

Élőhely szempontú folyószabályozás megalapozása korszerű hidromorfológiai adatelemzéssel

Fleit Gábor¹, Baranya Sándor¹, Józsa János¹, Török Gergely Tihamér¹

¹BME, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3.

Kivonat: A klasszikus folyószabályozásokkal érintett, környezetileg sérült területek tudományosan megalapozott revitalizációja lehetséges feladat, azonban ez komplex vízmérnöki, környezetvédelmi és ökológiai szemléletet igényel. Jelen munka célja, hogy bemutassuk milyen terepi mérési és adatfeldolgozási módszerekkel tudjuk támogatni a folyami vizes élőhelyek vizsgálatait a vízmérnöki oldalról. A Duna Sződligeti szakaszán (1672-1676 fkm) három mérési kampány keretein belül, nagy idő- és térbeli felbontással feltártuk az uralkodó áramlási viszonyokat, valamint részletes medergeometriai felméréseket végeztük. A nyers adatok feldolgozását követően meghatároztuk több – az élőhely jellemzésénél használatos – abiotikus áramlástan paraméter mezőszzerű eloszlását. Az így előállított felületeket felhasználva, egy osztrák fejlesztésű élőhely kategória elkülönítést, valamint egy amerikai tanulmányra alapozva egy konkrét süllőfaj (*Sander vitreus*) megfeleléségi indexeken alapuló élőhely vizsgálatát végeztük el.

Kulcsszavak: ADCP, Duna, hidromorfológia, élőhely, terepi mérés

1. Bevezetés

A klasszikus folyószabályozási munkák sokáig figyelmen kívül hagyták azokat a vízi élőlényekre gyakorolt hatásokat, melyek az általuk okozott áramlási és morfológiai viszonyok megváltozásának tudhatók be. Az elmúlt években ezek a szempontok egyre inkább reflektorfénybe kerültek, elég az EU Víz Keretirányelv intézkedéseire gondolnunk.

Jelen tanulmány egy ilyen hagyományos folyószabályozási művekkel ellátott Duna-szakasz (1672-1676 fkm) vizsgálatával foglalkozik. A korábbi szabályozások hosszútávon kialakult negatív környezeti hatásait (pl. holtterek feliszapolódása) kiküszöbölendő, több beavatkozási tervezet is készült, melyek a vizes élőhelyek javítását célozzák.

Munkánk során a jelenlegi áramlási és morfológiai állapotok felmérését végeztük el. Ehhez részletes és friss terepi mérésekre volt szükség, így 2013 júniusa és szeptembere közt három mérési kampányt tartottunk a vizsgált szakaszon. A részletes hidraulikai, geodéziai és hidromorfológiai felméréseket követően, a nyers adatok megfelelő feldolgozását végeztük el. Az adatfeldolgozás eredményeként különböző áramlástan paraméterek mezőszzerű eloszlásához jutottunk.

Az abiotikus változók eloszlásai alapján két megközelítésből végeztünk élőhely-hidraulikai vizsgálatokat. Megfelelő hazai módszerek hiányában ezeket külföldi munkák példájára hajtottuk végre. Elsőként egy osztrák fejlesztésű élőhely modellezési eljárást alkalmaztunk (*Hauer et al., 2008*), mellyel 6 különböző élőhely osztály elkülönítésére van lehetőség. A másik megközelítésnél egy amerikai tanulmányra építettünk (*Aadland és Kuitunen, 2006*), ahol konkrét halfajok különböző életciklusaira jellemző élőhely megfeleléségi lettek definiálva általunk

mérhető, számítható abiotikus értékek alapján. Utóbbi vizsgálatot egy süllőfaj példáján mutatjuk be.

2. Vizsgálati terület

A vizsgálatokat a Duna 1672-1676 fkm szelvényi közötti szakaszon végeztük. Ez Sződliget térsége, a folyam itt a Szentendrei-sziget bal partját mossa, teljes vízhozamának közel kétharmadával. Ebből következik, hogy a vízi teher és személyszállítás döntő része is ezen az ágon történik. A folyó hazai szakaszaihoz hasonlóan itt is felmerülnek a hajózással kapcsolatos gondok (*VITUKI, 2007*). Ilyen a Sződligeti szűkület (1675,6-1674,8 fkm), mely jelenlegi állapotában egy 500 m hosszú, 90 m széles, orvosolandó problémát jelen a folyami közlekedés szempontjából. A térségben a meder szabályozott, a hajóút áthelyezésére lehetőség nincs. A térség áramlási karakterét az **1. ábrán** látható két sarkantyúpár adja.



