

A zöldtető szerepe a csapadékvíz-gazdálkodásban

Bevezetés

A vízellátás feladatainak megoldási lehetőségei közül nem hagyható el a csapadékvíz mint alternatív vízforrás figyelembevétele. Akár egy családi házról, akár településről, akár országos méretben gondolkodunk, a csapadékra mint hasznosítandó vízre kell tekintenünk, az esővíz minél gyorsabb, teljesebb elvezetése nem minősíthető fenntarthatónak. A fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás fő elve, hogy a lehulló csapadékot helyben tartsuk, „hasznát vegyük” épületen belül vagy kívül, és csak a felesleges mennyiséget vezessük el. A csapadékvíz hasznosítása, elvezetése során figyelembe kell vennünk az utóbbi évek szélsőséges csapadékeseményeit. Ezeknek a vízhozamai az eddig elégségesnek mutatkozó, statisztikai adatokon alapuló biztonsági túlméretezéssel készült csapadékvíz-elvezető rendszert olyan mértékben terhelik túl, hogy a vízelvezetés üzembiztonsága sérül. Emiatt egyre inkább előtérbe kerül a csapadékvíz csillapított elvezetésének igénye, ami a vízelvezető infrastruktúra egyidejű terhelésének csökkentésén túl egyúttal a csapadékvíz hasznosításának is teret adhat. Ennek a csillapításnak – és egyéb vízgazdálkodási, energetikai célkitűzéseknek – egyik, egyre terjedőben levő eszköze a zöldtető, amelynek több szempontú kutatására a PTE MIK épületén mintarendszert építettünk ki.

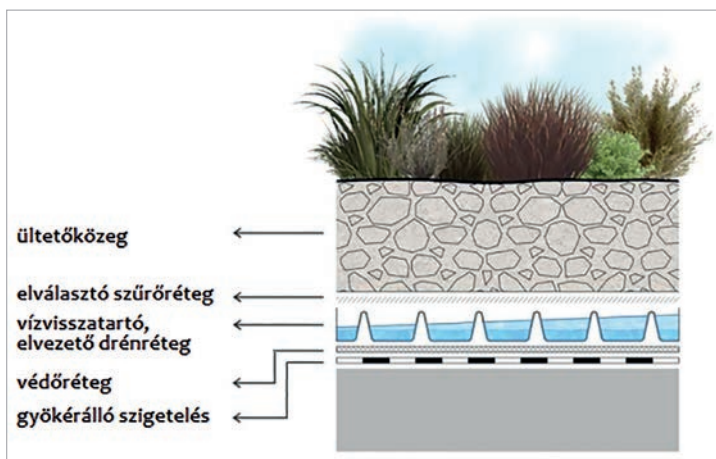
A fenntartható vízhasználat és a zöldtető

Globális vízhasználatunk ökológiai fenntarthatóságának alapkövetelménye a vízfogyasztás mai szintjének mérséklése, mivel a népességszám-növekedés következtében az összes vízfogyasztás csökkentése még az egyéni, fajlagos vízfogyasztás alacsonyabb értékének elérésével együtt is kihívást jelentő feladat [1]. Fontos szerep jut ezért az alternatív vízforrások alkalmazásának, illetve a víz másodszori újrahasznosításának is. Minden megoldás, ami az általában kiterjedt hálózaton keresztül történő ivóvízhasználatot csökkenti, mérsékli a vízellátás környezetre, infrastruktúrára ható terheit. Így bár a csapadékvíz-hasznosítás során ugyanabból a vízkészletből merítünk, mint amit a vízszolgáltatók is igénybe vesznek, csupán a hidrológiai körforgás másik pontjáról emeljük ki a vizet, mégis csökkentjük az ivóvíz előállításából származó költségeket és környezeti terheket, például az energiafelhasználást is. Emellett a hasznosításra kerülő csapadékvíz nem jut azonnal az elvezetőhálózatba, ezáltal csökkenti a vízelvezető rendszer terhelésének egyidejűségét is. Ez utóbbi főleg amiatt fontos, mert a településeken, főleg városias környezetben nagyon magas a burkolt felületek aránya, amelyekről a csapadékvíz alacsony beszivárgás mellett, gyors lefolyással jut a csapadékvíz-elvezető hálózatba. Emiatt túlterhelés alakulhat ki, főleg a vízelvezető rendszer alacsonyabb fekvésű pontjain. A zöldtető mindkét fenti problémára megoldást ad:

