

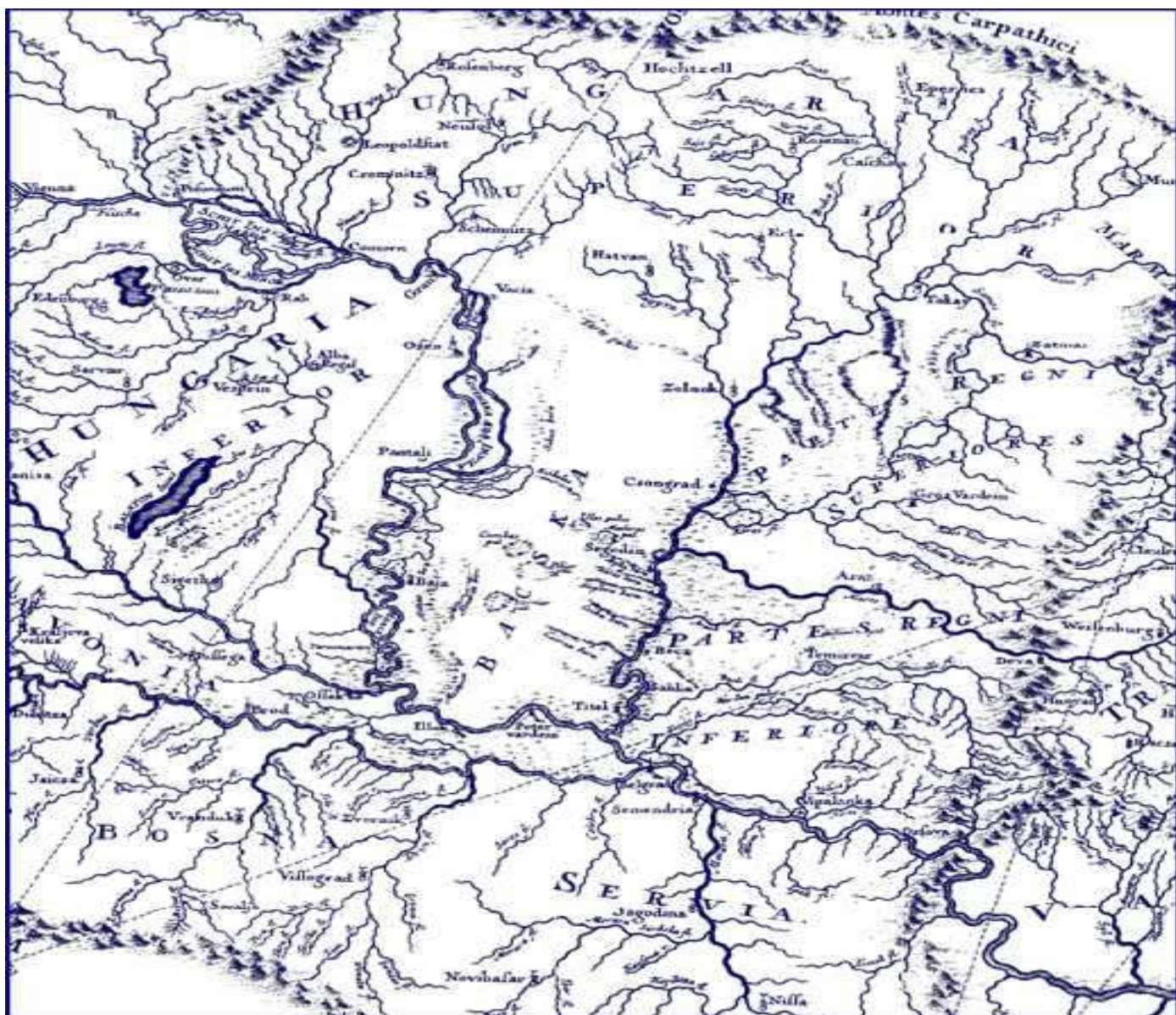
55 éves a

Hidrológiai Tájékoztató

Kiadja:

A M A G Y A R H I D R O L Ó G I A I T Á R S A S Á G

2016



A dolgozat Trondheimben, Norvégiában készült. Munkám során egy a norvég NTNU egyetemen fejlesztés alatt álló numerikus modell célirányos tesztelését végeztem el, komplex szabadfelszíni áramlási viszonyok számítógépes vizsgálatán keresztül.

