

# Az urbanizációs hatásokat figyelembe vevő vízmérlegszámítás pontosítása

Hajnal Géza

BME, Vízügyi és Vízgazdálkodási Tanszék, hajnal@vit.bme.hu

Kovács Ákos

BME, Vízügyi és Vízgazdálkodási Tanszék, kovacs@vit.bme.hu

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A budai Várhegy területére korábban kidolgoztunk egy vízmérlegszámítási módszert (Hajnal 2003), melynek lényege, hogy a beszivárgást nem csak a területre hulló csapadékból, hanem a közművek veszteségeiből is számoljuk. A módszert más üregekkel tagolt magyar városokra is alkalmazzuk (Hajnal et al. 2007). Az urbanizációs hatásokat figyelembe vevő vízmérlegszámításnál azonban nagy eltérést tapasztaltunk az egyes komponensek pontosságánál: míg a csapadék és a vízbetáplálás értékeit napi mérések alapján nyerjük, addig a párolgást és a lefolyást a mérnöki gyakorlatban elfogadott „nagyvonalú” becsléssel határozzuk meg. Jelen cikkünkben azt vizsgáljuk, hogy utóbbi két paraméter pontosabb számításával, hogyan módosul a vízmérleg egy adott területen. Rövid, lényegre törő összefoglalás, maximálisan 15 sor terjedelemben.

*Kulcsszavak:* vízmérleg, párolgás, lefolyás, beszivárgás, közművesztés

## 1 BEVEZETÉS

A klasszikus hidrológiai-hidrogeológiai vízmérleg a csapadék (C), a párolgás (P), a lefolyás (L), a beszivárgás (B) és a tározódás ( $\Delta K$ ) egyensúlyát tételezi fel, az alábbi egyszerű egyenlettel kifejezve

$$C = P + L + B \pm \Delta K \quad (1)$$

Ez az egyenlet alapvetően megfelel például a víz földi körforgásának leírására, vagy földrészekre készített vízmérlegeknél. Am minél kisebb léptékben vizsgáljuk a folyamatokat – kisebb régiókra, vagy településekre – annál több módosító paramétert kell alkalmaznunk.

A mérnöki gyakorlatban a méretezéshez (csatornarendszerek), kárelhárításhoz (pincevizesedések, lejtőmozgások) kívánjuk meghatározni a vízmérleg egy-egy komponensét. A korábbiakban sikerült kimutatnunk, hogy urbanizált területeken alapvetően a közművek veszteségei határozzák meg a beszivárgást (Hajnal 2005), az alapegyenlet B tagja sok, egymással részben összefüggő elemtől függ. Egyesített rendszerű vízelvezetés esetén

$$B = B_c + B_{cs1} + B_{cs2} + B_{vv} + (B_{ta}) \quad (2)$$

ahol

$B_c$  – a csapadékból,

$B_{cs1}$  – a csatornába jutó csapadékhányadból,

$B_{cs2}$  – a csatornába jutó szennyvízhányadból,

$B_{vv}$  – a vízvezetékéből,

$B_{ta}$  – a távhővezetékéből származó beszivárgás. (Utóbbi általában elhanyagolható.)

A továbbiakban megvizsgáljuk a párolgás és a lefolyás szerepét a vízmérleg meghatározásában.

## 2 PÁROLGÁS

Korábbi számításainkban az egyszerű mértezési eljárásoknál használt ökölszabályt alkalmaztuk, és azal a feltételezéssel éltünk, hogy a párolgás egyharmada a csapadéknak

$$P=1/3C. \quad (3)$$

Városi területekre nem álltak rendelkezésünkre párolgási adatok, de az országos léptékű feldolgozások és egy-egy konkrét terület vizsgálata (Maucha 1988) nagyságrendi eltérést mutatott. Eszerint a párolgás a csapadék 60-70 %-a,

$$P=2/3C, \quad (4)$$

vagyis az általunk becsült érték kétszerese.

Hosszú ideig a párolgást a kádpárolgási adatokból számították, többféle módszerrel. A kádpárolgás mérésének hibái, illetve az észlelőhálózat sajnálatos leépítése, valamint az adatokhoz való hozzáférés indokolatlanul magas költsége is nehezíti teszi ennek a módszernek az alkalmazását.

