

A Hévízi-kifolyó botanikai vizsgálata, különös tekintettel az inváziós fajok terjedésére és a *Vallisneria australis* ökológiai szerepére

Nagy Dorina* és Tóth Viktor R.

HUN-REN Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, 8237 Tihany, Klebelsberg Kuno u. 3.

*E-mail: nagy.dorina@blki.hu

Összefoglaló: A tanulmány a Hévízi-kifolyó makrofita vegetációját és az inváziós fajok elterjedését vizsgálta 2025-ben. 14 transzektben, négy évszakban végzett felmérés során 17 taxont azonosítottunk. A Wilcoxon-próba eredményei igazolták az idegenhonos fajok (pl. *Rotala rotundifolia*, *Cabomba caroliniana*) dominanciáját (D) a melegebb felső szakaszon. A középső szakasztól a *Vallisneria australis* vált meghatározóvá, gyakran 100%-os borítással. A statisztikai elemzések minden évszakban szignifikáns neofiton-dominanciát mutattak. A kutatás felveti a „gáthipotézis” lehetőségét, miszerint a *V. australis* nagy biomasszája akadályozhatja más trópusi propagulumok Balaton felé történő terjedését.

Kulcsszavak: biodiverzitás, idegenhonos, invázió, Hévízi-kifolyó, termálvíz, *Vallisneria australis*, vízi növények

Bevezetés

A termáltavak stabilan magas hőmérsékletüknek köszönhetően extrazonális élőhelyek kialakítására képesek. A földtörténeti idők ökoszisztémáit vizsgálva is már megállapítható, hogy a meleg vízü források a környezetüktől eltérő közösségeknek adnak otthont (Hošek *et al.* 2024, Santos *et al.* 2022), ez a jelenség a mai klimatikus viszonyok között is megfigyelhető (Aksenova *et al.* 2020, Lukács *et al.* 2008, Pantoja-Irys *et al.* 2025).

Ma Európa legnagyobb termáltava a több mint 4 hektár kiterjedésű Hévízi-tó (Hévíz, Zala megye), mely Keszthely városától északnyugatra fekszik. A tó vizét tápláló forrásbarlang 41 m mélyen helyezkedik el, ahonnan a 38,5 °C-os víz a tómederbe ömlik, egész évben 24-36 °C között tartva annak hőmérsékletét (Szarka 2009). A termálkarsztforrás ~450 l s⁻¹-os hozamának köszönhetően a Hévízi-tó vízkészlete 72 óránként megújul.

A termáltó forrása körül eredetileg nagy mocsár volt, akár 4-5 méter vastag tőzegréteggel (Cholnoky 1936). Az innen elfolyó meleg víz a Kis-Balatonba folyt, majd onnan a Balatonba jutott. A lefolyás mesterséges kialakítása a 18. században kezdődött, mára pedig a Hévízi-tó kifolyó vize csatornában jut el egészen a Zala folyóig (Szabó 2016). Jelenleg a Hévízi-tó vizének nagyobb részét ($\sim 300 \text{ l s}^{-1}$) a déli irányba kilépő, 13 fkm hosszú Hévízi-kifolyó vezeti el, kisebb része ($\sim 150 \text{ l s}^{-1}$) pedig az Északi-zsilipen keresztül ömlik az Óberek-csatornába, mely később a Hévízi-kifolyóba csatlakozik (Nagy *et al.* 2025).

A környék vegetációjáról elsőként Kitaibel 1799-es útleírása adott képet, melyben a vízínövények közül öt fajról (*Hydrocharis morsus-ranae* L., *Nymphaea alba* L., *Utricularia vulgaris* L., *Alisma plantago* L. és *Myriophyllum spicatum* L.) tesz említést (Gombocz 1945). 1898 és 1906 között Lovassy Sándor végzett *Nymphaeaceae*-honosítási kísérleteket a Hévízi-tóban (Lovassy 1908), melynek következtében két faj, a *Nymphaea lotus* és a *Nymphaea rubra*, megtelepedett. Így a 20. század elején készített botanikai felmérések (Borbás 1900, Boros 1937) a Hévízi-tóból és annak kifolyójából a fehér tündérrózsa (*N. alba*) mellett a Lovassy által behurcolt trópusi fajokat (*N. lotus*, *N. rubra*) is említik. A vízben előforduló magasabb rendű növények közé tartozott még a *Schoenoplectus litoralis* Palla, *Utricularia biflora* Lam., *Scirpus lacustris* L., *Schoenoplectus tabernaemontani* Palla, *Ranunculus paucistamineus* Tausch, *Ceratophyllum demersum* L., *Chara foetida* A. Braun, *Potamogeton crispus* L., és békalencsefajok. A környező lápi területekről viszont sokkal gazdagabb fajlista maradt fenn, hiszen Borbás és Boros összesen több mint száz növényfajról tesz említést ezekről az élőhelyekről (Borbás 1900, Boros 1937). A Hévízi-kifolyóban található vízínövények mennyiségéről pontos információkkal nem rendelkezünk. A 19. században azonban a kifolyót bivalyokkal tiprátták a vízből kiüledő tőzegtörmelék lerakódása ellen, mely beavatkozás minden bizonnyal a vízínövényekre is negatív hatással volt (Lovassy 1908).

A 20. század végére a betelepített tündérrózsákon túl további hat idegenhonos faj (1. táblázat) jelent meg a Hévízi-kifolyóban (Szabó 2002), melyeknek az eredete sajnos nem olyan jól dokumentált, mint a *Nymphaea* fajoké. Valószínűsíthető, hogy a legtöbb hínárfajt akvaristák juttatták a Hévízi-kifolyóba illegális módon, csakúgy, mint számos trópusi halfajt (Takács *et al.* 2015; Mesterházy *et al.* 2021). A direkt fajtelepítéseken túl a víztestet az idők során komplex, és gyakran egymással párhuzamos antropogén hatások érték (úgy, mint a rekreációs célú fürdőzés, vagy a halivadéktelepként való hasznosítás). A folyamatos emberi jelenlét és az ezzel járó potenciális tápanyagterhelés szintén formálhatták a helyi vízi közösségeket.

