

# Műtárgyhidraulikai paraméterek numerikus megközelítése

---

TDK 2012

**Fürt Renáta VVYCT6**

2012.11.06.



## Tartalom

Ábrajegyzék .....	1
1. Feladat .....	3
2. Bukógátak .....	4
2.1 Tökéletlen, alulról befolyásolt átbukás .....	4
2.1.1 Visszahatási tényező .....	6
2.1.1.2 Széles bukó .....	9
3. Zsilipábla alatti kifolyás .....	15
3.1 Zsilipábla alatti kifolyás jellege .....	15
3.2 Kontrakciós tényező .....	17
3.2.1 Példa .....	19
3.3 Szegmens és síktábla kontrakciós tényezője .....	28
3.3.1 Példa .....	29
4. Összefoglalás .....	34
5. Irodalomjegyzék .....	35
6. Melléklet .....	36

## Ábrajegyzék

1. grafikon: éles szélű bukó visszahatási tényezője .....	7
2. grafikon: széles bukó visszahatási tényezője .....	9
3. grafikon: visszahatási tényező hidraulikus bukó esetén (szovjet) .....	12
4. grafikon: visszahatási tényező értéke hidraulikus bukó esetén (Jaros) .....	13
5. grafikon: zsilip alatti átfolyás jellege .....	16
6. grafikon: kontrakciós tényező értékei $a/H$ függvényében .....	17
7. grafikon: kontrakciós tényező ( $C_c$ ) és vízhozamtényező ( $C_d$ ) .....	18
8. grafikon: átfolyás jellegét meghatározó görbe .....	21
9. grafikon: $k$ szorzótényező meghatározásának grafikonja alulról befolyásolt átfolyás esetén .....	23
10. grafikon: $H/a=5$ esetén a $k$ szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén .....	23
11. grafikon: görbesereg polinomjainak együtthatói grafikusán .....	25
12. grafikon: $x, x^2, x^3$ , konstans együtthatók és $H/a$ között összefüggés .....	26
13. grafikon: $x^4, x^5, x^6$ együtthatók és $H/a$ között összefüggés .....	26
14. grafikon: síktábla vízhozamtényezőjének meghatározása .....	31
15. grafikon: szegmenstábla vízhozamtényezőjének meghatározása .....	32
16. grafikon: Hajlásszög és polinomok együtthatói közötti összefüggés síktábla esetén .....	33
17. grafikon: Hajlásszög és polinomok együtthatói közötti összefüggés szegmenstábla esetén .....	33
18. grafikon: $H/a=20$ esetén a $k$ szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén .....	36
19. grafikon: $H/a=15$ esetén a $k$ szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén .....	36

20. grafikon: $H/a=12$ esetén a $k$ szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén .....	37
21. grafikon: $H/a=10$ esetén a $k$ szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén .....	37
22. grafikon: $H/a=8$ esetén a $k$ szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén .....	38
23. grafikon: $H/a=6$ esetén a $k$ szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén .....	38
24. grafikon: $H/a=5$ esetén a $k$ szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén .....	39
25. grafikon: $H/a=4$ esetén a $k$ szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén .....	39
26. grafikon: $H/a=3$ esetén a $k$ szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén .....	40
27. grafikon: $H/a=2$ esetén a $k$ szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén .....	40
1. táblázat: visszahatási tényező eredményei éles szélű bukó esetén .....	8
2. táblázat: visszahatási tényező eredményei széles bukó esetén 1 .....	10
3. táblázat: visszahatási tényező értékei széles bukó esetén 2 .....	10
4. táblázat: visszahatási tényező értékei széles bukó esetén 3 .....	10
5. táblázat: szovjet szerzők visszahatási tényezői .....	11
6. táblázat: visszahatási tényező eredményei hidraulikus bukó esetén .....	14
7. táblázat: Vízhozamok eredményei különböző „módszerekkel” .....	21
8. táblázat: Kontrakciós tényező, vízhozam eredményei alulról befolyásolt átfolyás esetén több módszerrel .....	24
9. táblázat: görbesereg polinomjainak együtthatói .....	24
10. táblázat: számított és közelített vízhozamtényező és vízhozam értékek .....	30
1. ábra: tökéletes, kritikus, tökéletlen átbukás esete .....	5
2. ábra: tökéletlen átbukás jelölései (Vízhasznosítás Msc) .....	6
3. ábra: visszahatási tényező különböző bukóalak esetén (Vízhasznosítás Msc) .....	6
4. ábra: zsiliptábla alatti szabad kifolyás .....	15
5. ábra: zsiliptábla alatti kifolyás az alvíz visszahatásával .....	15
6. ábra: $d$ – visszaszorított vízugrás (határeset), $e$ – beduzzasztott vízugrás .....	16
7. ábra: „különleges” kialakítású gátak (Neudascher) .....	28
8. ábra: zsilip alatti szabad átfolyás paraméterei .....	29

## 1. Feladat

Egy vízépítési műtárgy méretezésekor számos műtárgyhidraulikai paramétert fel kell használni, melyek a korábbi kutatások eredményei alapján grafikusán vagy táblázatosan ismertek. Ez a mai igények mellett, a számítógépes modellezés világában a numerikus számításokat megnehezíti, a méretezési, modellezési időt meghosszabbítja, a hibalehetőséget az esetleges pontatlan leolvasások miatt növeli. Sokszor az eredeti kutatási eredmények, melyekből grafikont alkottak mára már nem fellelhetők, pedig az összefüggések használatához szükség lenne zárt formájú képletekre. További „problémát” jelent, hogy a kutatók manapság grafikonokat, táblázatokat fizikai modellek, tapasztalatok alapján alkotják, melyek során ismét nem kapunk zárt képletet. Munkám során ezekre a problémákra próbálok választ keresni. Egy duzzasztó tervezése során sokszor kell grafikonról meghatározni a paramétereket, amelytől egy idő után az ember már belefárad, rosszul olvas le, és gyakran a grafikonok felbontása sem erre való. Ezek mind bizonytalanságot hordoznak magukban. Ha ezekre képleteket kapunk, gyorsabban és könnyebben lehet meghatározni ezeket a paramétereket például a vízhasznosítás tervezési feladatban. Éppen ezért munkámban első sorban a fontosabb vízszintszabályozó műtárgyak (bukó, zsilip) tényezőit vizsgálom (pl. vízhozamtényezők, visszahatási tényezők, sebességtényezők, kontrakciós tényezők, stb.).

E dolgozat célja, hogy ezen összefüggések kidolgozása figyelembe venni az adott jelenség fizikáját, „megjelenését”, érvényességi tartományát, alkalmazhatóságát, használhatóságát, peremfeltételeit a vízépítési műtárgyak területén. A vizsgált összefüggéseket igyekszem több forrásból is ellenőrizni és a munkám szempontjából a leginkább megbízható formát felhasználni. Az egyes források használata során a források eredeti jelölését használom.

A kapott eredmények használhatóságát, létjogosultságát rövid példákon keresztül igazolom.

## 2. Bukógátak

Közismert tény, hogy ha valamely nyílt felszínű áramlás útjába valamilyen akadályt helyezünk (gát, fal), a folyadék szintje a gát előtt (fölött) megemelkedik, majd annak tetején túlemelkedve átbukik. Az ilyen műtárgyat nevezzük bukógátnak.

Bukógátakat széles körben alkalmaznak duzzasztóműveknél és vízhozammérő műtárgyaknál. A természet alakította bukók közé sorolhatók a töltésszakadási nyílások.

A bukó helyszínrajzi vonalvezetése több féle lehet:

- egyenes,
- törttengelyű,
- íves,
- ferde,
- aknás bukó.

A bukóél kiképzése szerint létezik:

- éles szélű,
- hidraulikus profilú,
- széles koronájú,
- gyakorlati profilú (szögletes, legömbölyített)

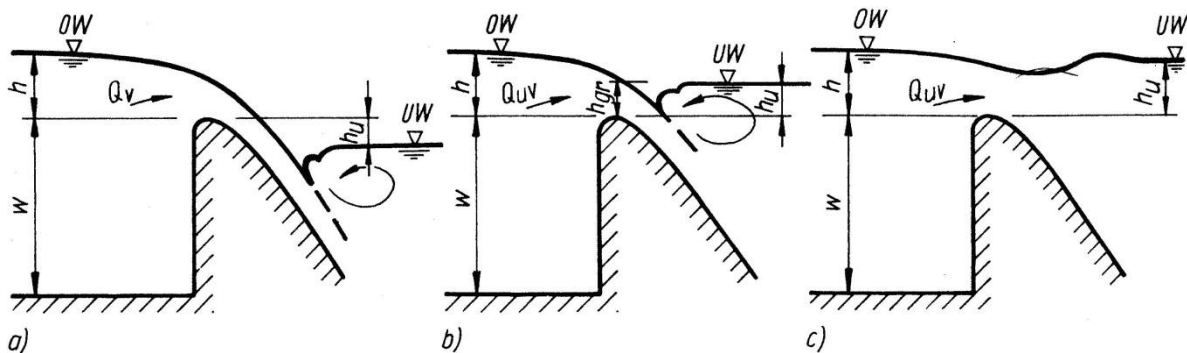
A szerkezeti jellegzetességek mellett, melyek az áramlási sebességet, átbukó sugárnak az alvízhez való viszonyát befolyásolják, hidraulikai viselkedés szerint két fajtát különböztetünk meg:

- tökéletes, alulról nem befolyásolt átbukás (1. ábra a)
- tökéletlen, alulról befolyásolt átbukás, amikor a gát koronaszintje az alvízszint alatt helyezkedik el (1. ábra c)

### 2.1 Tökéletlen, alulról befolyásolt átbukás

Ha az alvíz szintje a bukókorona éle fölé emelkedik tökéletlen átbukásról beszélünk, mert az alvíz akadályozza, befolyásolja a bukón átbukó vízhozam értékét. Amíg az alvíz szintje a bukókorona szintje alatt van, addig nem befolyásolja az átbukást. Ez még akkor is tart, amikor az alvíz szintje kicsivel a korona felett van, kritikus vízmélység alakul ki, és a vízhozam egy rövid szakaszon rohanó. Így a korona mögött az átbukás után vízugrás alakul ki. Ha azonban az alvíz szintje tovább emelkedik, nem következik már be a vízugrás, állandó

hullámok alakulnak ki, akkor már tökéletlen átbukásról beszélünk. Ez esetben a sebesség jelentősen kisebb, mint a tökéletes átbukás esetén kialakuló sebességek ugyanazon átbukási magasságánál.



1. ábra: tökéletes, kritikus, tökéletlen átbukás esete

A hidraulikai leírása a tökéletlen átbukásnak nehézkes, eredetileg abból indul ki, hogy az átbukó sugarat „szétdarabolják”, felosztják egy felső magassági tartományba, ahol tökéletes átbukást feltételeznek, és egy alsóbb részre (amely a bukókorona és alvízszint különbsége), ahol pedig a nyílásokon való kifolyás törvényeinek megfelelően számolnak. Du Bois elmélete sem közelítette pontosan a tényleges átbukási folyamatot, ezért ezeket a módszereket manapság elvetették. Legegyszerűbben úgy lehet összefoglalni, ha a tökéletes átbukás képletét (pl. Poleni képlet) vesszük alapul, és az alvíz hatását kísérleti úton meghatározott csökkentő tényezővel vesszük figyelembe. Így az átbukó vízhozam:

$$Q = \sigma * \frac{2}{3} * \mu * b * \sqrt{2g} * h^{\frac{3}{2}}$$

$$Q = \sigma * m * b * \sqrt{2g} * h^{\frac{3}{2}}$$

ahol  $Q$  – átbukó vízhozam ( $m^3/s$ )

$\mu$  – vízhozam tényező (-)

$b$  – bukógát szélessége (m)

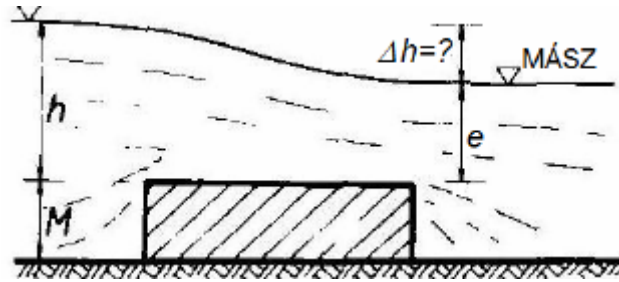
$h$  – felvízszint és gátkorona magasság közötti különbség (m)

$\sigma$  – visszahatási tényező (Bazin által javasolt csökkentő tényező)

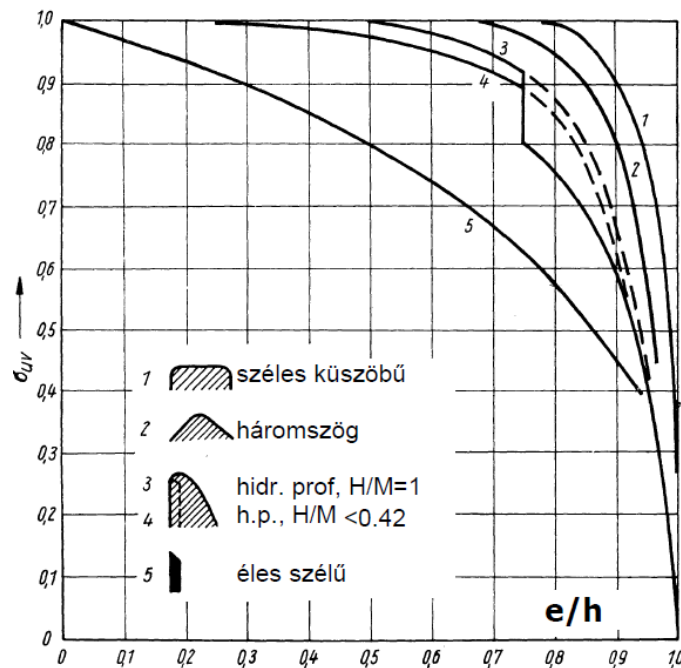
$m$  – átbukási tényező

### 2.1.1 Visszahatási tényező

A visszahatási tényező értéke függ az átbukó vízszög alakjától, a bukó magasságától és az  $e/h$  arányától. Az ábrán különböző bukó formákhoz tartozó visszahatási csökkentő grafikonját látjuk, a tényező annál gyorsabban csökken, minél jobban közelíti az  $e/h$  arány az 1-et.



2. ábra: tökéletlen átbukás jelölései (Vízhasznosítás Msc)



3. ábra: visszahatási tényező különböző bukóalak esetén (Vízhasznosítás Msc)

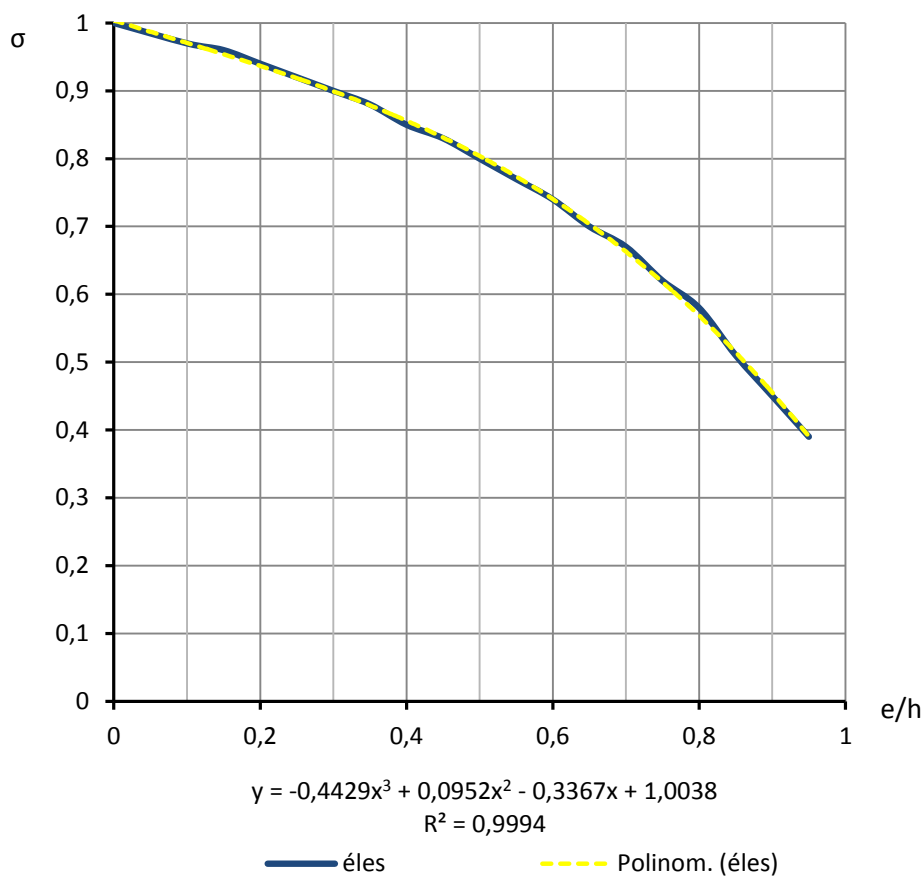
A feladat során céлом az volt, hogy ezekre a görbékre keressek zárt formájú képletet. Ilyen grafikonokat korábbi kísérletek, megfigyelések alapján hoztak létre, de ezek alapjaira csak kevés esetben utaltak. Ennek célja az, hogy egy duzzasztó méretezésekor, nem kellene grafikonról leolvasni, amely hibát is eredményezhet, és a számítás idejét lerövidítené. Ezt

azonban csak az éles szélű, széles és hidraulikus profilú bukóra végeztem el, a gyakorlatban ritkábban előforduló háromszög alakú műtárgyat nem vizsgáltam.

