

SZIVACSVÁROS

Csapadékvíz visszatartása városi környezetben



Tartalomjegyzék

1. Bevezető	7
2. Klímaváltozás és az urbanizáció hatásai	8
2.1. Éghajlati jellemzők és várható változása	8
2.2. A RUNOFF klíma-előrejelzésből elérhető csapadékadatok bemutatása	10
2.3. A területhasználat hatása a vízháztartásra	11
3. Szivacs város koncepció	14
4. Jogszabályi háttér	22
4.1. Szabályozások, eljárásrendek	22
4.2. Szabványok, műszaki előírások és egyéb útmutatók	25
4.3. A szabályozás jövőbeli kérdései	26
5. Városi szintű komplex tervezés	28
5.1. Új városrészek kialakításának csapadékvíz-gazdálkodási szempontjai	30
5.2. Kialakult városrészek lehetőségei	33
5.3. Egyes objektumok tervezési szempontjai	35
6. Műszaki alapelvek és a tervezés folyamata, alapadatok	38
6.1. Tervezési műszaki alapelvek, szempontok	38
6.2. Tervezési folyamat	44
7. Műszaki beavatkozások, eszközök	50
7.1. Bevezető	50
7.2. Zöldtetők	52
7.3. Zöldhomlokzatok	53
7.4. Burkolt felületeken alkalmazható eszközök	54
7.5. Zöldfelületi eszközök	64
7.6. Felszín alatti eszközök	76
7.7. Kombinált eszközök	80
8. Méretezési elvek	90
8.1. Bevezető a méretezésről	90
8.2. Tározás, tározási igény meghatározása	100
8.3. Hidrodinamikai lefolyás modellezési és térinformatikai szoftverek	110
8.4. Méretezési példák	114
9. Hazai és nemzetközi példák	124
Østerbro Klimakvarter – Koppenhága	128
Trabrennbahn lakónegyed	135
Lakónegyed a rummelsburgi öböl mellett	137
Blaha Lujza tér megújítása	139
Esőkertek kialakítása Budapesten	140
Bakáts tér, Bakáts utca rekonstrukciója	142
Csengery utca megújítása	143
10. Mellékletek	144
M-1. Főbb szabványok, műszaki előírások és egyéb útmutatók a csapadékvíz-gazdálkodással összefüggésben	144
M-2. Tervezési eszközök és szerepük a csapadékvíz-gazdálkodásban	146
M-3. Esőkertek rétegtrendje	147
M-4. Anyaghasználat esőkertekben	148
M-5. Növényalkalmazás esőkertekben	149
M-6. Esőkert keresztmetszetek	154
Impresszum	158
Képek forrása	159
Ábrák forrása	159



A projekt a Magyar Állam társfinanszírozásával valósul meg. Az anyagban leírt vélemények kizárólag a LIFE Városi Eső projekt partnerségének felelősségi körébe tartozik. A megállapítások nem szükségszerűen tükrözik a finanszírozó szervezetek álláspontját. A finanszírozók nem tehetőek felelőssé az itt közölt tartalmak bármilyen felhasználásáért.

Előszó

Budapest Főváros Önkormányzata ez idáig hét Zöldinfrastruktúra köteten keresztül segítette az Olvasót abban, hogy tervezők, városi döntéshozók, ingatlantulajdonosok minél szélesebb körű tudásanyagot kaphassanak a zöldinfrastruktúrával összefüggő témákban.

