

Módszer egy mértékadó árhullám meghatározására

Rátky István

nyugalmazott egyetemi docens (iratky@gmail.com)

Kivonat

Az utóbbi években egyre sürgetőbb igény van arra, hogy tervezéskor ne csak egyetlen mennyiségértékkal (pl. mértékadó vízszinttel, mértékadó vízhozammal stb.) megadott feltételre végezzük a méretezést megalapozó számításokat. Ma már egyre inkább valamilyen valószínűséggel a műtárgyra ható összetett jelenség közelítő modellezése a felelős tervezői hozzáállás. Ugyanakkor a szabványok, rendeletek nem tartalmazzák azokat a módszereket, amelyek egyértelmű útmutatást adnának a tervezőknek. Ezzel a problémával találkozhatunk töltéssel, árvízvédelmi fallal védett mentett-oldali talajvízszint meghatározásakor is pl. a Duna melletti Csillaghegyi-öblözet védelmi létesítményeinek tervezésénél. A Dunán 1876-2018 évek között levonult árhullámokból kiválasztottuk azokat, melyek 5 napig az I. fok felett voltak. Ilyen feltételnek eleget tevő 33 db árhullámnál előállítottuk a tetőpont közeli vízszintek súlyozott összegét, ΣZ -t, és ezen összegek 1%-os valószínűségű értékét, $(\Sigma Z)_{1\%}$ -ot (1. táblázat). Az észlelt árhullámokból meghatározott átlagos árhullám-alak előállítását követően, olyan árhullámokat szerkesztettünk, amelyeknél a tetőpont környéki napok időszakában a vízszintek összege megegyezik $(\Sigma Z)_{1\%}$ -al és az alakja (áradásának, apadásának intenzitása) az átlagos árhullám alakjával egyezik meg. A bemutatott módszer az árhullámok tetőzési szintjét, az árvíz tartósságát és az induló apadás szivárgási folyamatra való hatását is figyelembe veszi. Így szivárgáshidraulikai modell-számítások nélkülözhetetlen bemenő adata lehet. Különböző súlyozási módszerek (1. ábra) segítségével előállított árhullámok (2. ábra) közül a valóban mértékadó árhullámot, a MÁR-t, csak részletes szivárgáshidraulikai numerikus modell-számítások segítségével lehet kiválasztani. Modell-számítások nélkül mi a hiperbolikus súlyelosztású változatot (3. ábra) tartjuk a legjobb közelítésnek.

Kulcsszavak

Duna, Csillaghegyi-öblözet, mértékadó árvízszint (MÁSZ), mértékadó árhullám (MÁR).

Method for determining a design flood wave

Abstract

In recent years, there has been a growing need in design that the scaling calculations should not be based on only with a single quantity value (e.g. standard water level, standard water flow, etc.). Nowadays, it is increasingly probable that the responsible designer's attitude is the approximate modelling of a complex phenomenon affecting the investigated engineering structure. At the same time, standards and regulations do not include methods that give clear guidance to designers. This problem can be encountered by defining groundwater level in an area protected by levee or flood protection wall, e.g. at the design of the defence facilities of Csillaghegy-bay near the Danube. From the flood waves of the Danube between 1876 and 2018, we chose those that were above the I degree of alert for 5 days. We have produced a weighted sum of water levels near the top (ΣZ), and a value of 1% (ΣZ) of 1% for the 33 floods that meet this condition (Table 1). After the production of the average waveform determined by the observed flood waves, we created waves where the sum of the water levels in the period of the days around the peak is equal to $(\Sigma Z)_{1\%}$ and its shape (intensity of flooding and abandonment) corresponds to the shape of the average flood wave. The method described also takes into account flood peak levels, the duration of flood waves and the impact of the start of the decreasing of flood level on the seepage process. This can be an essential input for leakage hydraulic model calculations. Various weighting methods (Figure 1) are used to make the flood wave (Figure 2) that can be used to select the really design flood wave, the MÁR, only by means of detailed leakage hydraulic numerical model calculations. Without model calculations, we consider the hyperbolic weight distribution (Figure 3), as the best approximation.

Keywords

Duna, Csillaghegy flood protection bay, design flood level, design flood wave/hydrograph.

BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

A szakmában általánosan használt mennyiségek pl. *mértékadó* árvízszint, (MÁSZ), *mértékadó* vízhozam, *mértékadó* csapadék annyira megszokottá váltak, hogy néha el is felejtjük azt, hogy ezekben a mértékadó jelzőt *méretet-adó* értelemben használjuk. Talán helyesebb is lenne mindig *méretet-adó* vízszintről stb.-ről beszélni. Ezzel közvetlenebbül hangsúlyozva azt, hogy ezek a mennyiségek valamilyen tervezendő mű méretének számításához szükségesek. A címben megadott cél mindig egy általánosabb feladat része. Ez az általános feladat egy létesítmény tervezése.

Ahhoz, hogy tágabb összefüggésében lássuk e tanulmányban kitűzött célt, emlékeztetünk a tervezés 'definíciójára': a műszaki megoldás kiválasztása után a létesít-

mény geometriai méreteinek és anyagminőségének kiválasztása úgy, hogy az előírt élettartam alatt az igények bizonyos valószínűséggel való kielégítése mellett, a létesítmény megvalósítása és üzemeltetése gazdaságos legyen (Éliás 1974, Rátky 2008). E leírásban a geometriai méret meghatározás mellett még 8 olyan műszaki szakkifejezés van (pl. minőség, élettartam, valószínűség stb.), amely befolyásolja a létesítmény valamelyik méretét. Ennek tükrében a méretet-adó (pl. MÁSZ) kifejezés sem pontos.