1. ábra – A vizsgált Duna-szakasz

3. Terepi mérések

A mérések során három mérőműszert/mintavevőt használtunk: akusztikus Doppler-elvű sebességmérőt (ADCP), RTK-GPS-t valamint harangos mederanyag mintavevőt.

A medergeometria felmérése, valamint a sebességeloszlások feltárása ADCP-vel történt. A műszert egy GPS-el párosítva, hajóra rögzítve alkalmazzuk mozgó és álló hajós mérések végzéséhez (Baranya et al., 2008). Mozgó hajós mérések esetén célunk a nagy sűrűségű mélység és sebesség adatfelhő elérése. Utóbbi esetben csak az adott függvényekben pillanatnyilag uralkodó viszonyokat van lehetőségünk rögzíteni, melyek a turbulens fluktuációtól zavart, zajos értékek. Ezen eredmények simítására az adatfeldolgozáskor került sor.

Állóhajós mérések esetén a hajóval egy pontban maradva, egy függély mentén igyekszünk több percig tartó mérést végezni. Az így nyert adatok időbeli átlagolásának eredményeként az ott leginkább jellemző függély menti sebességeloszlást kapjuk. Az ilyen módon mért eloszlás meghízhatóbb eredményekhez vezet, amikor a sebességprofil felhasználásával adunk becsléseket bizonyos – származtatott – hidromorfológiai paraméterek értékeire (pl. fenék-csúsztatófeszültség).

A későbbi, numerikus hidrodinamikai modellezési feladatok végzése szempontjából kulcskérdés, hogy milyen vízszintek esetén hágja meg a Duna a sarkantyúkat, így a művek koronaszintjének pontos ismerete is elkerülhetetlen. Ezeket a méréseket cm-es pontosságú RTK-GPS-szel végeztük, minden sarkantyú esetén 5-10 pontban.

Ismernünk kell továbbá a mederanyag összetételét (szemeloszlását) a vizsgálati területen, ugyanis a szemeloszlási görbék alapján (d_{90}) van lehetőségünk az áramlási modell érdességi viszonyainak leképzésére, paraméterezésére. Hangsúlyozni kell, hogy a mederanyag milyensége önmagában is fontos abiotikus élőhely jellemző paraméter. Emiatt a kettős igény miatt, összesen 14 pontban vettünk mederanyag mintákat harangos mintavevővel.

A vizsgálati területen három mérési kampányt tartottunk (1. táblázat). 2013 júniusában (továbbiakban nagyvíz) a nagy dunai árvíz idején mozgó és fix hajós ADCP méréseket végeztünk a teljes vizsgálati területen. Az árvíz levonultát követően, júliusban (továbbiakban kisvíz) újabb mozgó hajós ADCP méréseket tartottunk, valamint itt kerítettünk sort a művek geodéziai felmérésére is. 2013 szeptemberén (továbbiakban középvíz), az utolsó mérési kampány során újabb mozgó és fix

hajós ADCP méréseket végeztünk, továbbá mederanyag mintákat is ekkor gyűjtöttünk.

1. táblázat – A helyszíni mérések során rögzített vízhozam értékek

Mérés ideje	Vízhozam, Q, m ³ s ⁻¹
2013. június 10.	6 200
2013. július 24.	1 340
2013. szeptember 30.	1 630

4. Adatfeldolgozás

Az ADCP nagyvízi mélységmérései alapján, egy háromszög elemekből felépülő rácshálóra való lineáris interpolációval elkészítettük a vizsgálati terület digitális terepmodelljét. Mivel ilyen mérések mindhárom általunk vizsgált állapotra rendelkezésre álltak, így lehetőségünk volt vizsgálni az árvíz hatására bekövetkező mederváltozásokat is.

Az ADCP nyers mozgóhajós méréseit első lépésben mozgóablakos átlagolással simítottuk, hogy kiszűrjük a korábban említett turbulens pulzáció hatását. Ezekből a simított keresztmetszvény menti eloszlásokból képet kaptunk az áramlás térbeli milyenségéről.