A LIFE in Runoff „Városi eső” projektben a Budapest Főváros Önkormányzata partnerként vesz részt, és egyik fő vállalásaként két új Zöldinfrastruktúra kötetet készített el. Jelen kötetet annak érdekében állítottuk össze, hogy a csapadékvíz-visszatartás vízgazdálkodási jelentőségét erősítsük a városfejlesztéssel foglalkozók körében. A klímamodellezések alapján – szintén a „Városi eső” projektben készült el a budapesti, jövőben előforduló időjárást részletesen paraméterező modellszámítás a jelen kötet kiadásakor legfrissebb IPCC jelentés alapján – Budapesten egyre szélsőségesebbek lesznek a jövőben a csapadékesemények, gyakoribbak lesznek a hosszú száraz időszakok és párhuzamosan az extrém csapadékhozamok is. A talajvíz és a folyók vízszintjének folyamatos csökkenésével mind vízutánpótlás, mikroklíma-javítás szempontjából, mind vízgazdálkodási szempontból egyre nagyobb jelentősége van az alkalmazott csapadékvíz-visszatartási megoldásoknak. Természetesen egy-egy esőkert nem fogja az egyre gyakoribb városi árvizek okozta problémákat megoldani, ugyanakkor egy komplex, szürke és kék/zöld infrastruktúra elemeket tudatosan kombináló tervezési eljárás akár időszakos tározási kapacitások és szikkasztási lehetőségek kialakításával már érzékelhető vízgazdálkodási hatást is ki tud fejteni. Ez az átfogó tervezési megközelítés az ún. „szivacs város” koncepció. Egy ilyen komplex rendszert leginkább új építések esetében lehet teljes egészében megvalósítani, azonban a füzetben bemutatott egyes elemek már beépült környezetben, utólag kialakítva is elősegítik a klímaadaptációt.

A füzet célja a tájépítészeti és vízépítőmérnöki szempontokat is figyelembe véve támogatni a rendelkezésre álló eszközök minél szélesebb körű elterjedését. Tekintettel arra, hogy több szakág, sőt szakma együtt gondolkozása, alkotása szükséges a szivacs város megvalósításához, az egyes eszközök részletes bemutatása mellett a tervezés és engedélyeztetés folyamatát is ismertetjük az olvasóval, ösztönözve ezzel az interdiszciplináris tervezői csapatok felállítását. A mindenkor beruházó alapvető felelőssége, hogy egy nagyobb fejlesztési projekt, illetve közterületi beavatkozás esetén

a tervezési szerződésben biztosítsa, hogy a tájépítész kollégák igénybe vegyenek vízgazdálkodással foglalkozó szakembert, hogy a kezelendő csapadékok mennyiségét pontosan tudják kalkulálni, vagy hogy részt vehessenek építőmérnökök és gépészek a tervezési folyamatban, akik a tárolt vizek megfelelő mozgását tudják biztosítani. Ugyanez fordítva is igaz: a természet alapú integrált megoldások azt feltételezik, hogy a támogató szűrkeinfrastruktúra műtárgyai és méretezései mellé egy városökológiai szemlélet is társuljon, azaz a vízgazdálkodással foglalkozó szakemberek, gépészek és építőmérnökök, valamint megbízóik tájépítésben is gondolkodjanak. A klasszikus esőkertek és záportározók mellett hasonlóan fontos, hogy megértsük és számítani tudjunk, hogy egy-egy Stockholm Faültetési Rendszerrel (SFR) telepített fa esetében mennyi víz visszatartásával számolhatunk, és szükség van-e kapcsolódó túlfolyóra, közműves elvezetésre.

„Az egyetlen állandó, a változás maga”, írta Hérakleitosz i.e. 500-ban, de a klímaváltozással ennek igazságát a bőrünkön érezzük. Az állandó változás a korábbi megfigyeléseken alapuló tervezési gyakorlatokat is felborítja, és különböző szakmák minden tudására és összefogására szükség lesz ahhoz, hogy a különösen sérülékeny városi környezetet valóban, és pedig költséghatékony módon ellenállóvá tegyünk, olyanná, hogy az rugalmas reakciókra is képes legyen a jövő valószínűsíthető kihívásaival szemben.

A jelen, 8. kötet szorosan kapcsolódik a 3. kötethez (Vízérzékeny tervezés a városi tereken), mely már foglalkozott a klímaváltozással összefüggésben egyre inkább előtérbe kerülő csapadékvíz-gazdálkodással, tartalmazta a legfontosabb alapelveket, eszközöket és alkalmazási lehetőségeket.

Ajánljuk kötetünket beruházóknak, tervezőknek, projektvezetőknek, önkormányzati szakembereknek, érdeklődő civil szervezeteknek és minden várostervezés és klímaváltozás iránt érdeklődőnek. Bízunk abban, hogy a kötet nyomán a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás érdekében több „szivacs város” eszközzel találkozhatunk a jövőben nemcsak Budapesten, de más városokban is.

