. – Csenki-Bakos, K. – Ősz, Á. – Ljubobratović, U. – Cserveni-Szücs, R. – Bercsényi, M. – Lehoczky, I. – Urbányi, B. – Kovács, B. (2019): Comparative genetic analysis of natural and farmed populations of pike-perch (*Sander lucioperca*). *Aquac. Int.*, 27. 991–1007. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00365-7>
- Khendek, A. – Chakraborty, A. – Roche, J. – Ledore, Y. – Personne, A. – Policar, T. (2018): Rearing conditions and life history influence the progress of gametogenesis and reproduction performances in pikeperch males and females. *Animal*, 12. 2335–2346. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000010>
- Kohlmann, K. – Kersten, P. (2008): Isolation and characterization of nine microsatellite loci from the pike-perch, *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758), *Mol. Ecol. Resour.*, 8. 1085–1087. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2008.02166.x>
- Kozłowski, M. – Piotrowska, I. – Szczepkowska, B. (2021): Effect of feed pellet size and tank water level on growth performance in juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), reared in a recirculating system. *Fish. Aquat. Life.*, 29. 88–99. <https://doi.org/10.2478/aopf-2021-0011>
- Kozłowski, M. – Zakęś, Z. – Szczepkowski, M. – Wunderlich, K. – Piotrowska, I. – Szczepkowska, B. (2010): Impact of light intensity on the results of rearing juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), in recirculating aquaculture systems. *Arch. Pol. Fish.*, 18. 77–84. <https://doi.org/10.2478/v10086-010-0009-9>
- Kozłowski, M. – Piotrowska, I. (2024a): Effect of different feed rations on growth performance in various size classes of juvenile pikeperch, *Sander lucioperca*. *Aquac. Int.*, 32. 6487–6499. <https://doi.org/10.1007/s10499-024-01475-7>
- Kozłowski, M. – Piotrowska, I. (2024b): Effect of stocking density on growth, survival and cannibalism of juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), in a recirculating aquaculture system. *Aquac. Int.*, 32. 3587–3595. <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01339-6>
- Leclerc, D. – Wirth, T. – Bernatchez, L. (2000): Isolation and characterization of microsatellite loci in the yellow perch (*Perca flavescens*), and cross- species amplification within the family Percidae. *Mol. Ecol.*, 9. 995–997. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.2000.00939-3.x>
- Lepič, P. – Buřič, M. – Hajčec, J. – Kozák, P. (2017): Adaptation to pelleted feed in pikeperch fingerlings: learning from the trainer fish over gradual adaptation from natural food. *Aquat. Living. Resour.*, 30. 8. <https://doi.org/10.1051/alr/2017008>
- Ljubobratović, U. – Péter, G. – Horvath, Z. – Ristović, T. – Rónyai, A. (2018): Effect of parental origin on dry feed habituation and intensive on-growing results in pikeperch (*Sander lucioperca*) Offspring. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.*, 18. 425–433. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_3_08
- Lorenzen, K. – Beveridge, M. C. – Mangel, M. (2012): Cultured fish: integrative biology and management of domestication and interactions with wild fish. *Biol. Rev.*, 87. 639–660. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00215.x>

