



HEC-RAS alapú geodatabázis vizsgálata az EU Vízügyi Keretirányelv előírásai alapján I.

Pregun Cs., Tamás J., Takács P., Bíró T.

DE ATC MTK Viz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

ÖSSZEFOGLALÁS

A HEC-RAS hidrológiai program alkalmas a felszíni természetes és mesterséges vízfolyások és vízfolyásrendszerek modellezésére, beleértve a különböző műtárgyak, szükségeltározók hatásait, árhullámok levonulását, árvízi elöntéseket, töltésszakadásokat stb. A program megbízhatóan számolja a mederre jellemző aktuális hidraulikai adatokat, valamint ezeket helyzetazonosítottan, ArcView GIS környezetben tudja kezelni és menteni. A Tanszéken rendelkezésünkre álló térinformatikai adatbázisban a Bihari-sík földtani, talajtani, domborzati, földhasználati, lefolyási stb. sajátosságairól találhatóak részletes információk. A hidrológiai és a térinformatikai modellek közötti adatcsere révén becsléseket tehetünk a környezet- és tájvédelmi célú, szükséges és elégséges vízrendezési beavatkozásokról
(Kulcsszavak: hidrológiai és térinformatikai modell, környezet- és tájvédelem, vízrendezés)

ABSTRACT

Analyzing of HEC-RAS based geodata basis from the aspects of the EU Water Framework Directive

Cs. Pregun, J. Tamás, P. Takács, T. Bíró

University of Debrecen, Center for Agriculture, Department of Water- and Environmental management, H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

The HEC-RAS hydrological software is suitable for modeling natural and artificial water bodies and river networks, including hydraulic structures. The program able to simulate the effects of emergency water reservoirs, dam breaks; visualize, track and calculate floods and possible flooded areas at given water level. The program calculates several actual hydraulic data of the riverbed, and handles the both inputs and outputs in georeferenced ArcView GIS environment. The complex GIS database in our Department contains detailed information on the geographic, geologic, land use, slope, runoff, soil, etc. features of the Bihar-Plain. The data exchange between the GIS and the hydrologic database offers the opportunity to calculate predictions for the suitable and necessary surface watershed control for environmental and landscape protection purposes.

(Keywords: hydrological and GIS model, environmental and landscape protection, watershed management)

BEVEZETÉS

Az EU Vízügyi Keretirányelvével kapcsolatos főbb hazai feladatok

- Az EU Vízügyi Keretirányelve (2000/60/EK) célul tűzte ki, hogy a tagországok víztereiben el kell érni a jó ökológiai állapotot az érvénybelépéstől (2000. október

- 23.) számított 15 éven belül. Ennek elérése érdekében először minden tagországban fel kell mérni a felszíni vizek és a vízgyűjtő területek ökológiai állapotát.
- A jó ökológiai állapotot megfelelő hidrológiai jellemzőkkel kell alátámasztani. A DE ATC MTK Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszékén e kapcsolatrendszer feltárása és koncepcionális modellezése céljából folynak kutatások (*Tamás és Bíró, 2005*).
 - Az EU Vízügyi Keretirányelv alapján az osztott vízgyűjtőn való fenntartható vízgazdálkodásnak ki kell elégítenie a természet- és környezetvédelmi, a vízgazdálkodási, az árvíz- és belvízvédelmi, a mezőgazdasági, az ipari, a lakossági stb. igényeket egyaránt.
 - Az Európai Nitrát Irányelv (91/676/EGK) többek között javasolja bizonyos mezőgazdasági területeknek a vizes élőhelyek rehabilitációjával párhuzamosan történő művelés alóli kivonását a felszíni és felszín alatti vizek érdekében.
 - A Kárpát-medence vízkészlet-gazdálkodására a jellegzetes földrajzi viszonyok alapvető hatást gyakorolnak. A felszíni vizek túlnyomó része a medence peremén, Magyarország határain kívül ered, ezért a medencébe érkező felszíni vízkészletek minőségét és mennyiségét csak a határokon belül áll módunkban ellenőrizni és szabályozni (*Somlyódy, 2000*).
 - A Berettyó folyó és vízgyűjtője a folyamatos vízrendezések során mára szinte teljesen mesterséges mederben és vízszabályozási körülmények között található. A folyó természetes hidrogeológiai viszonyaira alapozva saját önszabályozó mechanizmusát igyekszik követni, amely az antropogén környezetben számos vízmennyiségi és minőségi problémát vet fel.
 - Az általunk végzett hidroökológiai vizsgálatok és a folyamatok modellezése egy természetközeli, önfenntartó, és környezete számára kisebb kockázatot jelentő folyókörnyezet kialakítását célozza meg. Ennek keretében elvégeztük a folyó hidrológiai felmérését, és ökológiai mintatereteket válogattunk le. Az EU VKI javaslatait is figyelembe véve kialakítottuk a folyó és környezetének virtuális modelljét a HEC-RAS program segítségével, és megalapoztuk egy dinamikus térbeli döntéstámogatási rendszer kialakítását. Felhasználásra került a VKI CIRCA a Víz Keretirányelv Közös Végrehajtási Stratégiájával kapcsolatos információcsere eszköze. Ezt a szerepét többek között azzal tölti be, hogy tartalmazza mindazokat a dokumentumokat, amelyeket a Víz Keretirányelv Közös Végrehajtási Stratégiája alapján az EU szinten létrehozott különböző szervezeti egységek – munkacsoportok, fórumok, stb. – kidolgoznak. Ez lehetővé teszi a fenntartható földhasználat és vízkészlet-gazdálkodás ok-okozati rendszerének hatékony megértését és fejlesztését.
 - A hazai és a nemzetközi elvárások kielégítésének meghatározó eszköze a komplex hidrológiai-hidrodinamikai modellek alkalmazása (*Tamás, 2004*).