Az idegenhonos fajok alapvetően befolyásolják a Hévízi-kifolyónak nemcsak a természetes életközösségét, hanem a hidrológiáját is. Tömeges elszaporodásuk

ugyanis a csatorna vízáteresztő képességét csökkenti (Köhler és Lewandowski 2026). Az inváziós fajok visszaszorítása érdekében 2020-ban a Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatósága 200 tonna vízinövényt távolított el a Hévízi-kifolyóból (<http2>). Ez a fajokra nézve nem szelektív, járókerek és merítőkanalas kotrással, valamint a biotermészeti partra helyezésével járó beavatkozás évtizedek óta rendszeresen ismétlődik a területen. A növények fizikai eltávolítása azonban hosszú távon nem bizonyult eredményes kezelési módnak, ugyanis a megtisztított csatornát 2025-re újra ellepték az inváziós vízinövények (Nagy és Tóth 2026).

A Hévízi-tó termálvizét elvezető Hévízi-kifolyó felső szakaszán tartósan magas vízhőmérséklet uralkodik, ezáltal szubtrópusi-trópusi jellegű mikroklimatikus viszonyokat hozva létre. A vízhőmérséklet a csatorna mentén fokozatosan csökken, így az alsóbb szakaszokon egyre inkább a mérsékelt övi klimatikus adottságok válnak meghatározóvá. Ez a hőmérsékleti gradiens egy sajátos ökológiai átmeneti zónát eredményez, amely modellrendszerként szolgálhat az idegenhonos, melegigényes fajok akklimatizációs és potenciális inváziós folyamatainak vizsgálatához (Nagy és Tóth 2026). A kifolyóban élő melegkedvelő növényekről már a 2000-es évek elején készült fajlistában (Szabó 2002) is számos neofiton szerepelt (1. táblázat), elterjedésükről és tömegességükről azonban pontos információink nincsenek.

Kutatásunk célja a Hévízi-kifolyó növényzetének részletes florisztikai jellemzése, különös tekintettel az idegenhonos taxonok arányára, valamint azok térbeli mintázatára a hőmérsékleti gradiens mentén. Emellett célul tűztük ki a hínárközösségek szezonális (évszakos) változásának nyomon követését.

Anyag és módszer

A vizsgálati terület

A vizsgálat során 2025-ben a Hévízi-kifolyón 14 mintavételi transzektet jelöltünk ki. Az első transzekt 0,4 fkm, az utolsó pedig 11,8 fkm távolságra volt a termáltótól. A transzektet átlagosan 0,9 fkm-re helyezkedtek el egymástól, a legkisebb távolság az első két transzekt között volt (0,2 fkm), a legnagyobb pedig az utolsó előtti között (1,9 fkm). A sűrűbben elhelyezett transzekttekkel a hínárközösségekben bekövetkezett változásokat igyekeztünk rögzíteni. A csatorna átlagos szélessége 11 m volt, a lefolyás irányába pedig növekvő tendencia volt megfigyelhető (1. ábra).

A vizsgálati terület három szakaszra lett felosztva a növénytársulások alapján. A felső szakaszra (0,4–1,6 fkm) trópusi és szubtrópusi vízinövényekből álló közösség volt jellemző. A középső szakaszt (2,1–6,4 fkm) a *Vallisneria australis*



1. ábra. A Hévízi-tóból (kék folt) kiinduló Hévízi-kifolyó (fehér vonal) és a 14 db transekt elhelyezkedése (fekete pont) műholdas felvételen ábrázolva (Google Earth). Táblázatos formában feltüntettük a transektok távolságát Hévízi-tótól, és a csatorna szélességét az adott transektnél.

Figure 1. The Hévíz outflow (white line) originating from Lake Hévíz (blue area) and the 14 surveyed transects (black dots) shown on a satellite image (Google Earth). The table shows the distance of the transects from Lake Hévíz and canal width.

dominanciája határozta meg, míg az alsó szakaszon (7,6–11,8 fkm) már több őshonos faj is megjelent.

Adatgyűjtés és adatfeldolgozás

A makrofita növénytársulások fajkészletét és borítási arányait a négy évszakban – télen (február 11.), tavasszal (május 9.), nyáron (július 3.) és ősszel (október 8.) – rögzítettük a kijelölt transzekten belül, mely 2 m hosszan a csatorna teljes szélességében helyezkedett el. A Hévízi-kifolyó a mesterséges kialakításának köszönhetően határozott partfallal rendelkezik, így a vízfolyásban található növényzet egyértelműen elkülöníthető a szárazföldi vegetációtól. A felvételezés során megbecsültük a vízben gyökerező, úszó, lebegő hínárok és emerz növények százalékos összborítását, majd a fajok dominanciájának (D) a meghatározása ezen lefedettségben belül történt meg, szintén százalékos formában. Az úszó és a lebegő hínárok levelei alatt meghatározó mennyiségű gyökerező hínár nem volt jelen, az esetlegesen benyúló szárazakat, leveleket ezért a dominancia meghatározásában nem vettük figyelembe. A növényhatározás egy esetben (*Carex*) csak nemzetségszinten történt meg. Az őshonos és idegenhonos fajok kumulatív borítása közötti különbség statisztikai elemzésére Wilcoxon signed-rank tesztet alkalmaztunk. A tesztet évszakonként, 14 transzекtre párosítva végeztük el ($n = 14$).

A mintavételi transzektekben a botanikai vizsgálatot követően az EXO2 multiparaméteres vízminőségmérő szonda alkalmazásával vízhőmérsékleti adatot rögzítettünk három ismétlési számban.