### 2.1.1.1 Éles szélű bukó

Az éles szélű bukógátak jellemzője, hogy a gát koronájának a felvív felé eső része széles, éles szögletű, csúcsos. Ha az átbukó vízszög a koronát elhagyta, a gáttesttel többet nem találkozik.

Éles szélű bukó esetén a visszahatási tényező közelítésének eredménye:



1. grafikon: éles szélű bukó visszahatási tényezője

A grafikon az eredeti, visszahatási tényezőket összefoglaló grafikonról végzett leolvasáson alapul (kék görbe), amely hordoz magában némi bizonytalanságot, de feltételezem, hogy mégis megfelel. Erre a kék görbére próbáltam trendvonalat illeszteni, amely sikeres volt, ugyanis az  $R^2$  értéke közelíti az 1-et, tehát a sárga szaggatott a kék görbe közötti korreláció nagy, vagyis a pontok azonos görbe mentén fekszenek, a kapcsolat szoros. A trendvonallal és a regresszióval együtt így megkaptam a görbe egyenletét is:



$$y = -0,4429 x^3 + 0,0952 x^2 - 0,3367 x + 1,0038$$

A Bazin által javasolt visszahatási tényezőt a következő képletből határozhatjuk meg (Hidraulika II. kötet):

$$\sigma = 1,05 * \left(1 + 0,2 * \frac{e}{M}\right) * \sqrt[3]{\frac{z}{h}}$$

Ezek után egy tudományos képlet, egy közelítő képlet és egy leolvasás után összehasonlítom az eredményeimet egy konkrét példán keresztül.

#### 2.1.1.1.1 Példa

*Hidraulika 1. feladatgyűjtemény; Gyakorló feladatok az 1. és 2. zárthelyi dolgozathoz:*

**Az éles szélű bukó magassága (M) 3,0 m, a felvíz magassága (h) 1,0 m, az alvíz és a bukókorona közötti szintkülönbség (e) 0,3 m.**

Így számítható, hogy a felvíz és alvíz között vízmélység (z) 0,7 m, és e/h aránya 0,3. A grafikonról így leolvasott érték kb. 0,9. A közelítő polinomba helyettesített érték eredménye 0,899, a Bazin-féle visszahatási képlet eredménye 0,951.

Számítási módszer e/h=0,3	$\sigma$	hiba
leolvasás	0,9	
polinom: $-0,4429x^3 + 0,0952x^2 - 0,3367x + 1,0038$	0,899	0,0667 %
Bazin: $\sigma = 1,05 * \left(1 + 0,2 * \frac{e}{M}\right) * \sqrt[3]{\frac{z}{h}}$	0,951	5,66 %

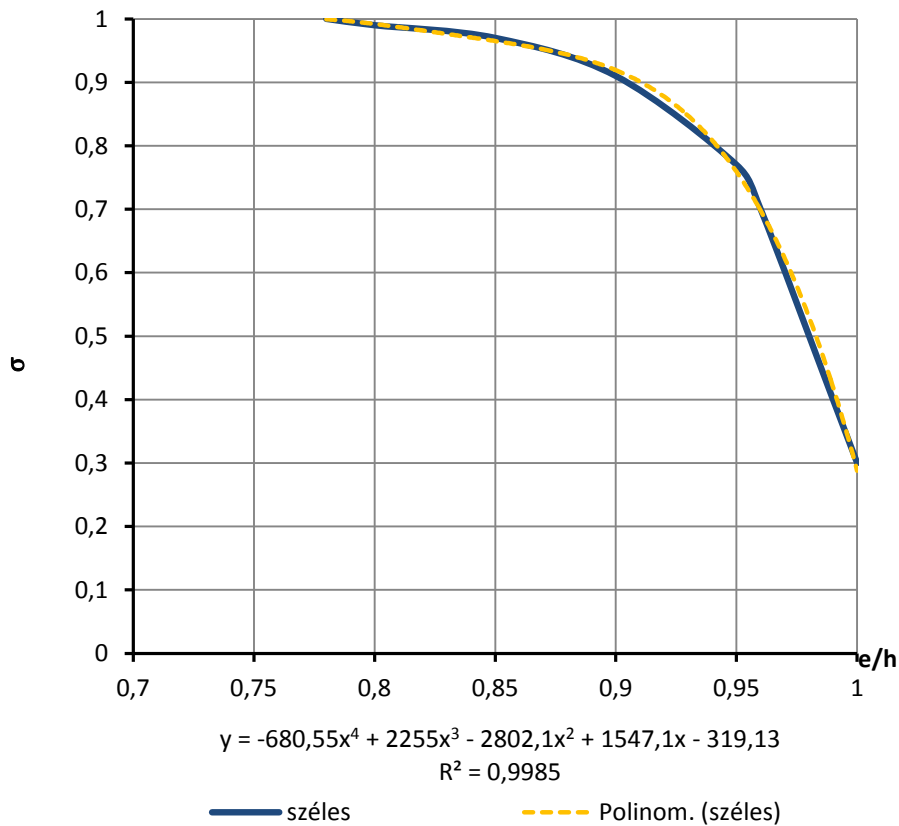
**1. táblázat: visszahatási tényező eredményei éles szélű bukó esetén**

Itt is belátható, hogy a polinom jól közelíti a görbét, tehát ez a képlet alkalmazható, viszont a Bazin-féle képlet lényegesen nagyobb értéket ad. Ez érthető, mivel a képletben egy 1,05-ös szorzó szerepel, ami indokolatlan, hiszen a  $\sigma$  értéke 0 és 1 között mozog. Az eltérés a leolvasott értéktől 1 %-on belüli és 6 %-on belüli hibát eredményez. Egyik sem számít jelentősnek, így mindkét módszert elfogadnám, de nagyobb vízhozamot fog eredményezni, ha a  $\sigma$  tényező értéke is nagyobb.

## 2.1.1.2 Széles bukó

A vízépítésben gyakran előfordul, hogy a bukógát koronáját szögletesre alakítják. A kialakításnak sok módja lehetséges, de természetesen minden fajtának más és más vízhozamtényező felel meg. Ez a kialakítás leggyakrabban küszöbként funkcionál.

Fontos volna tudni, hogy mely alvízi magasság esetén következik be az átbukás. Széles bukók esetén először ez a  $(0,7 - 0,85) \cdot h$  esetén következik be (Schmidt). Az impulzustörvény segítségével hozott létre egy grafikont, amelyen az látható, hogy meddig tökéletes és honnan tökéletlen az átbukás.



## 2. grafikon: széles bukó visszahatási tényezője

A széles bukó visszahatási tényezőjének közelítése ugyanúgy történt, mint éles szélű bukó esetében. Látható, hogy az eredmény valamivel rosszabbul illeszkedik, de még ez az  $R^2$  is nagyon megközelíti az 1-et. Így a kapott egyenletet és közelítést elfogadom:

$$y = -680,55 x^4 + 2255x^3 - 2802,1 x^2 + 1547,1 x - 319,13$$

Mivel „Vízhasznítás Msc” tárgy keretein belül kellett számolni széles bukóval így a közelítés eredményét három példán, három tervezési feladat adatai alapján illusztrálom.

2.1.1.2.1 Példa

A széles bukó magassága (M) 0,5 m, a felvíz magassága a küszöbtől (h) 6,46 m, az alvív és a bukókorona közötti vízmélység (e) 5,96 m, felvíz és alvív közötti vízszint különbség (z) 0,1 m.

Így számítható e/h aránya, amely 0,923. Az ehhez tartozó grafikonról leolvasott érték 0,875, a polinommal közelített 0,898.

Számítási módszer e/h=0,923	$\sigma$	hiba
leolvasás	0,875	
polinom: $-680,55x^4+2255x^3-2802,1x^2+1547,1x-319,13$	0,898	2,53 %

2. táblázat: visszahatási tényező eredményei széles bukó esetén 1

2.1.1.2.2 Példa

A széles bukó magassága (M) 0,5 m, a felvíz magassága a küszöbtől (h) 6,19 m, az alvív és a bukókorona közötti vízmélység (e) 6,09 m, felvíz és alvív közötti vízszint különbség (z) 0,1 m.

A számított e/h arány 0,984, ehhez tartozó  $\sigma$  leolvasott értéke 0,525, a polinommal közelített 0,522.

Számítási módszer e/h=0,984	$\sigma$	hiba
leolvasás	0,525	
polinom: $-680,55x^4+2255x^3-2802,1x^2+1547,1x-319,13$	0,522	0,66 %

3. táblázat: visszahatási tényező értékei széles bukó esetén 2

2.1.1.2.3 Példa

A széles bukó magassága (M) 0,8 m, a felvíz magassága a küszöbtől (h) 5,17 m, az alvív és a bukókorona közötti vízmélység (e) 5,1 m, felvíz és alvív közötti vízszint különbség (z) 0,07 m.

A számított e/h arány 0,986, ehhez tartozó  $\sigma$  leolvasott értéke 0,465, a polinommal közelített 0,493.

Számítási módszer e/h=0,986	$\sigma$	hiba
leolvasás	0,465	
polinom: $-680,55x^4+2255x^3-2802,1x^2+1547,1x-319,13$	0,493	5,62 %

4. táblázat: visszahatási tényező értékei széles bukó esetén 3

A két érték közötti eltérés kicsinek mondható, ám ahhoz képest, hogy látszólag a polinom jól illeszkedik, mégis nagy. Ennek oka az lehet, hogy ez a tartomány, ahova az e/h arány esett,

már igen megbízhatatlan (2. grafikon). Van ahol ilyen értéktartományban, már leolvasni sem nagyon lehet. A polinomok eredményét mégis elfogadhatónak tekintem.

### 2.1.1.3 Hidraulikus profilú bukó

A bukógát hidraulikus profilját az éles szélű bukón átbukó vízszög alsó határvonala határozza meg, így a gát profilja a  $h$  átbukási magasság függvénye.

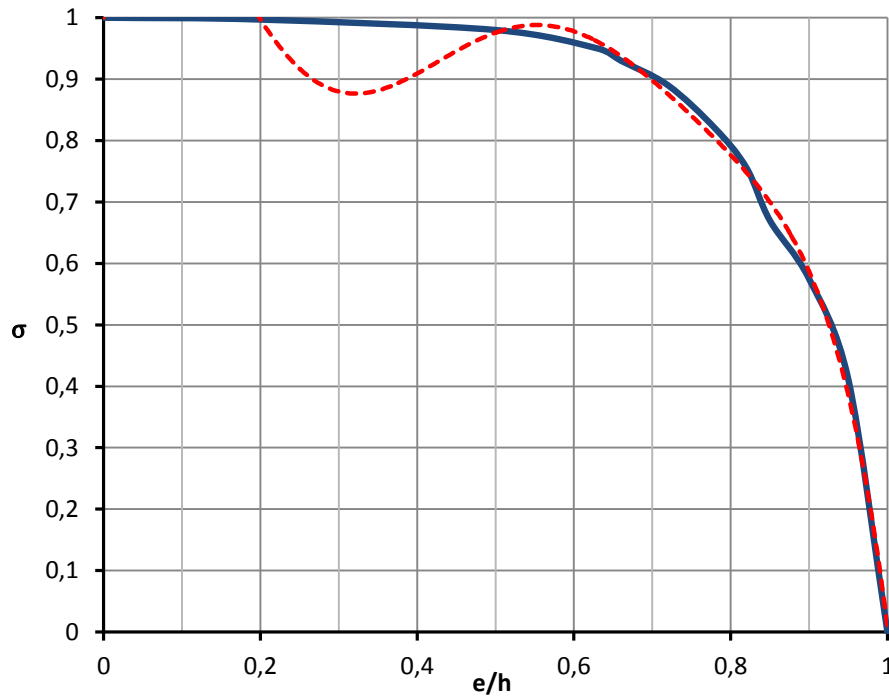
Az átbukó vízhozamot tökéletlen esetben is a tökéletlen átbukás képletével számítjuk (2.1 fejezet), de a visszahatási tényező értéke most másként alakul.

Ez esetben a  $\sigma$  tényezők értéke kisebb, mint az éles szélű Bazin képlettel, ennek oka a hidraulikai folyamatok különbözőségében rejlik. Az alábbi táblázatban szovjet szerzők összeállításából származó  $\sigma$  tényezők láthatók.

$e/h$	$\sigma$
0,00	1,00
0,2	0,997
0,5	0,98
0,63	0,95
0,66	0,93
0,72	0,89
0,78	0,82
0,82	0,756
0,85	0,67
0,9	0,575
0,95	0,412
1,00	0,00

5. táblázat: szovjet szerzők visszahatási tényezői

Ezen értékpárok görbét mutatja a következő ábra (3. grafikon).



$$y = -139,48x^6 + 439,24x^5 - 533,27x^4 + 306,16x^3 - 81,242x^2 + 7,5967x + 1$$

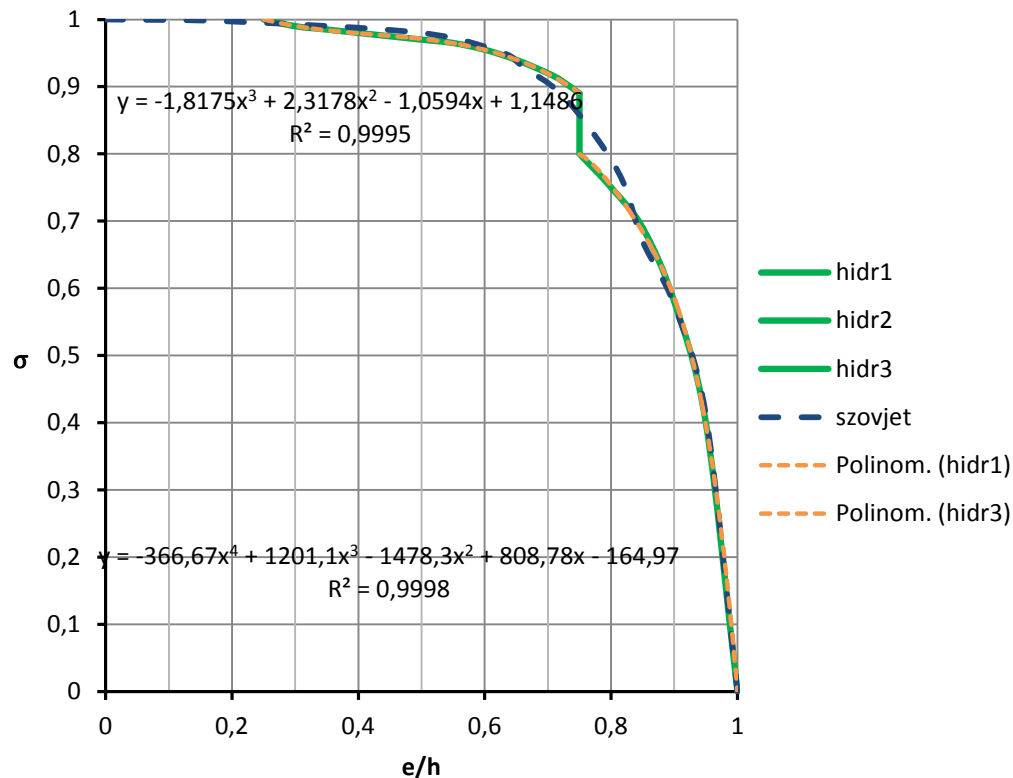
$$R^2 = 0,9974$$

**3. grafikon: visszahatási tényező hidraulikus bukó esetén (szovjet)**

Látható, hogy a polinom a görbe első felét nem közelíti jól, de a regresszió közelít 1-hez. A polinom valószínű e/h = 0,5-től jó közelítést adhat. A kapott közelítő egyenlet:

$$y = -139,48 x^6 + 439,24 x^5 - 533,27 x^4 + 306,16 x^3 - 81,242 x^2 + 7,5967 x + 1$$

Többek között Jaros jött rá arra, hogy az átbukási sugár kb. az e/h = 0,75 alábukó sugárból felületi sugárrá alakul hullámzó vízugrással. Így az átfolyás hirtelen lecsökken, ami a 3. ábra szerinti 3- as, 4 es görbén ugrást eredményez (3. ábra, 4. grafikon).