A hidrológiai és térinformatikai modellezés szerepe a környezetvédelemben

A különböző környezeti, hidrológiai és hidroökológiai stb. modellek és módszerek szerepe egyre inkább növekszik mind a vízkészlet-gazdálkodásban, mind a környezetvédelemben. Ennek okai a következők:

- Nő az igény a hidrológiai folyamatok minél pontosabb, különböző léptékű térbeli és időbeli leírására
- Fokozódik a szükséglet az emberi tevékenység vízminőségre és a hidrológiai ciklusra gyakorolt hatásának részletes elemzésére
- Az informatika használata egyre szélesebb körben terjed el a társadalom minden működési területén és szerveződési szintjén
- A távérzékelési adatok felhasználása egyre nagyobb hangsúlyt kap a környezeti modellezésben. Ezek nagymértékben hozzájárulnak a hidrológiai paraméterek pontosabb leírásához (*Tamás, 2004*).

- A mederben és a vízgyűjtőn lejátszódó folyamatok (a hidrológiai folyamatok sztochasztikus jellege, a vízgazdálkodás és a földhasználat változásai, az erdőgazdálkodás során végbemenő intercepciós tározódási-kapacitás bővülése ill. csökkenése stb.) nagyban megnöveli az elemzések és előrejelzések térbeli és időbeli bizonytalanságát.
- Az „ismeretlen” bizonytalanság és a meglepetés a hagyományos mérnöki gyakorlattól idegen kezelési elveket követel: kulcsszerepet kap a megelőzés és az ökológiai rendszer visszacsatolásának beágyazása a tervezésbe és a működtetésbe (Istvánovics és Somlyódi, 2000).
- A vízgyűjtők integrált, fenntartható fejlesztésének kulcsa az anyagforgalom minél zártabbá tétele, az irreverzibilis veszteségek minimalizálása. Ahhoz, hogy ez megvalósítható legyen, olyan mérőszámokra, fenntarthatósági mutatókra van szükség, amelyekkel nyomon lehet követni a nagy területre kiterjedő és különböző ágazatok hatáskörébe tartozó beavatkozások hatásait (Bíró és Tamás, 2002).
- A környezeti problémák mellett a társadalmi-politikai-gazdasági kihívások is új igényekkel lépnek fel a környezeti modellekkel szemben. A véges vízkészletekkel való gazdálkodás fenntarthatósága, a vizes és vízi élőhelyek, a biodiverzitás védelme, az EU Vízkormányozási szigorú direktívái felértékeltek a hidrológiai modellek jelentőségét is.
- A modell integrációk különböző fokai (adatcsere, közös interface, natív módon integrált rendszerek) képessé teszik a felhasználót arra, hogy a szükségleteknek megfelelő léptékben hozhasson létre valós idejű előrejelzési és ellenőrzési, illetve előrejelzési és tervezési modelleket (1. ábra).

A HEC-RAS program rövid áttekintése

A HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) egy interaktív használatra kifejlesztett integrált szoftver-rendszer, amely egy több modul felhasználó környezetben működik. A program kifejlesztője az US Army Corps of Engineers (USACE), Hydrologic Engineering Center (HEC) (Davis, California). Egydimenziós modell, amely a keresztmetszvények geokoordináta-helyes sorba rendezésével képes pseudo-3-D-s kép előállítására.