Barsi Orsolya főosztályvezető

Klíma- és Környezetügyi Főosztály
Budapest Főváros Főpolgármesteri Hivatal





1. Bevezető

A víz életünk nélkülözhetetlen eleme. Az európai városok az elmúlt évszázadok során olyan összetett műszaki megoldásokat dolgoztak ki, melyek tiszta vízzel látják el a lakosságot és az ipart, biztosítják a városok higiéniáját, és védelmet nyújtanak az áradásokkal és esőzésekkel szemben. Azonban a változó körülmények a meglévő rendszerek felülvizsgálatára ösztönöznek minket. Az éghajlatváltozás által okozott egyre gyakoribb időjárási szélsőségek rávilágítanak, hogy az elmúlt két évszázad csapadékvíz-gazdálkodási stratégiája, a „természet uralása” egyre nagyobb költségeket emészt fel és egyre nagyobb műtárgyakat igényel, miközben városaink egyre inkább kitettek a szélsőséges időjárási eseményeknek. Emellett a fokozódó urbanizáció is egyre nagyobb terhelést jelent a természetes vizek és a csatornarendszer számára. A város terjeszkedésével nő a burkolt felületek aránya is: egyre nagyobb mennyiségű, a csatornahálózatot percekben belül elérő csapadékvizet szükséges elvezetni. Sok esetben gazdaságosabb út a városok védelméhez az alkalmazkodás: megfelelő teret engedni a természeti folyamatoknak és egyben profitálni azok pozitív hatásaiból.

A csapadékvíz-gazdálkodás keretében, ami paradigmaváltás a hagyományos csapadék-csatornázáshoz képest, az esővizet nem (csak) elvezetendő természeti közegnek, hanem megújuló természeti erőforrásnak is tekintjük. A víz, mint természeti erőforrás hatékony kihasználásával kapcsolatban általában az alábbi három kihívás megoldására kell összpontosítani **(1. ábra)**.

Tágabb értelemben megfogalmazható célként a városnak (városrésznek, kerületnek, utcának, ingatlannak) a lehulló csapadékra adott hidrológiai választ próbáljuk közelíteni a hajdanvolt természetes állapotéhoz. A törekvés hajtóerejét a (nem lineáris) trend szerint változó éghajlat, illetve az emiatt egyre szélsőségesebbé váló csapadékesemények jelentik, amelyekhez a meglévő, nem erre tervezett közművek nem képesek alkalmazkodni.

A hagyományos vízgazdálkodási gyakorlatban a városi felszín adottságnak tekintjük, az elvezető rendszer szállítóképességét ehhez határozzuk meg. A csapadékvíz gazdálkodás azonban megköveteli a felszíni lefolyási viszonyok célszerű módosítását. Egyszerűen fogalmazva a városi felszín, mint vízgyűjtő, is a tervezés/átalakítás tárgyává válik. Ezen a ponton kapcsolódik össze a víz-építőmérnök, a településtervező, az építész és a tájépítész munkája, amennyiben a felszín átalakításában, lehetőség szerint sokféle szolgáltatást nyújtó zöldinfrastruktúra elemeket bevonunk.

A fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás szabadtereken megjelenő elemei egyesével csekély jelentőséggel bírnak, de összességük jelentős hatással lehet a városi csapadékvíz-gazdálkodásra és a városklímára. Ez a kiadvány a tájékoztatáson kívül utat kíván nyitni a közös gondolkodáshoz és munkához, mely a jövőben lehetővé teheti a szivacs város eszközök elterjedtebb használatát a szabadtereken. Emellett szándék szerint szemléletformáló jelentőséggel bír minden városlakó számára, aki a zöldinfrastruktúrát használja.