4. grafikon: visszahatási tényező értéke hidraulikus bukó esetén (Jaros)

A Jaros-féle görbét 3 részre szedve, az első és utolsó szakaszon a polinom jól közelíti, ez mind az ábrán, mind a regresszió szemmel látható.

polinom 1:  $y = -1,8175 x^3 + 2,3178 x^2 - 1,0594 x + 1,1486$

polinom 2:  $y = -366,67 x^4 + 1201,1 x^3 - 1478,3 x^2 + 808,78 x - 164,97$

A szovjet féle vonal az ugrás szakaszán nem közelíti a Jaros görbét, viszont az elején és a végén illeszkedik.

#### 2.1.1.3.1 Példa

*Technische Hydromechanik:*

A hidraulikus bukó magassága (M) 5,0 m, a felvíz magassága a küszöbtől (h) 1,58 m, az alvív és a bukókorona közötti vízmélység (e) 1,2 m.

A számított e/h érték 0,759. Az ehhez tartozó leolvasás 0,785, a megfelelő polinommal közelített érték 0,762, a szovjet görbéről leolvasott érték 0,828. Tehát itt is látszik, hogy a szovjetek megoldása a Jaros-féle görbe fölött helyezkedik el.

Számítási módszer $e/h=0,759$	$\sigma$	hiba
leolvasás	0,785	
polinom: $-366,67x^4+1201,1x^3-1478,3x^2+808,78x-164,97$	0,762	2,92 %
szovjet leolvasás	0,828	8,62 %

*6. táblázat: visszahatási tényező eredményei hidraulikus bukó esetén*

Az eltérések így sem jelentősek, de a továbbiakban inkább a polinommal való közelítést alkalmaznám az megbízhatóbb, mint a szovjet görbe közelítése. Nehézséget jelent azonban, hogy az  $e/h$  ismerete után el kell dönteni, hogy melyik tartományba esik ez az érték, mert a megfelelő polinom használata ettől függ.

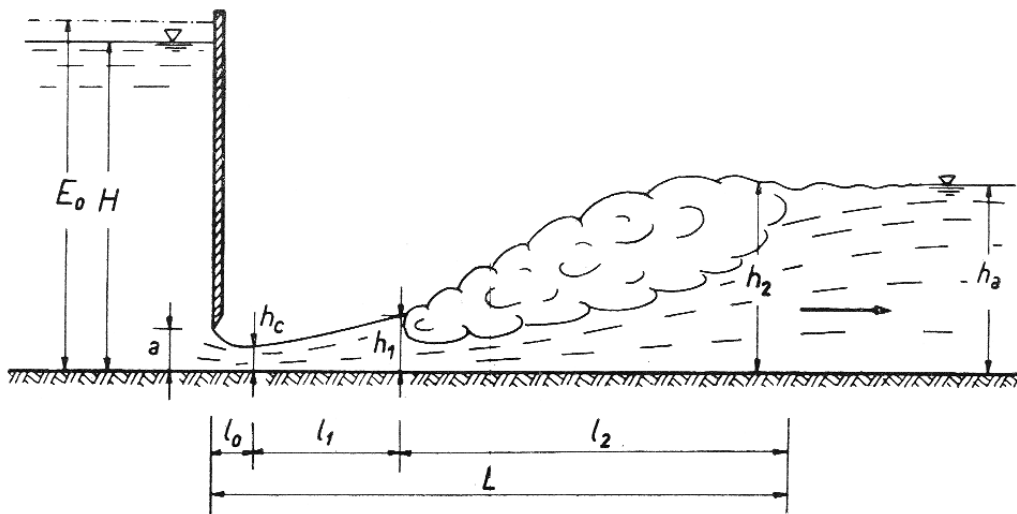
Összességében látható, hogy a polinomok jól illeszkednek a görbékre, így a számítások gyorsítása érdekében használhatók az eredmények.

### 3. Zsiliptábla alatti kifolyás

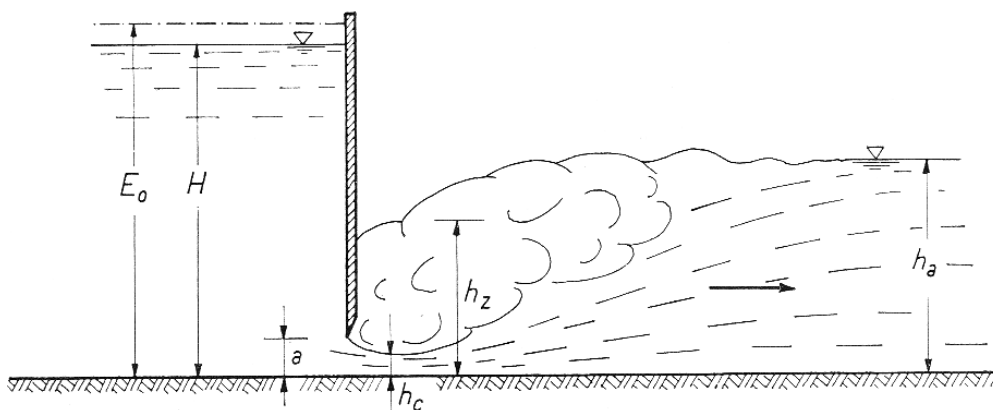
#### 3.1 Zsiliptábla alatti kifolyás jellege

A zsiliptábla alatti kifolyásnál két esetet különböztetünk meg:

- szabad kifolyás: a fedőhenger – általában egy rohanó szakasz után – a táblától távol alakul ki, a kiáramló vízhozam értékét nem befolyásolja (4. ábra)
- kifolyás az alvíz visszahatása mellett: az alvíz teljesen visszaduzzaszt a zsiliptáblához, a tábla alatt kiáramló vízhozam csökken (5. ábra)



4. ábra: zsiliptábla alatti szabad kifolyás

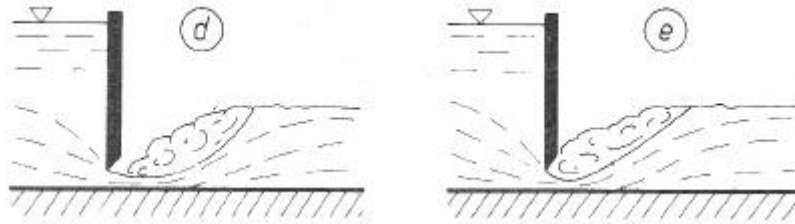


5. ábra: zsiliptábla alatti kifolyás az alvíz visszahatásával

Azt, hogy az átfolyás szabad vagy befolyásolt, a vízugrás helyzete határozza meg, mely sík utófenék esetére az ábrákon is jól látható. Más utófenék kialakítások esetén viszont egy görbe segítségével eldönthető. Ha a  $h_a/a$  a  $H/a$  (ahol  $h_a$  – alvízi vízmélység,  $H$  – felvízi vízmélység,  $a$  – zsilip alatti nyílás magassága) függvényében arány a görbe fölé esik, akkor

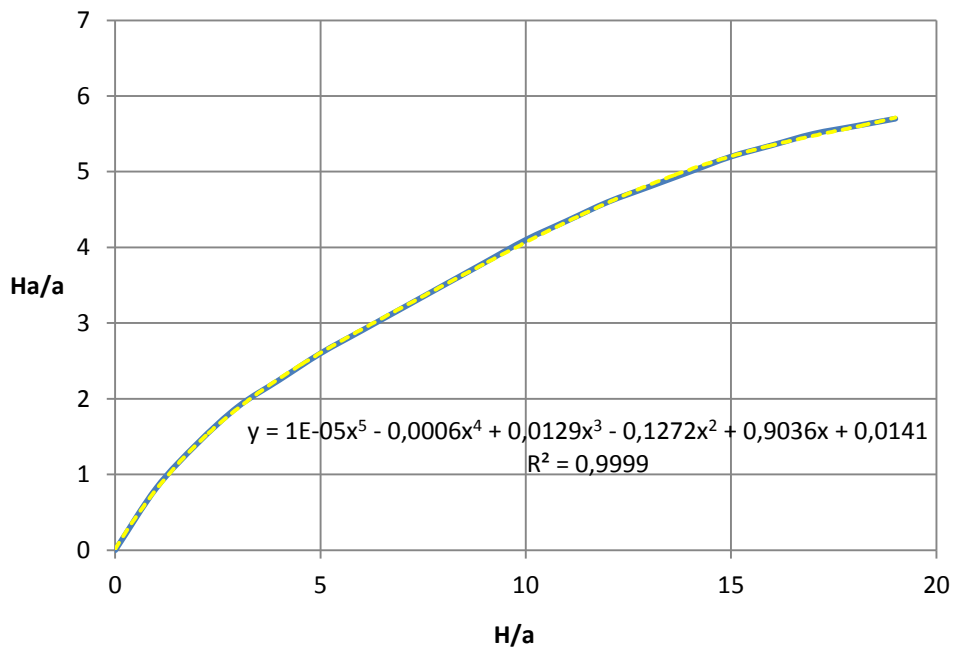


alulról befolyásolt az átfolyás, ha a görbe alá, akkor szabad az átfolyás. Ha az átfolyás alulról befolyásolt, akkor a vízgrás beduzzasztott és visszaszorított (6. ábra).



6. ábra: d – visszaszorított vízgrás (határeset), e – beduzzasztott vízgrás

A átfolyás jellegét meghatározó görbe és az arra illeszkedő polinom a következő grafikonon látható (5. grafikon).



5. grafikon: zsilip alatti átfolyás jellege

Látható, hogy az illesztett polinom ismét jól közelíti a grafikont, így a kapott egyenlet használható:

$$y = 0,00005 x^5 - 0,0006 x^4 + 0,0129 x^3 - 0,1272 x^2 + 0,9036 x + 0,0141$$

Erre vonatkozó példafeladat a következő pontban található, összevonva a kontrakciós tényezővel.

### 3.2 Kontrakciós tényező

Szabad kifolyás esetén a zsilip alatt átáramló vízhozam:

$$Q = \mu * b * a * \sqrt{2g(E_0 - h_c)}$$

ahol  $Q$  – vízhozam ( $m^3/s$ )

$b$  – zsiliptábla szélessége (m)

$\mu = \varphi * \psi$  – vízhozamtényező

$\psi$  – kontrakciós tényező (függ az  $a/H$  aránytól) (táblázat)

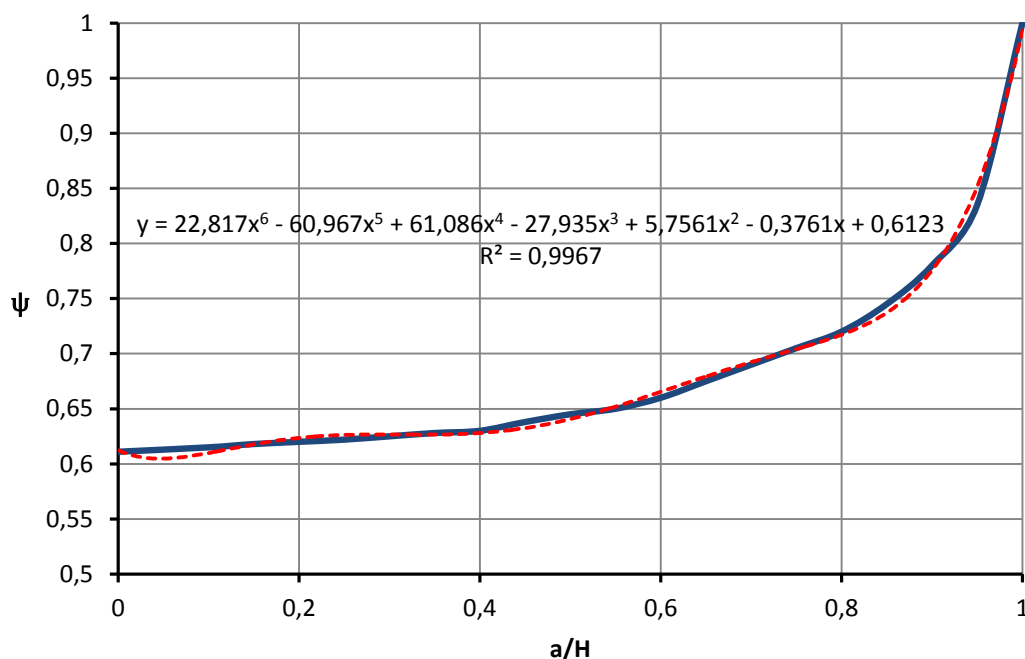
$\varphi$  – sebességtényező (többnyire 0,95 – 0,97)

$a$  – nyílás magassága (m)

$h_c = \psi * a$  – kritikus vízmélység (m)

$E_0$  – energiavonal a felvizen

A  $\psi$  tényezők értékei elméleti úton is meghatározhatók, azonban az összefüggés igen bonyolult. Ezért a táblázatos illetve grafikus megjelenítés terjedt el. Értékei az  $a/H$  függvényében adottak, az így kapott görbét az 6. grafikon ábrázolja.