A HEC-RAS modell input alapadat-szükséglete:

- A meder geometriai adatai (keresztmetszvények, X-Y-Z EOY koordináták)
- A mederérdességi tényezők (Manning – féle n-koeficiensek)
- A kontrakciós és expanziós koeficiens megadása
- Határfeltételek megadása (permanens állapotra vízállás, vízhozam, vízhozam-görbe, vízfelszín-esés adatok, nem permanens állapotra észlelt és számított vízállás és vízhozam idősorok, vízhozam-görbe adatok)

A modell a határfeltételek megadása után a különböző vízhozamoknak és vízállásoknak megfelelően a következő adatokat szolgáltatja minden keresztmetszvényről :

- Az energiavonal magassága
- Sebességmagasság
- A vízfelszín magassága
- Kritikus magasság
- Az energiavonal lejtése
- Vízhözam
- Legnagyobb víztükörszélesség
- Átlagos vízsebesség
- A maximális vízhozam a keresztmetszvényben
- A meder max. mélysége

- A szakasz hossza (a soron következő keresztiszelvényig)
- Minimális medermagasság
- Súrlódási energia-veszteség
- Kontrakciós és expanziós energia-veszteség
- Nyírófeszültség
- Nedvesített keresztiszelvényi felület
- Nedvesített keresztiszelvényi terület
- Hidraulikai mélység stb. (~250 adat) (Warner et al., 2002)

1. ábra:

Egy komplex környezeti modell kialakításának vázlata

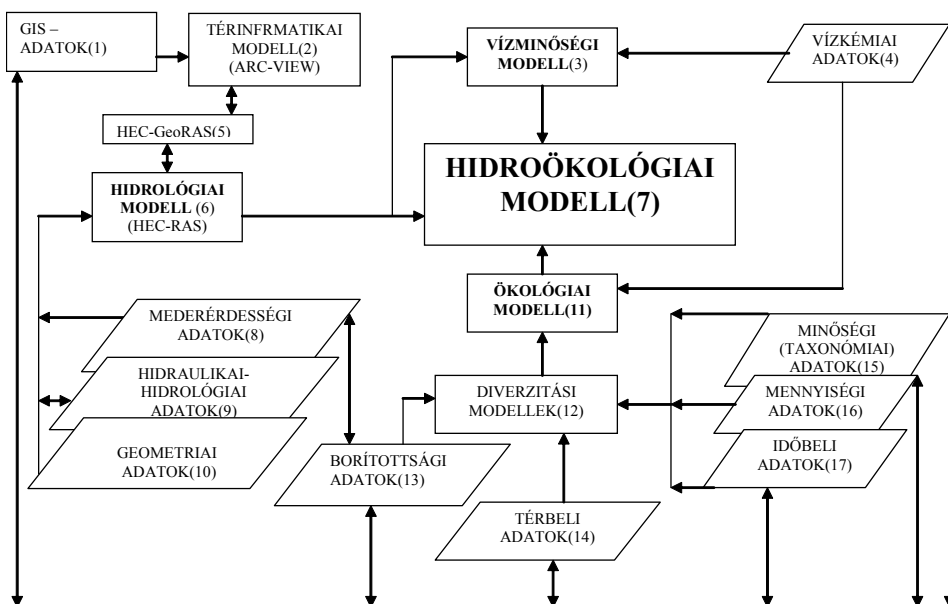


Figure 1: A possible environmental model construction (scheme)

GIS-data(1), GIS-model(2), Water-quality model(3), Water-chemical model(4), HEC-GeoRAS extension(5), Hydrological model(6), Hydroecological model(7), Manning-n data(8), Hydraulic-hydrological data(9), Geometric data(10), Ecological model(11), Diversity models(12), Covering data(13), Spatial data(14), Taxonomic data(15), Quantitative data(16), Temporal data(17)

Célkitűzések

1. A Bihari sík vízfolyásainak rendezése, és az azt kísérő vizes élőhelyek rehabilitálása sürgős feladat (2. ábra). A tervezés során alapvető fontosságú azoknak a medergeometriai és hidrológiai – hidraulikai jellemzőknek az ismerete, amelyek hatással lehetnek a vízi életközösségekre, és amelyek megváltoztatásával a legkedvezőbb eredményt érhetjük el (Spencer et al., 1998)

2. A környezeti állapot felméréséhez szükséges élettelen környezeti tényezők elemzésében nagy szerepet játszhatnak a számítógépes modellek, mivel sok időigényes és nehézkes terepi mérést válthatnak ki.

Jelen tanulmánynak az a célja, hogy felbecsülje ezeket a lehetőségeket.