- a csapadékvíz késleltetve, a zöldtető rétegrendje által lassítva és kisebb mennyiségben jut az elvezető rendszerbe;
- a zöldtetőről összegyűjtött csapadékvizet felhasználhatjuk akár locsolási, öntözési célra, akár épületen belüli vízigények fedezésére.

Zöldtetőtípusok

A zöldtetőket (lásd 1. ábra) rétegvastagságuk, funkciójuk, kezelésiigényük alapján extenzív és intenzív típusúakra oszthatjuk.



1. ábra: Zöldtető felépítése [2] (a szerzők)

Extenzív zöldtetők

Az extenzív zöldtetőkön a talajréteg 6-15 cm vastag, alacsony fajlagos tömegű, $1,6-2,4 \text{ kg/m}^2$ (vízzel telített állapotban $7-8 \text{ kg/m}^2$). A kisebb súlyteherből két dolog adódik: általában nincs szükség a tetőszerkezet megerősítésére, de az alacsony nedvességtartalmú talajt jól tűrő növényfajokat kell telepíteni, mivel az ültetőréteg csak az esőzések során kap nedvességet, öntözési lehetőséget többnyire nem építünk ki. Az alkalmas fajok a lágyszárú évelők, például varjúháj- és fűfélék, vadvirágok stb., amelyek önfenntartó állományt képesek kialakítani. Jellemzően 2-3 év alatt fejlődik ki kb. 90%-os növényborítottság. Az extenzív tetők a kiépített utak, tipegőkövek kivételével nem járhatók. Extenzív zöldtető kialakítható lapos tetőkön, illetve maximum 33%-os lejtésű ferde tetőkön is.

Intenzív zöldtetők

Az intenzív zöldtetők talajréteg-vastagsága minimálisan 20-25 cm, de nem ritka az 1-2 m-es vastagságú sem. Létrehozásuk csak lapos vagy igen kis (3-5% alatti) lejtésű tetőkön lehetséges. A vastagabb ültetőközeg, nagyobb méretű és súlyú növényzet megerősített tetőszerkezetet igényel. A kedvezőbb talajfeltételek itt már többféle növény telepítését engedik meg, cserjék, fásszárúak, évelő dísnövények is ültethetők. A növényzet összeállításához kertészeti tervezésre van szükség, amelynél fontos szempont, hogy az épületszerkezet szempontjából legkisebb kockázatot jelentő fajokat kell választani, egy tetőn belül hasonló igényekkel rendelkező fajtákat [3]. Az intenzív zöldtetők karbantartási igénye magasabb az extenzív zöldtetőkénél, szükséges öntözőrendszer kiépítése, rendszeres gyomtalánítás, tápanyag-utánpótlás. Az intenzív zöldtetők járhatóak,

hasonlóan a talajszintű kertekhez rekreációs célokat is szolgálhatnak, részét képezhetik tavak, díszkutatok is.