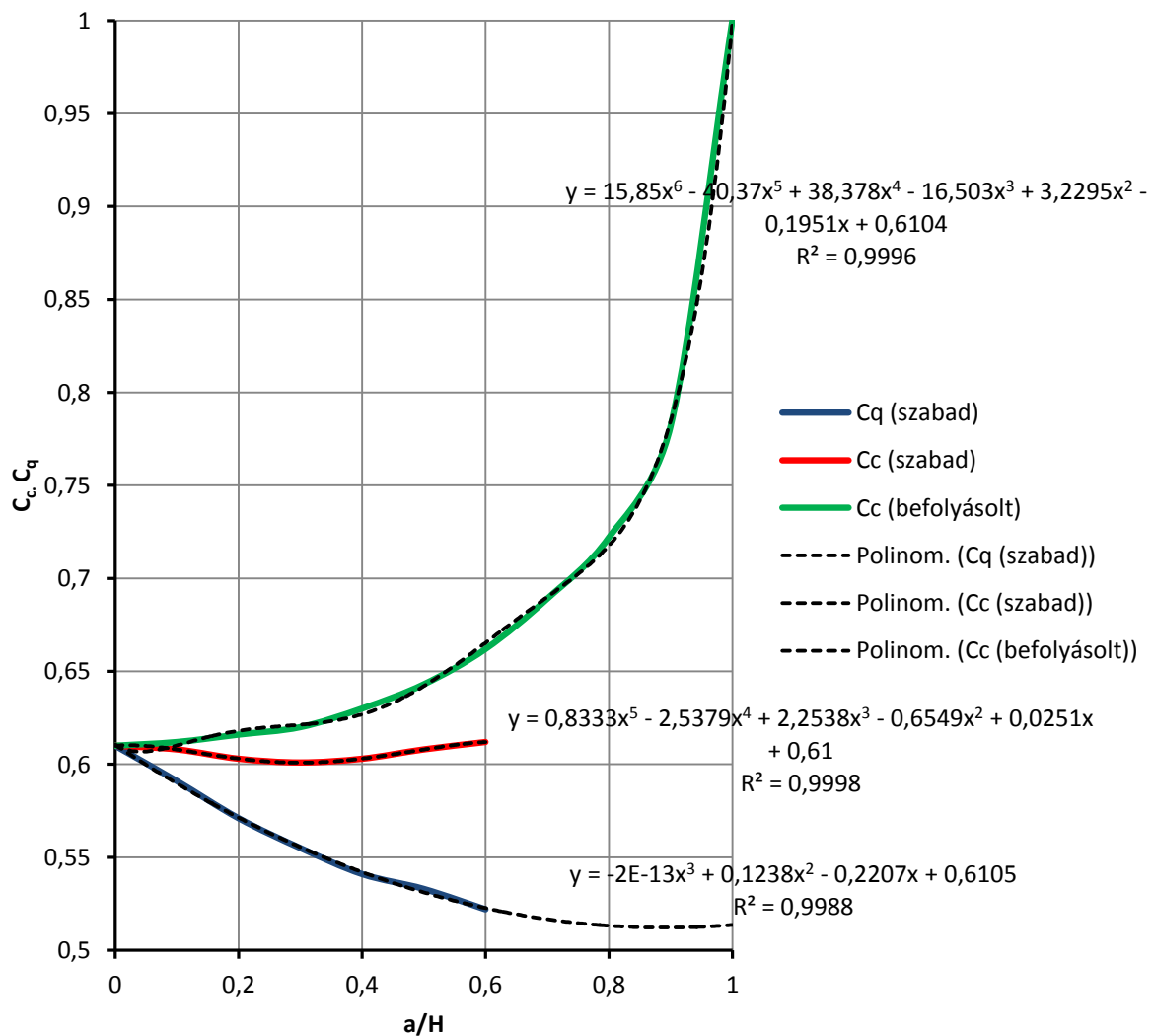
6. grafikon: kontrakciós tényező értékei  $a/H$  függvényében

A görbére illesztett polinom jó közelítést ad, melynek egyenlete:

$$y = 22,817 x^6 - 60,967 x^5 + 61,086 x^4 - 27,935 x^3 + 5,7561 x^2 - 0,3761 x + 0,6123$$

A kontrakciós tényező meghatározására más forrás is létezik (7. grafikon). Ez a szokásos német jelölésnek megfelelően a kontrakciós tényezőt  $C_c$ -vel, a vízhozamtényezőt  $C_q$ -val jelöli. Erre a grafikonra is tökéletesen illeszkednek a polinomok, eredményei pedig közelítik a másik módszerrel meghatározott értéket.

Példafeladat ehhez szintén összevont feladatként található a 3.4 fejezetben.



7. grafikon: kontrakciós tényező ( $C_c$ ) és vízhozamtényező ( $C_q$ )

Szabad átfolyás kontrakciós tényezőjének meghatározása:

$$y = 0,8333 x^5 - 2,5379 x^4 + 2,2538 x^3 - 0,6549 x^2 + 0,0251 x + 0,61$$

Alulról befolyásolt átfolyás kontrakciós tényezőjének meghatározása:

$$y = 15,85 x^6 - 40,37 x^5 + 38,378 x^4 - 16,503 x^3 + 3,2295 x^2 - 0,1951 x + 0,6104$$

Vízhozamtényező szabad átfolyás esetén:

$$y = -0,000000000000002 x^3 + 0,1238 x^2 - 0,2207 x + 0,6105$$

A kontrakciós tényező ( $C_c$ ) egyértelműen az  $a/H$  aránytól függ csak, ekkor ideális áramlási viszonyokról beszélünk, ami azt jelenti, hogy a fenék hatása elhanyagolható, ezzel együtt a Reynolds-szám is. Ennek hatása legfeljebb egy modell vizsgálata során lehet, mivel különösen a fenék mentén hat, és akkor nem elhanyagolható. Ez azért van, mert a modellek nagy részét a Froude modelltörvény szerint alakítják ki, és így a Reynolds-szám a modellben sokkal kisebb, mint a természetben. Ezt a hatást figyelmen kívül hagyva az energiafolytonossági egyenletből a  $C_q$  vízhozamtényező meghatározására a következő képletet kapjuk:

$$C_q = \frac{C_c}{\sqrt{1 + C_c \frac{a}{H}}}$$

Tehát a kontrakciós tényező ( $C_c$ ) és vízhozamtényező ( $C_q$ ) függ az  $a/H$  aránytól és a függőlegestől eltérő kialakítású zsiliptábla esetén a nyitás szögétől ( $\Theta$ ) is.

Ezt a függőséget először Pajer fedezte fel 1937-ben, a 7. grafikon Pajer eredményeit ábrázolja. Ahogy az látszik is a kontrakciós tényező szabad és befolyásolt átfolyás esetén is egy nagyobb tartományon belül közel konstansnak mondható ( $C_c=0,611$ ). Az  $a/H = 1$  határérték annak az esetnek felel meg, ha a kapu teljesen felhúzott állapotban van.

A 7. grafikonon ábrázolt értékek csak kétdimenziós sík áramlási folyamatoknál érvényes, vagyis olyan műtárgyaknál, ahol a csatorna szélessége sokkal nagyobb, mint a nyílás ( $a$ ). Kisebb mederszélesség esetén a vízhozam nagyobb lesz, továbbá a sebességhiány a vízfelszín közelében a sarokban a kapu és az oldalfalak között örvényt hoz létre, mely a vízhozamtényezőre csekély hatással van. (Naudascher, 1984)

### 3.2.1 Példa

Hidraulikai példatár:

**Határozzuk meg az éles szélű zsiliptábla alatt átfolyó vízmennyiséget, ha  $H=2$  m, az alvízi vízmélység  $h_a=1,2$  m, a tábla szélessége  $b=3$  m, nyitási magassága  $a=0,7$  m. A víz sebessége a felvízi mederben  $v_0=0,5$  m/s,  $\varphi=0,97$ .**

Ez esetben a kontrakciós tényező leolvasásához szükséges az  $a/H$  aránya, mely 0,35-öt ad. Az ehhez tartozó kontrakció leolvasása 0,628. A polinommal közelítve 0,626.

Ebben a feladatban megállapítható, hogy az átfolyás szabad-e vagy alulról befolyásolt.  $H/a$  értéke 2,86,  $h_a/a$  értéke 1,71. A polinomba helyettesített érték 2,86-nál a görbén 1,82-t ad (8. grafikon). Ha a  $h_a/a$  értéke kisebb, mint 1,82, akkor szabad az átfolyás, ha nagyobb, akkor alulról befolyásolt. Mivel itt 1,71 kisebb, mint 1,82, ezért a feladat szabad átfolyású.

Egy másik módja annak, hogy az átfolyás szabad vagy befolyásolt:

$$\frac{a}{H} = \frac{0,7}{2} = 0,35$$

$$\text{így } \psi = 0,628$$

$$h_c = \psi * a = 0,628 * 0,7 = 0,44 \text{ m}$$

$$E_0 = H + \frac{v_0^2}{2g} = 2 + \frac{0,5^2}{19,62} = 2,01 \text{ m}$$

$$\mu = \psi * \varphi = 0,628 * 0,97 = 0,609$$

A vízhozamtényező meghatározása a 7. grafikonon kapott polinom segítségével:

$$\mu = 0,623$$

Az eltérés a számítás és leolvasás között kb. 2 %.

A felvízi sebességmagasság az eredményt nem befolyásolja jelentősen, tehát elhanyagolható.

$$Q = \mu * a * b * \sqrt{2g(E_0 - h_z)} = 0,628 * 0,97 * 3 * 0,7 * \sqrt{19,62 * (2 - 0,44)} = 7,07 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$h_1 = \sqrt{\frac{h_a^2}{4} + \frac{2 * q^2}{g * h_a}} - \frac{h_a}{2} = \sqrt{\frac{1,2^2}{4} + \frac{2 * 2,36^2}{9,81 * 1,2}} - \frac{1,2}{2} = 0,54 \text{ m}$$

$$\text{ahol } q = \frac{Q}{b}$$

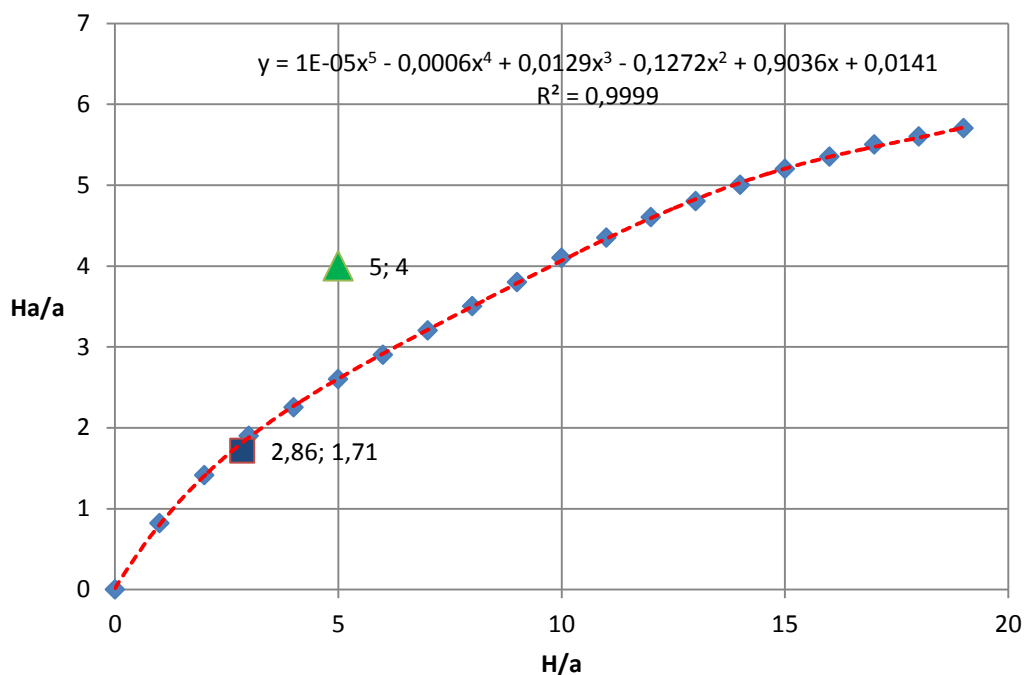
$$h_1 > h_c, 0,54 \text{ m} > 0,44 \text{ m}$$

Ez bizonyítja, hogy előreszorított vízgrás alakul ki, tehát szabad átfolyásról van szó.

Számítási módszer	$\psi$	$\mu$	Q (m <sup>3</sup> /s)	h <sub>1</sub> (m)
leolvasás	0,628	0,609	7,07	0,54
leolvasás	0,628	0,623	7,23	0,56
polinom $y = 22,817 x^6 - 60,967 x^5 + 61,086 x^4 - 27,935 x^3 + 5,7561 x^2 - 0,3761 x + 0,6123$ (6. grafikon)	0,626	0,607	7,1	0,55
polinom $\psi$ : $y = 22,817 x^6 - 60,967 x^5 + 61,086 x^4 - 27,935 x^3 + 5,7561 x^2 - 0,3761 x + 0,6123$ (6. grafikon)	0,626	0,623	7,28	0,57
polinom $\mu$ : $y = -0,00000000000002 x^3 + 0,1238 x^2 - 0,2207 x + 0,6105$ (7. grafikon)				

7. táblázat: Vízhozamok eredményei különböző „módszerekkel”

Itt is belátható, hogy a vízhozamtényezőt közelítő polinom (7. grafikon) kielégítő, a különbség a végeredményt jelentősen nem befolyásolja. Az eltérés kb. 2 %-ot eredményez. A kontrakciós tényező között a különbség még kisebb. Látható, hogy ha a vízhozamtényező értéke nagyobb, akkor nagyobb vízhozamot fog eredményezni, de a vízállásban ez nem okoz nagyobb változást.



8. grafikon: átfolyás jellegét meghatározó görbe

Megerősítésként, hogy az átfolyás jellegére használt polinom használható-e, egy másik feladat adataira is elvégeztem. Ugyanezen feladat vízhozamtényezőjének ellenőrzését polinommal nem

tettem meg, mert itt a vízhozamot egy szorzótényezővel kapjuk meg. Egyszerre egy változtatás (itt a kontrakciós tényező) elegendő.

**Határozzuk meg a zsilip tábla alatt kifolyó vízmennyiséget, ha  $H = 2,5$  m,  $a = 0,5$  m,  $h_a = 2,0$  m.**

Az így kapott  $a/H = 0,2$ , a hozzá tartozó leolvasás  $0,62$ , polinommal közelítve a kontrakciós tényező  $0,624$ .

Tehát elmondható, hogy a polinom jól illeszkedik a görbére, jelenős eltérést nem eredményez, a továbbiakban használható.

$H/a$  értéke  $5$ ,  $h_a/a$  értéke  $4$ . A görbe pontja a  $H/a = 5$ -ben  $2,62$ . Mivel  $4$  nagyobb, mint  $2,62$ , ezért az átfolyás alulról befolyásolt. Ez esetben a vízhozam számítása a következő módon történik:

$$\frac{a}{H} = \frac{0,5}{2,5} = 0,2$$

$$\text{így } \psi = 0,62$$

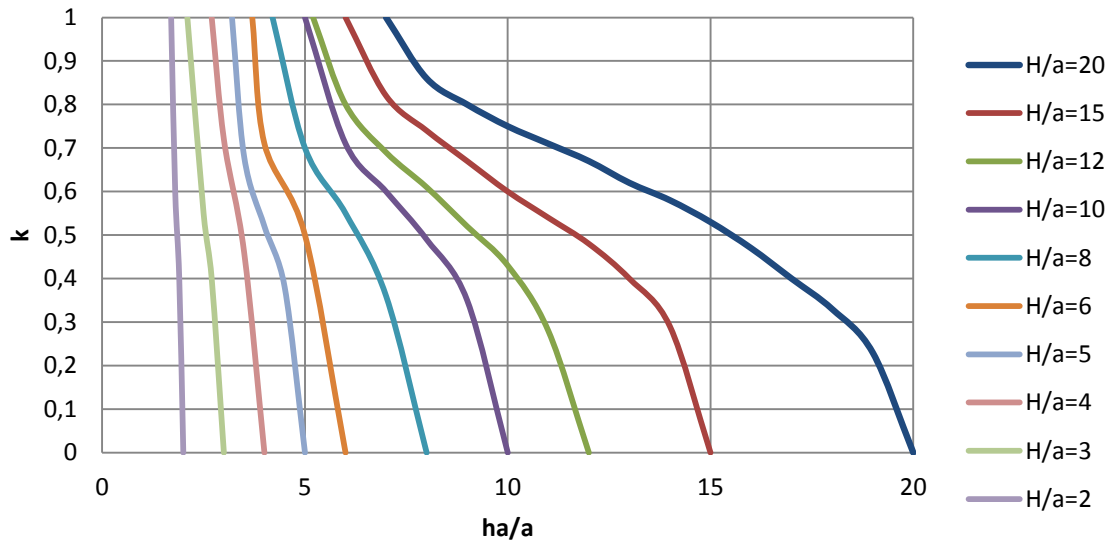
$$h_c = \psi * a = 0,62 * 0,5 = 0,31 \text{ m}$$

$$M = 4 * \mu^2 * a^2 * \frac{h_a - h_c}{h_a * h_c} = 4(0,95 * 0,62)^2 * 0,5^2 * \frac{2 - 0,31}{2 * 0,31} = 0,946 \text{ m}$$

$$h_z = \sqrt{h_a^2 - M(E_0 - \frac{M}{4})} + \frac{M}{2} = \sqrt{2^2 - 0,946(2,5 - \frac{0,946}{4})} + \frac{0,946}{2} = 1,84 \text{ m}$$

$$Q = \mu * a * b * \sqrt{2g(E_0 - h_z)} = 0,62 * 0,95 * 0,5 * 2,8 * \sqrt{19,62 * (2,5 - 1,84)} = 2,97 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Ugyanez a feladat megoldható egy másik görbesereg (9. grafikon) segítségével.