2. ábra

A Bihari sík főbb vízfolyásai

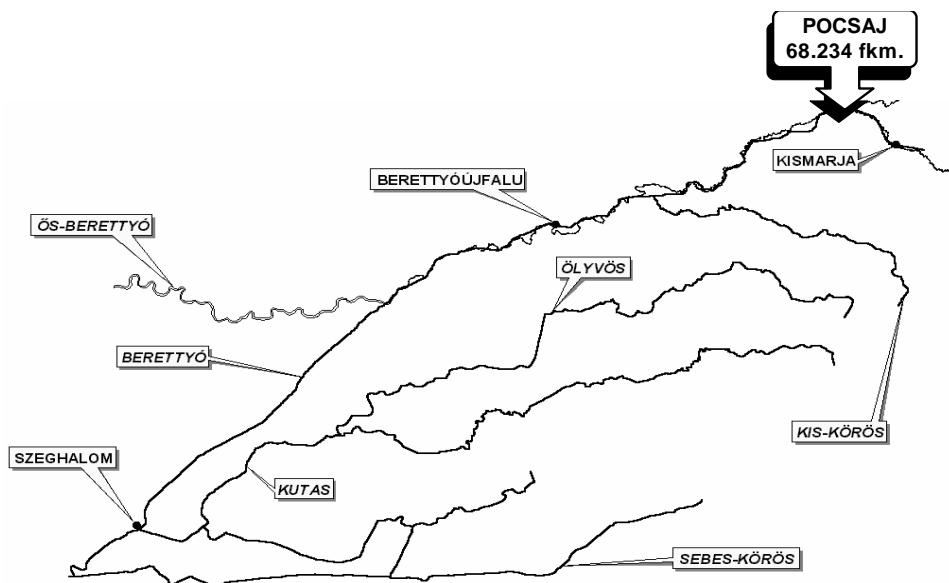


Figure 2: The major streams feeding the Bihari Plain

ANYAG ÉS MÓDSZER

A keresztmetsvény hidraulikai jellemzőinek összefüggései

A munka során a 2005. február 12. és április 12. közötti vízhozamok modellezését végeztük el. A vizsgálati helyek közül a Pocsaji, 136. keresztmetsvényre vonatkozó eredményeket ismertetjük (3., 4., 5. ábra).

Elsősorban azoknak a hidrológiai paramétereknek az összefüggéseit vizsgáltuk, amelyeket terepi körülmények között is megbízhatóan és pontosan lehet mérni, és amelyek kiindulásul szolgálnak a hidrológiai számításokhoz szükséges alapvető lezármaztatott jellemzők számára.

Mérhető alapadatok:

- Medergeometria
- A folyószakasz hossza (Fm)
- Vízükörszélesség (D)
- A meder legmélyebb pontja (mBf)

- Vízsebesség (v)
- Vízükör magassága (B) (mBf)
- Mederérdesség (n)
- A vízszint (~energiavonal) esése (I)

3. ábra

**Vízhozamok a Berettyón (m^3/s) – Pocsaj,
2005. február 12. – április 12. (68.234 fkm, 136. VO).**

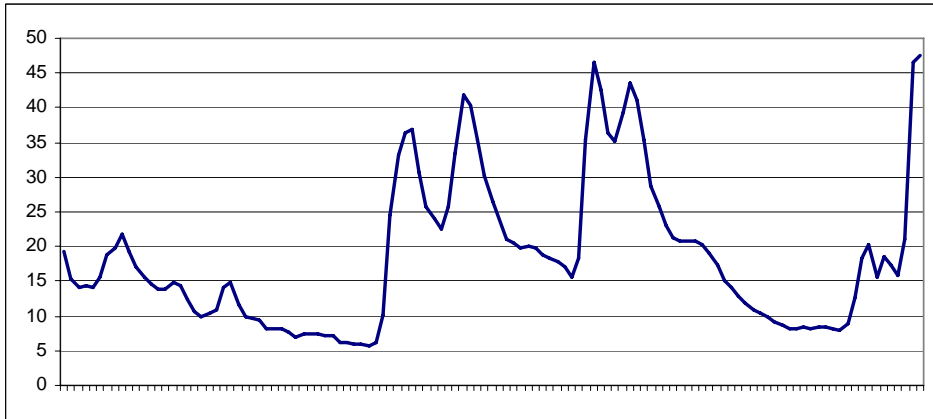


Figure 3: Average Run-off on the Berettyó, Pocsaj 12. February 2005. – 12. April 2005. 68.234 Running kilometer, 136. cross-section

4. ábra

**A legalacsonyabb és legmagasabb vízállások a Berettyón (m)
Pocsaj, 2005. február 12 – április 12, (mBf; 68.234 fkm, 136. VO).**

