

Rövid idejű intenzív csapadékok tervezési értékeinek becslése automata mérések alapján - tervezési feladatok kiszolgálása (Lakatos Mónika, HungaroMet, lakatos.m@met.hu)

2024. május 30.

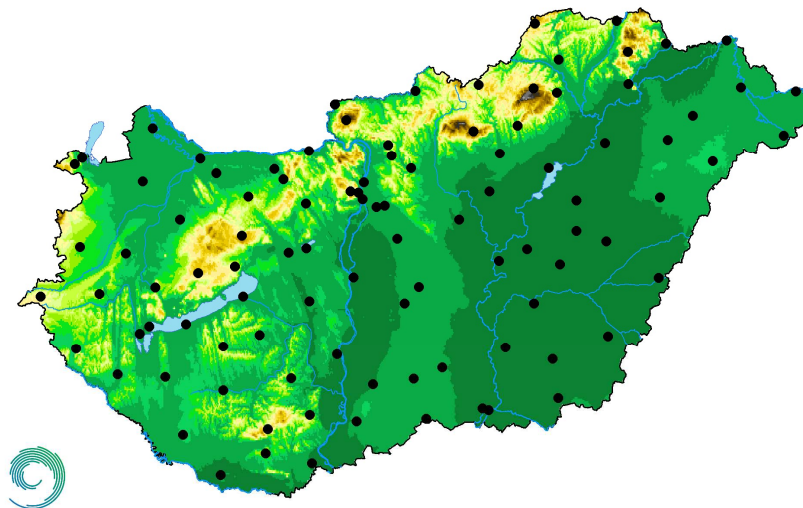
Háttér

Bizonyos, csapadékhullással kapcsolatos szélsőségek intenzitásában, gyakoriságában megmutatkozó tendenciák a változó éghajlat jelei. A vízciklus felgyorsult, a melegebb levegő több nedvességet képes hordozni, ami növeli az özönvízszerű esőzések, felhőszakadások kockázatát. Az intenzívebbé váló csapadékhullás miatt szükség szerű a csapadékvíz elvezető hálózatok tervezésénél alkalmazott, az 1970-es években elkészített **csapadékmaximum függvények aktualizálása**. Mivel a csapadék térbeli eloszlása változó az országban, az eddig egységesen alkalmazott függvények helyett a tervezett vízelvező rendszer helyének klimatikus viszonyait legjobban leíró csapadékmaximum függvények használata javasolt. A csapadékmaximum függvények becsléséhez 10, 20, 30 perc... stb. időtartam alatt lehullott csapadékösszegek megfigyelési sora szükséges. Ha ezek előálltak, az intenzitás-tartam-gyakoriság (IDF: Intensity-Duration-Frequency) görbék már megszerkeszthetők, ezek mentén megadható, hogy mekkora a visszatérési ideje adott ideig tartó, adott intenzitású csapadékhullásnak.

Rendelkezésre álló adatok

A mérőhálózat automatizálása a kilencvenes évek közepén kezdődött, 1998-ra az átmeneti időszak véget ért. A HungaroMet elektronikus adatbázisában **1998-tól több mint 100 mérőhelyen** rendelkezésre állnak a 10 perces csapadék részösszegek. Ez az időszak már tartalmazza az ezredforduló után gyorsulni látszó éghajlatváltozás jellemzőit. Ezt az időszakot javasoljuk a csapadékmaximum függvények aktualizálásra. Hosszabb statisztikai minta növelné a becslés pontosságát, de a korábbi mérési gyakorlatban alkalmazott eltérő mintavételezés homogenitási problémákat vet fel, emiatt az automata hálózatban rögzített adatok használata célszerű, ugyanakkor fontos kutatási téma az idősorok meghosszabbításának kérdése az ombrográf lapok kiértékeléséből nyert adatokkal.

A HungaroMet éghajlati adatbázisa tartalmazza azokat a rövid idejű csapadék részösszegeket melyek alapján becslést adhatunk a 2, 4, 5, 10, 20, 50 év, stb. szokásos visszatérési periódusokhoz tartozó tervezési értékekre az egyes mérőhelyek környezetében.