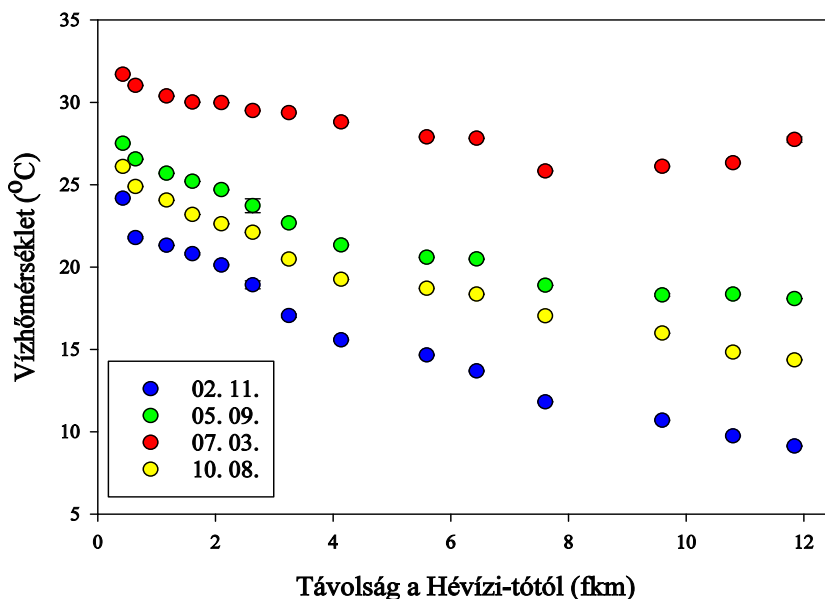
A transzektek közötti távolság mérése és a csatorna szélességének a meghatározása QGIS 3.36 szoftver felhasználásával történt. A terepen rögzített GPS-koordináták a Google műholdképén lettek megjelenítve, amely segítségével a kifolyó hossza meghatározásra került a transzektek között, a QGIS mező kalkulátor 'távolság' funkciójával. A csatorna szélessége szintén a Google műholdképe alapján került meghatározásra, a QGIS 'távolságmérés' funkciójának segítségével.

Eredmények

Hőmérsékleti viszonyok

A Hévízi-kifolyó vízhőmérséklete határozott negatív gradienssel rendelkezett a vizsgált pontok között, mely a téli időszakban volt a legmeredekebb ($-0,13\text{ °C}/100\text{ m}$). A termáltótól 2 fkm-re még ekkor sem csökkent 20 °C fok alá a vízhőmérséklet, azonban 12 fkm távolságra már 10 °C alá süllyedt (2. ábra). A nyári évszak hőmérsékleti gradiense mérséklődött ($-0,05\text{ °C}/100\text{ m}$), hiszen a

levegő hőmérsékletének emelkedésével a csatorna középső és alsó szakaszának a vize is felmelegedett, megközelítve a felső szakasz hőmérsékletét.

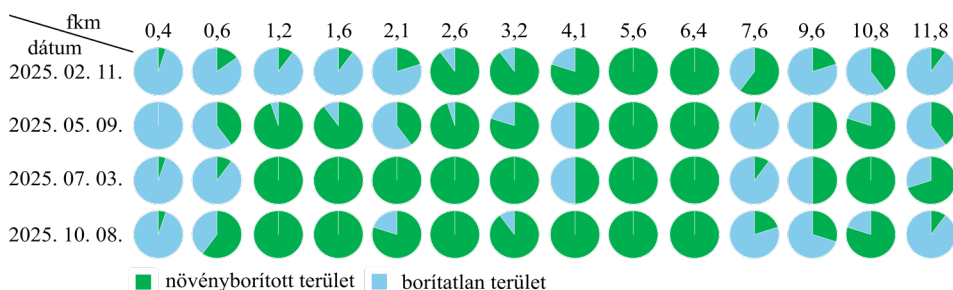


2. ábra. A Hévízi-kifolyó vízhőmérséklete a vizsgált transektokban 2025-ben.

Figure 2. Water temperature at the Hévíz outflow at the surveyed transects in 2025. x: distance from Lake Hévíz; y: water temperature.

Összborítás

A növényi összborítás a csatorna mentén lefelé haladva jelentős mértékben változott (3. ábra). Szezonaritást tekintve a tavasz, a nyár és az ősz is hasonlóan magas borítást mutatott (61,8%, 71,7% és 69,6%), míg ettől alacsonyabb értékkel rendelkezett a téli időszak (46,4%). A legtöbb 100%-os növényborítású transektokat nyáron regisztráltuk (8 transekt), azonban télen is adódtak ilyen szakaszok a csatornán (2 transekt). A téli magas borítás a *Vallisneria australis*, magyar nevén csavarhínár populációihoz volt köthető. A négy évszak növényborításának az átlagait tekintve a felső szakasz mintavételi transektjei rendelkeztek a legnagyobb szórással ($46,6 \pm 35,4\%$). Alacsonyabb értékekkel rendelkezett az első két transekt (0,4 fkm: 4%, 0,6 fkm: 31%) a második két transekttekkel összevetve (1,2 fkm: 76%, 1,6 fkm: 75%). A középső szakasz transektjei rendelkeztek a legmagasabb és legstabilabb növényborítással éves átlagban ($86 \pm 17\%$), míg az alsó szakasz éves átlagos borítása volt a legalacsonyabb ($42,2 \pm 22,6\%$).



3. ábra. A növényborítottság aránya a Hévíz-kifolyó vizsgált transektjeiben 2025-ben.

Figure 3. Ratio of vegetation cover at the surveyed transects of Hévíz outflow in 2025 by date (Y/M/D) and distance (river km). Green – plant cover, blue – uncovered surface.

Fajkészlet

Az egyéves periódust lefedő botanikai felmérés során 17 makrofita fajt azonosítottunk, nyolc őshonosat, és kilenc idegenhonosat (1. táblázat). Az egyes transektekben regisztrált fajszaám kettő (0,4 és 5,6 fkm) és nyolc (11,8 fkm, tavasz) között változott (1. Függelék). A felső szakasz hínártársulásait jellemzően idegenhonos, trópusi és szubtrópusi fajok alkották: *N. rubra*, *N. lotus*, *N. caerulea*, *C. caroliniana*, *R. rotundifolia* és *V. australis*. A 0,4-es fkm-nél kizárólag *N. rubra* és az őshonos *N. alba* fordult elő, szezonálisan stabil borítással (50–80%, illetve 20–50%).