1. ábra

A vízzel kapcsolatos általános kihívások



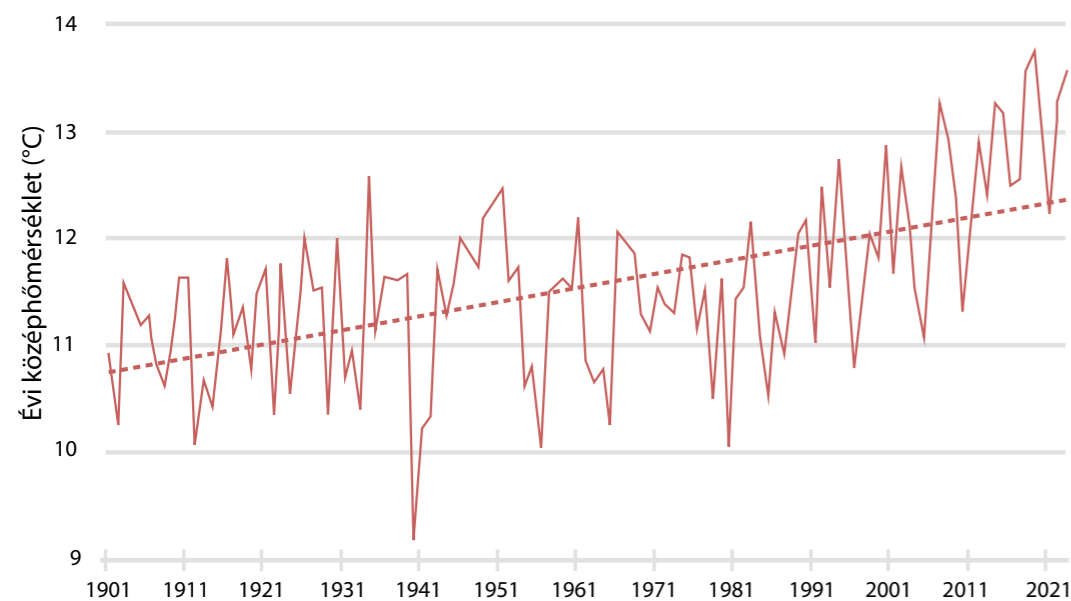
2. Klímaváltozás és az urbanizáció hatásai

2.1. Éghajlati jellemzők és várható változása

A Budapesten várható éghajlati változások

Magyarországon a szélsőséges időjárási események gyakoribbá válása figyelhető meg. Hosszabb száraz időszakokhoz és intenzív nagy-csapadékhoz kell alkalmazkodnunk, melyek kedvezőtlen hatásai városi környezetben fokozottan érvényesülnek.

Hazánkban a globális folyamatokkal megegyezően az éghajlat melegszik – országos átlagban 1901 óta 1,2 °C-ot, Budapest területén 1,61 °C-ot nöött az évi középhőmérséklet az Országos Meteorológia Szolgálat (HungaroMet) elemzése alapján. A hóhullámos napok száma országos átlagot véve 6 nappal növekedett az 1901-2021 közötti időszakot tekintve a fagyos napok száma pedig csökkenő tendenciát mutat. Budapesten a 20. század eleje óta a harmadfokú hóhullámos napok évi számában 7,7 napos növekedés figyelhető meg. Az ezredfordulót követő időszakban jelentkeztek az eddigi legmelegebb évek.