1. ábra: HungaroMet automata mérőhelyek, ahol a csapadékmaximum függvények származtathatók

Módszertan

A HungaroMet-nél folytatott korábbi kutatásokat tekintve az 1990-es évek elején Váradi Ferenc és Nemes Csaba vizsgálták a rövid időtartamú csapadékösszegeket (Váradi és Nemes, 1992). Az ő kutatásuk az 1967–1990-es időszakra terjedt ki. Az ő munkájukra, mint követendő példára utal Gayer József és Ligetvári Ferenc „Települési vízgazdálkodás csapadékvíz-elhelyezés” című műve (Gayer és Ligetvári, 2006). Faragó Tibor végzett statisztikus klimatológiai kutatásokat az extrémumok témakörében az 1990-es években (Faragó 1989, Faragó et al., 1989, Faragó, T. and Katz, R.W., 1990). Az általa a gyakorlatba ültetett, nemzetközi szakirodalommal alátámasztott elmélet az alapja a csapadékmaximum függvények becslésének jelenleg is a HungaroMet-nél. Fortran program is készült a különböző visszatérési időkhöz tartozó tervezési értékek számítására Faragó Tibor keze nyomán. Jelenleg is ez az alapja a HungaroMet adatbázisában történő számításoknak. Lakatos Mónika doktori dolgozatában is a szélsőségek statisztikai modellezésével foglalkozik (Lakatos, 2005). Baja állomás 10 perces, küszöb fölötti csapadék adataihoz illesztett Pareto eloszlást Lakatos és Matyasovszky (Lakatos és Matyasovszky, 2004). A csapadékmaximum függvények becsléséhez a HungaroMet-nél alkalmazott módszertan követi a Meteorológiai Világszervezet ajánlását: Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. Climate Data and Monitoring (Klein Tank, A.M.G, 2009).

Elméleti alapok röviden

A mérnöki gyakorlatban, tervezéskor sokszor teszik fel azt a kérdést, hogy egy n (év) hosszúságú időszak során egy meteorológiai elem maximuma milyen értéket halad meg, illetve a minimum milyen érték alatt marad adott p valószínűséggel. Ez az érték a tervezési érték vagy más néven visszatérési szint. A p valószínűséget a maximum esetében általában a $p=1-1/T$ formában értelmezik, ahol T a visszatérési idő, vagy más néven visszatérési periódus, melynek során a tervezési értéket meghaladó érték átlagosan egyszer fordul elő. A tervezési folyamatok során, például csatornák, hidak, gátak tervezésekor használatos visszatérési idő az 50, 100, 1000 év szokott lenni a műtárgytól függően, sőt az atomerőművek műszaki terveinél 10 000 éves visszatérési szintekkel kell számolni.

A minimum, a maximum és a szélsőségeket jellemző egyéb karakterisztika is egy adott meteorológiai elemet reprezentáló valószínűségi változó adott időszakra vonatkoztatott valószínűségi eloszlásfüggvényével függ össze. Az idősorok extrém értékeinek tanulmányozása során a tapasztalat azt mutatta, hogy függetlenül az alapeloszlástól, az extrémumok hasonlóan viselkednek. Ebből a tényből következően létezik valamilyen határeloszlás, vagy határeloszlások, melyekkel kellően nagy mintaszám esetén jól modellezhető a szélsőértékek eloszlása. Az aszimptotikus eloszlások Gumbel-eloszlás, Fréchet-eloszlás és Weibull-eloszlás néven ismertek. E három függvény a közös

$$G_J(z) = \exp(-(1 - z/a)^a), \quad z/a < 1, \quad z = (x - u)/b$$

alakba írható, amit általános extrém eloszlásnak vagy Jenkinson-eloszlásnak (*Jenkinson 1955*) nevezünk. Az angol General Extreme Value Distribution kezdőbetűiből adódóan gyakran találkozunk a szakirodalomban a GEV elnevezéssel. Az u a GEV-eloszlás lokációs-, b a szórási- vagy más néven skála-, az a pedig az úgynevezett alakparamétere.