A tervezés sokkal több, mint csak egyszerű méret meghatározás. Ugyanakkor egy konkrét műnél, ha már kiválasztottuk (ismerjük) annak lényegesebb jellemzőit, akkor meghatározhatjuk azt a ható tényezőt és annak változását, mely döntően befolyásolja a méretét. Pl. egy

folyó mellett a töltéssel védett mentett-oldali víztelenítő rendszerrel, ha ismerjük a talaj szerkezetét, vízvezető tulajdonságait, szivárgó helyét stb. a szivárgó-víz átmenésére hivatott szivattyú kapacitásának meghatározásához (méretezéséhez) döntően a folyón levonuló árhullám mérete, alakja lesz a mértékadó. (Ismételten hangsúlyozva azt, hogy a több más ható tényező mellett van ez a legnagyobb súlyú hatás). E tanulmányban ilyen értelemben, megkorlátozásokkal használjuk a mű egy elemének méretét meghatározó számításához szükséges a mértékadó szakkifejezést.

Az utóbbi években egyre sürgetőbb igény van arra, hogy tervezéskor ne csak egyetlen mennyiségértékkel megadott feltételre végezzük a méretezést megalapozó számításokat. Az igényt természetesen a lehetőségek bővülése is indukálta, gondoljunk csak a számítástechnika fejlődésére. Ma már a tervezést megalapozó számításoknál egyre inkább valamilyen valószínűséggel a létesítményre ható, összetett jelenség közelítő modellezése a felelős tervezői hozzáállás. Ugyanakkor a szabványok, rendeletek nem tartalmazzák azokat a módszereket, amelyek egyértelmű útmutatást adnak a tervezőknek. Ennek egyik oka az, hogy nem is lehet minden műtárgyra, létesítményre részletes tervezői előírást adni, gondoljunk csak a legkülönbözőbb művekre: töltés, vízfolyás, csatorna, tározó, szivárgó rendszer stb. és egy konkrét műnél a külső körülmények, igények változatosságára. Célszerű inkább azt kell kitűzni, hogy megfelelő irányelvek segítsék a tervezőt, – ami nem csak ismert általánosságok gyűjteménye. Igen hasznos információkat útmutatásokat találhatunk a különböző ismertető írásokban: tervezési általános szabályok, követelmények, méretezési alapelvek, irányelvek (Kovács 1985). Ezek mellett szükség van konkrét műtárgy vagy létesítmény csoportokra alkalmazható előírásokra is. Kevés olyan területe van a vízügyi szakmának, ahol széles konszenzus alakult ki a számításokhoz szükséges mértékadó állapot felvétele tekintetében (Szigvártó 2015, Rátky 2015). Árvédelmi töltések mentett-oldali talajvízszint szabályozásának tervezése is az a terület, ahol különböző folyóbeli mértékadó állapotokkal számolnak (pl. BMGE 2017, Völgyesi 2018).

E tanulmányban egy módszert mutatunk be a mértékadó árhullám meghatározására, amely egy folyó mentett-oldali talajvízszint változását számító numerikus modellhez nélkülözhetetlen. A módszert a Duna Római-parti térségnél figyelembe vehető árhullámok példáján keresztül mutatjuk be, amelyek a Csillaghegyi-öblözet tervezett védműveinek kialakítását, méretét befolyásolják.

AZ ADATOK ÉS A MÓDSZER

A figyelembe vett árhullámok kiválasztása, idő szerinti transzformálása

Rendelkezésünkre állt a Duna Vigadótér-i vízmércéjének vízállás észlelési adatai 1876-2018 évek között. 142 év adataiból kiválasztottuk azon éveket, ahol legalább 5 napig volt a vízállás az I. fok (620 cm) felett. Külön árhullámként egy 3 hónapos időintervallumot tekintünk. A kitűzött célunk szempontjából logikus volt, ha egy évben több alkalommal is előfordult, hogy egy 3 hónapos időtartamot tekintve a vízállás 4 napon túl meghaladta a 620 cm-t, akkor azt is külön árhullámként kezeltük, így 4

évben két darab függetlennek feltételezett árhullámmal is számoltunk. A fenti feltételeknek 33 árhullám felelt meg.

A római-parti térség talajvízszint változásának modellezéséhez a vigadótéri vízállásokat 'áttranszformáltuk' a Duna 1656,4 fkm-es szelvényére (amelyre továbbiakban Római névvel hivatkozunk). Továbbiakban csak a Római vízszinteket ($Z \equiv Z_{Ró}$) vizsgáltuk. Az árhullámokat relatív időpont skálára transzformáltuk, ahol T_0 a tetőzési időnek felel meg, az ezt megelőző napokat (áradó ág) ehhez viszonyítva mínusszal T_{-i} -vel $i = -45$ -ig, az ezt követőket (apadó ág) T_{+i} -vel $i = +45$ -ig jelöltük.

A számításokat Excel táblázatkezelővel végeztük. Az alkalmazott módszer lépéseit a 1. táblázatban konkrét számokon lehet követni. A táblázatban a tényleges számításunk egy részletét adtuk meg, az eredeti Excel táblázatból az áttekinthetőség miatt kihagytunk sorokat és oszlopokat. A lépések szöveges ismertetése után azok táblázatbeli megfelelőjére utalunk – minden alfejezet után. A leírt feltételeknek megfelelő, a Z_{max} értékeivel közös T_0 időpontra transzformált árhullámok Z értékeit a táblázat B3:K37 tömbjében láthatjuk. Az 1. sorban az árhullám sorszáma, a 2. sorban az év, a 3.-37. sorokban – az A oszlopban jelölt napoknak megfelelő – vízszintek vannak.