A zöldtető sokrétű hatása

Egyre meghatározóbb mértékben jelentkezik az igény a természetes lakókörnyezet iránt, amelynek biztosítása nagyvárosi környezetben számos térszerkezeti, városszervezési feladattal, esetenként jelentős gazdasági következménnyel jár. Ahogy sok esetben, itt is a létesítés korai fázisában végzett előrelátó, átgondolt tervezés és a rendszerszemlélet segít az ökológiai és ökonómiai szempontból is fenntartható megoldás megtalálásában. A zöldtetőépítést ebbe a kategóriába sorolhatjuk. A kihasználatlan tetőfelületeket zöld környezetté alakítva a lakókörnyezet mikroklimája, élhetősége javul, az épített és a természeti környezetre rótt terhe csökken. Egy jól megépített zöldtető épületen belül és épületen kívül is érzékelhető pozitív hatást fejt ki. Vannak számszerűsíthető és nehezen mérhető hozadékai a zöldtetőnek, csak néhányat kiemelve [4]:

- csökkenti az épület fűtési és klimatizálási költségeit;
- visszatartja a lehullott csapadék jelentős hányadát, párologtatással javítja a mikroklimát;
- CO_2 -t nyel el, megköti a levegő szennyező anyagait, a port;
- növeli a biodiverzitást;
- zajcsökkentő hatású;
- megnöveli a tető élettartamát, az extrém hőmérsékletektől és az UV-sugárzás ellen védő hatásával.

A zöldtető pozitív hatásait több, az egyoldalú gazdasági és mennyiségi értékelést ellensúlyozni kívánó, a fenntartható építést támogató minősítő rendszer is pozitívként kezeli. A legismertebb nemzetközi rendszerek az angol BREEAM (1990), az amerikai LEED (1998) és a német DGNB (2010) [5]. Mindegyik minősítésben jelentős szerep jut az épületgépészeti és az üzemeltetési kérdéseknek, ezen belül a vízellátásnak. A BREEAM esetében közvetlenül a vízhasználat 10 százalékponttal befolyásolja az épület minősítését, de a környezeti hatásokon (26%), energiahatékonyságon (35%), hulladékkezelésen (14%) keresztül további jelentős szerep jut a zöldtetők hatásának [6].

A zöldtető szerepe az épület/település vízgazdálkodásában

Vízgazdálkodás szempontjából a zöldtetők településenként változó, egyik legfontosabb funkciója az, hogy a csapadék késleltetve jelenik meg a vízelvezető hálózatban, elkerülve annak hirtelen túlterhelését. A vízelvezető rendszerre gyakorolt hatásában így hasonlít a konvencionális esővízhasznosításra. A növényzettel borított vagy beültetés nélküli szabad talajfelszínre jutó csapadék 30%-a kis mélységig szivárog be, ez szolgál a növényzet vízigényének kielégítésére. A következő 30% a mélyebb víztározó rétegekbe szivárog, a fennmaradó 40% szinte azonnal visszatér a légkörbe evapotranspirációval [7]. Ezzel szemben a vizet át nem eresztően burkolt felületekről 5% szivárog be a sekélyebb és mélyebb talajrétegekbe, és 15% párolog el a növényzetről, 75% rövid lefolyási idejű, szinte azonnali felszíni lefolyás. Ez megfelel a tradicionális csapadékvíz-elvezetési elveknek. Ez azonban nem csak a talajban, légkörben okoz vízhiányt, hanem még a lefolyt vizek befogadójában is vízminőségromlást idéz elő. A zöldtetők mindkét

problémát egyidejűleg kezelik: egyfelől mind a talaj, mind a növényzet vízvisszatartó és páratartalom-pótló, másfelől az ültetőközeget természetes szűrőrendszerként működik, csökkenti a lefolyó csapadékvíz szennyezőanyag-terhelését. Itt meg kell jegyeznünk, hogy a jól működő szűrőhatás beállt zöldtetőkre igaz, a frissen telepített extenzív zöldtetőről az első esőzések szennyező anyagokat ragadhatnak magukkal. A zöldtetők típusuk, kialakításuk függvényében 22–70%-kal képesek csökkenteni a lefolyási csúcsokat a hagyományos tetőszervezetekhez, nem zöldtetőkhöz képest [8]. Kapacitáshatáron működő vízelvezető rendszerek ellátási területén új építési engedély kiadását sok esetben ahhoz kötik, hogy mekkora a maximális megengedett csapadékvíz-lefolyás erős esőzés esetén. Az ilyen feltételek csak csapadékvisszatartással teljesíthetők – felszín alatti nem víztömör lefolyáscsillapító tároló vagy zöldtető, esőkert stb. építésével.