A középső és alsó szakaszokon a növényzet a termálvízhatás mérséklődésével átalakult: a *Vallisneria* dominanciája 2,1 fkm-t követően meghatározóvá vált, és 5,6 fkm-re a termáltótól éves átlagban is elérte a 100%-os borítottságot. A téli felmérés során is megtalálhatóak voltak gyökerező, zöld levelekkel rendelkező példányai a legtávolabbi transektben (11,8 fkm), ahol a vízhőmérséklet 9 °C volt. Nyáron a termáltóhoz legközelebb 1,6 fkm távolságra találtunk csavarhínárpéldányokat, ahol a vízhőmérséklet meghaladta a 30 °C-ot, ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy ebben a transektben télen 95% volt a *V. australis* aránya, azonban nyárra ez 5%-ra csökkent más trópusi fajok (*C. caroliniana*, *R. rotundifolia*, *N. lotus*) megjelenésével (4. ábra). A partfalon végzett kaszálásnak köszönhetően átmeneti zóna nem alakult ki a víz és a szárazföld között, azonban a litorális zónára jellemző emerz fajoknak (*Phragmites australis*, *Typha angustifolia*) olykor voltak benyúló, megjelenő egyedei a víztestben. Emellett a Hévíz-kifolyó középső és alsó szakaszán a felső szakaszcól hiányzó további idegenhonos fajok is megjelentek (*A. filiculoides*, *Sh. rivularis*, *Gymnocoronis spilanthoides*), viszont sokkal kisebb borítási aránnyal. Az utolsó transekt (11,8 fkm) mutatta a leggazdagabb

fajkészletet (szezonálisan 4-8 faj), beleértve az őshonos *C. demersum*, *I. pseudacorus*, *L. minor* és *Sp. erectum* fajokat is (1. Függelék).

Őshonos / Native (Nagy és Tóth 2025)	Idegenhonos / Non-native (Nagy és Tóth 2025)	Őshonos / Native (Szabó 2002)	Idegenhonos / Non-native (Szabó 2002)
<i>Carex</i> sp.	<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	<i>Nymphaea alba</i> L. var. <i>minor</i> DC.	<i>Cabomba</i> <i>caroliniana</i>
<i>Ceratophyllum</i> <i>demersum</i> L.	<i>Cabomba</i> <i>caroliniana</i> A. Gray	<i>Schoenoplectus</i> <i>litoralis</i> Palla	<i>Egeria densa</i> Casp.
<i>Iris pseudacorus</i> L.	<i>Gymnocoronis</i> <i>spilanthoides</i> DC.		<i>Gymnocoronis</i> <i>spilanthoides</i>
<i>Lemna minor</i> L.	<i>Nymphaea caerulea</i> Savigny		<i>Nymphaea lotus</i>
<i>Nymphaea alba</i> L.	<i>Nymphaea. lotus</i> L.		<i>Nymphaea rubra</i>
<i>Phragmites</i> <i>australis</i> Trin. ex Steud.	<i>Nymphaea rubra</i> Roxb. ex Andrews		<i>Pistia stratiotes</i> L.
<i>Sparganium erectum</i> L.	<i>Rotala rotundifolia</i> Koehne		<i>Rotala macrandra</i> L.
<i>Typha angustifolia</i> L.	<i>Shinnersia rivularis</i> R.M.King & H.Rob. <i>Vallisneria australis</i> S.W.L. Jacobs & Les		<i>Shinnersia rivularis</i>

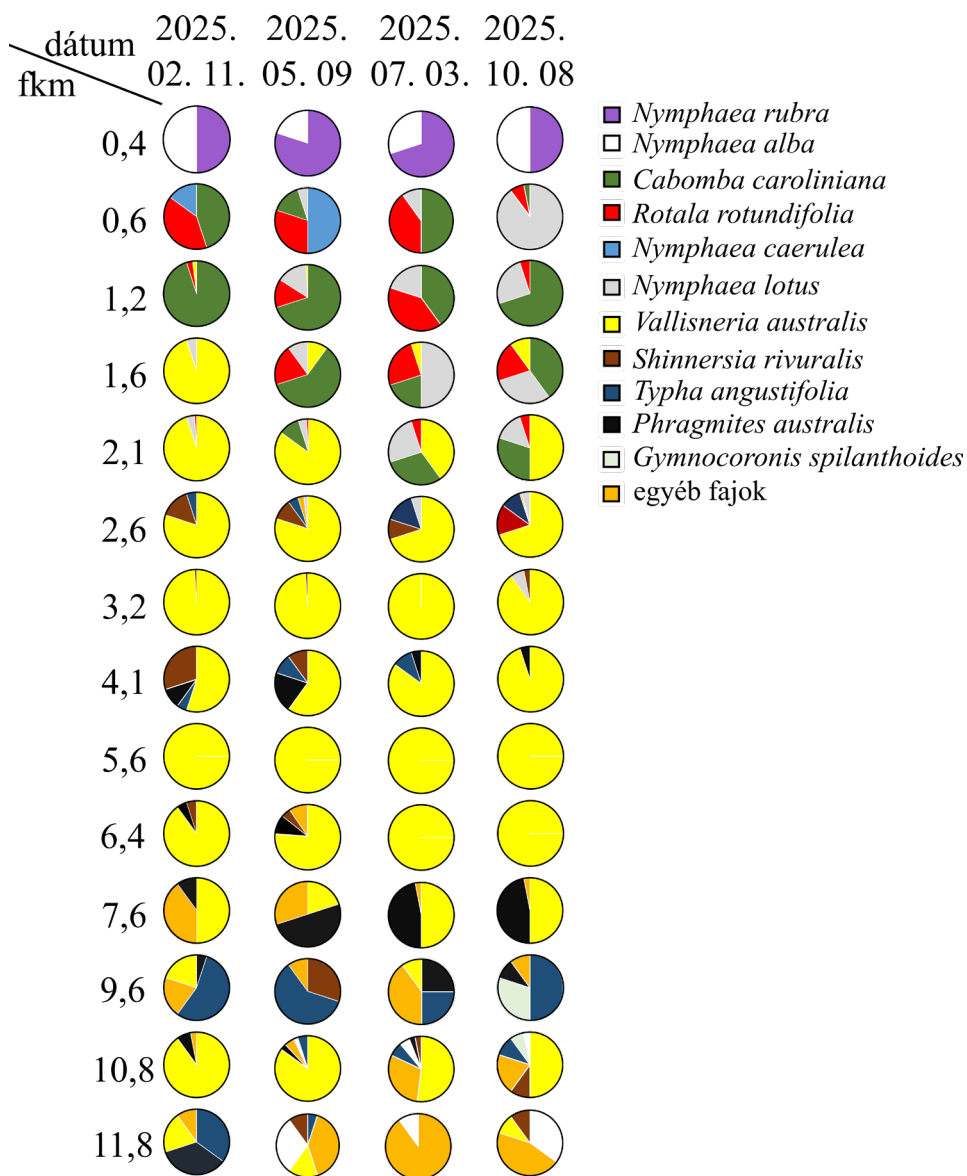
1. táblázat. A Hévízi-kifolyóban 2025-ben a szerzők által azonosított őshonos és idegenhonos fajok listája, mellette a 2002-ben ugyanebben a víztestben, Szabó (2002) által regisztrált növények. **Table 1.** The list of native and non-native species identified by the authors in the Hévíz-outflow in 2025, alongside the plants recorded in the same water body by Szabó (2002).