Az átlagos árhullám előállítás és alakjának jellemzése

Meghatároztuk a 33 db árhullám azonos T_i napjaihoz tartozó vízszintek átlagát (minden évben a teljes vizsgált -45 – +45 napra). Az átlagos-árhullám alakját az L27 cellában kapott $(Z_0 \equiv Z_{max})_{átlagos} = 103,48$ mB.f. érték arányával/százalékával jellemeztük. Pl. $Z_{-1}/Z_0 = 103,33/103,48 \rightarrow 99,86$, hasonlóan Z_{-2}/Z_0 , Z_{-3}/Z_0 stb. arányokat is kiszámítottuk (Így pl. a T_{-1} . napon lévő átlagos vízszint a maximális szint 99,86%-a; stb.) Az átlagos alak minden Z -je a Z_{max} függvényében ismert százalék. Tehát bármekkora Z_{max} -hoz elő tudjuk állítani – a vizsgált 33 db árhullámhoz – alakra hasonló árhullámot. Jogosnak érezzük, hogy a mértékadó árhullám (MÁR) alakja megegyezzen a 33 db árhullám átlagának alakjával (átlagos alakjával).

A 1. táblázat L3:L37 cellatartományában számítottuk ki az átlagos árhullám Z értékeit és az M3:M37 cellatartományban adtuk meg annak %-os jellemzését.

A térség talajvízszintjének alakulását (pl. a szivárgó szivattyújának kapacitás-igényét) alapvetően a dunai vízszintek magassága és alakja, a tetőzés előtti szintek tartóssága befolyásolja. A mentett-oldali felszínalatti terület pólustér feltöltéséhez megfelelő (magas) dunai vízszintek és idő szükséges, ilyen tartós szintek eredményeznek. A Dunához közeli talajtérségben a pillanatnyi talajvízszintet legnagyobb súllyal a pillanatnyi dunai szint befolyásolja, az egy nappal korábbi vízszint is lényeges, de kisebb súllyal, hiszen az egy nappal előbb már feltöltött póruster talajvíze – pontosabban annak egy része – már egy a Dunától messzebb lévő területre szivároghatott át, (ott töltve fel a pórusteret), a két nappal korábbi vízszint tovább csökkentett hatással bír, és így tovább. A valóságban lejátszódó jelenséget erre a gondolatsorra alapozva próbáltuk modellezni. Előállítottuk a vizsgált árhullámok tetőpont közeli vízszintjeinek súlyozott összegét, ΣZ -t. A súlyozás a fenti logika alapján a tényleges

talajvízmozgást próbálja modellezni, míg a súlyozott vízszint-összegeket azért állítottuk elő, hogy a különböző árhullámokat egyetlen számértékkel jellemezhesük, (mert ezekre a számértékekre mint valószínűségi változókra később eloszlásfüggvényt illesztve meghatározhat-

juk az 1%-os valószínűségi értéket.) A súlyozásba bevont szinteket és összegzéseket nem a teljes $T_{-45} - T_{+45}$ napra végeztük el, hiszen pl. a T_{-45} napi Z_{-45} már elhanyagolható hatású a maximális talajvízszintre (legalább is az időben közelebbi szintekhez viszonyítva).

1. táblázat. Excel táblázatkezelővel végzett számítás részlete
Table 1. Detail of calculation with Excel spreadsheet

	A	B	C	D	E	F	G	I	K	L	M	N	O	P
1		1.	2.		18.	19.		32	33.					
2		1876	1883		1965	1966		2010	2013	Átlag	Alak %		Súlyoz_20 $\Sigma Z_{-15} - +4$	Súlyoz_1 $\Sigma Z_{-15} - +4$
3	-45	101.06	99.84		101.58	100.01		98.38	100.15	99.26	95.92		100.91	100.91
4	-44	101.01	99.95		101.38	100.08		98.18	99.92	99.26	95.92		100.91	100.91
5	-43	101.08	100.53		101.23	100.11		98.02	99.83	99.28	95.94		100.94	100.94
6	-												-	-
7	-20	100.93	99.88		102.66	101.01		100.42	99.39	99.50	96.16		101.57	101.16
8	-19	100.92	99.80		102.53	101.36		100.39	99.21	99.55	96.20		101.62	101.21
9	-18	100.88	99.73		102.36	101.54		100.44	99.07	99.56	96.21		101.62	101.22
10	-17	100.82	99.67		102.25	101.43		100.49	99.04	99.57	96.22		101.64	101.23
11	-16	100.80	99.55		102.31	101.19		100.70	98.95	99.65	96.30		101.72	101.31
12	-15	100.79	99.48		102.40	100.98		100.96	98.84	99.74	96.39		101.81	101.40
13	-14	100.78	99.37		102.48	100.78		100.83	98.63	99.87	96.51		101.95	101.54
14	-13	100.72	99.33		102.71	100.64		100.53	98.66	99.93	96.57		102.00	101.59
15	-12	100.61	99.29		102.96	100.73		100.19	98.88	100.01	96.64		102.08	101.67
16	-11	100.53	99.45		103.16	100.86		100.11	99.28	100.09	96.72		102.17	101.76
17	-10	100.51	100.51		103.22	100.71		100.24	99.46	100.22	96.85		102.30	101.89
18	-9	100.50	101.47		103.26	100.66		100.32	99.71	100.34	96.97		102.42	102.01
19	-8	100.50	101.94		103.34	100.68		100.31	100.88	100.50	97.12		102.59	102.18
20	-7	100.58	102.29		103.39	100.70		100.25	101.53	100.75	97.36		102.84	102.43
21	-6	100.71	102.60		103.45	100.71		100.60	102.00	101.03	97.63		103.13	102.72
22	-5	101.00	102.98		103.59	100.71		101.39	102.53	101.43	98.02		103.54	103.12
23	-4	101.74	103.26		103.86	101.03		102.24	103.08	101.99	98.56		104.11	103.69
24	-3	102.27	103.45		104.18	101.58		102.96	103.73	102.49	99.05		104.62	104.20
25	-2	103.50	103.53		104.29	102.14		103.59	104.34	103.00	99.53		105.14	104.71
26	-1	104.41	103.56		104.30	102.68		104.01	104.72	103.33	99.86		105.48	105.06
27	0	104.66	103.60		104.33	102.99		104.16	104.78	103.48	100.0		105.63	105.21
28	1	104.06	103.55		104.22	102.96		103.83	104.48	103.32	99.85		105.47	105.05
29	2	103.87	103.46		104.19	102.94		103.35	103.93	103.02	99.56		105.16	104.74
30	3	103.80	103.22		104.16	102.88		102.77	103.30	102.62	99.17		104.75	104.33
31	4	103.95	102.69		104.12	102.60		102.09	102.78	102.24	98.80		104.36	103.94
32	5	103.96	102.25		104.03	102.19		101.54	102.36	101.89	98.47		104.01	103.59
33	-												-	-
34	42	102.10	98.87		101.42	100.59		98.87	98.03	99.67	96.32		101.34	101.34
35	43	102.02	98.80		101.44	100.40		99.04	97.93	99.59	96.24		101.25	101.25
36	44	101.88	98.74		101.27	100.35		98.84	97.81	99.50	96.15		101.15	101.15
37	45	101.74	98.67		101.10	100.21		98.56	97.77	99.41	96.06		101.06	101.06
38														
39										átlag	szórás			
40										(ΣZ)	(ΣZ)	(ΣZ) _{1%}		
41	ΣZ	21 418	21 481		21 418	21 481		21 401	21 464	21 347	190.7	21 790	21 790	
42	ΣZ	370	370		374	367		370	371	368	2.6	374		374