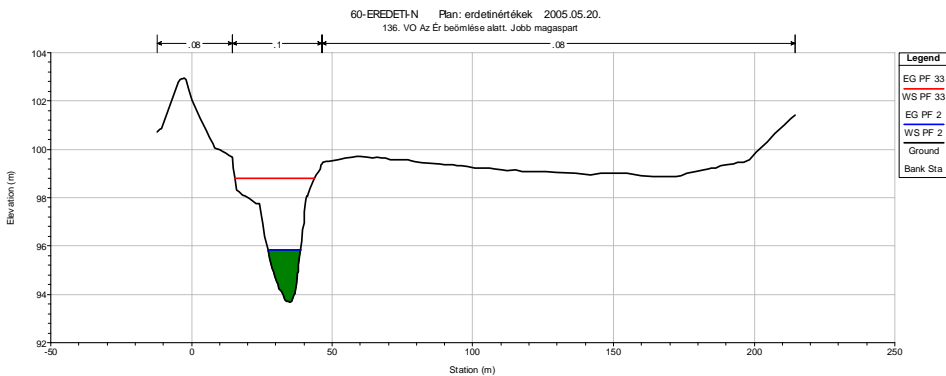


Figure 4: The 136. cross-section (max. and min. stage) 12. February, 2005. – 12. April, 2005. 68.234 Running kilometer, Pocsaj

5. ábra

A Berettyó magyarországi szakaszának hosszszelvénye (y= mBf, x=fm)

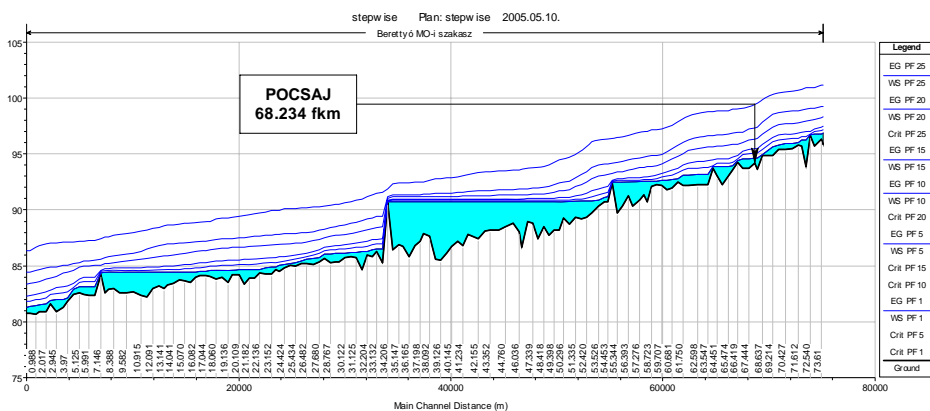


Figure 5: Longitudinal section of the hungarian stage of the Berettyó River

Számítható alapadatok

- Nedvesített keresztmetszeti terület (A)
- Nedvesített keresztmetszeti kerület = periméter (P)

Leszármaztatott mennyiségek

- Vízhozam (Q)
- Hidraulikai sugár (R)
- Hidraulikai mélység (L)
- A vízszint (~energiavonal) esése (I)

$$Q = v \times A$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$L = \frac{A}{D}$$

$$I = \frac{\Delta B}{\Delta Fm}$$

- Froude-szám (F)

$$F = \frac{v^2}{2g}$$

- Reynolds-féle szám (Re)

$$Re = \frac{vl}{v(nü)}$$

- Átlagos sebesség

$$v = C \sqrt{R \times I} \quad \text{illetve}$$

- Átlagos sebesség

$$v = \frac{1}{n} \times \sqrt[3]{R^2} \times \sqrt{I}$$

- Manning-féle mederérdesség (n)

$$n = \frac{1}{v} \times \sqrt[3]{R^2} \times \sqrt{I}$$

- Chézy-féle sebességállandó (C)

$$C = \frac{1}{n} \times \sqrt[6]{R}$$

A mederérdességek megállapítása

A modellezés legtöbb problémával járó input adata a mederérdesség. Vagy indirekt módon határozhatjuk meg, vagy tapasztalat alapján, táblázat segítségével becslhetjük

meg (1. táblázat). A mederérdességek értékei rendkívül változatosak lehetnek, és nagymértékben függenek a legkülönbözőbb környezeti tényezőktől, pl. a mederfelszín érdességétől, a meder benőttségétől, a meder vonalvezetésétől, a mederben elhelyezkedő természetes ill. mesterséges akadályoktól és műtárgyaktól, a leülepedett és a lebegtetett hordalék mennyiségi és minőségi jellemzőitől, a hőmérséklettől stb.