Bevezetés, célok

A vízmérnöki gyakorlatban egyre inkább előtérbe kerül a számítógépes modellezés különböző feladatok elvégzésére. Ezek a modellek általában egyszerűbb, gyorsabb és olcsóbb alternatívát jelentenek a klasszikusan alkalmazott kismintamodellekkel szemben. A gyakorlatban legszélesebb körben használt ilyen modellek egyszerű, egydimenziós megoldók, melyek remekül alkalmazhatók árhullámok levonulásának szimulációjára, egyszerűségükből adódóan gyorsak, így nagy időelőnyt tudnak biztosítani árvízi védekezéskor. Ezzel szemben a magasabb dimenziószámú (2D, 3D) modelleket kisebb léptékű, áramlástan szempontból komplexebb feladatok megoldására alkalmazzuk, például műtárgyak körüli áramlások szimulációjára.

A diplomamunka fő célja az volt, hogy bemutasson egy naprakész, nyílt forráskódú numerikus eszközt (REEF3D (Bihs, 2015)), illetve, hogy rámutasson arra, hogy a fejlett számítógépes megoldók gyors és hatékony alternatívát jelenthetnek a költséges fizikai modellezés szemben.

Numerikus hidrodinamikai modellezés

Az alkalmazott megoldó (REEF3D) egy többfázisú rendszerek modellezésére is alkalmas háromdimenziós áramlástan modell, mely a Reynolds-átlagolt Navier-Stokes egyenleteket oldja meg véges differencia módszerrel, strukturált és ortogonális rácshálón. Az egyenletek advektív tagjait az ún. WENO (Weighted Essentially Non-Oscillatory) sémával közelíti, mely amellet, hogy harmad- és ötödrend közötti pontosságot biztosít, rendkívül robosztus, így az áramló-rohanó állapot közötti átmenet stabil kezelésére is alkalmas. Az időbeli diszkretizáció harmadrendű Runge-Kutta sémával, míg az áramlás turbulens jellegéből adódó hatások figyelembevétele kétegyenletes $k-\omega$ turbulencia modellel történik.

Többfázisú áramlások modellezésénél kulcsfontosságú a fázisok közötti határfelület pozíciójának pontos meghatározása. A bemutatott modell ezt az ún. level set method (LSM) alkalmazásával éri el. A módszer lényege, hogy a számítási tartomány minden pontján definiálva van egy előjeles függvény, melynek értéke megadja a pont legközelebbi távolságát a szabadfelszíntől, az előjel pedig arra utal, hogy melyik fázisban (víz/levegő) található a vizsgált pont.

A numerikus modell tesztelésére három szakirodalmi cikk eredményeit használtam fel, melyekben különböző geometriájú bukók feletti áramlásokat vizsgáltak laboratóriumi kisminta, illetve numerikus modellezéssel is. A felépített számítási tartományok geometriája minden esetben a laborkísérletekben alkalmazottal azonosak voltak. A jól dokumentált cikkeknek alapján vízhozam típusú bemeneti peremfeltételeket, valamint szabad

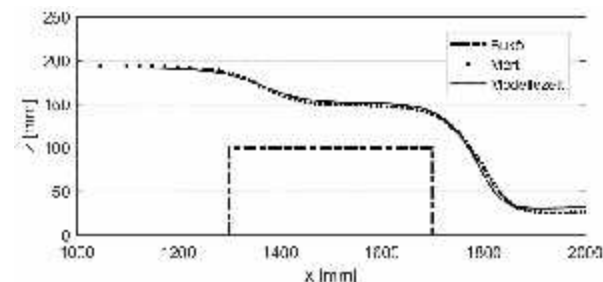
kifolyású, szabályozatlan kimeneti peremfeltételeket definiáltam, mivel a laborkísérletekben is minden esetben rohanó áramlási viszonyok uralkodtak a beépített műtárgyak alvízein.