Súlyozott vízszintösszegek előállítása

2. táblázat. Az alkalmazott súlyozási változatok főbb jellemzői

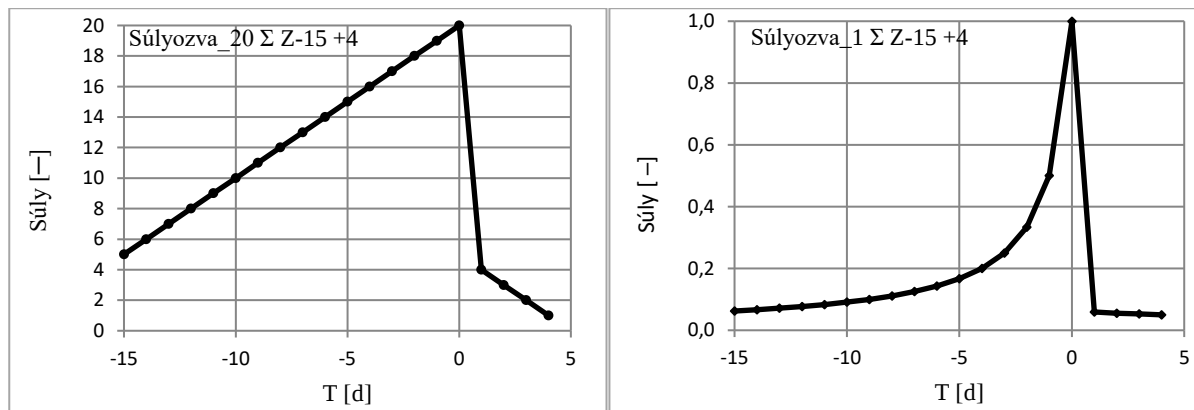
Table 2. The main features of the applied weighting variants

Változat jele	Jellemzője	Z ₀ súlya
ΣZ_{-10-0} Nem Súlyozva	$T_{-10} - T_0$ közötti Z-k sima összege	–
ΣZ_{-15-0} Nem Súlyozva	$T_{-15} - T_0$ közötti Z-k sima összege	–
ΣZ_{-10-0} Súlyozva_11	$T_{-10} - T_0$ közötti Z-k súlyozott összege	11
ΣZ_{-10-+4} Súlyozva_15	$T_{-10} - T_{+4}$ közötti Z-k súlyozott összege	15
ΣZ_{-15-+4} Súlyozva_20	$T_{-15} - T_{+4}$ közötti Z-k súlyozott összege	20
ΣZ_{-15-+4} Súlyozva_1	$T_{-10} - T_{+4}$ közötti Z-k hiperbolikus súlyozott összege	1

A különböző súlyozások főbb jellemzőit az 2. táblázatban adtuk meg. Kétféle súlyozást választottunk. A lineáris súly-elosztásnál az idő függvényében lineárisan változik a súly értéke; T_0 naptól (a tetőponti naptól) időben távolabb lévő napok Z értékei lineárisan csökkenő, egyre kisebb súllyal szerepelnek az összegzésben. A hiperbolikus (fordított arányossági függvény) súly-elosztásnál a tetőponti Z_0

vízszint 1-es súllyal, a Z_{-1} 1/2-el, a Z_{-2} 1/3-al, ... a Z_{-15} -ös szint 1/16-od súllyal, míg az apadó-ágon Z_{+1} 1/17-ed, ... Z_{+4} -es vízszint 1/20-ad súllyal szerepel a ΣZ -ben. Hiperbolikus súly-elosztásnál a tetőpontot megelőző szintek arányaiban sokkal kisebb súllyal szerepelnek, mint a lineáris súlyozásnál (1. ábra). Ezzel azt tételezzük fel, hogy a tetőzéstől időben távolabbi áradó vízszintek kisebb hatást gyakorolnak a mértékadó talajvízszintekre, mint a közelebbiek és egy T_0 -hoz közeli apadás is nagyon kicsi hatást gyakorol.