1. táblázat

A Manning-féle mederérdességi tényezők értékei néhány különböző medertípus esetében

A meder típusa és jellemzése(1)		Manning-féle mederérdességi értékek (2)		
		Min.	Norm.	Max.
A. Természetes vízfolyások(3)				
1. Főmeder(4)				
a.	Tiszta, egyenes, telt, nincsenek árkok és mély gödrök(5)	0.025	0.030	0.033
b.	Ua. mint fent, kövekkel és növényzettel(6)	0.030	0.035	0.040
c.	Tiszta, kanyargós, gödrökkel és zátonyokkal(7)	0.033	0.040	0.045
d.	Ua. mint fent, kövekkel és növényzettel(8)	0.035	0.045	0.050
e.	Ua. mint fent, alacsonyabb lépcsőkkel, több inefektív /vízhozam szempontjából közbős/ lejtővel és szelvényel(9)	0.040	0.048	0.055
f.	Ua. mint "d", kövekkel(10)	0.045	0.050	0.060
g.	Lassú folyású, benőtt ágak, mély gödrökkel(11)	0.050	0.070	0.080
h.	Erősen benőtt ágak, mély gödrök vagy elágazások, sűrűn álló fatörzsekkel és bozóttal(12)	0.070	0.100	0.150
2. Árterek(13)				
a.	Nyílt síkság (14)			
	1. Alacsony gyep (15)	0.025	0.030	0.035
	2. Magas gyep (16)	0.030	0.035	0.050
b.	Művelt terület (17)			
	1. Növények nélkül (18)	0.020	0.030	0.040
	2. Kifejlett kapásnövények, sorokban (19)	0.025	0.035	0.045
	3. Kifejlett szántóföldi növények (20)	0.030	0.040	0.050
c.	Bozót (21)			
	1. Szórványos bozotos, sűrű aljnövényzet (22)	0.035	0.050	0.070
	2. Gyér bozót és facsoport, télen (23)	0.035	0.050	0.060
	3. Gyér bozót és facsoport, nyáron (24)	0.040	0.060	0.080
	4. Közepesen sűrű bozót, télen (25)	0.045	0.070	0.110
	5. Közepesen sűrű bozót, nyáron (26)	0.070	0.100	0.160
d.	Fák (27)			
	1. Kitisztított talaj törzsekkel, sarjadékok nélkül (28)	0.030	0.040	0.050
	2. Ua. mint fent, sűrű sarjadékokkal (29)	0.050	0.060	0.080
	3. Sűrűn álló fatörzsek, kidólt fák, az áramlás a koronaszint alatt (30)	0.080	0.100	0.120
	4. Ua. mint fent, az áramlás a koronaszintet eléri (31)	0.100	0.120	0.160
	5. Sűrű füzes, nyáron, egyenes vonalban (32)	0.110	0.150	0.200

Forrás (Source): Open-Channel Hydraulics, Chow, 1959

Table 1: Manning „n” values of some types of channels

Type of Channel and Description(1), Manning „n” values(2), Natural Streams(3), Main Channels(4), Clean, straight, full, no rifts or deep pools(5), Same as above, but more stones and weeds(6), Clean, winding, some pools and shoals(7), (Same as above, but some weeds and stones(8), (Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections(9), (Same as "d" but more stones(10), Sluggish reaches, weedy. deep pools(11), Very weedy reaches,

deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush(12), Flood Plains(13), Pasture no brush(14), Short grass(15), High grass(16), Cultivated areas(17), No crop(18), Mature row crops(19), Mature field crops(20), Brush(21), Scattered brush, heavy weeds(22), Light brush and trees, in winter(23), Light brush and trees, in summer(24), Medium to dense brush, in winter(25), Medium to dense brush, in summer(26), Trees(27), Cleared land with tree stumps, no sprouts(28), Same as above, but heavy sprouts(29), Heavy stand of timber, few down trees, little undergrowth, flow below branches(30), Same as above, but with flow into branches(31), Dense willows, summer, straight(32)

A becslések pontosítása érdekében elengedhetetlen a rendszeres terepi bejárás, a műholdas felvételek, és egyéb távérzékelési adatok elemzése.

A hidrológiai adatok összefüggéseit kétmintás-t próbával, valamint többváltozós lineáris regressziós analízis (stepwise analysis), nem lineáris összefüggések esetében a regressziós görbék becslésének segítségével elemeztük. A számításokhoz az SPSS 12.0 statisztikai szoftvert alkalmaztuk. A terepi mérések szempontjaihoz alkalmazkodva független változóként elsősorban a mérhető alapadatokat, míg függő változóként a leszámraztatott mennyiségeket kezeltük.