Szezonális

változékonyság tekintetében a mintavételi helyek között markáns különbségek mutatkoztak: egyes transzektekben kifejezetten stabil közösség szerkezetet tapasztaltunk, így több transzekt (3,2, 5,6 és 6,4 fkm) esetén a domináns faj borítása minden évszakban 80–100% között maradt. Ezzel szemben a területek egy másik csoportjánál (0,6–2,1; 9,6–11,8 fkm) jelentős mértékű szezonális változatosság volt megfigyelhető, ahol a *C. caroliniana*, a *G. spilanthoides* és az úszólevelű fajok borítása évszakra változott.

Őshonos vs. idegenhonos fajok

A nyolc őshonos faj jellemzően a csatorna alsóbb, termálvízhatástól távolabb eső szakaszain (>7,6 fkm) volt megtalálható. Ezzel szemben a kilenc idegenhonos



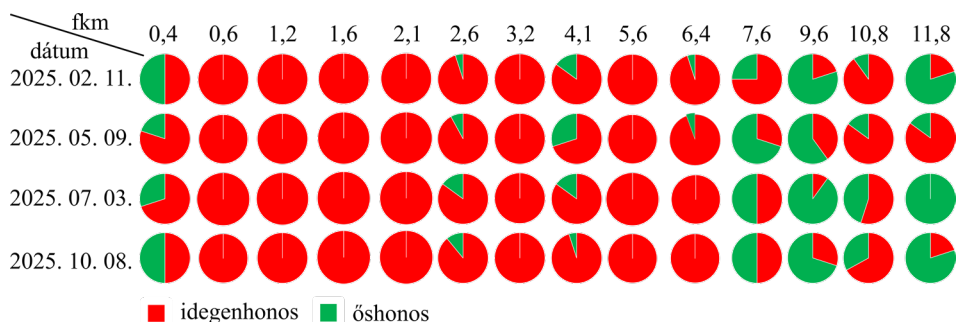
4. ábra. A fajok aránya a Hévízi-kifolyó vizsgált transektjeiben 2025-ben.

Figure 4. Ratio of species at the surveyed transects of the Hévíz outflow in 2025 by date (Y/M/D) and distance (river km). Orange – other species.

faj döntő többsége a termálvízhatás által kondicionált felső csatornaszakaszon (<6,4 fkm) volt domináns (4. és 5. ábrák). Az alsó szakaszon előforduló fajok, a *Vallisneria australis* kivételével, azonban csak szórványosan voltak jelen, szerepük inkább kísérőfajokként jellemezhető.

Az Általános Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer (Bölöni *et al.* 2011) alapján a Hévízi-kifolyó felső és középső szakasza az OD kategóriába tartozik, mely a lágyszárú özönfajok 50%-nál nagyobb borítású állományait jelöli kettes természetességi értékkel, mivel őshonos fajok mozaikosan még megjelennek. Az alsó szakasz az Ac2 kategóriába esik, amely az 'Álló- és lassan áramló vizek hínárnövényzetén' belül a lassú folyású csatornák hínárélőhelyeit jelöli.

A Wilcoxon-féle rangpróba (Wilcoxon signed-rank test) eredményei alapján az idegenhonos fajok száma minden évszakban szignifikánsan magasabb volt, mint az őshonosoké. A W-statisztika értéke 5,0 és 9,5 között változott, a p-értékek 0,004 és 0,012 közé estek.



5. ábra. A fajok aránya eredetük szerint a Hévízi-kifolyó vizsgált transzektjeiben 2025-ben.

Figure 5. The proportion of species by origin at the surveyed transects of the Hévíz outflow in 2025 by date (Y/M/D) and distance (river km). Red – non-native, green – native.

Diszkusszió

A Hévízi-kifolyó megépítése gyökeresen megváltoztatta az addig döntően mocsaras, tőzeglapos élőhelyet, a mesterségesen fenntartott vízfolyás hőhatás alatt álló részén pedig mára döntő többségében idegenhonos fajok vannak jelen (Szabó 2016, Vojtkó *et al.* 2017). A Hévízi-kifolyó növényzetének 2025-ös, négy évszakot átfogó felmérése megerősítette, hogy a termálvíz által fenntartott hőmérsékleti gradiens meghatározó szerepet játszik az idegenhonos makrofiták elterjedésében, és szezonális stabilitásukban. A Hévízi-tóhoz közeli, felső szakasz dominánsan nem őshonos, trópusi/szubtrópusi fajokat tartalmazott. Az itt mért

közel állandó, 25-30 °C körüli vízhőmérséklet lehetővé teszi az idegenhonos, melegkedvelő fajok megtelepedését és szaporodását, amelyek hazai természetes vizekben egyébként nem képesek áttelelni. Az a tény, hogy itt még télen sem süllyedt 20 °C alá a vízhőmérséklet, jelzi, hogy a kifolyó felső 2 fkm-es szakasza egész évben megfelelő a melegigényes fajok számára. A termáltó közvetlen környezetében tapasztalható alacsony növényesűrűség oka lehet a fürdőzők jelenléte. Annak ellenére, hogy a Hévízi-kifolyón nincsen kijelölt fürdőzőhely, a tóhoz közel eső szakaszon sokan mártóznak meg a meleg vízben egész évben. Azonban a felső szakasz alsó részén, ahol az emberi zavarás már nem volt számottevő, de a termáltó még éreztette hőhatását, ott a növényborítás nyáron 100%-os volt, melyet idegenhonos fajok alkottak.