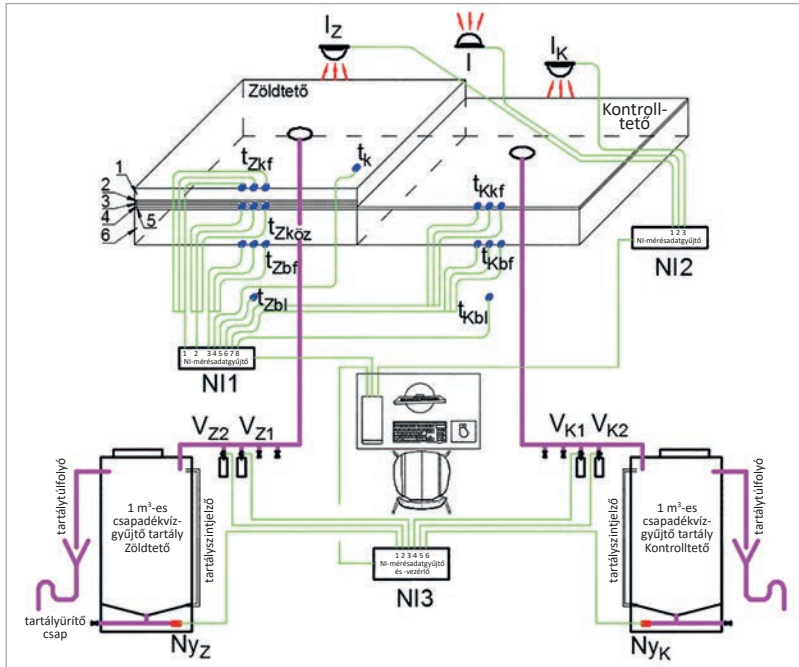
A lefolyási csúcsok mérséklésében, a vízvisszatartásban, így a lefolyó víz mennyiségében a közegkeverék vastagsága, összetétele döntő szerepet játszik. Mérések igazolják azt is, hogy a mérsékelt klímaövből a zöldtetők vízvisszatartása évszakfüggő, nyáron 61–75%, télen 6–18% [9] [10]. A vízvisszatartó képesség és lefolyáskésleltetés ideje szempontjából meghatározó az ültetőközeget fajtája, összetétele is [11].

Zöldtetős mérőrendszer a Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Karán

Fenti hatások mért adatai alapján történő elemzése céljából a Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Karán 2015-ben zöldtetőt építettünk ki. A zöldtető egy komplex, ökológikus épület-vízgazdálkodási rendszer részeként valósult meg, amely rendszernek része egy gyökérzónás szennyvíztisztító rendszer és egy szivattyús nyomásfokozással kiépített hidraulikai hálózat is. A zöldtető a lapostetős laborépület tetején kapott helyet egy csapadéklefolyó csatlakozással, mellette egy önálló lefolyóval egy kontrolltetőt is kialakítottunk (2. ábra). A vizsgált tetőket érzékelőkkel, mérési adatgyűjtőkkel szereltük fel, a zöldtető esetében a rétegrend összetevőinek határait beépített eszközökkel – szaturációt mérő eszköz, hőáramsűrűség-mérő stb.. A gyűjtőtartályok a szintérezékelőkkel, működtető szerelvényekkel, mintavételi helyekkel a zöldtető alatti helyiségbe kerültek (4. ábra). A mérőrendszerek lehetővé tesznek energetikai, csapadékmennyiségi és vízminőségi, akusztikai témájú méréseket, összehasonlítva a kétféle tetőkialakítás hatását.