A laboratóriumi csatornában kimért vizsgálati esetek kivétel nélkül jól sematizálhatók voltak kétdimenziós szeletmodell segítségével, így a számítási idők csökkentése érdekében a számításokat két dimenzióban, egy egy cella vastagságú numerikus csatornában végeztem.

Diplomamunkámban részletes érzékenységvizsgálatot végeztem a rácshálófelbontás, a turbulencia modellek, a diszkretizációs sémák, valamint az érdességi viszonyok modelleredményekre gyakorolt hatására is.

Eredmények

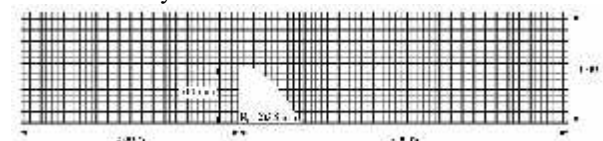
Az első vizsgált esetben egy téglalap szelvényű bukó felett kialakuló áramlás modellezését végeztem el. A laborkísérletekhez hasonlóan (Sarker és Rhodes, 2004), nem az áramlási sebességek alakulása került górcső alá, hanem a műtárgy felett kialakuló komplex szabadfelszín. A laborvizsgálatokban ezt 5-50 mm-es sűrűséggel rögzítették, így az általam számított eredmények jól ellenőrizhetők voltak.



1. ábra. Téglalap szelvényű bukó feletti áramlás szabadfelszíne

A fent látható ábrán megfigyeltek alapján belátható, hogy a bemutatott naprakész numerikus módszerek ilyen egyszerű geometriák okozta komplex szabadfelszín korrekt és nem utolsó sorban stabil reprodukálásra is alkalmas, mind az áramló és áramló, mind a kettő közötti átmenetben is. A mért és a modellezett eredmények közötti eltérések kis mértékben léptek csak túl a mérési hibatartományt, így modelleredményeket kielégítő pontosságúnak ítéltük.

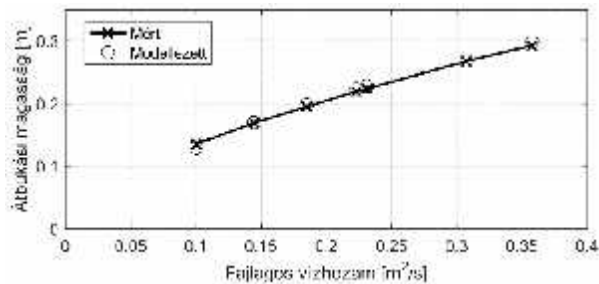
A második vizsgálat célja egy hidraulikus profilú bukó (2. ábra) feletti áramlás vizsgálata volt. A vonatkozó folyóiratszámok (Tullis és Neilson, 2008; Tullis 2011) a bukó tervezési méreteihez tartozó átbukási magasság - vízhozam kapcsolatot vizsgálták laboratóriumi körülmények közt.