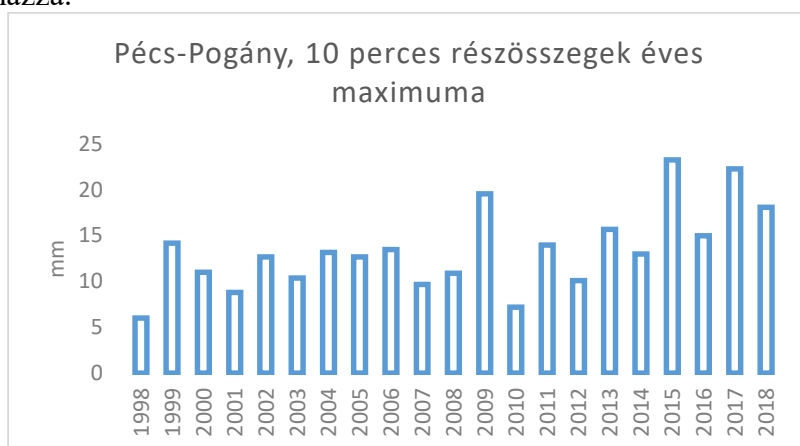
Az egyváltozós szélsőérték elmélet jól kidolgozott aszimptotikus formulákon alapul, a különböző becslési technikák lehetőséget adnak az extrém eloszlások modellezésére, az illesztett modell verifikációjára is. A paraméterbecslések közül a maximum likelihood-becslést igen széles körben alkalmazzák, mivel statisztikai szempontból 'jó' tulajdonságokkal rendelkezik. A becslés általában torzítatlan, de legalábbis aszimptotikusan torzítatlan. A kapcsolódó elmélet részletes leírása Matyasovszky István (2002) egyetemi jegyzetében nyomon követhető.

A statisztikai minta esetünkben a HungaroMet automata méréseiből származtatott rövid idejű csapadék részösszegek (10, 20, 30 perc,... stb.) éves maximumainak sorozata. Az eloszlás illesztés során maximum-likelihood eljárással a mintából becslést adunk a GEV elosztás lokációs-, a skála- és az alakparamétereire. Az eloszlás függvény ismeretében már választ tudunk adni arra kérdésre, hogy milyen csapadékintenzitás előfordulásra kell átlagosan egyszer számítani a 2, 4, 5, 10, 20, 50,... stb év alatt. Az illesztés az *1. ábrán* feltüntetett mérőhelyeken bármely 10 perces összegekből származtatható további részösszegekre elvégezhető. A 60 perces részösszegek éves maximumának GEV eloszlás becslésével nyert visszatérési értékei és azok megbízhatósági intervalluma közel száz hazai automata állomásra elkészült a HungaroMet Éghajlati Osztályán (Lakatos et al., 2020) megtalálhatók. 2024 májusában szignifikancia vizsgálatot végeztünk az összes állomás minden részösszegének éves maximumai sorozatán arra vonatkozóan, hogy elfogadható-e a Gumbel becslés. A mérőhelyek többségén $\alpha=0.05$ szignifikancia szinten elfogadhatónak bizonyult. Ahol nem, ott az általánosított szélsőérték eloszlás alapján végezzük a tervezési értékek becslését.

Példa:

A tervezés helyszínéhez legközelebbi, illetve a klimatikus viszonyait legjobban leíró állomás adatsorát használjuk a tervezési értékek becsléséhez, szemben a korábban alkalmazott, egész ország területén egységesen érvényesnek tekintett függvények helyett, ezáltal **térben reprezentatív becsléshez jutunk**. Például egy Pécs-Pogány meteorológiai mérőállomás környezetében megvalósuló tervezési feladat kiszolgálása az alábbi módon történhet: első lépésben leválogatjuk az éves maximális 10 perces részösszegeket (*2. ábra*) majd ezek alapján elvégezzük a szélsőérték eloszlás függvény, vagy más néven csapadékmaximum függvény paramétereinek a becslését. Esetünkben ezek: $\mu=11,5$, $\sigma=3,74$, és $\xi=0,08$ melyek rendre az aszimptotikus eloszlásfüggvény lokációs-, skála- és alakparamétere. Az eloszlásfüggvény paramétereinek ismeretében már becslést tudunk adni a **különböző visszatérési**

periódusokhoz tartozó tervezési értékekre. Ezeket a 10 perces részösszegekre például az *I. táblázat* tartalmazza.