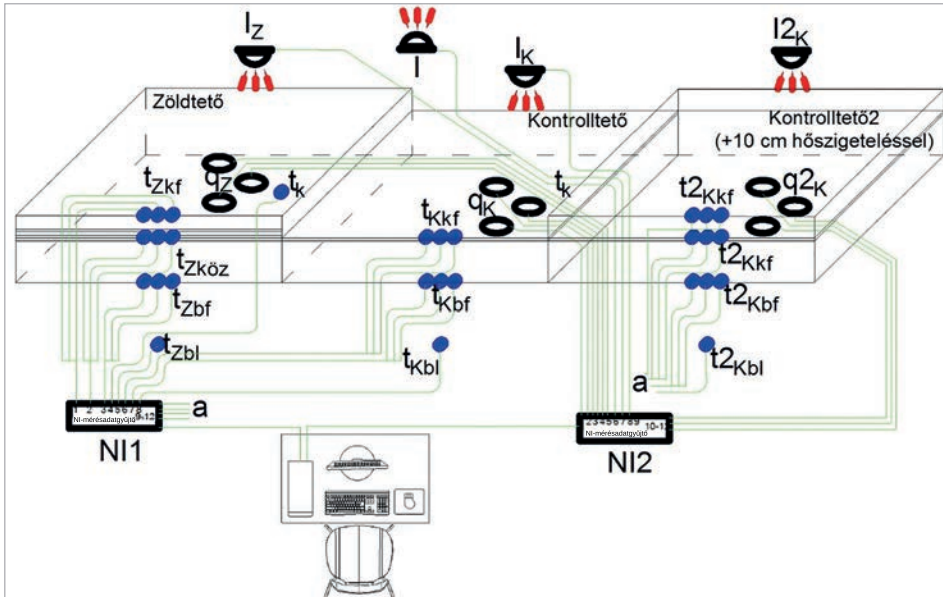
A mérőkörök műszerezettsége lehetővé teszi a lefolyáskésleltetés követését szintúgy, mint a két tetőről a tartályba érkező víz kémiai összehasonlítását, elemzését. A zöldtető komfortérzetre gyakorolt hatásait is tudjuk vizsgálni több paraméteren keresztül:

- felületi hőmérséklet a belső mennyezeten a vizsgált tetők alatt;
- sugárzási hőmérséklet a mennyezeten;
- hőmérsékletek a zöldtetőn és a kontrolltetőn, napsugárzás hatása;
- zajterhelés.

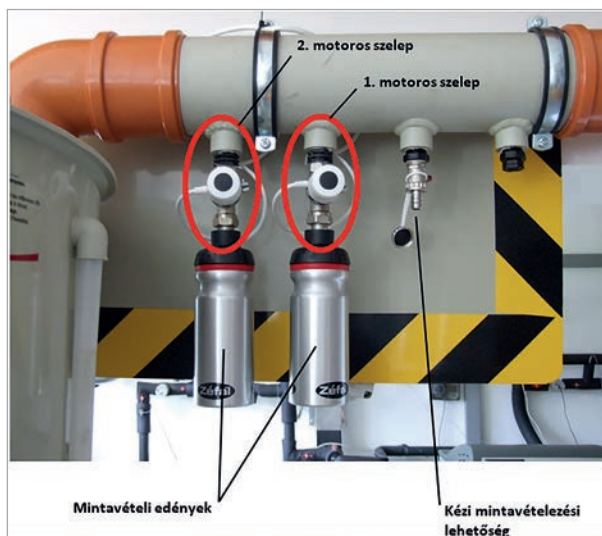


2. ábra: A zöldtető- és a kontrolltető-mérőkörök sémája (a szerzők)

A zöldtető és a hőszigetelés paramétereinek összehasonlíthatósága érdekében egy újabb kontrolltetőt is kialakítottunk, a meglévő tetőrétegre 10 cm hőszigetelés elhelyezésével (3. ábra).