Az 1. táblázat B41:K41 tartományában a ' ΣZ_{-15-+4} Súlyozva_20' jelű súlyozás évenkénti értékeit számítottuk, minden ΣZ_i érték a felette lévő 12-31 sorok Z értékeinek lineáris súly-elosztású összegét tartalmazza. A súlyok eloszlása az 1. ábrán bemutatott lineáris eloszlású, T_0 -nak megfelelő Z_0 -nál 20-tól indulva. A B42:K42 tartományában a ' ΣZ_{-15-+4} Súlyozva_1' jelű súlyozás évenkénti értékei vannak, minden ΣZ_i érték a felette lévő 12-31 sorok Z értékeinek hiperbolikus súly-elosztású összege. A súlyok eloszlása az 1. ábrán bemutatott hiperbolikus eloszlású, Z_0 -nál 1-től indulva.



1. ábra. Lineáris és hiperbolikus súly-elosztási típus

Figure 1. Linear and hyperbolic weight distribution type

Az 1%-os valószínűségű súlyozott összegek meghatározása és az árhullámok előállítása

A 33 db éves súlyozott ΣZ -k normál eloszlásúak, ezt a ' ΣZ_{-15-+4} Súlyozva_20' és a ' ΣZ_{-15-+4} Súlyozva_1' adatainál beláttuk. Normálosztás alapján kiszámítottuk a súlyozott ΣZ -k 1%-os valószínűségű értékét, $(\Sigma Z)_{1\%}$. A különböző súlyozások más-más $(\Sigma Z)_{1\%}$ értéket adtak. Egy konkrét súlyozási változat esetén próbálgatással megkerestük a MÁR-hoz tartozó maximális vízszintet, a $Z_{MÁR,max}$ értéket, két feltétel alapján:

- a súlyozásba bevont időintervallumra (pl. -15 – +4 vagy -10 – +0 stb.) összesített súlyozott Z értékére ugyanakkora $(\Sigma Z)_{MÁR}$ -t adjon, mint az eredeti – észlelési adatokon alapuló – $(\Sigma Z)_{1\%}$,
- ugyanakkor $Z_{MÁR,i}$ értékeire teljesüljön az átlagos árhullám-alak %-os eloszlása. Tehát minden i -re $(Z_i/Z_{max})_{\text{átlagos-árhullám}} = (Z_i/Z_{max})_{MÁR}$.

A súlyozási időn kívüli $Z_{MÁR}$ értékeket is az átlagos alak, és a $Z_{MÁR,max}$ alapján számítottuk.

Ezzel a módszerrel a teljes $T_{-45} - T_{+45}$ időszakra egy olyan árhullámot kaptunk, amelynél a tetőpont környéki

(pl. $T_{-15} - T_{+4}$) napok időszakában a súlyozott vízszintek összege megegyezik $(\Sigma Z)_{1\%}$ -al és az alakja (áradásának, apadásának intenzitása) a 33 év árhullámainak átlagos alakjával egyezik meg.

A fentieket az 1. táblázatban követve: L41 és M41 cellák az előtte lévő B41:K41 tartomány – az eredeti Excel táblázatban – 33 db ΣZ_i átlagát és szórását adják, míg a N41-ik cella az ezek alapján számított normál eloszlású $(\Sigma Z)_{1\%}$ -ot. Hasonlóan, L42 és M42 cellák az előtte lévő B42:K42 – az eredeti Excel táblázatban – 33 db ΣZ_i átlagát és szórását tartalmazza, míg a N42-ik cella az ezek alapján számított normál eloszlású $(\Sigma Z)_{1\%}$ -ot mutatja. Természetesen a kihagyásokat tartalmazó 1. táblázat B41:K41 és B42:K42 tartományai nem adják meg a beírt átlag, szórás és $(\Sigma Z)_{1\%}$ értékeket. Az O3:O37 tartomány tartalmazza – a fentebb részletezett két feltétel alapján – számított ' ΣZ_{-15-+4} Súlyozva_20' jelű árhullámot. Az O27 cellába próbálgatással addig változtattuk a $Z_{MÁR,max}$ értékét, míg az O12-O31 cellákban számított – az átlagos árhullám arányoknak megfelelő – Z_i -k összege nem egyezik meg az N41 cellába lévő $(\Sigma Z)_{1\%}$ -al. Hason-

lőan számítottuk a P3:P37 tartományban a ' $\Sigma Z_{-15} - +4$ Súlyozva_1' jelű árhullámot. A P27 cellában próbálgatással addig változtattuk a $Z_{M\acute{A}R,max}$ értékét, míg az P12:P31 cellatartományban számított – az átlagos árhullám arányoknak megfelelő – Z_i -k összege nem egyezik meg az N42 cellában lévő $(\Sigma Z)_{1\%}$ -al. Az O41 és P42 cellákban végeztük az összegzést és akkor hagytuk abba a $Z_{M\acute{A}R,max}$ változtatását, ha e cellákban az érték megegyezett az N41 illetve N42 beli $(\Sigma Z)_{1\%}$ -al.

3. táblázat. A számított árhullámok maximális vízszintjei
Table 3. Maximum water levels for calculated waves