A 2002-ben Szabó István által közölt tanulmányban regisztrált neofitonok közül három faj nem került általunk azonosításra, azonban négy új faj jelenlétét rögzítettük (1. táblázat). Szabó István munkája nem tér ki a fajok előfordulásának pontos helyére, illetve a tömegességükre, azonban a *Pistia stratiotes* L. esetében megjegyzi, hogy a visszaszorítása érdekében tett intézkedések óta rejtőzködik, így az eltűnésének oka lehet a célzott emberi beavatkozás. Az *Egeria densa* Planch. és a *Rotala macrandra* L. sem került elő a 2025-ös felméréseink során, ennek okára egyértelmű bizonyítékok nem állnak rendelkezésre. A lehetséges okok között itt is megemlíthető az emberi beavatkozás, illetve más fajok kompetíciója is visszaszoríthatta az előbb említett idegenhonos fajokat, hiszen szintén Szabó (2002) írásában olvasható, hogy a *Cabomba caroliniana* a 2000-es évek elején csupán sodrásmentesebb csatornaszakaszokon, zsilipkamrákban volt jelen, azonban a 2025-ös felmérésünk alapján már a Hévízi-kifolyó felső 2 km-én a csatorna sodrásnak kitett részein is megtalálhatóak voltak kiterjedt állományai. A 2002-es felmérésből hiányzó, de 2025-ben észlelt fajok között szerepel az *Azolla filiculoides*, *Nymphaea caerulea*, *Rotala rotundifolia* és a *Vallisneria australis*. Az *A. filiculoides* egy inváziós lebegő hínár, mely állományának nagysága évről évre nagy mértékben változhat. A Hévízi-kifolyóban azonban csak télen és tavasszal volt jelen, összesen három transzektben, maximális aránya a vegetációban pedig csak 25% volt. A *N. caerulea* – melynek eredete Lovassy Sándor honosítási kísérletéhez vezethető vissza – kizárólag a 0,6 fkm-nél volt jelen, tömeges elszaporodása nem valószínűsíthető. A *R. rotundifolia* a Hévízi-kifolyó felső szakaszán elterjedt trópusi hínárfaj, legmesszebb a termáltótól 2 fkm-re volt megtalálható, ahol azonban az aránya a vegetációban nyáron is csupán 5% volt. A *V. australis* a Hévízi-kifolyó középső szakaszát domináló idegenhonos inváziós hínárfaj. Előfordulása a kifolyó alsó szakaszán arra utal, hogy a mérsékelt övi klímához akklimatizálódni képes fajról van szó.

A *Vallisneri australis*-t új fajként 2008-ban írták le molekuláris és morfológiai tulajdonságok alapján (Les *et al.* 2008). A hazánkban megjelent idegenhonos csavarhínárra sokáig *Vallisneria gigantea* Graebn.-ként hivatkoztak hosszú levelei miatt (Király *et al.* 2009, Lukács *et al.* 2016). Egy 2021-ben végzett genetikai kutatás azonban bebizonyította, hogy a Hévízi-kifolyóban található csavarhínárok a *V. australis* fajhoz tartoztak (Mesterházy *et al.* 2021). A növényfaj biomassza-termelésére vonatkozóan kevés hiteles adat állt rendelkezésre, hiszen 2008-ig nem is ehhez a fajhoz sorolták az idetartozó növényeket. Egy 2025-ös kísérlet azonban megállapította, hogy a *V. australis* biomassza-termelése a többi csavarhínár fajénak a többszöröse (Beets *et al.* 2025). A Hévízi-kifolyóban megtalálható csavarhínárok biomassza-termelése meghaladhatja a 1 kg m^{-2} -t is, a sekélyebb (~110 cm) részeken a levelei pedig képesek a vízfelszínig is megnőni, ott akár 40-60 cm hosszan elterülni (Nagy és Tóth 2026). A középső, csavarhínár uralta szakaszt követően, az alsó szakaszon csak őshonos fajok és a *V. australis* voltak megtalálhatóak a *Sh. rivularis*, *A. filiculoides* és *G. spilanthoides* szórványos megjelenéseivel. A *Vallisneria* sűrű állományai által uralt szakaszok előtt és után jelentős eltérés volt tapasztalható a hínárközösségek fajkészletében.

Ezen eredményeink alapján fogalmaztuk meg azt a hipotézist, hogy a csavarhínár a tömegessége és a morfológiája által képes lehet más növényfajok propagulumainak terjedését befolyásolni: a tömör „hínárerdő” egyrészt mechanikusan akadályozhatja meg a többi, fenti szakaszon jelentős mennyiségben található idegenhonos faj propagulumainak a folyás mentén történő terjedését, másrészt – leárnýekolva az üledék felszínét – gátolja a propagulumok növekedését, így más idegenhonos fajok megtelepedését a csatorna középső és alsó részein. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy jelen kutatás keretein belül nem végeztünk propagulumcsapdázási kísérleteket, sem áramlástanii modellezést. Ez a „gáteffektus” tehát egyelőre kizárólag a megfigyelt térbeli borítási mintázatokból levont elméleti felvetés (hipotézis), amelynek igazolása vagy cáfolása további, kontrollált kísérletes vizsgálatokat igényel.