2. ábra: Pécs-Pogány, 10 perces csapadékösszeg éves maximumai, 1998-2019

I. táblázat. Pécs-Pogány állomás 10 perces csapadékösszegeinek visszatérési értékei (mm) a GEV (General Extreme Value) szélsőérték eloszlás függvény paramétereinek maximum-likelihood közelítése alapján

Visszatérési periódus (év)	2	4	5	10	20	50
tervezési érték (mm/h)	76,5	94,63	99,67	114,05	127,16	143,19

A racionális méretezéshez a 10, 20, 30, 60 perces csapadék részösszegek éves maximumainak idősoraira kell elvégezni a fent bemutatott szélsőérték eloszlás illesztést. A HungaroMet adatbázisában a 10, 20, 30, 60 perces csapadék részösszegeket mm-ben tároljuk. Az illesztést az itt említett részösszegek idősoraira külön-külön elvégezzük, majd ez alapján becslést adunk a különböző visszatérési időkhöz tartozó csapadékmennyiségre mm-ben. Mivel a tervezői segédlet mm/h használatát igényli, a mm-ben előálló becslt tervezési értékeket átszámoljuk mm/h-ra. Ez úgy történik, hogy rendre az alábbi szorzókkal: 6,3,2,1 megszorozzuk a 10 perces, a 20 perces, a 30 perces és a 60 perces, mm-ben előálló tervezési értékeket. A 10 perces részösszeg esetén például a mm/h-s értéket úgy kell elképzelni, mintha 1 órán keresztül a 10 percre számolt intenzitással esne.

Tervezői igényekre reagálva 2024 májusától kétféle mértékegységben kifejezve: mm/h és l(s × ha)-ban is letölthető a tervezési értékek táblázata.

A mérési sorok az idő előrehaladtával bővülnek, így a tervezési értékek **frissíthetők** a HungaroMet adatbázisban elérhető leghosszabb idősor felhasználásával. Ezáltal a becslés pontosabbá válik, ezen kívül a megváltozott klimatikus viszonyok hatása mind jobban érvényesül a csapadékmaximum függvényekben.

Hivatkozások

- Faragó, T., 1989: Extreme value analysis and some problems of applications in meteorology. Meteorological Studies 64, Hungarian Meteorological Service, Budapest.*
- Faragó, T., Dobi, I., Katz, R. W. and Matyasovszky I., 1989: Meteorological application of extreme value theory: Problems of finite, dependent and non-homogeneous samples. Időjárás 93, 261-274.*

- Faragó, T. and Katz, R.W., 1990: *Extremes and design values in climatology*. WMO, TD-No. 386, Geneva.
- Gayer J., Ligetvári F., 2006: *Települési vízgazdálkodás csapadékvíz elhelyezés*, VITUKI, Budapest, 76-90.
- Jenkinson A. F., 1955: *The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological events*. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 81, 158-172.
- Klein Tank, A.M.G., Zwiers, F.W. and Zhang, X. (2009). *Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation*. *Climate Data and Monitoring WCDMP-No. 72, WMO-TD No. 1500*, 56pp.
- Lakatos, M., Matyasovszky, I., 2004: „*Analysis of the extremity of precipitation intensity using the POT method*” *Időjárás*, Vol.108. No. 3., 163-171
- Lakatos Mónika: *Extrém meteorológiai jelenségek matematikai modellezése. Doktori értekezés*, 2005
- Lakatos, M., Izsák, B., Szentés, O., Hoffmann, L., Kircsi, A., Bihari, Z, 2020: *Return values of 60-minute extreme rainfall for Hungary*, *IDŐJÁRÁS / QUARTERLY JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE* 124, (2) pp. 143-156.
DOI:10.28974/idojaras.2020.2.1
- Matyasovszky I., 2002: *Statisztikus klimatológia*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- Váradi F., Nemes Cs., 1992: *Rövid időtartamú csapadékmaximumok gyakorisága Magyarországon*, *Légekör XXXVII. évfolyam* 3. szám, 8-13.