Gyakorlati szempontból a vízhozam független változóként ill. alapadatként is szerepelhet, mivel a vízügyi igazgatóságok az országos vízügyi adatbázisban a mért vízállás idősorok mellett a számított vízhozam idősorokat is közzéteszik.

A nyírófeszültség és a vízáramlás jellegének megállapítása

A vízrendezési és természetvédelmi célú beavatkozások szempontjából alapvető fontosságú a nyírófeszültség és a vízáramlás jellege, amelyek a modell adataiból és a terepi mérésekből egyaránt számíthatóak a következő egyenletek szerint:

$$\text{Nyírófeszültség: } \tau = \eta \frac{dv}{dy}$$

ahol

τ = nyírófeszültség (Nm⁻²)

η = dinamikai viszkozitási tényező (Nm⁻²s)

v = sebesség

y = a sebesség irányára merőleges hossz

Turbulens ill. lamináris áramlás meghatározása a Reynolds-szám (Re) alapján: $Re = \frac{vR}{\nu}$

turbulens – $Re > 2320$

lamináris – $Re < 2320$

ahol

v = sebesség

ν = kinematikai viszkozitás (20°C-on 10⁻³ m²/s)

R = hidraulikai sugár

Rohanó ill. áramló áramlás meghatározása: $v_{grav} = \sqrt{gh}$

rohanó: $V_{v\acute{z}} > V_{grav}$

áramló: $V_{v\acute{z}} < V_{grav}$

ahol

V_{grav} = a gravitációs hullámok sebessége

g = grav. állandó

h = vízmélység

$V_{v\acute{z}}$ = aktuális vízsebesség

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

A keresztmetszvényben a mért és a modell által számított vízmagasságok időszora 0.05 szignifikanciaszint mellett azonosnak tekinthető, így a napi vízállás adatokból, és az azok alapján számított vízhozamokból megbízható közelítéseket lehet tenni az egyéb hidraulikai jellemzőkre is (6. ábra). Példánkban a hiteles vízmerce adatai és a modell által szolgáltatott adatok összefüggéseit mutatjuk be (2. táblázat).

6. ábra

Vízállások a Berettyón
(Pocsaj, 2005. február 12 – április 12, mBf m, 68.234 fkm, 136. VO).

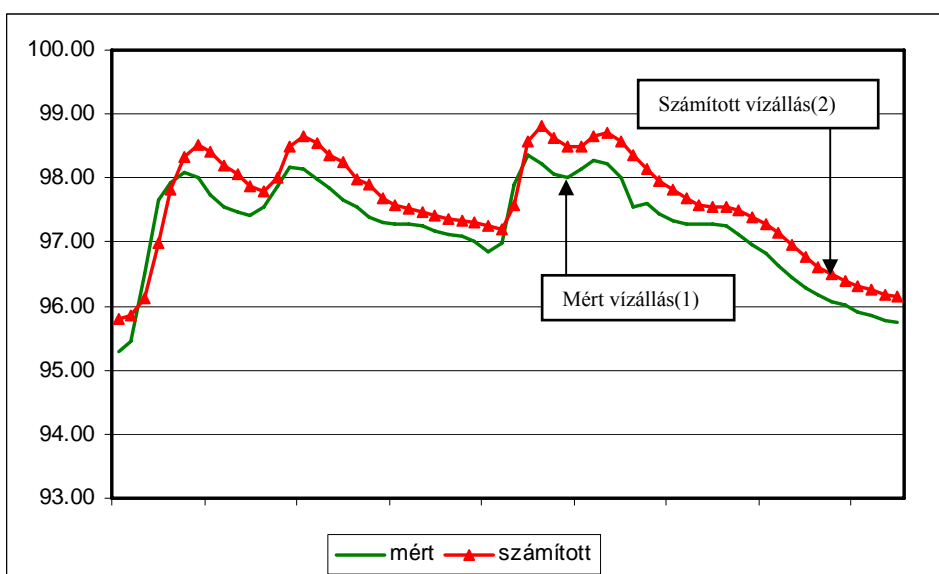


Figure 6: Stages of hydrograph, Berettyó, Pocsaj 12. February 2005. – 12. April 2005. 68.234 Running kilometer, 136. cross-section

Measured stages(1), Calculated stages(2)

A determinációs együtthatók értékéből látszik, hogy a vízállásadatok ismeretében elég nagy pontossággal lehet következtetni bizonyos hidraulikai jellemzőkre. Ez elegendőnek látszik az árvízi becslésekre és a vízrendezési beavatkozások tervezésére. Figyelemre méltó, hogy a vízszintesítés és a vízállás esetében milyen alacsony a determinációs együttható értéke. Ez arra utal, hogy a kis vízszintesítés (a magyarországi szakaszon ~ 0.0002) nem játszik nagy szerepet a vízhozam és vízsebesség alakulásában, lényeges az egyéb hidrológiai tényezők (mederérdesség, nyíróerők stb.) szerepe is.