A *V. australis* eredeti elterjedési területén kívül a lokális flórát elnyomva, negatívan befolyásolja a helyi ökoszisztémát, ezért több országban nemkívánatos jövevényfajként tartják nyilván (Beets *et al.* 2024, [http3](#), [http4](#), [http5](#)). Szelektív vegyszeres kezelésére egyelőre nem találtak megoldást, mivel a jelenleg ismert gyomirtók a környezetben található más növényfajokra is károsan hatnak (Beets *et al.* 2024). A legelés és árnyékolás azonban képes volt korlátozni a csavarhínár növekedését (McNamara *et al.* 2025). A Hévízi-kifolyó területén előfordulnak üstökös-, és barátrécék, illetve szárcsák ([http6](#)), melyek fogyaszthatnak a vízinövényekből, de a számuk feltehetőleg nem elégséges ahhoz, hogy érdemben visszaszoríthassák az inváziós fajokat. A *Vallisneria* tömegessége azonban

pozitív hatásokkal is járhat, hiszen a leveleiben képesek akkumulálni különböző gyógyszermaradványokat (Harriage *et al.* 2024). Ez a tulajdonsága a Hévízi-kifolyó esetében kiemelt fontosságú lehet, mivel a Hévízi-tó gyógyfürdőként való használata során megnövekszik annak az esélye, hogy gyógyszermaradványok juthassanak a természetes vizekbe. Ezen hatás bizonyítása és mértékének megállapítása azonban további kutatásokat igényel.

Összességében a Hévízi-kifolyó egyedülálló modellrendszernek tekinthető az idegenhonos, melegigényes fajok akklimatizációs és terjedési folyamatainak vizsgálatához. A kifolyó szinte valamennyi szakaszán jelen lévő idegenhonos fajok és a Balatonba való közvetlen kapcsolódás révén a csatorna potenciális inváziós folyosóként is értelmezhető, amelyen keresztül melegigényes fajok hosszú távon a Balaton nyílt vizébe is bejuthatnak, különösen a klímaváltozás következtében emelkedő téli vízhőmérsékletek mellett (Li *et al.* 2024). A jövőbeli kutatások fókuszába ezért érdemes bevonni a propagulumterjedés közvetlen vizsgálatát, a *V. australis* „gáthipotézisének” kísérletes tesztelését, valamint a kifolyó és a Balaton közötti átmeneti zóna, a Kis-Balaton növényzeti monitorozását.

Irodalomjegyzék

- Aksenova, O. V., Potapov, G. S., Bespalaya, Y. V., Kolosova, Y. S., Vikhrev, I. V., Kondakov, A. V., Gofarov, M. Y., & Bolotov, I. N. (2020): Dragonflies from hot springs in Russia with a country-level checklist of species known to occur in geothermal environments. *Ecologica Montenegrina* 34: 49–63. <https://doi.org/10.37828/em.2020.34.6>
- Böllni J., Molnár Zs., Kun A. (szerk.) (2011): *Magyarország élőhelyei. A hazai vegetációtípusok leírása és határozója*. ÁNER 2011. MTA ÖBKI, Vácrátót.
- Beets, J. P., Haug, E. J., Sperry, B. P., Thum, R. A., Richardson, R. J. (2024): Response of four *Vallisneria* taxa to aquatic herbicides. *Invasive Plant Science and Management* 17: 297–304. <https://doi.org/10.1017/inp.2024.33>
- Beets, J. P., Sperry, B. P., Thum, R. A., Richardson, R. J. (2025): Mesocosm evaluation of growth differences between *Vallisneria* taxa. *Journal of Aquatic Plant Management* 63: 41–44.
- Borbás, V. (1900): *A Balaton tavának és partmellékének növényföldrajza és edényes növényzete*. Hornyánszky Viktor Császári és Királyi Udvari Könyvnyomdája, Budapest
- Boros Á. (1937): *Magyarországi hévizek felsőbbrendű növényzete*. Botanikai Közlemények 34.
- Cholnoky, J. (1936): *Balaton*. Franklin, Budapest
- Gombocz E. (1945): *Diaria itinerum Pauli Kitaibelii* 1. Ungarischen Naturwissenschaftlichen Museums, Budapest, 404
- Harriage, S., Harasheh, A., Schultz, N., Long, B. (2024): Bioconcentration of pharmaceuticals by aquatic flora in an Australian river system. *Science of the Total Environment*. 946. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174361>
- Hošek, J., Pokorný, P., Storch, D., Kvaček, J., Havig, J., Novák, J., Hájková, P., Jamrichová, E., Brengman, L., Radoměřský, T., Křížek, M., Magna, T., Rapprich, V., Laufek, F., Hamilton, T., Pack, P., Di Rocco, T., Horáček, I. (2024): Hot spring oases in the periglacial desert as the Last