Számításainkat Morton WREVAP modelljének (Morton 1983) segítségével végeztük el. (A hazai gyakorlatban Szilágyi J. kezdte alkalmazni a Morton-modellt. Jobbágy R. TDK dolgozatában felhasználta eredményeit.) Ehhez a párolgásbecslési eljáráshoz a következő meteorológiai adatokat használtuk fel: harmatponti hőmérséklet, léghőmérséklet és átlagos napi napfénytartam minden hónapra órában megadva, ezen kívül szükség volt két állandó paraméter megadásához is, így a terület földrajzi szélességére és tengerszint feletti magasságára.

Morton bevezetett egy  $T_e^*$  felszín közeli egyensúlyi hőmérsékletet, mely iterálással határozható meg, így a potenciális párolgás  $T_e^*$  hőmérsékleten egy Dalton típusú képlettel számította. A nedves környezeti párolgás számításához a Priestley-Taylor egyenletet (Priestley and Taylor 1972) használja, mely meg van szorozva egy konstanssal és tartalmaz egy hozzáadott állandót is. Ezt a számítást szintén  $T_e^*$  hőmérsékleten végzi. Figyelemre méltó az is, hogy az elkeveredési együtthatót oly módon állapítja meg a Dalton típusú formulában, hogy ahhoz nem szükséges a szélesség adatok felhasználása.

## 3 LEFOLYÁS

A budai Várra kidolgozott módszernél a lefolyást az

$$L=\alpha(C-P) \quad (5)$$

képlettel számítottuk, ahol  $\alpha$  lefolyási tényező. Fontos kiemelni, hogy a klasszikus hidrológiában az

$$\alpha=L/C \quad (6)$$

képlet adja meg a lefolyási hányadot egy adott vízgyűjtőre, s ennek a fedettségétől függő statisztikai feldolgozásából kapjuk a lefolyási tényezőt. A gyakorlatban ezt a paramétert kisebb területen való méréshez használják rövid idejű (néhány óra, 1-2 nap) csapadékoknál.

Be kell látnunk, hogy az értelmezési tartományok eltérése miatt két hibát is elkövettünk a Várhegyre készített számításnál, ezek azonban szerencsésen kioltották egymást.

Az első hiba az volt az eredeti módszerhez képest, hogy a csapadékból kivontuk a párolgást, úgy tekintve, hogy az elpárolgott vízcseccskék nem vesznek részt a lefolyásban. A második hiba pedig, hogy  $\alpha=0,8$  egyesített lefolyási tényezőt vettünk fel a terület jelentős burkoltsága miatt. A szakirodalomban az

$$\alpha= \alpha_1+ \alpha_2+ \alpha_3 \quad (7)$$

összefüggés szerepel, melyből  $\alpha_1$  a lejtésviszonyok,  $\alpha_2$  a talajviszonyok  $\alpha_3$  pedig a növényviszonyok függvénye. A Várlejtőre rendre 0,16, 0,16 és 0,21 értéket kell felvenni, tehát  $\alpha=0,53$ . Így véletlenszerűen (5) és (6) képletekkel ugyanazt az értéket kapjuk, mivel a lefolyási tényezők olyan arányban csökkentjük, ahogy a lefolyásban résztvevő csapadékot növeljük.

Az előbbi példából is jól látszik a lefolyás becslésének bizonytalansága, ezért másik módszer felhasználásával kísérleteztünk.

Langbein módszere a fajlagos lefolyás becslésére készült. W. B. Langbein a léghőmérsékleti és csapadékadatokot is figyelembe vette, súlyozott középhőmérsékletet számolt a havi csapadékösszegek sokévi átlagából és a havi középhőmérsékletekből:

$$t_0 = \frac{\sum_{i=1}^{12} t_i C_i}{\bar{C}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (8)$$