- Lu, C. – Sun, Z. – Xu, P. – Na, R. – Lv, W – Cao, D. – Liu, T. – Zheng, X. (2022): Novel microsatellites reveal wild populations genetic variance in pike-perch (*Sander lucioperca*) in China. *Aquac. Rep.*, 23. 101031. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101031>
- Luchiar, A. C. – de Morais Freire, F. A. – Koskela, J. – Pirhonen, J. (2006): Light intensity preference of juvenile pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquac. Res.* 37. 1572–1577. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01599.x>
- Malinovsky, O. – Veselý, L. – Yanes-Roca, C. – Policar, T. (2022): The effect of water temperature, prey availability and presence of con-specifics on prey consumption of pikeperch (*Sander lucioperca*). *Czech. J. Anim. Sci.*, 67. 465–473. <https://doi.org/10.17221/162/2022-CJAS>
- Mattila, J. – Koskela, J. (2017): Effect of feed pellet size on production parameters of pike-perch (*Sander lucioperca*). *Aquac. Res.*, 49. 586–590. <https://doi.org/10.1111/are.13443>
- Milla, S. – Pasquet, A. – El Mohajer, L. – Fontaine, P. (2021): How domestication alters fish phenotypes. *Rev. Aquac.*, 13. 388–405. <https://doi.org/10.1111/raq.12480>
- Molnár, T. – Hancz, C. – Bódis, M. – Müller, T. – Bercsényi, M. – Horn, P. (2004): The effect of initial stocking density on growth and survival of pike-perch fingerlings reared under intensive conditions. *Aquac. Int.*, 12. 181–189. <https://doi.org/10.1023/B:AQUI.0000032079.62056.8c>
- Molnar, T. – Szabo, A. – Szabo, G. – Szabo, C. – Hancz, C. (2006): Effect of different dietary fat content and fat type on the growth and body composition of intensively reared pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquac. Nutr.*, 12. 173–182. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2006.00398.x>
- Molnár, T. – Csuvar, A. – Benedek, I. – Molnár, M. – Kabai, P. (2018): Domestication affects exploratory behaviour of pikeperch (*Sander lucioperca* L.) during the transition to pelleted food. *PLoS One*, 13. 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196118>
- Molnár, T. – Urbányi, B. – Benedek, I. (2023): Impact of exploration behavior, aptitude for pellet consumption, and the predation practice on the performance in consecutive live prey foraging tests in a piscivorous species. *Anim. Cogn.*, 26. 973–984. <https://doi.org/10.1007/s10071-023-01747-4>
- Näslund, J. (2021): Reared to become wild-like: addressing behavioral and cognitive deficits in cultured aquatic animals destined for stocking into natural environments - a critical review. *Bull. Mar. Sci.*, 97. 489–538. <https://doi.org/10.5343/bms.2020.0039>
- Nguinkal, J. – Brunner, R. – Verleih, M. – Rebl, A. – De Los Ríos-Pérez, L. – Schäfer, N. – Hadlich, F. – Stüeken, M. – Wittenburg, D. – Goldammer, T. (2019): The First Highly Contiguous Genome Assembly of Pikeperch (*Sander lucioperca*), an Emerging Aquaculture Species in Europe. *Genes*, 10. 708. <https://doi.org/10.3390/genes10090708>
- Nguinkal, J. A. – Verleih, M. – De Los Ríos-Pérez, L. – Brunner, R. M. – Sahm, A. – Bej, S. – Goldammer, T. (2021): Comprehensive characterization of multitissue expression landscape, co-expression networks and positive selection in pikeperch. *Cells*, 10. 2289. <https://doi.org/10.3390/cells10092289>
- Nynca, J. – Żarski, D. – Bobe, J. – Ciereszko, A. (2020): Domestication is associated with differential expression of pikeperch egg proteins involved in metabolism, immune response and protein folding. *Animal*, 14. 2336–2350. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001184>
- Pěnka, T. – Malinovsky, O. – Imantai, A. – Kolářová, J. – Kučera, V. – Policar, T. (2023): Evaluation of different feeding frequencies in RAS-based juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) aquaculture. *Aquaculture*, 562. 738815. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738815>
- Pěnka, T. – Malinovsky, O. – Kolářová, J. – Kučera, V. – Policar, T. (2024): Influence of daily feed ration on growth and condition of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) reared in a recirculating aquaculture system (RAS). *Czech. J. Anim. Sci.*, 69. <https://doi.org/10.17221/33/2024-CJAS>
- Péter, G. – Lukić, J. – Brlás-Molnár, Z. – Ardó, L. – Horváth, Z. – Rónyai, A. – Ljubobratović, U. (2023): Effect of single-generation domestication of pikeperch on the performance of the offspring in conventional and pond recirculation aquaculture system. *Aquac. Rep.*, 32. 101702. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101702>