- Glacial Maximum refugia for temperate trees in Central Europe. *Science Advances* 10. <https://doi.org/10.1126/sciadv.ado6611>
- Király, G. (szerk.) (2009): *Újmagyarfüvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Határozókulcsok*. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósuaő; Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar, Debrecen, 502 p.
- Köhler, J., Lewandowski, J. (2026): Dense stands of aquatic plants retain water in lowland rivers and in adjacent floodplain aquifers. *Journal of Hydrology* 667: 134882. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.134882>
- Les, D., Jacobs, S., Tippery, N., Chen, L., Moody, M., Wilstermann-Hildebrand, M. (2008): Systematics of *Vallisneria* (Hydrocharitaceae). *Systematic Botany* 33: 49–65. <https://doi.org/10.1600/036364408783887483>
- Li, H., Somogyi, B., Tóth, V. (2024): Exploring spatiotemporal features of surface water temperature for Lake Balaton in the 21st century based on Google Earth Engine. *Journal of Hydrology* 640: 131672. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131672>
- Lovassy, S. (1908): *A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei*. A Magyar Földrajzi Társaság Balaton-Bizottsága, Budapest.
- Lukács B. A., Dorotović Cs., Hűvös-Récsi A., Barina Z., Matus G. (2008): Exotic aquatic macrophytes in the Pannonicum: flora and vegetation of the Fényes-springs of Tata (HU) and the Pece-creek of Sînmartin (RO). *Kitaibelia* 13(1): 113.
- Lukács, B. A., Mesterházy, A., Vidéki, R., Király, G. (2016): Alien aquatic vascular plants in Hungary (Pannonian ecoregion): Historical aspects, data set and trends. *Plant Biosystems – An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* 150: 388–395. <https://doi.org/10.1080/11263504.2014.987846>
- McNamara, K., Greet, J., Mole, B., Jones, C. S. (2025): Livestock Grazing and Dense Willow Shading Negatively Impact Instream Plant Growth. *River Research and Applications* 41: 1925–1939. <https://doi.org/10.1002/rra.70004>
- Mesterházy, A., Somogyi, G., Efremov, A., Verloove, F. (2021): Assessing the genuine identity of alien *Vallisneria* (Hydrocharitaceae) species in Europe. *Aquatic Botany* 174: 103431. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2021.103431>
- Nagy, D., Tóth, V. R. (2026): Physiological differentiation of the invasive macrophyte *Vallisneria australis* along a thermal gradient in the Lake Hévíz outflow. *Biological Invasions* 28: 86. <https://doi.org/10.1007/s10530-026-03803-9>
- Nagy, J., Hajnal, G., Szieberth, D., Rehák, A., Reska, Z. (2025): A Hévízi-tó monitoringhálózata, annak fejlesztése, kiegészítése kampányjellegű mérésekkel. *Hidrológiai Közöny* 105: 23–35. <https://doi.org/10.59258/hk.18347>
- Pantoja-Irys, J. R.; de la Rosa-Manzano, E.; Martínez-Ávalos, J. G.; Guerra-Pérez, A.; Mora-Olivo, A.; Arellano-Méndez, L. U.; Serna-Márquez, R.; Salmerón-Carreño, E. D.; Mujica-Sánchez, H. (2025): Diversity of Plant Communities Surrounding the Hot Springs on the Eastern Flank of the Sierra Madre Oriental, Northeastern Mexico. *Biology* 14: 382. <https://doi.org/10.3390/biology14040382>
- Santos, A. A., Nel, A., Rodríguez-Barreiro, I., Sender, L. M., Wappler, T., Diez, J. B. (2022): Insect and Plant Diversity in Hot-Spring Ecosystems during the Jurassic-Cretaceous Boundary from Spain (Aguilar Fm., Palencia). *Biology* 11: 273. <https://doi.org/10.3390/biology11020273>
- Szabó, I. (2016): Keszthely fehér tündérrózsája. Tündérrózsa-tanösvény Hévíz–Keszthely. *Keszthelyi Környezetvédő Egyesület*.
- Szabó, I. (2002): Melegvízi növényfajok Hévíz és Keszthely vizeiben. *Botanikai Közlemények* 89: 105–115.
- Szarka, L. (2009): *Hévíz*. Xéniart kiadó, Budapest.

- Takács, P., Maasz, G., Vitál, Z., Harka, Á. (2015): Aquarium fishes in the outflow of the thermal Lake Hévíz. *Pisces Hungarici* 9: 59-64 <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4403.4408>
- Vojtkó, A. E., Mesterházy, A., Süveges, K., Valkó, O., Lukács, B. A. (2017): Changes in sediment seed-bank composition of invaded macrophyte communities in a thermal river. *Freshwater Biology* 62: 1024–1035. <https://doi.org/10.1111/fwb.12922>

Internetes források

- http1: <https://www.bfnp.hu/hu/hir/betelepult-invazios-fajok-es-gyerteszuk-heviz-kornyeken> (letöltve 2026. 02. 13.)
- http2: <https://kormany.hu/hirek/megvalosult-a-hevizi-to-atfogo-tovedelmi-programja> (letöltve 2026. 02. 13.)
- http3: <https://blogs.cdfa.ca.gov/Section3162/wp-content/uploads/2024/08/Vallisneria-australis.pdf> (letöltve 2026. 06. 03.)
- http4: https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/alert_list_plants/vallisneria_australis (letöltve 2026. 06. 03.)
- http5: https://niwa.co.nz/sites/default/files/Freshwater%20invasive%20species%20of%20New%20Zealand%202020_1.pdf (letöltve 2026. 06. 03.)
- http6: <https://mme.hu/magyarorszagmadarai> (letöltve 2025. 05. 26.)

Függelék:

A cikkhez tartozó Függelék a folyóirat honlapján található. / Appendix for this study is available on the website of the Journal.

1. Függelék: A Hévízi-kifolyó 14 transzektjében rögzített fajok aránya a növényborításon belül. / Appendix 1: Proportion of the recorded species in the total cover of the Hévíz outflow.

A botanical study of the Hévíz outflow, focussing on the spreading of invasive species, and the ecological role of *Vallisneria australis*

Dorina Nagy* & Viktor R. Tóth

HUN-REN Balaton Limnological Research Institute, Klebelsberg Kuno u 3., H-8237
Tihany, Hungary

*E-mail: nagy.dorina@blki.hu

The study examined the macrophyte vegetation and the distribution of invasive species at the outflow of Lake Hévíz (Hungary, Zala county) in 2025. During the survey, conducted at 14 sampling transects across four seasons, we identified 17 taxa. Analysed with the Wilcoxon-test, the results confirmed the dominance (D) of non-native species (e.g., *Rotala rotundifolia*, *Cabomba caroliniana*) in the warmer, upper section. Beginning at the middle section, *Vallisneria australis* became dominant, often with 100% coverage. Statistical analyses showed significant neophyte dominance in every season. The research raises the possibility of the “barrier hypothesis”, according to which the large biomass of *V. australis* may hinder the spreading of other tropical propagules towards Lake Balaton.

Keywords: biodiversity, Hévíz-outflow, invasion, macrophytes, non-native, thermal water, *Vallisneria australis*

Beérkezett / Received: 2026. 03. 24.

Javítás után beérkezett / Received in revised form: 2026. 08. 24.

Elfogadva / Accepted: 2026. 08. 24.

© A Szerzők / The Authors, 2026

Ez egy szabad hozzáférésű cikk, amely a Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) licenc alatt jelenik meg. / This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