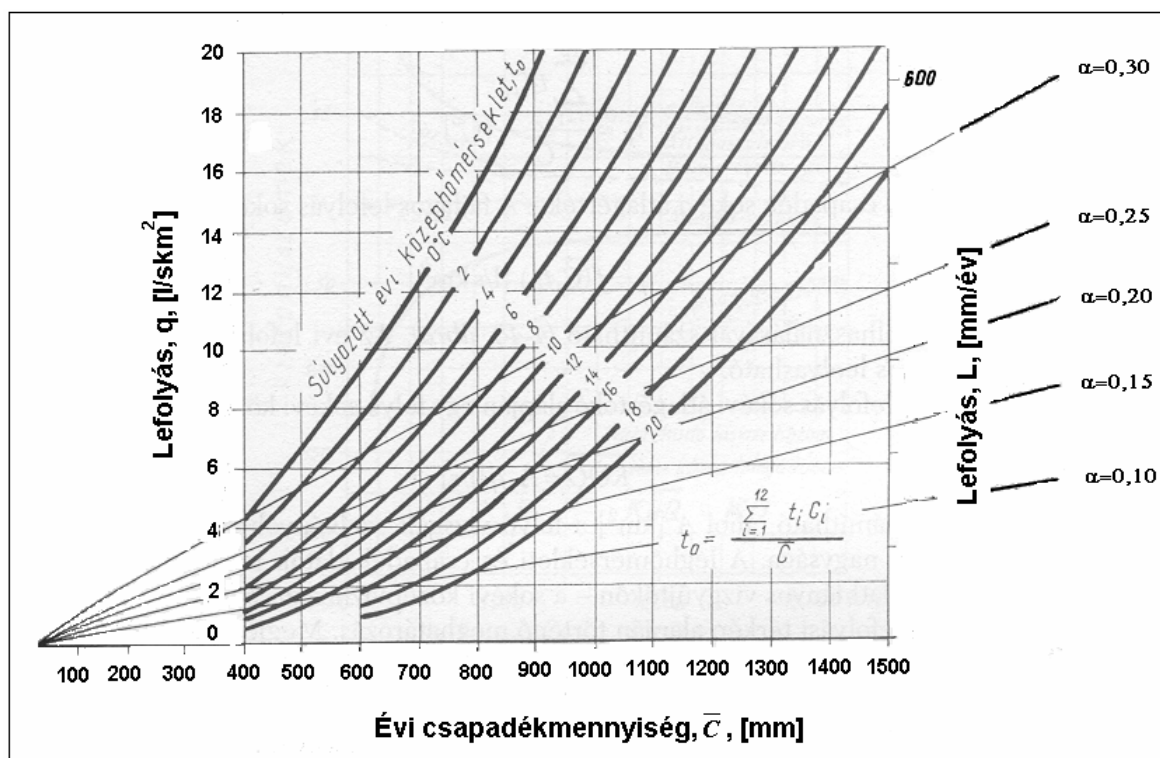
ahol

- $t_0$  – súlyozott középhőmérséklet [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- $t_i$  – havi középhőmérséklet [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- $C_i$  – havi csapadékösszeg [mm]
- $\bar{C}$  – csapadék sokévi átlagértéke [mm]

A fajlagos lefolyás sokévi átlagértéke:

$$q = f(\bar{C}, t_0), [l/skm^2] \quad (9)$$

melynek értékét a diagramról (1. ábra) olvashatjuk le.



1. ábra. A fajlagos lefolyás sokévi átlaga Langbein szerint (Koris et al. 2003)

Ennek a módszernek a használata azért tűnt célravezetőnek, mert nem tartalmazza a lefolyási tényezőt, és kifejezetten hosszú periódusú időszakokra (évek) érvényes.

## 4 SZÁMÍTÁSOK

Az 1. táblázatban összefoglaljuk a Morton-módszerrel számított eredményeket Buda területére. (A táblázatokban a továbbiakban kerekített értékek szerepelnek.)

Látható, hogy a területi párolgás értékei valóban jóval nagyobbak a becsléseinkben használtknál, átlagosan a csapadék 72 %-ára adódtak a vizsgált 28 évben.

A 2. táblázatban a Langbein módszerrel számított értékeket közöljük.