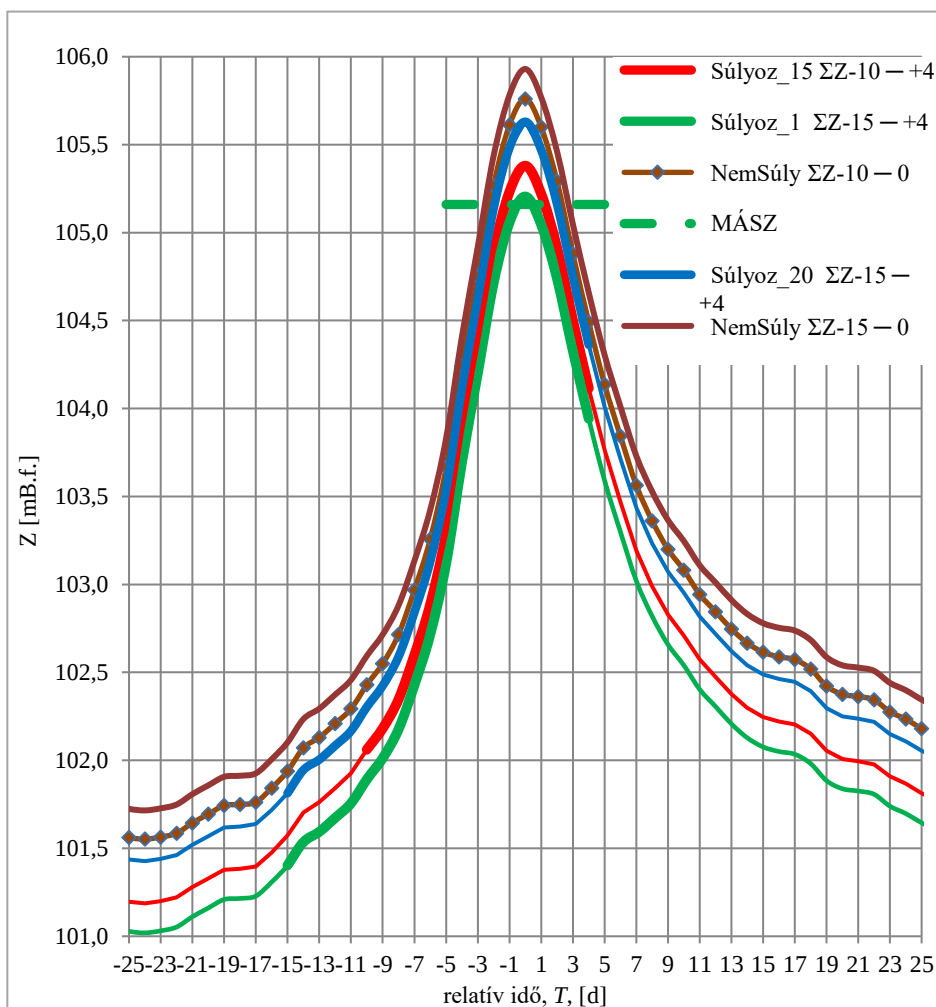
Változat	Z_{max} , mB.f.
ΣZ_{-10-0} Nem Súlyozva	105,76
ΣZ_{-15-0} Nem Súlyozva	105,93
ΣZ_{-10-0} Súlyozva_11	105,41
ΣZ_{-10-+4} Súlyozva_15	105,38
ΣZ_{-15-+4} Súlyozva_20	105,63
ΣZ_{-15-+4} Súlyozva_1	105,21

A számított árhullámok összehasonlítása és a mértékadó árhullám kiválasztása

Az egyes súlyozások esetén számított maximális vízszinteket a 3. táblázatban foglaltuk össze. Látható, hogy

mindegyik számított érték a helyi (1656,4 fkm) $M\acute{A}SZ_{R\acute{o}mai} = 105,16$ mB.f. fölött van. A 2. ábrán és a 3. táblázatból látszik, hogy súlyozás nélküli módszerek adják a legnagyobb árhullám-képet. Az alkalmazott súlyozásoknál mindig $Z_{M\acute{A}R,max} > Z_{M\acute{A}SZ}$. Nem tudunk műszaki érvet, de még logikus indokot sem találni arra, hogy mely súlyozással kapott értékek adják valóban a $M\acute{A}R$ -t. Ezt csak a különböző súlyozásoknál kapott árhullámokkal végzett részletes, numerikus modell-számítások adnák meg. Annyi azért látszik az eredményekből, hogy ha ragaszkodunk a lineáris súly-elosztáshoz és egyre nagyobb időintervallumot vonunk be a súlyozásba, annál nagyobb súlyt kap a Duna tetőponti vízszintje és a számított Z_{max} is annál nagyobb lesz (' $\Sigma Z_{-15} - +4$ Súlyozva_20'-nál a Z_{max} nagyobb, mint ' $\Sigma Z_{-10} - +4$ Súlyozva_15'-nél).

Ezt figyelembe véve és azt, hogy a Duna védműveit a $M\acute{A}SZ$ -ra építették ki (ill. tervezték), modell-számítások nélkül mi a ' $\Sigma Z_{-15} - +4$ Súlyozva_1', 1-es maximális súlyú, – hiperbolikus súly-elosztású – változatot tartjuk a legjobb közelítésnek. Ennél a számított maximális vízszint csak 5 cm-el haladja meg a $M\acute{A}SZ$ -t. Ugyanakkor ne felejtjük el, hogy ez a fiktív árhullám nem a Duna védműveihez (pl. töltéskorona-szinhez vagy az árvédelmi falmagassághoz) ad mértékadó árhullámot, hanem a talajvízszint-változások számításához adhat mértékadó terhelést.



2. ábra. Különböző súlyozások esetében a számított árhullámok
Figure 2. Calculated waves for different weights