3. ábra: Zöldtető és két kontrolltető mérőkörei (a szerzők)



4. ábra: Csapadékvíz-mintavételi hely (a szerzők)

Összefoglalás

Magyarország földrajzi elhelyezkedése következtében a klímaingadozás hatásaira fokozottan érzékeny. Az időjárási események várható változásai szélsőséges vízjárást, naptári éven belül magasabb hőmérséklet-ingadozást idézhetnek elő. A ma jelentős energia- és vízfogyasztónak minősülő épületek hatékonyságát ezen erőforrások felhasználásában minden rendelkezésre álló módszerrel növelnünk kell. Az elmúlt 25 évben hazánkban hozzávetőlegesen 400 000 m² zöldtető épült. Mind a hazai, mind a nemzetközi tapasztalatok azt mutatják, hogy a zöldtető célszerű eszköz a fenntarthatóság, víz- és energiahatékonyság felé vezető úton, élhető települések létrehozásában. A zöldtetők magyarországi klimatikus viszonyok között értelmezhető hidrológiai, energetikai komfortérzeti paramétereinek vizsgálatával tervezünk a közvetlen megvalósítás számára hasznosítható eredményeket elérni és közzétenni.

A kutatás az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával az EFOP-3.6.1.-16-2016-00004 számú projekt keretében, valamint az Innovációs és Technológiai Minisztérium TUDFO/47138/2019-ITM számú támogatói döntése alapján a 2019. évi Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program, a Pécsi Tudományegyetem 3. „Innovációval a fenntartható életért és környezetért” tématerületi programja keretében valósult meg.

Felhasznált irodalom

1. Somlyódy L. A világ vízdilemmája. Magyar Tudomány. 2011;172(12):1411–1424.
2. Richter M, Dickhaut W. Entwicklung einer Hamburger Gründachstrategie. Hamburg: HafenCity Universität Hamburg; 2018. 65 p.
3. Szőke A. Extenzív zöldtetők, és azokon alkalmazott egyes Sedum fajok komplex értékelése. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem; 2015. 184 p.

4. Hidy I, Gerzson L, Prekuta J. A zöldtető a városi tetőtáj koronája. Budapest: TERC; 2011. 136 p.
5. Garai P. Kevesebb költség, kisebb környezetterhelés – BREEAM a gyakorlatban. Építészfórum [Internet]. 2011. november 3. [letöltve 2019. november 25.] Elérhető: <https://epiteszforum.hu/kevesebb-koltseg-kisebb-kornyezetterheles-breeam-a-gyakorlatban>
6. Gelesz A. LEED, BREEAM, DGNB. Budapest: BME; 2013.
7. Horváthné Pintér J, Mrekva L. A zöldtetők szerepe a csapadékvíz felhasználásban és átmeneti tárolásában a városi területeken. 2011.
8. Hill J, Drake J, Sleep B, Margolis L. Influences of four extensive green roof design variables on storm-water hydrology. J Hydrol Eng [Internet]. 2017 Aug [letöltve 2019. november 25.];22(8). DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001534](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001534)
9. Moran A, Hunt B, Smith J. Hydrologic and water quality performance from green roofs in Goldsboro and Raleigh, North Carolina. The 3. annual international greening rooftops for sustainable communities conference, awards and trade show, Washington, DC (United States), 4–6 May 2005. In: Proceedings of the 3. annual international greening rooftops for sustainable communities conference, awards and trade show [Internet]. Canada: [k. n.]; 2015 [letöltve 2019. november 25.]. Elérhető: www.researchgate.net/publication/246403896_Hydrologic_and_water_quality_performance_from_green_roofs_in_Goldsboro_and_Raleigh_North_Carolina
10. Klobučník M. Metodické usmernenie k integrovanej obnove poškodených území intravilánov miest a obcí Slovenskej republiky. 2012.
11. Hill J, Perotto M, Yoon C. Quantifying the hydrological performance of extensive vegetative roofs. In: 30th RCI International Convention and Trade Show [Internet]. 2015 March 5–10; San Antonio, TX. Raleigh, NC: International Institute of Building Enclosure Consultants; 2015 [letöltve 2019. november 25.]; p. 43–50. Elérhető: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.724.7185&rep=rep1&type=pdf>