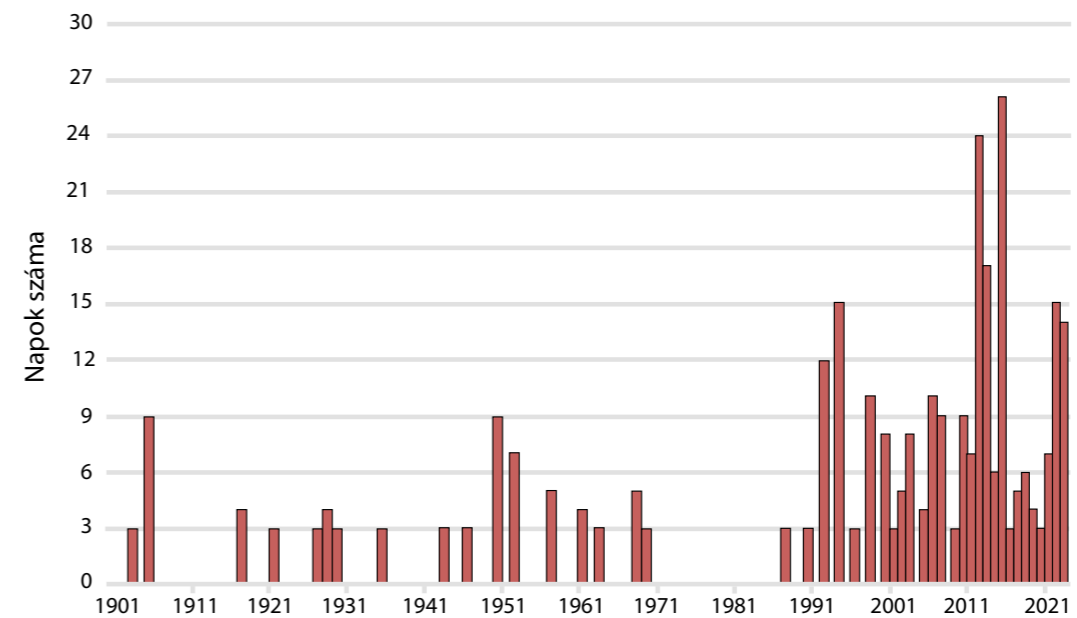


2. ábra

Az évi középhőmérséklet változása Budapest belterületén 1901-2023 között °C-ban lineáris trendillesztéssel, homogenizált adatok alapján (Forrás: HungaroMet)

Az évszázad végére a magyarországi éves hőmérsékletváltozás becsült értéke 2-4 °C¹, azonban nyáron és télen ennél is jelentősebb hőmérsékletváltozással számolhatunk. A fagyos napok száma a 2001-2030-as időszakra 59-66 napra csökkenhet a fővárosban az 1971-2000 időszakra jellemző 103 naphoz képest. A növekvő átlaghőmérséklet mellett a szélsőséges hőmérsékleti események és az intenzív csapadékok is gyakoribbá válnak.

¹ referencia időszak: 1971-2000



3. ábra

A legalább 3 napig legalább 27 °C napi közép-hőmérsékletű hóhullámos napok évi száma Budapest belterületén 1901-2023 között, homogenizált adatok alapján (Forrás: HungaroMet)

Országos átlagban csökken a csapadékos napok száma, ezáltal hosszabb száraz időszakokkal kell szembenéznünk. Az átlagos napi intenzitás növekedése és a csapadékos napok számának csökkenése a csak kis mértékben változó éves átlagos csapadékmennyiségek mellett arra utalnak, hogy a csapadék többször hullik le intenzív záporok és zivatarok formájában.

A LIFE RUNOFF – Városi eső projekt eredményei Budapest klímájának várható alakulása kapcsán

A LIFE20 CCA/HU/001774 LIFE in RUNOFF – Városi Eső projekt keretében lokálisan, több helyszínt figyelembe véve elemezték a Budapesten várható éghajlati változásokat a közeli (2030-2050) és a távolabbi (2050-2070) jövőt vizsgálva.

A specifikus budapesti helyszínekre számított eredmények is alátámasztották, hogy a már megkezdődött felmelegedés folytatódni fog, amely leginkább a korábban hidegnek tekinthető téli hónapokban jelentkezik intenzíven. A városban élőknek több extrém meleg (+35 °C feletti maximum hőmérsékletű) nappal kell számolniuk a nyári időszakban. Ezzel párhuzamosan az extrém hideg (–10 °C alatti napi minimum hőmérsékletű) napok száma jelentősen csökken, de időjárásunknak továbbra is része lesz a rövid ideig tartó, de erős fagy. Az átlagos éves csapadékmennyiségek várhatóan kismértékben növekednek ~2030-2050-re és ~2050-2070-re (átlagosan becsült érték 1% és 3-5% a két időszakra). Évszakos bontást tekintve nyáron csökkenő tendenciát mutat a csapadék mennyisége, míg a többi évszakban várhatóan növekedni fog.

A csapadékos napok száma (>1mm/nap) nyáron és a tavaszi hónapok többségében csökkenő, míg ősszel és télen növekvő tendenciát mutat. A napi csapadékinzultások tavasszal, ősszel és télen növekednek, míg nyáron a csökkenés a jellemző. A száraz időszakok hossza minden évszakban növekszik.