- Policar, T. – Schaefer, F. J. – Panana, E. – Meyer, S. – Teerlinck, S. – Toner, D. – Żarski, D. (2019): Recent progress in European percid fish culture production technology-Tackling bottlenecks. *Aquac. Int.*, 27. 1151–1174. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00433-y>
- Policar, T. – Blecha, M. – Křišťan, J. – Mráz, J. – Velíšek, J. – Stará, A. – Stejskal, V. – Malinovskyi, O. – Svačina, P. – Samarin, A. M. (2016): Comparison of production efficiency and quality of differently cultured pikeperch (*Sander lucioperca* L.) juveniles as a valuable product for ongrowing culture. *Aquacult. Int.*, 24. 1607–1626. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0050-9>
- Policar T. – Stejskal V. – Kristan J. – Podhorec P. – Svinger V. – Blaha M. (2013): The effect of fish size and stocking density on the weaning success of pond-cultured pikeperch *Sander lucioperca* L. juveniles. *Aquacult. Int.*, 21. 869–882. <https://doi.org/10.1007/s10499-012-9563-z>
- Price, E. O. (1999): Behavioral development in animals undergoing domestication. *Appl Anim Behav. Sci.*, 65. 245–71. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(99\)00087-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00087-8)
- Rónyai, A. – Csengeri, I. (2008): Effect of feeding regime and temperature on ongrowing results of pikeperch (*Sander lucioperca* L.). *Aquac. Res.*, 39. 820–827. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01935.x>
- Salena, M. G. – Turko, A. J. – Singh, A. – Pathak, A. – Hughes, E. – Brown, C. – Balshine, S. (2021): Understanding fish cognition: a review and appraisal of current practices. *Anim. Cogn.*, 24. 395–406. <https://doi.org/10.1007/s10071-021-01488-2>
- Schäfer, N. – Kaya, Y. – Rebl, H. – Stüeken, M. – Rebl, A. – Nguinkal, J. A. – Verleih, M. (2021): Insights into early ontogenesis: characterization of stress and development key genes of pikeperch (*Sander lucioperca*) in vivo and in vitro. *Fish. Physiol. Biochem.*, 47. 515–532. <https://doi.org/10.1007/s10695-021-00929-6>
- Schram, E. – Roques, J. A. – van Kuijk, T. – Abbink, W. – van De Heul, J. – de Vries, P. – Flik, G. (2014): The impact of elevated water ammonia and nitrate concentrations on physiology, growth and feed intake of pikeperch (*Sander lucioperca*). *Aquaculture*, 420. 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.10.027>
- Szkudlarek, M. – Zakęs, Z. (2007): Effect of stocking density on survival and growth performance of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), larvae under controlled conditions. *Aquac. Int.*, 15. 67–81. <https://doi.org/10.1007/s10499-006-9069-7>
- Teletchea, F. (2021): Fish domestication in aquaculture: 10 unanswered questions. *Anim. Front.* 11. 87–91. <https://doi.org/10.1093/af/vfab012>
- Teletchea, F. – Fontaine, P. (2014): Levels of domestication in fish: implications for the sustainable future of aquaculture. *Fish. Fish.*, 15. 181–195. <https://doi.org/10.1111/faf.12006>
- Teng, T. – Zhao, X. – Li, C. – Guo, J. – Wang, Y. – Pan, C. – Ling, Q. (2020): Cloning and expression of IGF-I, IGF-II, and GHR genes and the role of their single-nucleotide polymorphisms in the growth of pikeperch (*Sander lucioperca*). *Aquac. Int.*, 28. 1547–1561. <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00542-z>
- Thomas, M. – Lecocq, T. – Abregal, C. – Nahon, S. – Aubin, J. – Jaeger, C. – Wilfart, A. – Schaeffer, L. – Ledoré, Y. – Puillet, L. – Pasquet, A. (2020): The effects of polyculture on behaviour and production of pikeperch in recirculation systems. *Aquac. Rep.*, 17. 100333. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100333>
- Thomas, M. – Reynaud, J. G. – Ledoré, Y. – Pasquet, A. – Lecocq, T. (2022): Enrichment in a Fish Polyculture: Does it Affect Fish Behaviour and Development of Only One Species or Both? *Appl. Sci.*, 12. 3674. <https://doi.org/10.3390/app12073674>
- Tönißen, K. – Franz, G. P. – Albrecht, E. – Lutze, P. – Bocher, R. – Grunow, B. (2024): Pikeperch muscle tissues: a comparative study of structure, enzymes, genes, and proteins in wild and farmed fish. *Fish. Physiol. Biochem.*, 50. 1527–1544. <https://doi.org/10.1007/s10695-024-01354-1>
- Turesson, H. – Brönmark, C. (2004): Foraging behaviour and capture success in perch, pikeperch and pike and the effects of prey density. *J. Fish. Biol.*, 65. 363–375. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2004.00455.x>