2. ábra. Hidraulikus profilú bukó feletti áramlás numerikus vizsgálatára alkalmazott számítási rácsháló

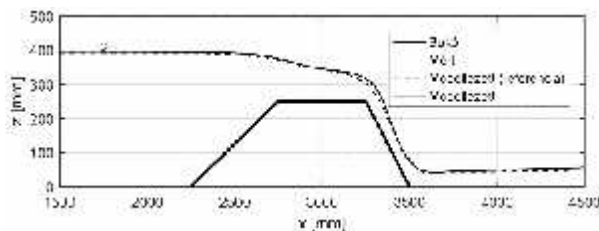
Mivel a szabadfelszín mért helyzete a különböző vízhozamok esetén nem állt rendelkezésre, ezért ebben a példában vizsgálataim célja a helyes (mért)

vízhozamgörbe (és bukótényező) numerikus reprodukálása volt. A mérések során vizsgált, különböző nagyságú vízhozam típusú felvízi peremfeltételek alkalmazásával végeztem permanens szimulációkat, majd a modell által számított átbukási magasságokat összevetettem a mért értékekkel.



3. ábra. Hidraulikus profilú bukó mért és számított vízhozamgörbéje

Hét eltérő vízhozamra végeztem el a számításokat, melyek eredményeit a 3. ábra szemlélteti. A számított átbukási magasságok mért értékekhez viszonyított hibái -3,95 és 2,27 % között ingadoztak, mely alátámasztja a numerikus modellek alkalmazásának relevanciáját ilyen és ehhez hasonló vízszint szabályozó műtárgyak vizsgálatára akár már a tervezési fázisban is.



4. ábra. Trapéz szelvényű bukó feletti áramlás szabadfelszíne

A harmadik vizsgált esetben egy trapéz keresztmetszetű bukó feletti áramlást vizsgáltam egyrészt korábbi laboratóriumi (Sargison és Percy, 2009) másrészt ezen laboratóriumi mérésekre épülő numerikus modellvizsgálatok (Haun et al., 2011) alapján. A referenciaként használt modellvizsgálatok a széles körben elterjedt, kereskedelmi forgalomban kapható Flow-3D szoftverrel készültek. A mérések során különböző vízhozamok esetén vizsgálták a felvízen kialakuló vízszinteket (hasonlóan az előző esethez), a numerikus modellvizsgálatok azonban lehetőséget adtak a különböző modellekkel számított szabadfelszínhelyzetek összevetésére is. A 4. ábrán egy kimért állapothoz tartozó mért, modellezett (referencia) és az általam számított eredményeket mutatom be. Megfigyelhető, hogy a mért felvízi vízszintet a

numerikus modellek jó pontossággal képesek reprodukálni, továbbá figyelemre méltó a modellek által számított szabadfelszínek között megfigyelhető egybeesés is. A bukó felett kialakuló kritikus, illetve az alvízen uralkodó rohanó állapotban is jó egyezés figyelhető meg.

Látható tehát, hogy az alkalmazott REEF3D modell egy költséges kereskedelmi szoftverrel is felveszi a versenyt, még ilyen komplex áramlási situációk numerikus vizsgálatakor is.

Összefoglalás

Diplomamunkámban áttekintettem a különböző dimenziószámú áramlástan modellek leggyakoribb alkalmazási területeit, továbbá bemutattam a napjainkban legszélesebb körben használatos háromdimenziós modelleket. Ismertettem a korszerű, jelenleg is intenzív fejlesztés alatt álló REEF3D numerikus modell matematikai hátterét, a háromdimenziós áramlásokat leíró alap-egyenletekkel együtt. A folytatásban három eltérő geometriájú bukó feletti áramlást vizsgáltam szakirodalomban fellelhető mérések és modellvizsgálatok alapján és bemutattam, hogy a modell nagy pontossággal képes a szabadfelszín pozíciójának meghatározására. A vizsgálatok rámutattak arra, hogy a modell alkalmas lehet a költséges kisminta kísérletek, valamint a kereskedelmi modelleszközök kiváltására, mindazonáltal fontos hangsúlyozni a fizikai modellezés fontosságát, azok együttes alkalmazása a modern számítógépes szoftverekkel komoly alapot adhatnak tudományos és gyakorlati problémák megoldásához is.