Az egyes függvényekben mért sebességek mélység menti átlagolásából kaptuk az ún. mélységátlagolt áramlási sebességeloszlásokat, melyek minden mérési pontot egy skalár áramlási sebesség értékkel jellemeznek. Mivel kellően sűrű mérési pont állt rendelkezésünkre, ezeket az értékeket is egy háromszög rácshálóra interpoláltuk, így a vízfelszín síkjának minden pontjában ismertük az átlagos sebesség értékeket. Fontos hangsúlyozni, hogy ezek a 2D sebességeloszlások fontos élőhely jellemző paraméterek.

Az ADCP-vel különböző mélységekben mért sebességnagyságokból, a turbulens fal-törvény segítségével, sebességprofil illesztést alkalmazva meghatároztuk az egyes függvényekben kialakuló fenék-csúsztatófeszültségeket (pl. Baranya et al., 2008). A korábbiakhoz hasonlóan, ezekből a szórt pontokból is mezőket hoztunk létre lineáris interpolációval. Ez a paraméter a mederfenék és a víz között kialakuló súrlódást írja le, így a morfordinamikai folyamatok vizsgálatánál (pl. mederváltozások becslése) kulcsfontosságú. Ez a feszültségérték, a fentiekén túlmenően, az általunk alkalmazott, élőhely osztályozás egyik bemeneti paramétere is egyben.

A gyűjtött mederminták feldolgozása laboratóriumi körülmények közt történt. Első lépésben a nedves anyagot 105°C-os kemencében égettük tömegállandóságig. A kiszáradt anyagot ezután szitasorral választottuk különböző méretű frakcióira, egyúttal megszerkesztettük a szemeloszlási görbéket is. A görbék ismeretében

minden mintára meghatároztuk azt a szitaméretet, aminél az anyag 90%-a finomabb frakciójú (d_{90}), a korábban említett numerikus modell paraméterezése céljából.

A felsorolt áramlástan és morfológiai paraméterek mezőszzerű eloszlásának ismeretében élőhely vizsgálatokat végeztünk. Elsőként egy osztrák tanulmány (Hauer et al., 2008) alapján osztottuk fel a teljes területet hat folyami élőhely típusra: *áramló szakasz; gyors áramlású szakasz; medence; sekély víz; zúgó; beduzzasztott víz*. Az elkülönítés három abiotikus paraméter alapján történt: vízmélység, mélységátlagolt áramlási sebesség és fenék-csúsztatófeszültség. Az egyes abiotikus paraméterek, különböző intervallumokba való tartozásuk alapján más-más numerikus kódot (NC) kapnak, a **2. táblázatban** láthatóak alapján.

2. táblázat – Input paraméterek osztályozása

Sebesség		Vízmélység		Fenék-csúsztatófesz.	
v [ms ⁻¹]	NC _v	d [m]	NC _d	τ [Nm ⁻²]	NC _τ
0,00 - 0,10	1	0,00 - 0,40	5	0,00 - 2,00	0
0,10 - 0,25	2	0,40 - 0,80	4	2,00 - 20	1
0,25 - 0,40	3	0,80 - 1,20	3	> 20	2
0,40 - 0,75	4	1,20 - 1,50	2		
> 0,75	5	> 1,50	1		

Az így meghatározott NC-k ismeretében képezhető az ún. élőhely index (MH), a következő képlettel:

$$MH = (NC_d + NC_v) \cdot NC_\tau$$

Az képletbe való behelyettesítés eredményeül kapott MH számértékkel már definiálhatók a fentiekben felsorolt élőhely kategóriák a **3. táblázat** alapján.

3. táblázat – Élőhely jellemzés az MH alapján

MH	Élőhely típus
2 - 4	medence
5 - 9	áramló szakasz
10 - 18	gyors áramlású szakasz
20	zúgó
0	ha $d < 0,40$ sekély víz
	ha $d > 0,40$ beduzzasztott víz