- Turesson, H. – Persson, A. – Brönmark, C. (2002): Prey size selection in piscivorous pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) includes active prey choice. *Ecol. Freshw. Fish.*, 11., 223–233. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0633.2002.00019.x>
- Wahl, D. H. – Einfalt, L. M. – Hooe, M. L. (1995): Effect of experience with piscivory on foraging behavior and growth of walleyes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 124. 756–763. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1995\)124%3c0756:EOEWPO%3e2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1995)124%3c0756:EOEWPO%3e2.3.CO;2)
- Wang, N. – Xu, X. – Kestemont, P. (2009): Effect of temperature and feeding frequency on growth performances, feed efficiency and body composition of pikeperch juveniles (*Sander lucioperca*). *Aquaculture*, 289. 70–73. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.01.002>
- Wang, Y. – Li, C. – Pan, C. – Liu, E. – Zhao, X. – Ling, Q. (2019): Alterations to transcriptomic profile, histopathology, and oxidative stress in liver of pikeperch (*Sander lucioperca*) under heat stress. *Fish. Shellfish. Immunol.*, 95. 659–669. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.11.014>
- Wintzer, A. P. – Motta, P. J. (2005): A comparison of prey capture kinematics in hatchery and wild *Micropterus salmoides floridanus*: effects of ontogeny and experience. *J. Fish Biol.*, 67. 409–427. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2005.00748.x>
- Wirth, T. – Saint – Laurent, R. – Bernatchez, L. (1999): Isolation and characterization of microsatellite loci in the walleye (*Stizostedion vitreum*), and cross-species amplification within the family Percidae. *Mol. Ecol.*, 8. 1960–1962. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.1999.00778-3.x>
- Zakęś, Z. – Kowalska, A. – Czerniak, S. – Demska-Zakęś, K. (2006): Effect of feeding frequency on growth and size variation in juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). *Czech J. Anim. Sci.*, 51. 85–91. <https://doi.org/10.17221/3914-CJAS>
- Zakęś, Z. – Szczepkowski, M. – Szczepkowska, B. – Kowalska, A. – Kapusta, A. – Jarmołowicz, S. – Piotrowska, I. – Kozłowski, M. – Partyka, K. – Wunderlich, K. – Hopko M. (2015): Effects of stocking earthen ponds with pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) fingerlings reared in recirculating aquaculture systems-effects of Fish size and the presence of predators. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 21(Supplement 1). 5–11.
- Żarski, D. – Le Cam, A. – Frohlich, T. – Kösters, M. – Klopp, C. – Nynca, J. – Ciesielski, S. – Sarosiek, B. – Dryl, K. – Montfort, J. – Król, J. – Fontaine, P. – Ciereszko, A. – Bobe, J. (2021): Neurodevelopment vs. the immune system: Complementary contributions of maternally-inherited gene transcripts and proteins to successful embryonic development in fish. *Genomics*, 113. 3811–3826. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2021.09.003>
- Żarski, D. – Le Cam, A. – Nynca, J. – Klopp, C. – Ciesielski, S. – Sarosiek, B. – Montfort, J. – Król, J. – Fontaine, P. – Ciereszko, A. – Bobe, J. (2020): Domestication modulates the expression of genes involved in neurogenesis in high-quality eggs of *Sander lucioperca*. *Mol. Reprod. Dev.*, 87. 934–951. <https://doi.org/10.1002/mrd.23414>

Érkezett: 2025. augusztus

Szerzők címe: Molnár, T.* - Benedek, I.

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus
 Authors' address: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Kaposvár Campus
 H-7400 Kaposvár, Guba Sándor utca 40.
 *levelező szerző, e-mail: Molnar.Tamas.Gergely@uni-mate.hu

Marton, Cs.

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus
 Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Georgikon Campus
 H-8360 Keszthely, Deák Ferenc utca 16.

Urbányi, B.

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar
 Széchenyi István University, Albert Kázmér Faculty of Mosonmagyaróvár
 H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.