IRODALOM

- Bihs H. (2015): REEF3D :: User Guide v15.04.
 Haun S., Olsen N.R.B., Feurich R. (2011): Numerical Modeling of Flow Over Trapezoidal Broad-Crested Weir. Engineering Application of Computation Fluid Mechanics Vol. 5, No. 3, pp. 397-405.
 Sargison J.E., Percy A. (2009): Hydraulics of Broad-Crested Weirs with Varying Side Slopes. Journal of Irrigation and Drainage Engineering January/February 2009.
 Sarker M.A., Rhodes D.G. (2004): Calculation of free-surface profile over a rectangular broad-crested weir. Flow Measurement and Instrumentation 15 (2004) 215-219.
 Tullis B.P., M.ASCE (2011): Behavior of Submerged Ogee Crest Weir Discharge Coefficients. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 2011, 137:677-681.
 Tullis B.P., M.ASCE, Neilson J. (2008): Performance of Submerged Ogee-Crest Weir Head-Discharge Relationships. Journal of Hydraulic Engineering 2008. 134:486-491.

Köszönetnyilvánítás

A dolgozat színvonalas elkészüléséért köszönettel tartozom norvégiai konzulenseimnek, Nils Rüthernek és Hans Bihsnek, továbbá hazai témavezetőmnek, Baranya Sándornak a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemről.

* A 2015. évi Lászlóffy Woldemár diplomamunka pályázaton Bcs alapképzés kategóriában I. díjat nyert pályamunka kivonata.

TARTALOM

<i>Dr. Szilávik Lajos: A Magyar Hidrológiai Társaság 100 éves évfordulójára</i>	<i>3</i>
---	----------

EMLEKEZÉSEK

<i>Hideg Ágnes: Vásárhelyi Pál az Északkeleti Régióban</i>	<i>5</i>
<i>Csath Béla: Emlékezés a 100 éve elhunyt Zsigmondy Béla fűrómérnökre</i>	<i>8</i>
<i>Dr. Vitális György: Kötődéseim a Magyar Hidrológiai Társasághoz</i>	<i>9</i>

DIPLOMAMUNKA PÁLYÁZATOK

<i>Csuka Milán: Korszerű folyószabályozási módszerek vizsgálata</i>	<i>11</i>
<i>Fleit Gábor: Komplex szabadfelszínű áramlások numerikus modellezése</i>	<i>13</i>
<i>Nagy Sebestyén: Kommunális szennyvízkibocsátások befogadóra gyakorolt hatásának elemzése a Víz Keretirányelv szerinti célállapotok tükrében</i>	<i>15</i>
<i>Dudás Lajos: Víziközmű-rendszer beruházásának költségelemzése</i>	<i>16</i>
<i>Tokárszki Zoltán: Rudabányai meddőminták kioldási vizsgálata különböző tömörségi állapotok mellett</i>	<i>17</i>
<i>Hegedűs Péter: Triton X-100 fotodegradációja immobilizált TiO₂-dal</i>	<i>18</i>
<i>Grósz János: Az Ecsédi Vég-tó vízminőségének és üledékének környezetanalitikai vizsgálata</i>	<i>19</i>
<i>Terlaky Fanni: Különböző kialakítású átereszek vízzállító képességének összehasonlító vizsgálata a hordalékvándorlás figyelembevételével</i>	<i>21</i>
<i>Ujvárosi Andrea Zsuzsanna: Mikrocsztin termelésének és akkumulációjának vizsgálata egy hazai autróf víztérben</i>	<i>23</i>
<i>Devecseri Mátyás: Törésponti klórozáson alapuló technológia üzemoptimalizációja</i>	<i>24</i>
<i>Jakab István: A Beregi ártér öblözetben található települések árvízi veszélyeztetettsége és az anyagi kockázatok elemzése térinformatikai eszközökkel, a védekezés hatásai</i>	<i>26</i>
<i>Németh Anita: Nyomásmérés egy hidraulikai modellen és annak optikai kiértékelése</i>	<i>27</i>
<i>Nyíri Gábor: Árvédelmi töltések és völgyzárógátak hidraulikai modellezése, valamint állékonyság vizsgálata</i>	<i>29</i>
<i>Szabó Mészáros Marcell: Élőhely szempontú folyami hidromorfológiai vizsgálatok 1D modellezéssel</i>	<i>31</i>
<i>Szilvás Brigitta: A Parádfürdői gyógyvíz termeléséhez használt kőzetanyagok, technológiai folyamatok ásványtani és geokémiai vizsgálata, értékelése</i>	<i>33</i>
<i>Belovai Tamás: Csepreg város vízkárelhárítási terve</i>	<i>35</i>
<i>Bordás Csaba: Belvízöblözetek vízháztartási szemléletű fejlesztési koncepciója a Keleti-főcsatorna mentén</i>	<i>37</i>
<i>Horváth Ákos: Fejlesztési lehetőségek a Csongrád-Bánrévei árvízvédelmi szakaszon</i>	<i>39</i>