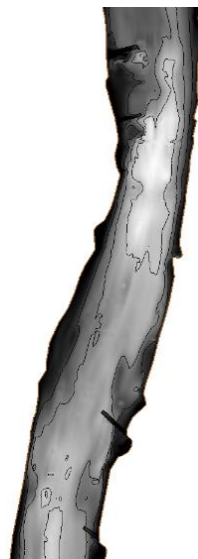
Más megközelítésű módszerrel is végeztünk élőhely vizsgálatokat, egy amerikai tanulmány alapján (Aadland és Kuitunen, 2006). Ez nem különböző élőhely kategóriák elkülönítésén alapul, hanem konkrét halfajok különböző életciklusaira jellemző élőhely preferenciákat ír le a vízmélység, az mélységátlagolt áramlási sebesség és a mederanyag alapján, ún. megfelelőségi indexekkel (Suitability Index – SI). Hosszú halászati mintavételek során rögzítették a kifogott fajok méreteit (ezzel becsülve azok korát), valamint az

áramlási jellemzőkre is becslést adtak. Az így összegyűlt adatok alapján, megfelelő matematikai módszerekkel függvényeket definiáltak, melyek változói az adott abiotikus paraméterek, értékei a megfelelőségi indexek. Utóbbi érték 0 és 1 közötti intervallumban mozoghat és a magasabb érték jelent jobb élőhelyet az adott fajnak.

A függvényeket leíró képleteket is közzé tették, így a megfelelő behelyettesítések után a vizsgálati terület minden pontjára ismertük a Sander vitreus élőhely megfelelőségei viszonyait. A fent említett süllőfaj azért került kiválasztásra, mert két másik süllőfaj is megtalálható a vizsgálati területen (Erős et al., 2008) és ezek ökológiai igénye közel azonos.

5. Eredmények

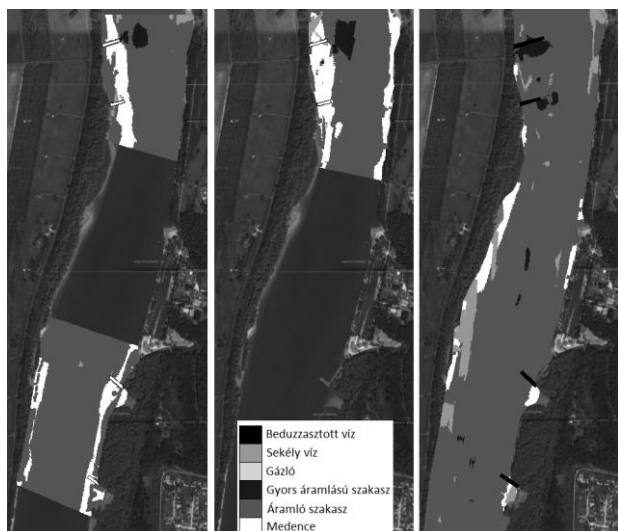
Részletes, nagy idő- és térbeli felbontású terepi mérések alapján felépítettük a Sződligeti Duna szakasz digitális terepmodelljét (**2. ábra**). Az ADCP sebességmérései alapján egyrészt képet kaptunk a térségben kialakuló áramlás térbeli komplexitásáról, másrészt a mélységátlagolt sebességmező előállításával az élőhely hidraulikai vizsgálatok első lépését is elvégeztük. Ezek a számítások kivétel nélkül támogatják a későbbi numerikus modellezési feladatok elvégzését (modell építés, paraméterezés, modellellenőrzés).



2. ábra – A Sződligeti Duna-szakasz medertérképe

A sebességek mélység szerinti eloszlásai alapján becslést adtunk a fenék-csúsztatófeszültségek eloszlására, mely szükséges input paraméter volt a Hauer-féle élőhely kategorizálásban, továbbá a sarkantyúk orránál számított kiugró értékek magyarázzák az itt végbemenő helyi kimélyülések létrejöttét is.

Az előállított áramlási paraméterek eloszlása alapján elkészítettük a Hauer által definiált élőhely kategóriák helyszínrajzi eloszlásait a mérésekkor jellemző három különböző vízjárásra (**3. ábra**).



3. ábra – Élőhely kategóriák helyszínrajzi eloszlása kis-, közép- és nagyvízi állapotban

A vizsgálati területen három élőhely osztály volt a leginkább jellemző: *áramló szakasz*, *gyors áramlású szakasz* és *medence*. Az *áramló szakasz* volt az uralkodó, ez egy Duna kaliberű folyam esetén azonban nem is meglepő. A *gyors áramlású szakasz* a sarkantyúk környezetében jelent meg, mely nagyjából egybeesik a legmagasabb fenécsúsztatófeszültségű területekkel. A *medence* típus a litorális zónára, azon belül is a sarkantyúk közötti limánnyra volt leginkább jellemző.