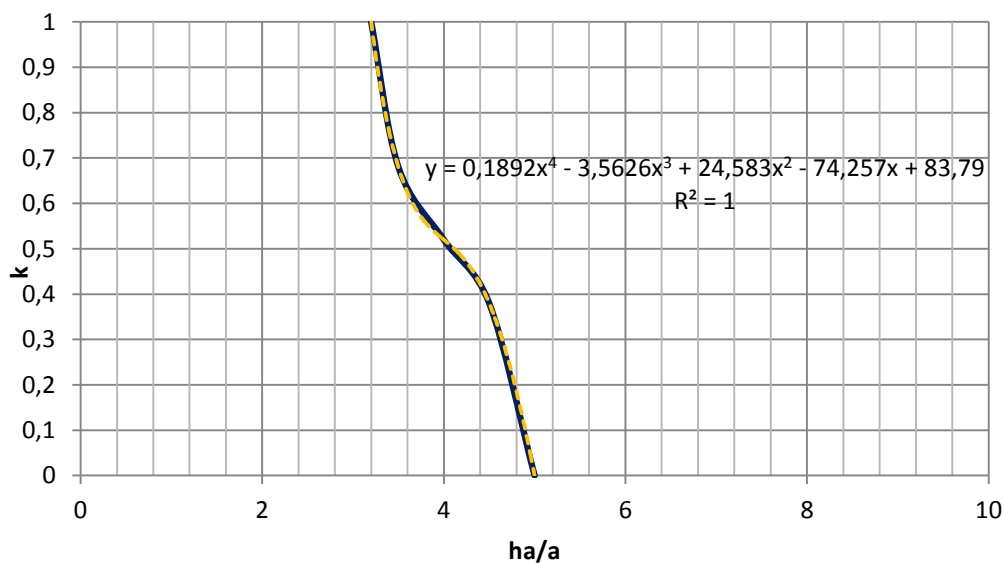


9. grafikon: k szorzótényező meghatározásának grafikonja alulról befolyásolt átfolyás esetén

A  $h_a/a$  hányadost megkeressük az abszcisszatengelyen, és felvetítjük a megfelelő  $H/a$  görbére. (Ha  $H/a$  nem kerek érték, akkor interpolálunk). A metszéspontot az ordinátatengelyre vetítve kapjuk  $k$  szorzótényezőt, mely segítségével a vízhozam számítható:

$$Q = k * \mu * a * b * \sqrt{2gH} = 0,53 * 0,62 * 0,95 * 0,5 * 2,8 * \sqrt{19,62 * 2,5} = 3,06 \frac{m^3}{s}$$

E görbesereg minden görbéjére illesztettem polinomot, mely tökéletesen korrelál mindegyik esetben.  $H/a = 5$  esetét a 10. grafikon mutatja, az összes görbét külön nem adom meg. A leolvasott  $k$  értéke 0,53, a polinommal számolt 0,519. Ez a különbség 2,11 %, nem jelentős.



10. grafikon:  $H/a=5$  esetén a  $k$  szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén



A k szorzótényező értékének meghatározásához használt egyenlet:

$$y = 0,1892 x^4 - 3,5626 x^3 + 24,583 x^2 - 74,257 x + 83,79$$

Számítási módszer	$\psi$	$h_z$ (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>k</sub> (m <sup>3</sup> /s)
leolvasás	0,62	1,84	2,97	3,06
polinom $y = 22,817 x^6 - 60,967 x^5 + 61,086 x^4 - 27,935 x^3 + 5,7561 x^2 - 0,3761 x + 0,6123$ (6. grafikon)	0,624	1,84	2,97	3,08

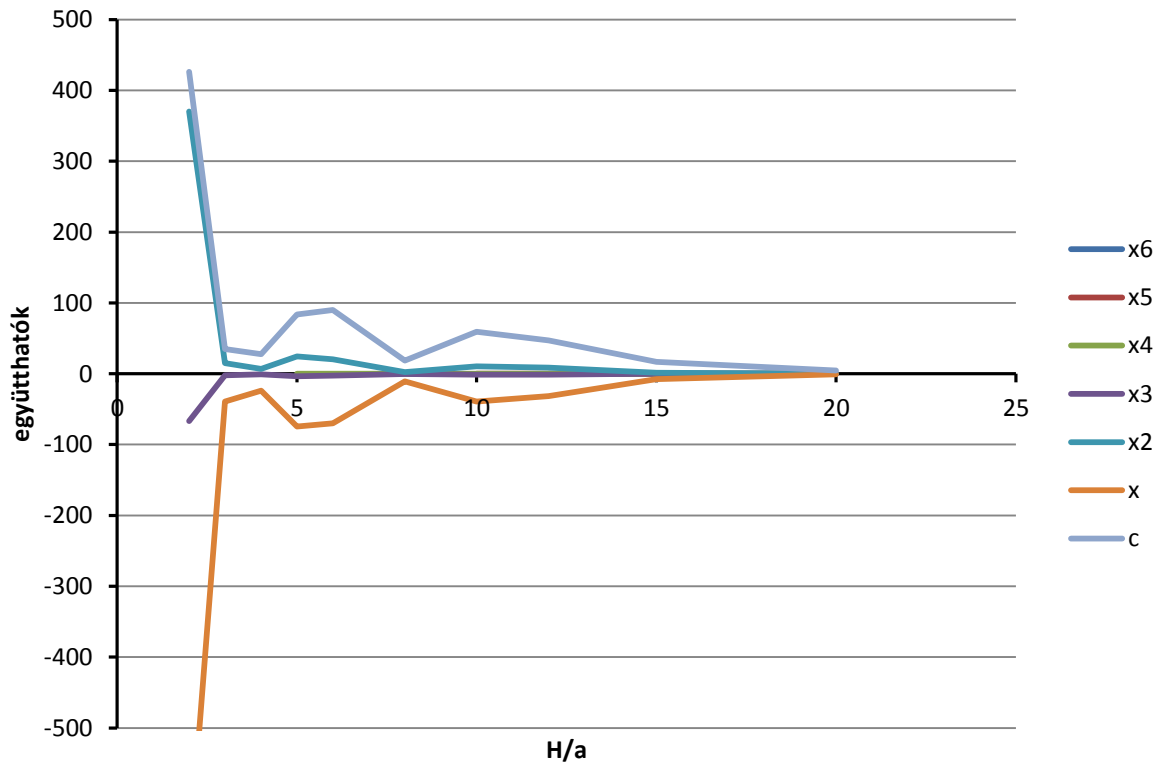
8. táblázat: Kontrakciós tényező, vízhozam eredményei alulról befolyásolt átfolyás esetén több módszerrel

Látható, hogy az így kapott különbség a vízhozamokban elhanyagolható, 1 %-nál kisebb. Tehát mindkét grafikonra illesztett polinom megfelelő egyenletet ad. A görbesereg többi tagja a mellékletben megtalálható.

Minden görbe polinomjának az együtthatóit összefoglalva a 9. táblázat és 11. grafikon mutatja.

	$x^6$	$x^5$	$x^4$	$x^3$	$x^2$	$x$	const.
H/a	a	b	c	d	e	f	
20	-0,000002	0,0001	-0,0026	0,0263	-0,0668	-0,6948	4,6683
15	-0,000002	-0,00004	0,0056	-0,1355	1,4761	-7,77	16,963
12	0,00008	-0,0047	0,1088	-1,3173	8,8546	-31,467	47,166
10		-0,0025	0,0937	-1,405	10,511	-39,337	59,075
8			0,0079	-0,2277	2,3594	-10,698	18,716
6			0,1224	-2,5985	20,346	-69,974	90,053
5			0,1892	-3,5626	24,583	-74,257	83,79
4				-0,7051	7,0038	-23,657	27,695
3				-1,9907	15,157	-39,176	34,863
2				-66,667	370	-686,33	426

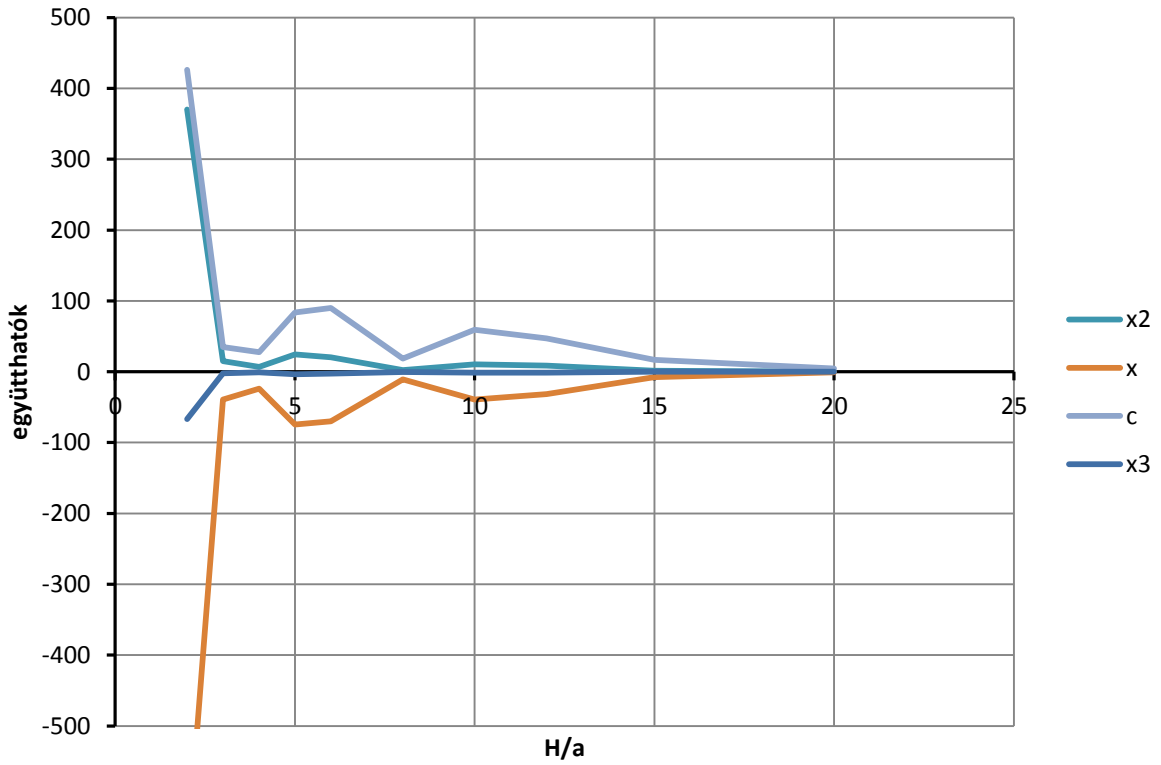
9. táblázat: görbesereg polinomjainak együtthatói



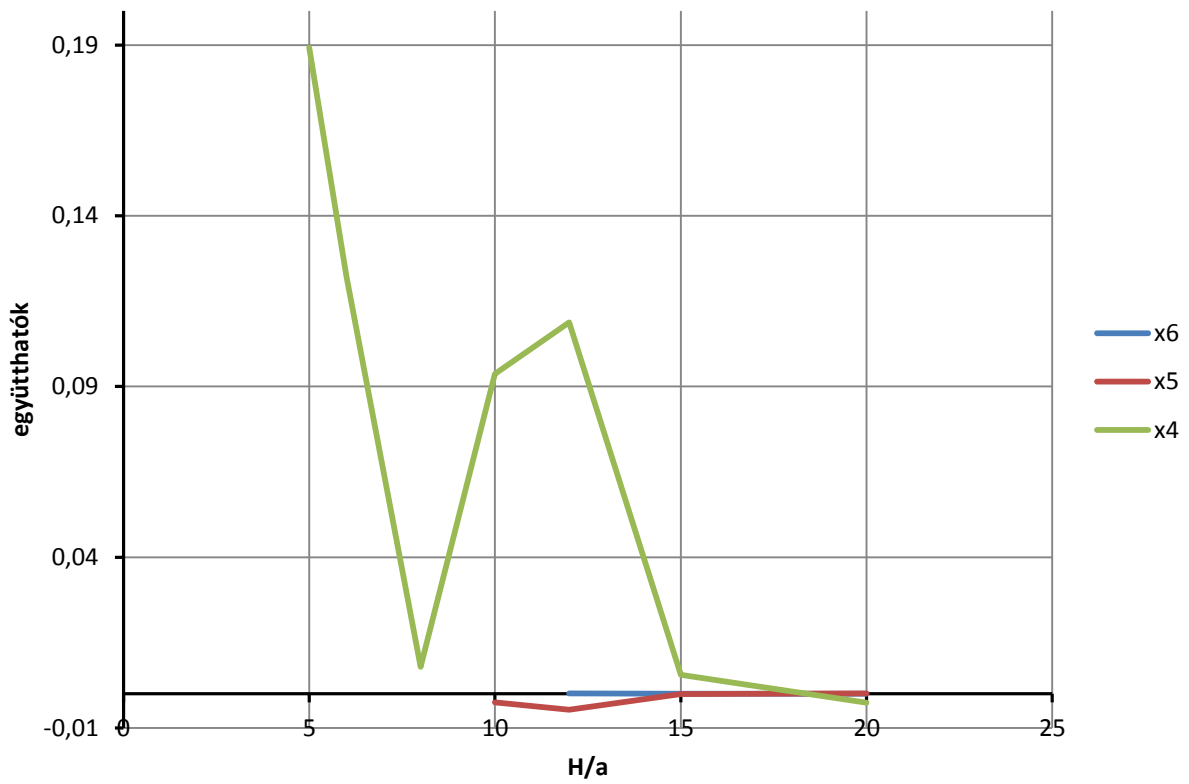
11. grafikon: görbesereg polinomjainak együtthatói grafikusán

Az együtthatók görbéire polinom nem illeszthető, de tendencia megfigyelhető benne. Mivel valamiféle rendszeresség látható, ezért bebizonyosodott, hogy az illesztett polinomok megfelelőek és használhatóak.

A jobb láthatóság érdekében két részre szedtem ezt a grafikont (12. és 13. grafikon).



12. grafikon:  $x$ ,  $x^2$ ,  $x^3$ , konstans együtthatók és  $H/a$  között összefüggés



13. grafikon:  $x^4$ ,  $x^5$ ,  $x^6$  együtthatók és  $H/a$  között összefüggés

A grafikonok alakja leginkább a csillapított rezgés alakjára utalnak. A csillapított rezgést leíró egyenlet általános képlete:

$$y = a \cdot e^{-bx} \sin(cx + d) + e$$

Ez azonban nehéz feladat minden görbére meghatározni a csillapított rezgés együtthatóit. Ez egy későbbi munka anyaga lehet.

### 3.3 Szegmens és síktábla kontrakciós tényezője

Szegmens, döntött, különleges duzzasztók esetében is az előző fejezetben tett megállapítások érvényesek, csak itt a geometria további paraméterek meghatározását is megköveteli. A vízhozamtényező függ  $s/y_0$ ,  $\Theta$ ,  $d/y_0$  arányától, illetve másik esetben függ  $s/y_0$ ,  $\Theta$  és  $a/r$  arányától. Mivel a jelölés itt megváltozott ezért a 7. ábrán látszanak az új jelölések.