ÁLTALÁNOS VONATKOZÁSÚ CIKKEK

<i>Dr. Both Mária:</i> Táj és ember. Teleki Pál halálának 75. évfordulójára	42
<i>Czikkely Márton – Iványi Gergely Tamás – Márkus Tamás:</i> Harc a PET palackok ellen	45
<i>Dr. Dobos Irma:</i> Vízügyi Emléknep a Magyar Mezőgazdasági Múzeum és Könyvtárban	47
<i>Dr. Vágás István:</i> Folyóiratunk - a tudományért	51
<i>Zsadányi Éva:</i> Dr. Vitális István kéziratok hidrológiai munkássága, avagy dr. Vitális István és a víz	53

TERÜLETI VONATKOZÁSÚ CIKKEK

<i>Csath Béla:</i> 150 éves a Harkány-1 számú fúrás.....	56
<i>Gálné Vitális Katalin:</i> A budai Ördögárok 2016-ban	57
<i>Kovács Attila János:</i> A Tassi-zsilip rekonstrukciója árvízvédekezési és üzemeltetési szempontból	61
<i>Németh Kálmán:</i> A 100 éves Magyar Hidrológiai Társaság Sopronból nézve	63
<i>Szlabóczky Pál:</i> A felújított Diósgyőri Vár környezetének történeti hidrológiai értékei	64
<i>Zsadányi Éva:</i> Vízemelés és vízgazdálkodás Selmezbányán Faller Gusztáv 150 éve megjelent tanulmányában ...	68
<i>Dr. Scheuer Gyula:</i> A marokkói Kék-forrás (Source Bleue) vízföldtani és hidro-geokémiai vizsgálata	71

BESZÁMOLÓ, EGYESÜLETI ESEMÉNY

<i>Németh Kálmán:</i> Beszámoló az MHT Soproni Területi Szervezete 2015. évi, a Csehországba irányuló, 2015.10.2-3. napokra tervezett szakmai tanulmányútjáról	76
<i>Németh Kálmán:</i> Dr. Varga Lajos és Fest Vilmos akadémikusaink sírhelyének felújítása a soproni Evangélikus temetőben	79
<i>MHT:</i> A Magyar Hidrológiai Társaság 2016. május 24-i évi rendes közgyűlése	80

ÉVFORDULÓK

<i>Szlabóczky Pál:</i> Évfordulók: 1956 Mohácsi-sziget, 2006 Miskolctapolca	81
<i>Fejér László:</i> A hazai vízgazdálkodás évfordulói 2017-ben	82

KÖNYVISMERTETÉSEK

<i>Dr. Kozák Péter:</i> Dr. Vágás István – dr. Bezdán Mária: A Tisza és árvizei	89
<i>Szlabóczky Pál:</i> Hideg Ágnes: „Király Lajos erdőmérnök életútja (1894-1970)”	90