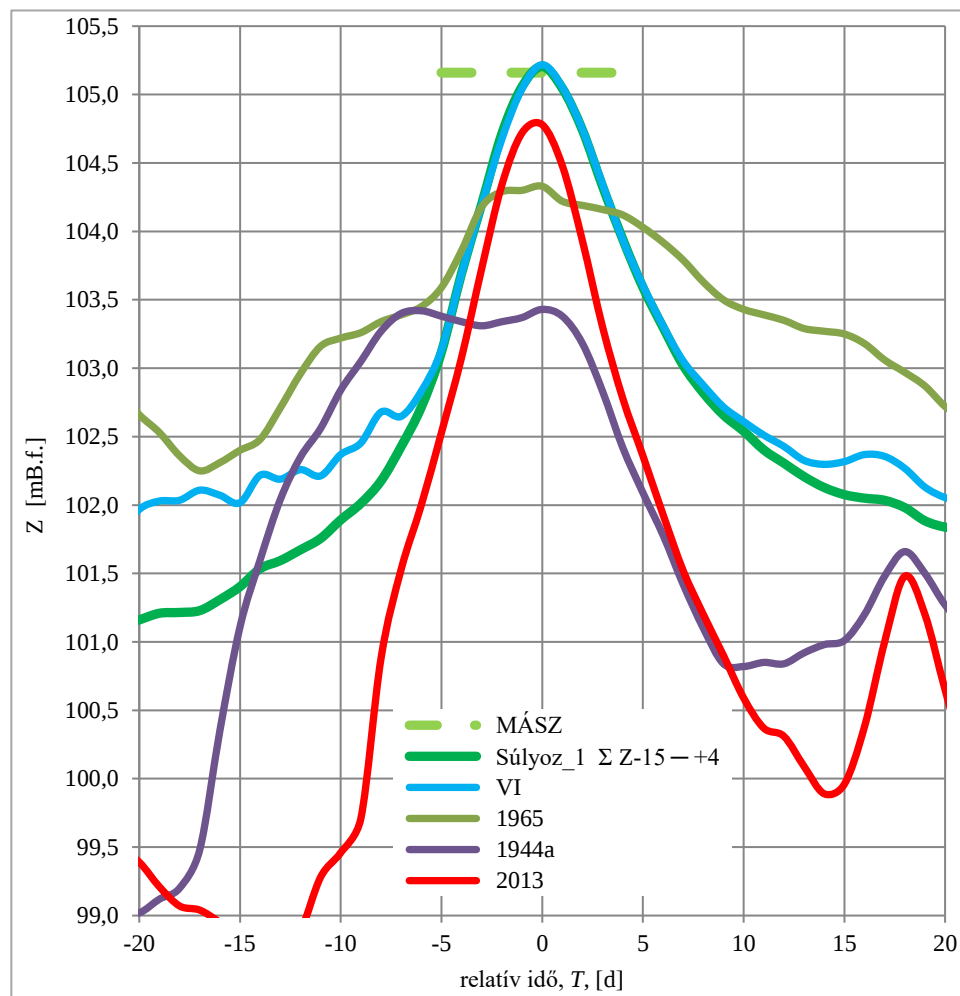
Nem csak az a lényeg, hogy mennyi a $Z_{MÁR,max}$ és az hogyan viszonyul a MÁSZ-hoz. Az 1965. évi árhullám $T_{-15} - T_{+4}$ napos időszakának ($\Sigma Z_{-15 - +4}$ Súlyozva_1'-el) súlyozott ΣZ -je gyakorlatilag megegyezik (ΣZ)_{1%}-al, pedig $Z_{1965,max} = 104,33$ mB.f. majdnem 1 m-el alacsonyabban tetőzött, mint az 1656,4 fkm-nél érvényes jelenlegi MÁSZ (105,16 mB.f.). Az árhullám alak is fontos, sőt olyan extrém tartósságú árhullámnál, mint az 1965-ös még fontosabb is, mint a tetőzési szint. Ez is rámutat arra, amit Völgyesi így fogalmazott meg, „A folyóban levonuló árhullám által indukált szivárgási folyamatokat ugyanis nem csak az árhullám tetőzési szintje, hanem az árvíz tartóssága, illetve a tetőzést megelőző vízszintemelkedés sebessége, időtartama is meghatározza, sőt az apadás jellege is.” (Völgyesi 2019).

Megnéztük, hogy az általunk ajánlott MÁR hogyan viszonyul Völgyesi István által számított „átlagos árhullám”-hoz – az 3. ábrán VI-vel jelölve. Az ábrán látható, hogy $T_{-5} - T_{+7}$ között gyakorlatilag a két görbe megegyezik, az eltérés maximuma 4 cm. Az eredmény a két módszer származtatásának ismeretében meglepő. Az ábrán az is látszik, hogy a görbék menete között ott van nagyobb eltérés, ahol már Völgyesi nem az összes árhullám alapján számította az átlagos-árhullámot.

A 3. ábrán bemutatjuk még azoknak az éveknek az árhullámait is, melyeknél a súlyozott ΣZ -k alig térnek el a

mértékadónak elfogadott ' $\Sigma Z_{-15 - +4}$ Súlyozva_1' jelű változat (ΣZ)_{1%}-os értékétől. Az eltérés 1965-ös árhullámnál ~0,1%, 1944a.-nál és 2013-nál is csak 0,8-0,81%. Az igen kicsi eltérés azt bizonyítja, hogy a súlyozási időn belüli Z eloszlásokra a módszer nem érzékeny, az időszak összegzett értéke a döntő, (csak ezzel számoltunk később). Gyakorlatilag ugyanakkora (ΣZ)_{1%}-ot kaptunk az 1944a jelű és a 2013. évi árhullámoknál. Ez még inkább aláhúzza annak fontosságát, hogy csak numerikus modell-számításokkal lehet eldönteni, hogy mértékadó lehet-e pl. egy 1944. évi árhullámhoz hasonló tetőpontú és alakú árhullám.

Mint ahogy a MÁSZ sem univerzális, nem minden magassági szinttel kapcsolatos tervezési munkánál mértékadó, úgy a MÁR sem általános. A bemutatott módszerrel kapott MÁR nem alkalmas minden árhullámot igénylő tervezéshez. Például: árvédelmi földtöltés rézsúállékonyságának tervezéséhez egy olyan módszer kidolgozása szükséges, amely az apadó-ág vízszint süllyedésének hatását jobban figyelembe veszi; egy árvízi szükségtározó térfogatának méretezéséhez is különböző árhullám alakokból indulunk ki, és az azok alapján származtatott térfogatok és azok eloszlásából meghatározott valószínűségű térfogat lesz mértékadó a tervezéshez. Mint erre példát az irodalomban találunk, (Szigyártó 2015, Rátky 2015).