1. táblázat. Párolgás értékek, Buda

Év	Párolgás (mm)	Csapadék (mm)	Párolgás/Csapadék (%)
1973	346	398	87
1974	346	659	52
1975	395	519	76
1976	354	669	53
1977	367	551	67
1978	397	595	67
1979	401	567	70
1980	382	670	57
1981	403	513	78
1982	390	456	85
1983	350	450	78
1984	373	619	60
1985	400	448	89
1986	360	414	87
1987	383	531	72
1988	430	659	65
1989	402	560	72
1990	337	416	81
1991	344	594	58
1992	262	364	72
1993	302	505	60
1994	337	481	70
1995	346	574	60
1996	396	528	75
1997	385	327	118
1998	364	643	57
1999	440	842	52
2000	335	389	86
Átlag	369	534	72

2. táblázat. Lefolyás értékek, Buda

Súlyozott közép-hőmérséklet (C <sup>0</sup> )	Lefolyás (l/s km <sup>2</sup> )
11,6	1,0
12,5	2,5
15,4	1,2
10,3	3,7
12,1	2,0
12,9	2,2
9,9	3,0
9,8	3,1
12,1	1,9
11,2	1,3
11,7	1,2
11,7	3,3
10,8	1,0
8,9	1,3
10,2	2,3
13,0	3,0
16,1	1,5
12,0	0,8
13,6	2,1
11,8	0,8
11,4	2,0
14,4	0,8
10,5	2,5
10,4	2,1
13,2	0,1
13,0	2,8
14,0	5,5
10,9	0,7
12	2,1

Nézzük meg a Várhegy platójára vonatkoztatva a vízmérleg alakulását 1973-2000 időszakra (3. táblázat). A Várplató területe 400.000 m<sup>2</sup>. Nem bonyolódunk a közművesztések taglalásába, az itt bemutatott módszer nem befolyásolja a vízmérleg mesterséges vízutánpótlásból származtatott elemeit, csak a csapadékkal és a párolgással összefüggő elemeket mutatjuk be az egyszerűség kedvéért.

3. táblázat. Az eredmények összehasonlítása, 1973-2000

Vízmérlegszámítás eredményei (mm/év)	Hajnal 2003	Morton+Langbein
C	534	534
P	178	369
L	285	66
Bc	71	99
Bcsl	26	6

A számítás ellenőrzésképpen elvégeztük két rövidebb időszakra is (4. és 5. táblázat).

**4. táblázat.** Az eredmények összehasonlítása, 1986-1990

Víz mérleghszámítás eredményei (mm/év)	Hajnal 2003	Morton+Langbein
C	520	520
P	173	382
L	278	56
B <sub>c</sub>	69	82
B <sub>cs1</sub>	25	5

**5. táblázat.** Az eredmények összehasonlítása, 1996-2000

Víz mérleghszámítás eredményei (mm/év)	Hajnal 2003	Morton+Langbein
C	540	540
P	180	384
L	288	70
B <sub>c</sub>	72	86
B <sub>cs1</sub>	26	6

A három összesített táblázat eredményei alapján a következő észrevételeket tehetjük:

1. A Morton módszerrel számított párolgás a korábban alkalmazott elnagyolt becslés kétszerese, átlagosan a csapadék 70 százaléka, mely más Magyarországi vizsgálatokkal is megegyezik.
2. A Langbein módszerrel meghatározott éves lefolyás mennyisége 1/4, 1/5-e a régebben tévesen számított értéknek. A lefolyási hányad L/C értéke 0,1 körüli, ez nem keverhető össze a rövid idejű csapadékoknál alkalmazott lefolyási tényezővel.
3. A csapadékból származtatott beszivárgást a módszerek kombinációja csak jelentéktelen mértékben módosítja. A táblázatok utolsó két sorát összeadva a 97-105, 94-87 és 98-92 mm értékpárok adódnak, tehát 7-8 százalékos eltérés mutatkozik, amiben a kerekítési hiba is jelentkezik. Ráadásul a (2) képletben bemutatott összbeszivárgásnak ez a két tag csak körülbelül 30 százalékát teszi ki (Hajnal 2003).

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönjük Dr. Szilágyi József szakmai támogatását. Hajnal Géza kutatómunkájához anyagi támogatást nyújt a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO00063/08/6).

## HIVATKOZÁSOK

- Maucha L. 1998. Az Aggteleki-hegység karszthidrológiai kutatási eredményei és zavartalan hidrológiai adatsorai 1958-1993, *VITUKI*, Budapest
- Hajnal G. 2003. A budai Várhegy hidrogeológiája, Akadémiai Kiadó, Budapest, 128.
- Hajnal G. 2005. Talajvíz és közmű, Természetes és mesterséges hatások a talajvízjárásra Budapest területén, *Mélyépítés* III. évf. 3 sz, 20-27.