A megfelelőségi indexelésen alapuló élőhely jellemzés alapján arra az eredményre jutottunk, hogy a vizsgált süllőfaj a Hauer-féle *medence* típusú területeket preferálja, itt tapasztaltuk a legmagasabb SI értékeket mind a vízmélységek, mind az áramlási sebességek tekintetében.

6. Diskusszió

Bemutattuk, hogy a halak áramlási szempontú élőhely vizsgálata elvégezhető feladat egy hazai Duna szakaszon, azonban ennek megfelelő alkalmazásához égető szükség van hazai halfajok viselkedésének és élőhely választási szokásainak vizsgálatára. Általánosságban elmondható, hogy a hidromorfológiai alapon történő folyami élőhely értékelés csak egy, de fontos elem a számos

jellemzés közül (pl. vízkémiai, biológiai). Ezen paraméterek idő- és térbeli folytonos változása az élőhelyes vizsgálatokat még komplexebbé teszik, valamint számos tudományág együttműködését igénylik. Kijelenthető, hogy a hidromorfológiai adatelemzésen nyugvó állapotértékelés hazai szinten előrehaladott állapotban van.

Hangsúlyozni kell, hogy a bemutatott eredmények a számítógépes hidrodinamikai modellek paraméterezéséhez és ellenőrzéséhez közvetlenül hozzájárulnak. A mérésekkel igazolt modellek segítségével pedig olyan állapotok is leírhatók, melyekre nem állnak, vagy nem tudnak rendelkezésre állni adatok (pl. emberi beavatkozások előtti, vagy jövőbeli beavatkozások hatásvizsgálatai). A numerikus áramlásmodellezési feladatok kutatásunk további, folyamatban lévő részét képezik. Ezek az eredmények hazai szinten új alapokra helyezhetnék a folyami élőhely jellemzés módszertanát és ilyenformán fontos szerepe lehet a folyószabályozási beavatkozások tervezésénél, de a Víz Keretirányelvvel kapcsolatos intézkedésekben és a Duna Stratégia élőhely állapotértékeléssel kapcsolatos feladataiban is megjelenhet.

7. Hivatkozások

Aadland, L. P., Kuitunen, A. (2006) Habitat suitability criteria for stream fishes and mussels of Minnesota. Minnesota Department of Natural Resources, Division of Fish and Wildlife, Fisheries Management Section [and] Division of Ecological Services

Baranya, S., Józsa, J., Kéri, B. (2008) – Methodological analysis of fixed and moving boat ADCP measurements on three Hungarian river reaches. *Proceedings of the International Conference on Fluvial Hydraulics*. Izmir, Törökország, 2008, pp. 2375-2382.

Erős, T., Balázs, T., Sevcsik, A. (2008) A halállomány összetétele és a halfajok élőhely használata a Duna litorális zónájában (1786-1665 fkm) – monitorozás és természetvédelmi javaslatok, *Halászat*, 2008, 101:(3), pp. 114-123.

Hauer, C., Mandlbauer, G., Habersack, H. (2008) Hydraulically related hydromorphological units: description based on a new conceptual mesohabitat evaluation model (MEM) using lidar data as geometric input. *River Research and Applications*, 2008, 25:(1), pp. 29-47.

VITUKI (2007) A Duna hajózhatóságának javítása tárgyú projektet megalapozó tanulmány. Jelentés. VITUKI, Budapest.

Supporting of habitat based river training by up-to-date hydro-morphological data analysis

G. Fleit, S. Baranya, J. Józsa, G. T. Török

Abstract: Foreign studies show that the revitalization of river reaches influenced by human impacts is feasible with scientific-based methods. Such methods, however, require complex hydraulic engineering, ecological and environmental approaches. The aim of this study is to present suitable field measurement and analysis methods that can support habitat analysis. The study reach of River Danube is located in the area of Sződliget between rkm 1672-1676, where flow velocity and bed morphology measurements were carried out. The field distributions of several hydrodynamic and hydro-morphologic features were also derived from the field measurements and discussed. In the next part of the paper, several habitat models, presented in foreign studies, are overviewed and their applicability on the study section is investigated, too. Furthermore, an attempt is made on describing the study reach with abiotic parameters based on the data fields derived from measurements.

Key words: ADCP, Danube, hydro-morphology, habitat, field measurements