3. ábra. Völgyesi-féle "átlagos-árhullám", a MÁR és a legnagyobb ΣZ -ket adó árhullámok
Figure 3. Völgyesi type "average flood", the MÁR and flood waves with the biggest ΣZ

ÖSSZEFOGLALÁS

Tanulmányunkban egy módszert mutattunk be, olyan folyóbeli mértékadó árhullám (MÁR) meghatározására, amely az árvédelmi töltések mentett-oldali talajvízszint szabályozásának és a védelmi létesítményeinek tervezéséhez nélkülözhetetlen. A módszert a Duna Római-parti térségnél figyelembe vehető árhullámok példáján keresztül mutattuk be.

A Duna Vigadótér-i vízmércéjének 1876-2018 évek közötti vízállás észlelési adataiból kiválasztottuk azon éveket, ahol legalább 5 napig volt a vízállás az I. fok felett. Ilyen feltételnek 33 db árhullám felelt meg. A vízszintekké átalakított vízállásokat átranzszformáltuk a római-parti térség 1656,4 fkm-es szelvényére. Itt az árhullámokat relatív időpont skálára transzformáltuk, azonos időpontra tolva a tetőponti vízszinteket. Meghatároztuk a 33 árhullám átlagát és ez átlagos árhullám tetőponti értéke függvényében jellemeztük ez átlagos hullám alakját. Előállítottuk a vizsgált árhullámok tetőpont közeli vízszintjeinek súlyozott összegét, ΣZ -t. Különböző súlyozási módszert alkalmaztunk (1. ábra). Kiszámítottuk az évenként súlyozott ΣZ -k 1%-os valószínűségű értékét, $(\Sigma Z)_{1\%}$. Súlyozási változatokként a vizsgált teljes $T_{-45} - T_{+45}$ időszakra olyan árhullámokat állítottunk elő, amelyeknél a tetőpont környéki (pl. $T_{-15} - T_{+4}$) napok időszakában a vízszintek összege megegyezik $(\Sigma Z)_{1\%}$ -al és az alakja (áradásának, apadásának intenzitása) a 33 év árhullámainak átlagos alakjával egyezik meg (2. ábra)

A mentett-oldali víztelenítő rendszer tervezéséhez nélkülözhetetlen, valóban mértékadó terhelést adó MÁR, a különböző súlyozásokkal kapott árhullámok (2. ábra) közül csak részletes, numerikus modell-számítások alap-

ján választható ki. Ilyen modell-számítások általánosítható eredményt is adhatnak a módszerrel kapcsolatban. Most, modell-számítások nélkül mi a $\Sigma Z_{-15} - +4}$ Súlyozva_1' jelű hiperbolikus súly-elosztású változatot (3. ábra) tartjuk a legjobb közelítésnek.

IRODALOMJEGYZÉK

BMGE (2017). Budapest III. Csillaghegyi öblözet Nánási út–Királyok útja változat döntés-előkészítő tanulmány. Szakvélemény, Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszék, Témavezető: Dr. Mähler András.

Éliás E. (1974). Méretezési alapelvek. In: Vízügyi létesítmények kézikönyve: Szerk. György István, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, pp. 111-114.

Kovács Gy. (1985). Tervezési és műszaki adatok meghatározása. In: Mérnöki Kézikönyv 3, Szerk. Palotás László, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, pp. 143-144.

Rátky I., (2008). BME Közlekedési földművek előadási anyag.

Rátky I. (2015). Módszer az árvízi szükségtározók térfogatának és vízkivételének hidraulikai méretezéséhez. Hidrológiai Közlöny, 95. évf. 4. sz. pp. 33-44.

Szigyártó Z. (2015). Módszer az árvízi szükségtározók térfogatának és vízkivételének a hidrológiai méretezéséhez. Hidrológiai Közlöny, 95. évf. 4. szám. Előírás, Közlekedési és Vízügyi Minisztérium Közúti főosztálya, Budapest,

Völgyesi I. (2018). Szóbeli közlés.

Völgyesi I. (2019). Mértékadó árvízszint és talajvíz-árhullám. Hidrológiai Közlöny, 99. évf. 2. szám.

A SZERZŐ



RÁTKY ISTVÁN Okleveles mezőgazdasági gépészmérnök, okleveles építőmérnök, "IHE,Delft", NUFFIC ösztöndíjjal 10 hónapot töltött Delft, The International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering, "Experimental and computational hydraulics" posztgraduális képzésen. PhD fokozatot 1998-ban szerzett. 1970-től a BME oktatója 2009-ig, egyetemi docensként nyugdíjba vonulásáig. Rectori Dicséret 2006; „A vizek kártételei elleni védekezésért ezüst érdemrend”, KvVM 2006. Nyugdíjazása után vendégelőadóként Szent István Egyetem Mezőgazdaság Tudományi Kar, Eötvös József Főiskola Műszaki Fakultás Szakmérnök képzésében és az ELTE Természettudományi Kar

hidrológus szakirányú továbbképzésben előadóként vett részt. 1974-től az MHT tagja, Pro Aqua-émlékérem (2001), Schafarzik Ferenc emlékérem (2016), négy alkalommal részesült Vitális Sándor szakirodalmi nívódíjban. Hidrológiai Közlöny szerkesztő bizottsági tag, 2000-től a Hidraulikai és Műszaki Hidrológiai Szakosztály elnöke. Kutatási területe: árvízmentesítés, árvízvédelem, folyó és tószabályozás, sík- és dombvidéki vízrendezés, belvízvédelem.