Időtávok: 2030-2050 és 2050-2070 (RCP 4.5 éghajlati forgatókönyv, Budapest)

Csapadék-előrejelzés	Tavas	Nyár	Ősz	Tél
Csapadékos napok száma	↓	↓	↑	↑
Intenzív csapadék előfordulása	↑	↓	↑	↑
Száraz időszakok hossza	↑	↑	↑	↑

4. ábra

Csapadék-előrejelzések az RCP 4.5. éghajlati forgatókönyv szerint

2.2. A RUNOFF klíma-előrejelzésből elérhető csapadékadatok bemutatása

Az éghajlati változások várhatóan jelentős hatással lesznek Budapest jövőbeli időjárására. Az éghajlatváltozás következtében átalakuló csapadékvíz-gazdálkodási tervezés során érdemes nemcsak a jelen állapotot, hanem a jövőben lehetséges változásokat is figyelembe venni. Ez az éghajlati előrejelzések eredményeként előálló meteorológiai idősorokkal lehetséges. A rendelkezésre álló regionális klímamodellek eredményei a lokális jelenségeket elfedő nagy cellaméretű (átlagosan 10-25 km) következtében nem jól alkalmazhatók városi környezetben. Emellett a városi vízgyűjtők lefolyásainak egyik jellemzője a rövid összegyülekezési idő, ezért a méretezési feladatok és a dinamikus lefolyás szimulációval történő hálózati elemzések elvégzéséhez finom időbeli felbontású (≤ 5-10 perc) csapadék idősorokra van szükség, azonban a regionális klímamodellekből ezek nem állnak rendelkezésre.

A csapadék mellett szükség lehet egyéb éghajlati elemek idősoraira is, melyekből a vízgyűjtő olyan egyéb folyamatait is számíthatjuk, mint például a párolgás. Ezek esetében jellemzően nem az időbeli felbontás a gond, hanem a térbeli felbontás, vagyis a vizsgált helyszínré lokálisan érvényes idősorok nem állnak rendelkezésre.

A LIFE20 CCA/HU/001774 LIFE in RUNOFF – Városi Eső projekt keretében olyan finom térbeli és időbeli felbontású csapadék és egyéb éghajlati paraméterek idősorok készültek Budapest területére, két választott távlati időszakra (2030-2050, 2050-2070), melyek alkalmazhatók a helyi csapadékvíz-gazdálkodás tervezésében. A szükséges tér- és időbeli felbontású idősorokat a regionális klímamodellek idősorainak sztochasztikus alapú generálásával és leskálázással állították elő. A modern szemléletű tervezésben előtérbe kerül az idősorok alkalmazása az eseményalapú számítások helyett.

A finom felbontású idősorok, illetve az azokból származtatott egyéb eredmények lehetséges alkalmazási területei:

- Csapadékvíz-elvezető és -gazdálkodó rendszerek méretezése és vizsgálata tapasztalati számítási módszerekkel és/vagy hidrodinamikai lefolyás szimulációt végző modellekkel;
- Városi mikroklíma változásának vizsgálata;
- Bármilyen egyéb feladat, amelyhez éghajlati idősorokra van szükség.

A tervezési helyszín adottságai, a feladat sajátosságai és a választott méretezési módszer adatigényétől függően **(lásd: 8. fejezet)** kell megválasztani a méretezésnél alkalmazott csapadékadat típusát. Nagyobb beruházásoknál, komplex lefolyási viszonyokkal jellemezhető vízgyűjtőknél az idősorokkal végzett vizsgálatok ajánlottak, mivel a rendszerben fellépő tározási folyamatok (például az egymást követő nagycsapadékok egymásra hatása a tározóterekben) csak ezúton írhatók le kellő pontossággal. Kisebb térbeli léptékű (például egy telek) és gazdasági értékű projekteknel elégséges lehet a nagycsapadékokból keletkező lefolyások eseményalapú vizsgálata, erős korlátozó feltételek mellett. Az utóbbi esetben klímaszorzők alkalmazásával vehető figyelembe az éghajlatváltozás módosító hatása.