$y_0$  – felvízszint

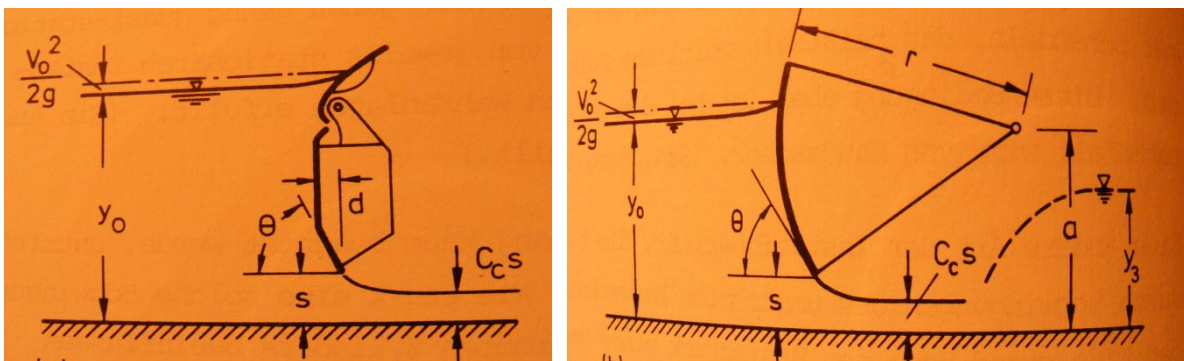
$\Theta$  - hajlásszög

$s$  – nyílásméret

$r$  – szegmens karja

$a$  – szegmens forgatónyomatékának magassága a fenéktől

$d$  – tört alakú tábla „mélysége”



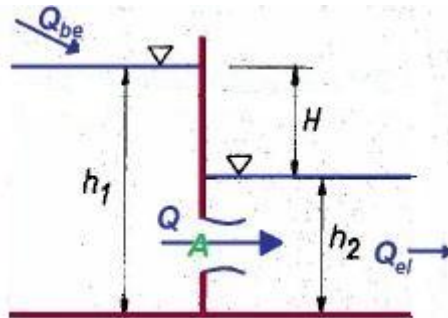
7. ábra: „különleges” kialakítású gátak (Neudascher)

Sajnos azonban ilyen bonyolult geometria esetén nincs elegendő biztos adat a vízhozamtényező és a kontrakciós tényező meghatározására.

A 14. grafikonon a vízhozamtényező értékei döntött, síktáblára érvényesek, melyet Gentilini (1941) kísérleti úton határozott meg. Az általa mért vízhozamtényező értékek a  $3 \text{ cm} < a < 9 \text{ cm}$ -es tartományban kis szórást mutattak, ettől függetlenül nem zárható ki, hogy ezek az értékek a Reynolds-számtól és az érdességtől nem befolyásoltak. Gentilini ugyanezt meghatározta szegmens gátakra is (15. grafikon). Ez esetben is a nyílás tartománya 3 és 9 cm között mozgott, a szegmens sugara 50 cm volt. Ebből az derült ki, hogy a vizsgált tartományban a két paraméter  $a/y_0$  és  $r/a$  egy paraméterrel helyettesíthetők, mégpedig a hajlásszöggel ( $\Theta$ ).

## 3.3.1 Példa

Példaként egy Vízhasznosítás Msc tervezési feladatot vettem segítségül. A feladatban a műtárgy függőleges síktáblás alsó beeresztésű zsilip. Az ehhez tartozó grafikonon látszik, hogy ez alkalmazható dönthető táblák esetén is. Mivel a feladat függőleges volt, ezért a  $\Theta=90^\circ$ -os görbére illeszkedő polinomot alkalmaztam az ellenőrzésnél. A feladat során már a szükséges adatokat kiszámolták, ezeket használtam fel. A számolás menetében fellépő jelölések egyértelműsége érdekében a 8. ábra segít.



8. ábra: zsilip alatti szabad átfolyás paramétereit

A vízhozam meghatározása zsilip alatti szabad kifolyásnál:

$$Q = \varphi * \psi * A * \sqrt{2gH} = \mu * A * \sqrt{2gH}$$

ahol  $A$  – nyílás terület ( $m^2$ )

$\mu$  – vízhozamtényező

$H$  – felvív-álvív vízszint különbsége (m)

$$A = B * h_c = B * \psi * a$$

A vízhozamtényező meghatározása képlettel:

$$\mu = \frac{\psi}{\sqrt{1 + \frac{\psi * a}{h_1}}}$$

ahol  $a$  - nyílásméret (m)

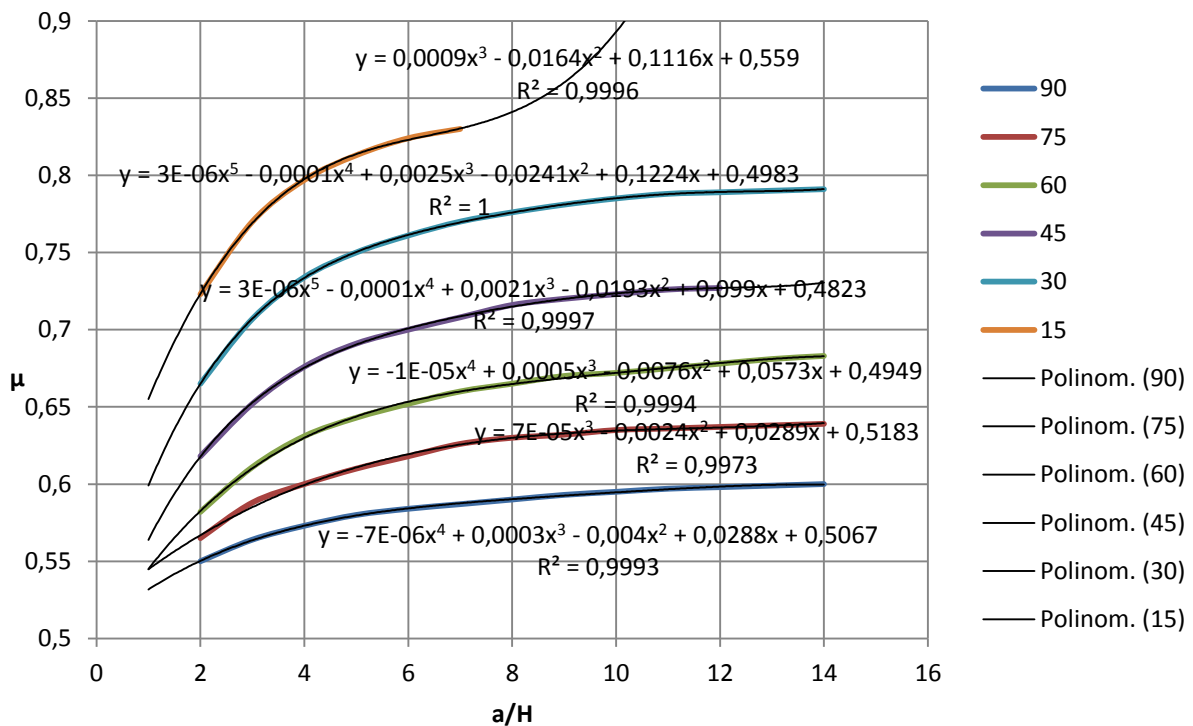
$h_1$  – felvív magasság (m)

Az ilyen módon kapott vízhozamtényező és vízhozam értékeket a 10. táblázat tartalmazza, összehasonlítva azokkal a vízhozamtényező és vízhozam értékekkel, melyeket a 14. grafikon segítségével kaptam. Ennél a módszernél a vízhozamtényezőt a  $H/a$  függvényében a  $90^\circ$ -os táblaálláshoz tartozó görbe polinomjával közelítettem:

$$y = -0,000007 x^4 + 0,0003 x^3 - 0,004 x^2 + 0,0288 x + 0,5067$$

a (m)	H (m)	H/a	A (m <sup>2</sup> )	h <sub>alvíz</sub> (m)	μ	Q (m <sup>3</sup> /s)	μ	Q (m <sup>3</sup> /s)	hiba (%)
0,50	5,00	10,000	12,3	1,632	0,597	59,684	0,625	62,461	4,65
0,55	5,00	9,091	13,541	1,737	0,596	64,537	0,616	66,689	3,33
0,60	5,00	8,333	14,784	1,837	0,594	69,224	0,609	70,896	2,41
0,65	5,00	7,692	16,029	1,933	0,593	73,757	0,604	75,051	1,75
0,70	5,00	7,143	17,276	2,024	0,592	78,140	0,599	79,127	1,26
0,75	5,00	6,667	18,525	2,112	0,591	82,379	0,596	83,110	0,89
0,80	5,00	6,250	19,776	2,196	0,590	86,481	0,593	86,990	0,59
0,85	5,00	5,882	21,029	2,276	0,588	90,450	0,590	90,764	0,35
0,90	5,00	5,556	22,284	2,353	0,587	94,291	0,588	94,430	0,15
0,95	5,00	5,263	23,541	2,427	0,586	98,010	0,586	97,989	0,02
1,00	5,00	5,000	24,8	2,498	0,585	101,612	0,584	101,442	0,17
1,05	5,00	4,762	26,061	2,566	0,584	105,100	0,582	104,793	0,29
1,10	5,00	4,545	27,324	2,632	0,582	108,478	0,580	108,043	0,40
1,15	5,00	4,348	28,589	2,696	0,581	111,750	0,578	111,196	0,50
1,20	5,00	4,167	29,856	2,757	0,580	114,922	0,577	114,258	0,58
1,25	5,00	4,000	31,125	2,816	0,579	117,996	0,575	117,229	0,65
1,30	5,00	3,846	32,396	2,872	0,578	120,972	0,574	120,111	0,71
1,35	5,00	3,704	33,669	2,927	0,577	123,859	0,572	122,912	0,76
1,40	5,00	3,571	34,944	2,980	0,576	126,659	0,571	125,633	0,81
1,45	5,00	3,448	36,221	3,031	0,575	129,372	0,570	128,276	0,85
1,50	5,00	3,333	37,5	3,080	0,574	132,006	0,569	130,847	0,88
1,55	5,00	3,226	38,781	3,128	0,572	134,558	0,567	133,344	0,90
1,60	5,00	3,125	40,064	3,174	0,571	137,034	0,566	135,773	0,92
1,65	5,00	3,030	41,349	3,218	0,570	139,438	0,565	138,139	0,93
1,70	5,00	2,941	42,636	3,261	0,569	141,764	0,564	140,434	0,94
1,75	5,00	2,857	43,925	3,303	0,568	144,028	0,563	142,676	0,94
1,80	5,00	2,778	45,216	3,343	0,567	146,223	0,562	144,856	0,94
1,85	5,00	2,703	46,509	3,382	0,566	148,356	0,561	146,982	0,93
1,90	5,00	2,632	47,804	3,420	0,565	150,426	0,560	149,052	0,91
1,95	5,00	2,564	49,101	3,456	0,564	152,436	0,559	151,070	0,90
2,00	5,00	2,500	50,4	3,491	0,563	154,385	0,558	153,035	0,87
2,05	5,00	2,439	51,783	3,530	0,563	156,270	0,557	154,970	0,99
2,10	5,00	2,381	53,172	3,567	0,563	158,096	0,556	156,850	1,10
2,15	5,00	2,326	54,567	3,604	0,562	160,620	0,556	158,681	1,21
2,20	5,00	2,273	55,968	3,639	0,562	162,585	0,555	160,458	1,31
2,25	5,00	2,222	57,375	3,673	0,562	164,500	0,554	162,187	1,41
2,30	5,00	2,174	58,788	3,707	0,562	166,360	0,553	163,867	1,50
2,35	5,00	2,128	60,207	3,739	0,562	168,176	0,553	165,505	1,59
2,40	5,00	2,083	61,632	3,770	0,561	169,933	0,552	167,089	1,67
2,45	5,00	2,041	63,063	3,801	0,561	171,650	0,551	168,637	1,75
2,50	5,00	2,000	64,5	3,830	0,561	173,319	0,551	170,142	1,83

10. táblázat: számított és közelített vízhozamtervező és vízhozam értékek



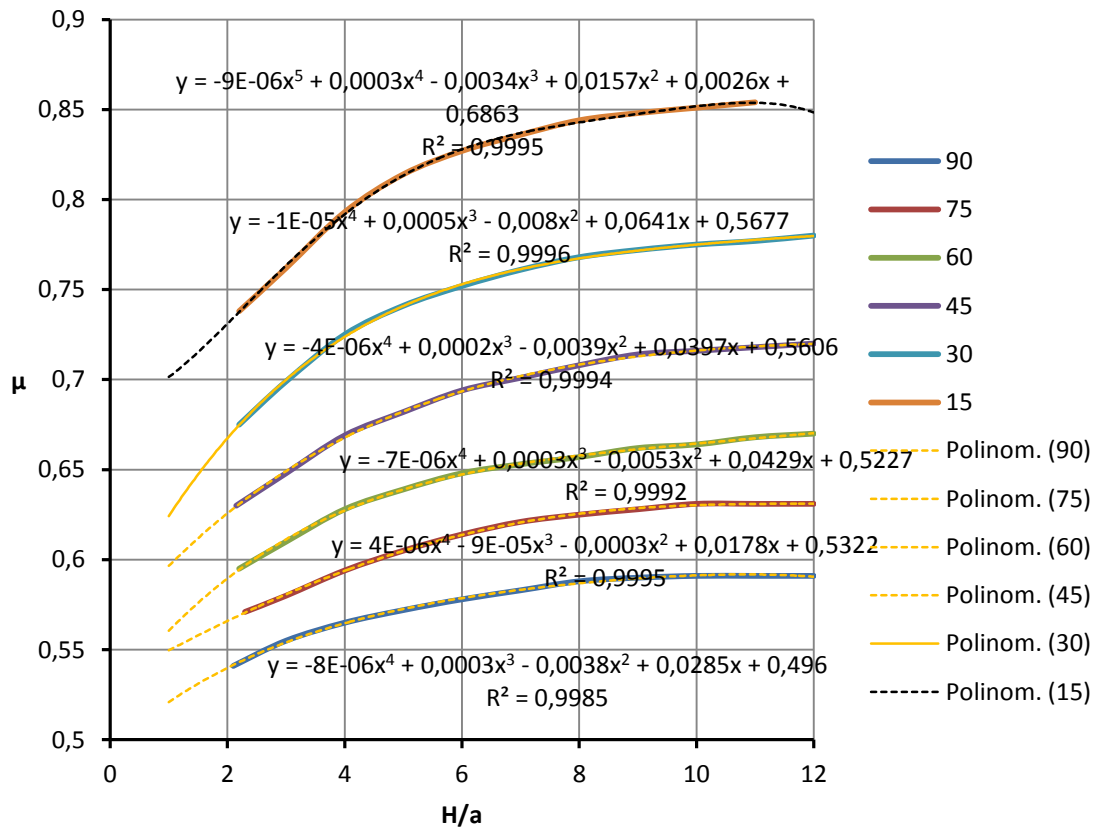
14. grafikon: síktábla vízhozamtényezőjének meghatározása

Látható, hogy a polinom illeszkedése közelít az 1-hez, így tökéletesen illeszkedik, ahogy a többi is. Így mivel ez esetben a számolt és közelített értékek között a különbség maximum 5 %, ezért az értékeket elfogadom, ekkora hiba a számításba belefér. Feltételezem, hogy a többi polinom más hajlásszög esetén is hasonlóan kis eltéréseket eredményezne.

A közelített módszer rövidebb idő alatt jut el a vízhozam eredményéhez, mint az egyenletekkel meghatározott módszer.