A hidrobiológiai kutatásokban is jól felhasználható adatok számítása érdekében a modell további fejlesztése szükséges.

2. táblázat

A jellemző hidraulikai paraméterek összefüggései a Berettyó 136. keresztaszelyében

Függő változó (1)	Független változó: mért tengerszint feletti magasság mBf (m) (2)	R ² (3)
Számított mBf (m) (4)	$y=1,14+0,99x$	0.91
Vízsebesség (5)	$y=7,4 \times 10^{-10} \times e^{0,21x}$	0.72
Vízhozam (6)	$y=1,5 \times 10^{-27} \times e^{0,67x}$	0.98
Periméter (7)	$y=6,1 \times 10^{-13} \times e^{0,32x}$	0.81
Víztükörselesség (8)	$y=5,4 \times 10^{-13} \times e^{0,32x}$	0.77
Vízszintesés (9)	-	0.32
Nedv. ker. terület (10)	$y=2 \times 10^{-18} \times e^{0,46x}$	0.92

Table 2. Relationships of the hydrological characteristics at the 136. cross-section of Berettyó River

Dependent Variable(1), Independent Variable: Water Surface Elevation(2), Regression Square(3), Computed Water Surface Elevation(4) Average Velocity(5), Flow(6), Wetted Perimeter(7), Max. Depth(8), Energy Gradeline Slope(9), Wetted Flow Area(10)

KÖVETKEZTETÉSEK

A hidrológiai modell segítségével meg lehet becsülni az általunk kiválasztott vizsgálati helyek hidraulikai paramétereit, de a helyszínen végzett mintavételeket és méréseket nem pótolja. A digitális és terepi módszerek együttesen viszont eredményesen alkalmazhatóak a környezeti állapot értékelésében.

A modell fejlesztésével és megbízhatóságával kapcsolatos jövőbeli feladatok:

- Bővíteni az eddigi 148 keresztaszely számát
- Pontosítani a földrajzi és geometriai adatokat
- Fel kell becsülni a műtárgyak hidraulikai hatásait
- A beömlő vízfolyások bevonása a modellbe
- A mederérdességi tényezők pontosabb, a szezonális és vízhozam változásokat is tükröző felmérése
- A távérzékelési módszerek alkalmazása a mederérdesség meghatározásába
- Több, hitelesített vízmérce létesítése a rendszer csomópontjaiban

IRODALOM

Bíró, T., Tamás, J. (2002). Vízfolyások vízrajzi adatbázisa és hidrodinamikai modellezése. In: Proc. Informatika a Felsőoktatásban Konferencia. Debrecen, 2002. augusztus 28-30. 259. CD.

Chow, V.T. (1959). Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill, Inc. Singapore. International Edition, 1973. 98-114.

EU Víz Kereterv (2000/60/EK)

Istvánovics, V., Somlyódy, L. (2000). Az ökológia, a természetvédelem és a vízgazdálkodás kapcsolata. In: Vízügyi Közlemények, 2000/3-4. Budapest. 525-551.

Európai Nitrát Irányelv (91/676/EGK)

- Somlyódy, L. (2000). A hazai vízgazdálkodás és stratégiai pillérei. In: Vízügyi közlemények, 2000/3-4. Budapest. 376-417.
- Spencer, C., Robertson, A.I., Curtis, A. (1998). Development and testing of a rapid appraisal wetland condition index in south-eastern Australia. In: Journal of Environmental Management 54. 143-159.
- Tamás, J. (Szerk.) 2004: Vízkészlet-modellezés. Egyetemi tankönyv. Debreceni Egyetem. 4-6.
- Tamás, J., Bíró, T. (2001). Határvizek -különös tekintettel a Berettyó folyó vízgyűjtőjére- vízminőségi célállapota és ökológiai vízigénye meghatározásának tudományos megalapozása. In: KöM tudományos eredmények. 51.
- Warner, J., Brunner, G., Wolfe, B., Piper, S. (2002). User's Manual. HEC-RAS River Analysis System Version 3.1. (2002) US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Pregun Csaba

Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi kar
Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

*University of Debrecen, Centre of Agricultural Sciences, Faculty of Agriculture
Department of Water- and Environmental Management*

H-4032 Debrecen, Böszörményi street 138.

Tel.: 36-52-508-444/8250

e-mail: cpregun@gissserver1.date.hu