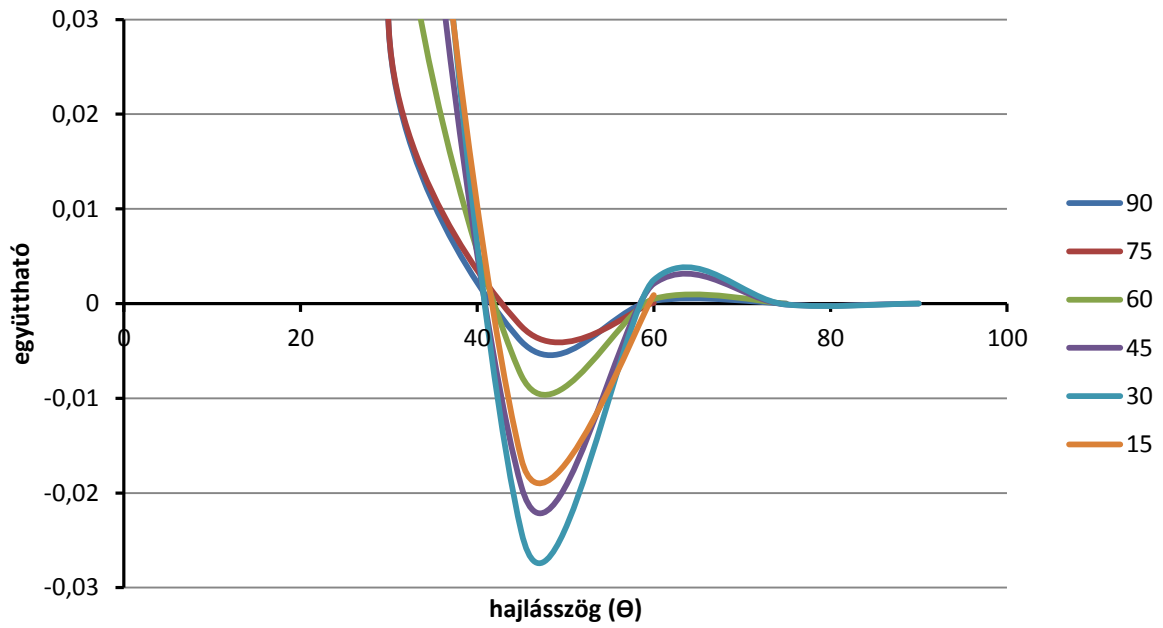
A Gentilini féle grafikonok szegmens gátak esetén (15. grafikon) szemmel láthatóan erre a feladatra kisebb értékeket adna, de mivel szegmens gátra vonatkozó feladat nem állt rendelkezésemre, ezért erre példát nem mutatok. Belátható azonban, hogy ha a síktáblás esetben a polinomok illeszkedése jó közelítést adott a számított értékekre, így mivel a polinomok itt is tökéletesen illeszkednek, itt se lenne jelentős eltérés számított és közelített értéke esetén.



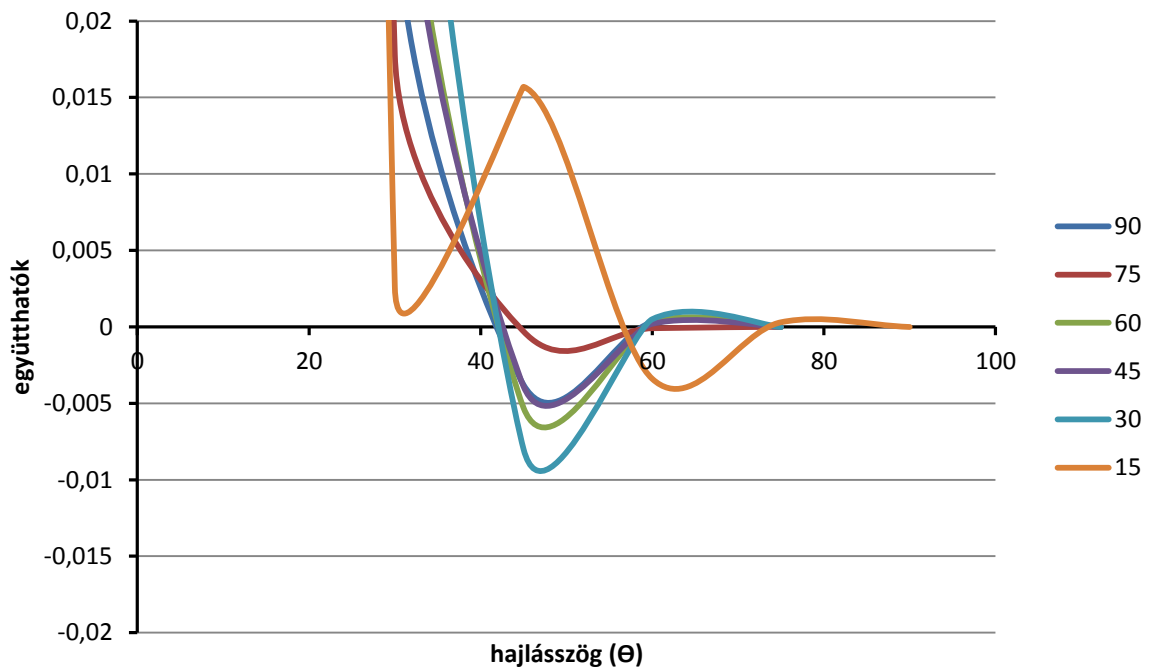


15. grafikon: szegmenstábla vízhozamtényezőjének meghatározása

A 16. és 17. grafikonon ismét a hajlásszög és a polinomok együtthatói közötti kapcsolatot ábrázoltam. Ahogy korábban úgy itt is csillapított rezgésre hasonlít és egyfajta rendszeresség van benne. Ez fontos, mert így ellenőrizhető, hogy a kapott egyenletek valószínűleg jók és használhatók, mivel a rendszeresség fennáll.



16. grafikon: Hajlásszög és polinomok együtthatói közötti összefüggés síktábla esetén



17. grafikon: Hajlásszög és polinomok együtthatói közötti összefüggés szegmenstábla esetén

## 4. Összefoglalás

Az évszázadok során számos kutató adta meg eredményeit táblázatosan illetve grafikusán. Bár ezek gyakran régóta használt, jól bevált módszerek, alkalmazásuk manapság nehézkes. Munkámban ezt szeretném könnyebbé tenni az egyes grafikonok polinomos közelítésével. Egyéb közelítést munkám jelenlegi, kezdeti fázisában egyelőre nem alkalmaztam.

Az eredményeket rövid példákon keresztül igazoltam, hogy a grafikonokra illesztett polinomok jó közelítést adnak. A különbségek a leolvasott és illesztett értékek között sok esetben nagyon kicsik voltak, de nagyobb eltérés esetén se eredményezett a lényeges, kérdezett végeredményben sem jelentős eltérést, hibát. Az egyenletek inkább csak meggyorsítják az ember munkáját. Hibafaktor természetesen itt is fellép, hiszen én is leolvasás alapján készítettem a görbét, de ez a hiba elenyésző amellet, ha valaki félrenézi a leolvasást pár beosztással.

Mivel ezen grafikonoknak pontos alapjai, eredete, származtatása ismeretlen, ezért ha valaki ebben mélyebben elmerülne, inkább egy újabb mérésorozatot javasolnék, főleg, hogy a tudomány már fejlettebb, mint mikor ezeket létrehozták. Az azonban pozitív, hogy vannak esetek, amikor a szerzők ráismertek arra, hogy hibaforrás a létrehozott grafikonban hol lehet. Ezeket lehetne manapság felülvizsgálni, és a megjegyzéseket figyelembe véve tovább finomítani a görbét.

Fürt Renáta

2012. 11. 07.

## 5. Irodalomjegyzék

Bogárdi, I. - Kozák M.: Hidraulika. Egyetemi jegyzet. Tankönyvkiadó, Budapest. II. kötet: 1976.

Fish passes – Design, dimensions and monitoring: Published by the Food and Agriculture Organization of the United Nations in arrangement with Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK) Rome, 2002

Hidraulika 1, HEFOP

Kozák, M.: Hidraulika, II. kötet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1971.

Kozák, M.: Hidraulikai példatár. Egyetemi segédkönyv. Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.

Naudascher, E.: Hydraulik der Gerinne und Gerinnebauwerke. Springer Verlag Wien, 1992.

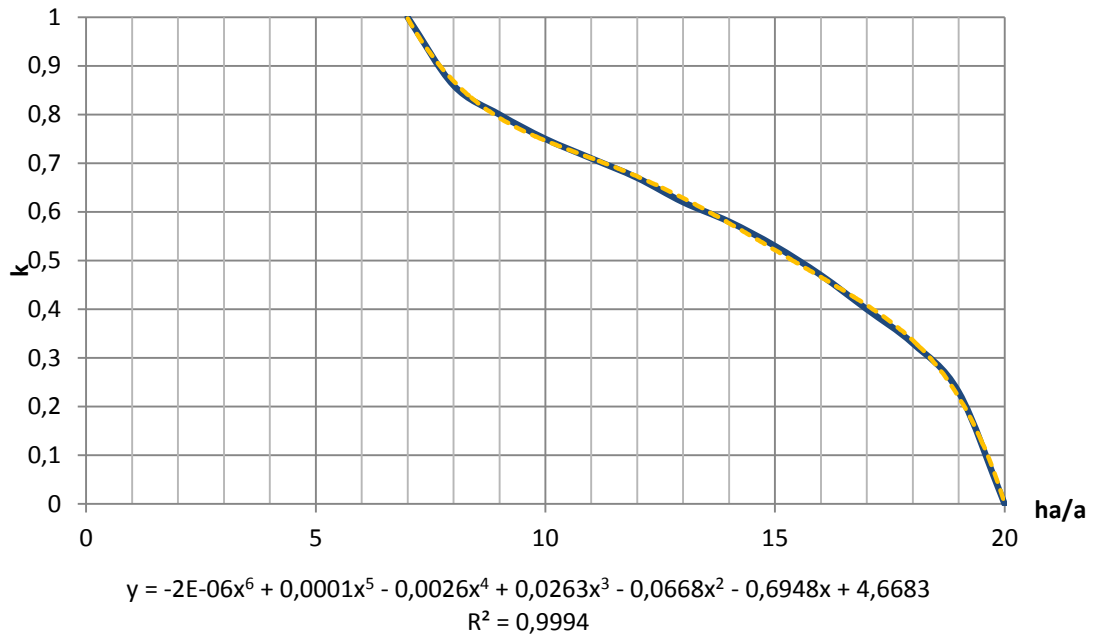
Preißler, G. - Bollrich, G.: Technische Hydromechanik. Band 1. VEB Verlag Für Bauwesen, Berlin, 1985.

Starosolszky, Ö.: Vízépítési Hidraulika. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970.

Vízhasznosítás Msc segédlet

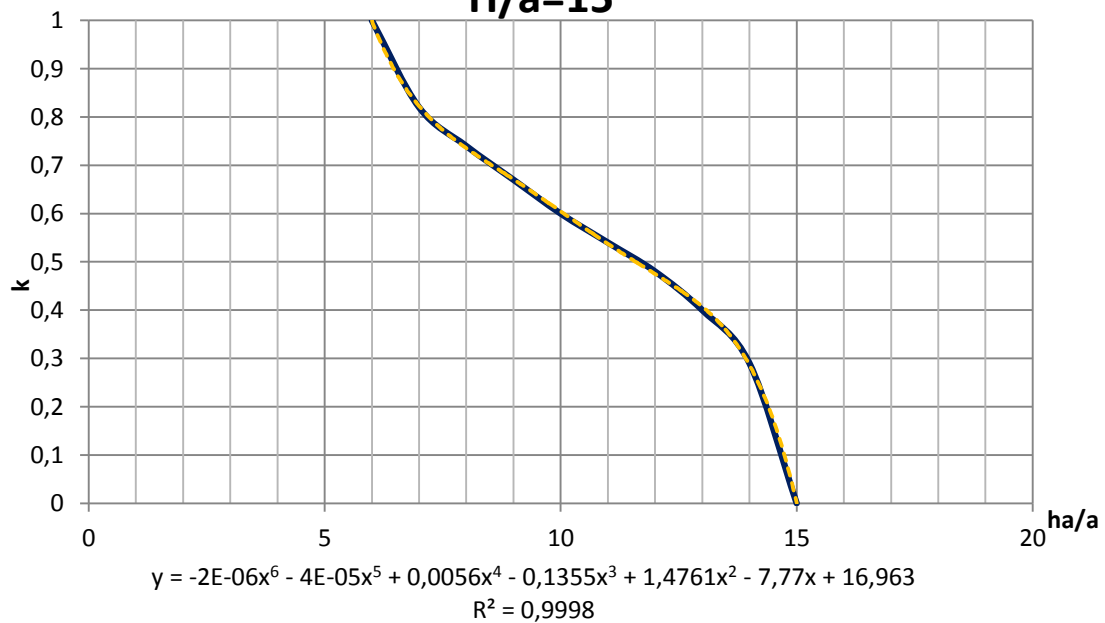
6. Melléklet

**H/a=20**

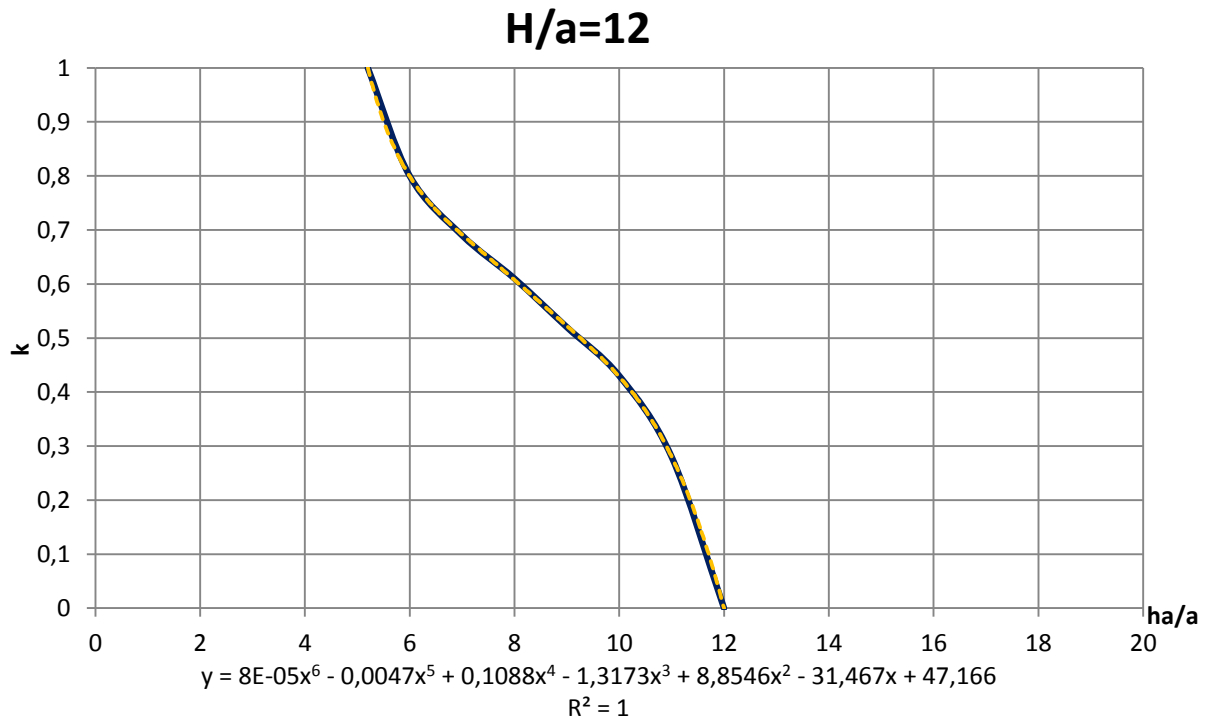


18. grafikon: H/a=20 esetén a k szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén

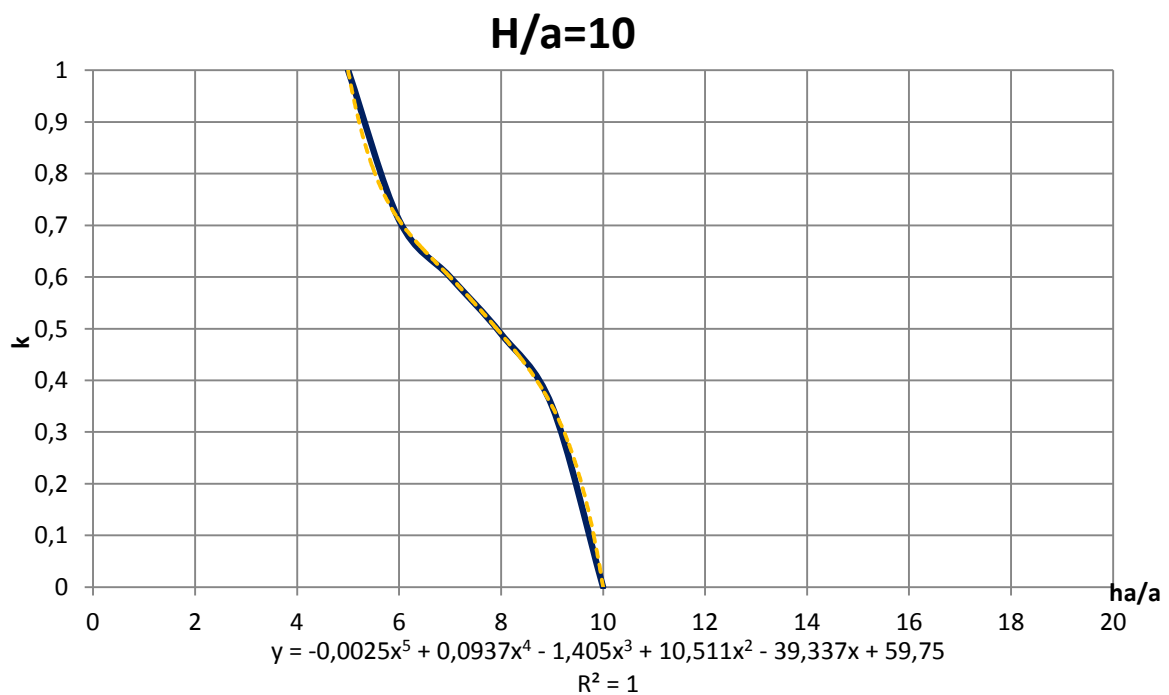
**H/a=15**



19. grafikon: H/a=15 esetén a k szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén

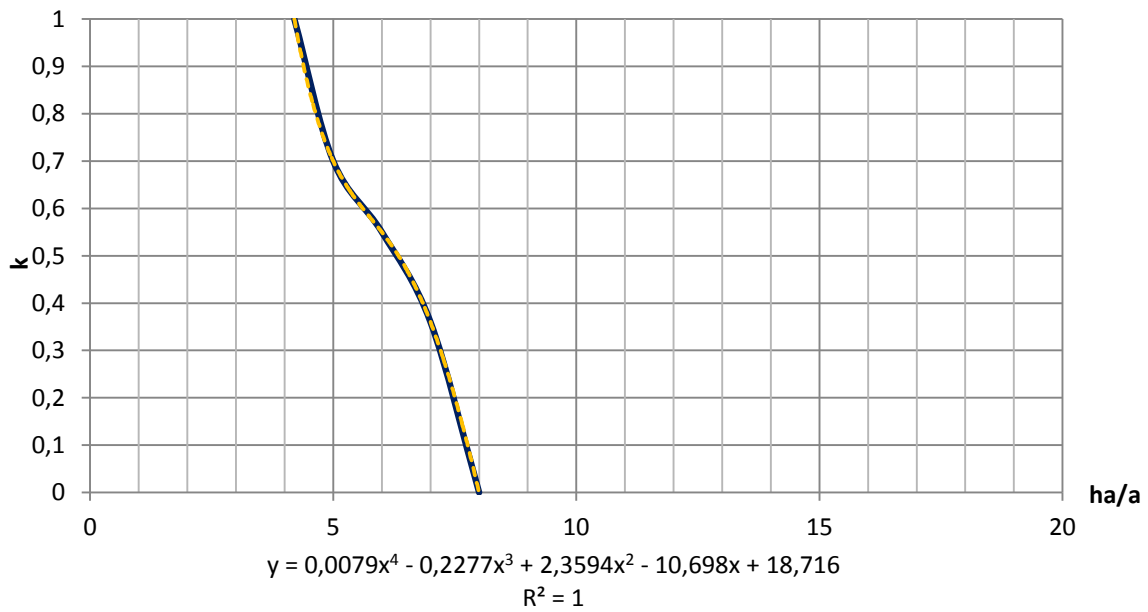


20. grafikon: H/a=12 esetén a k szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén



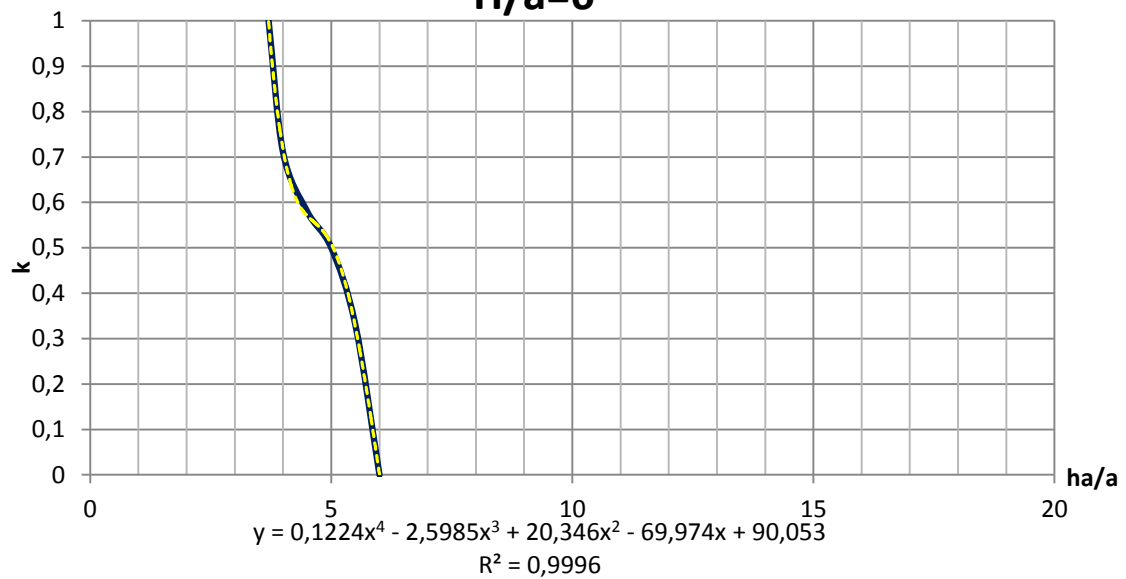
21. grafikon: H/a=10 esetén a k szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén

### H/a=8

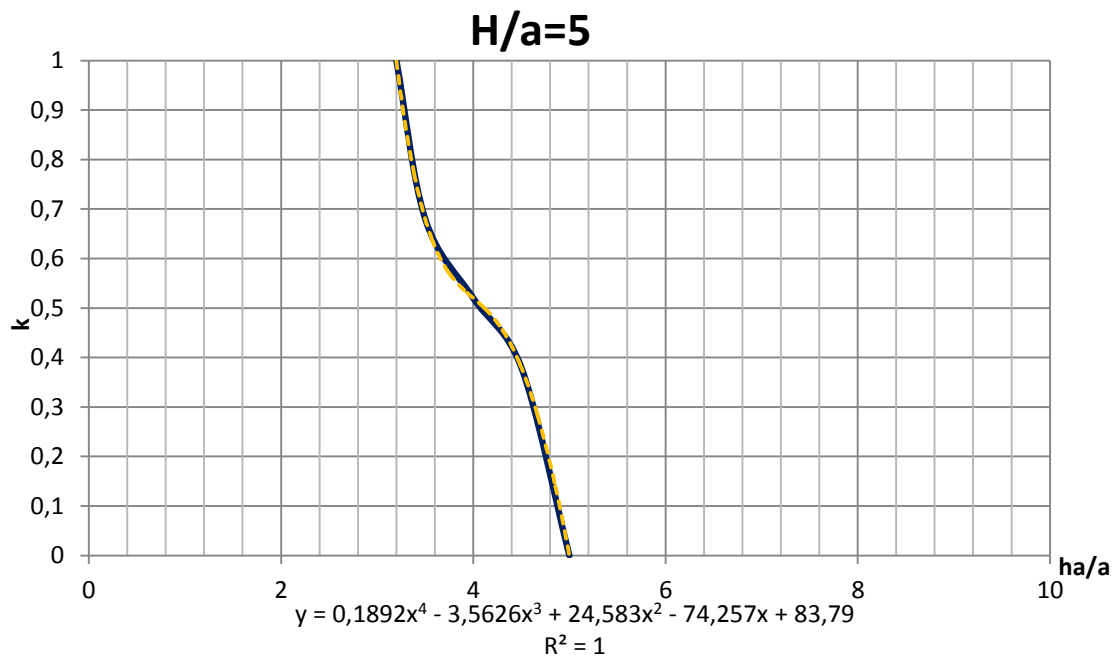


22. grafikon: H/a=8 esetén a k szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén

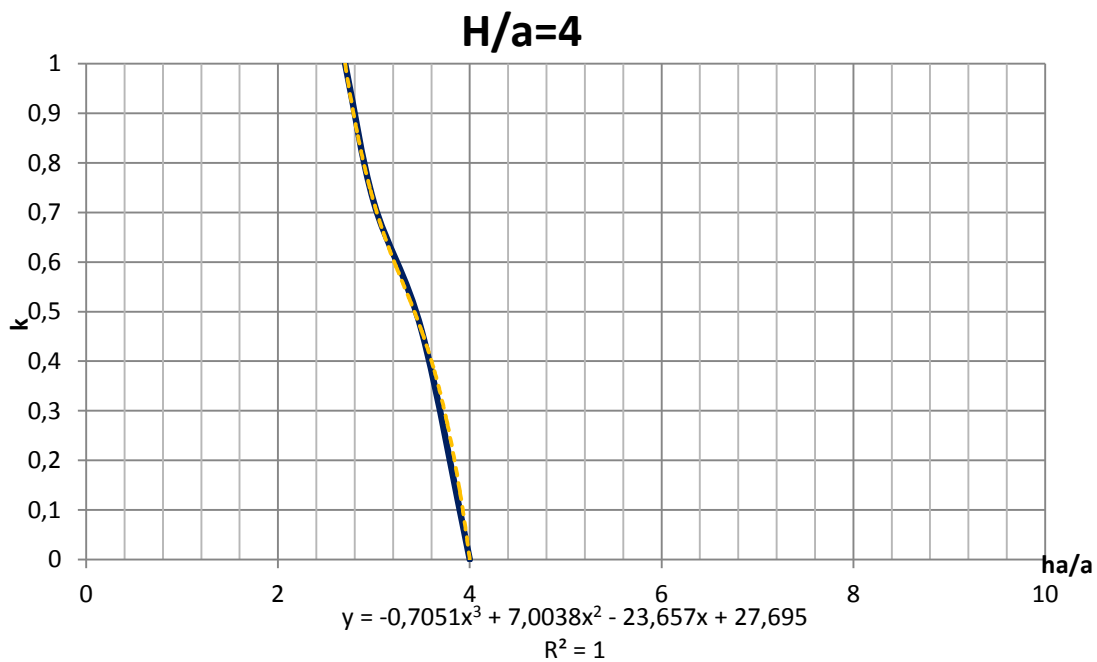
### H/a=6



23. grafikon: H/a=6 esetén a k szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén

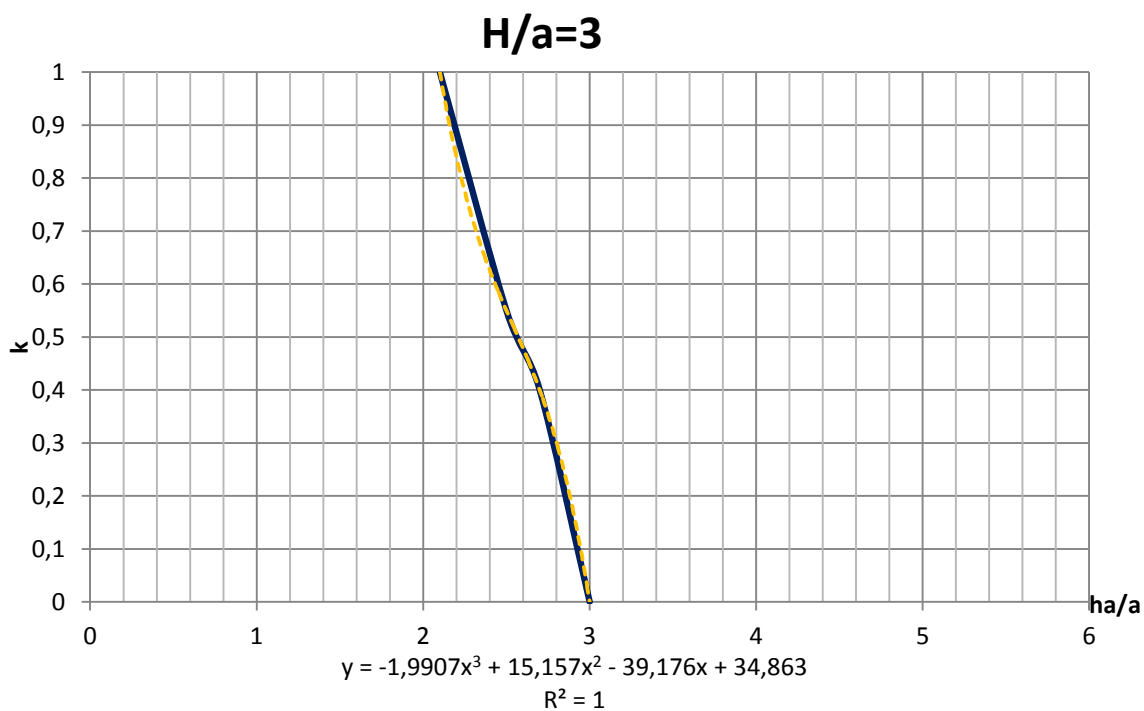


24. grafikon: H/a=5 esetén a k szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén

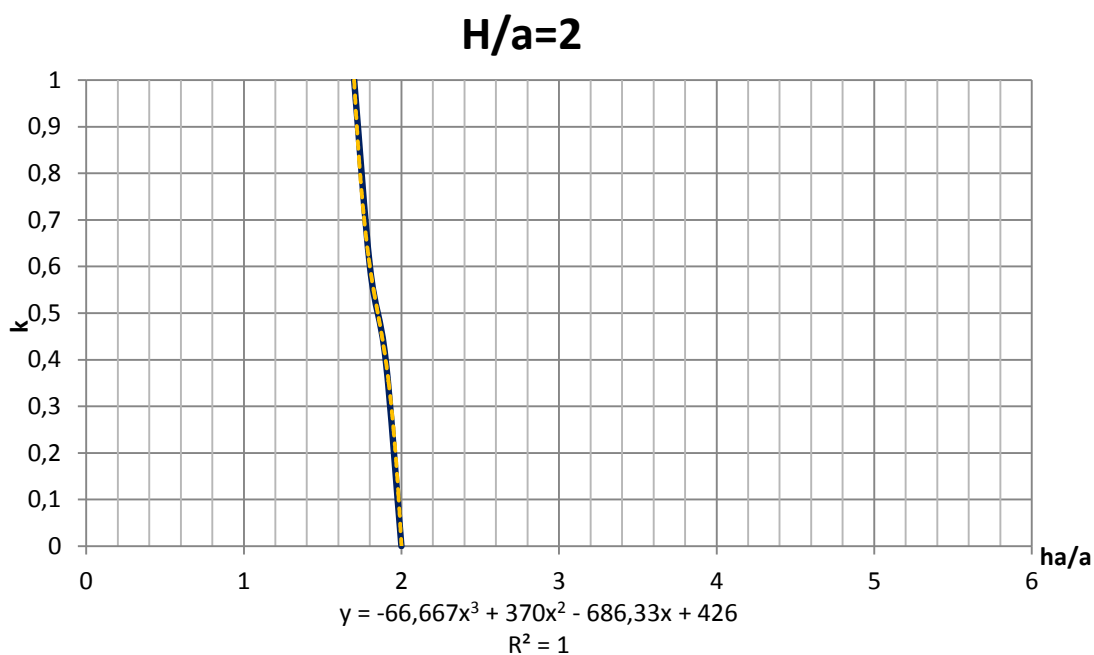


25. grafikon: H/a=4 esetén a k szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén





26. grafikon: H/a=3 esetén a k szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén



27. grafikon: H/a=2 esetén a k szorzótényező alulról befolyásolt átfolyás esetén