A HungaroMet honlapján elérhető a csapadékvíz-elvezető hálózatok méretezésénél alkalmazott csapadékmaximum függvények aktualizált változata, melyek a csapadékesemény alapú méretezés alapját képezik. Az extrém nagycsapadékok intenzitás értékei a visszatérési idő (átlagosan milyen gyakorisággal fordul elő) és az időtartam függvényében adottak, de ezek csak a jelen állapotot jellemzik, a jövőbeli változásokat nem. A RUNOFF projekt keretében elkészültek a csapadékintenzitások közeli és távoli jövőre vonatkozó becslései. A jelen időszakra vonatkozó és az előrejelzett értékek összehasonlításából képet kapunk a csapadékintenzitások változásának mértékéről. Az előrejelzések alapján meghatározhatók a Budapestre érvényes klímaszorzők. A klímaváltozás hatását figyelembe vevő tényezővel a mértékadó intenzitásértéket be kell szorozni. A méretezésnél ajánlott klímaszorző értékeket az 1. táblázat foglalja össze. A vizsgált budapesti állomások közül a legnagyobb növekmény a Budapest pestszentlőrinci (XVIII. kerület, koordináták: 47,4292, 19,1822) mérési idősor esetén adódott, ezért az ezen az állomásra meghatározott szorzók tekinthetők mértékadónak. A klímamodellek közel fele 10-30%-os intenzitásnövekedést jósol a rövid időtartamú csapadékok körében a 2070-ig terjedő időszakban, míg bizonyos modellek szerint akár 40-80%-os növekmény is elképzelhető. (A számítások a pesszimista és optimista közötti, közepes kibocsátási (üvegházhatású gázok) forgatókönyvön alapulnak, ebből kifolyólag magasabb intenzitásnövekedés és szélsőségesebb időjárásváltozás is bekövetkezhet a becsülnél).

Visszatérési idő [év]	Csapadék időtartam [perc]	2030-2050		2050-2070	
		Közepes biztonság	Magas biztonság	Közepes biztonság	Magas biztonság
1	10	1,3	1,6	1,3	1,7
1	60	1,2	1,4	1,2	1,5
5	10	1,3	1,6	1,3	1,7
5	60	1,2	1,4	1,2	1,5
10	10	1,3	1,8	1,3	1,8
10	60	1,3	1,6	1,3	1,7

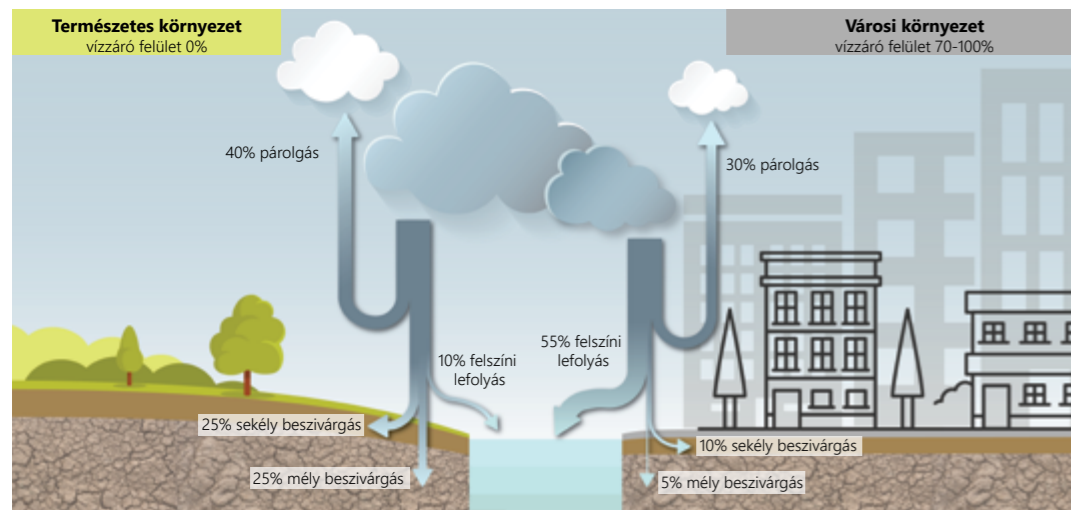
1. táblázat
Budapest klímaszorzői a 2030-2050 és 2050-2070 közötti időszakokra

2.3. A területhasználat hatása a vízháztartásra

A városok specifikus mezoklimájának kialakulása a város méretének, természetföldrajzi helyzetének, az épített környezet kialakításának (beépítettségnek) és egyéb antropogén hatások összességének eredménye, melynek következtében ún. városklíma alakul ki, mely különbözik a tágabb térség éghajlatától. Ez az eltérés az épületek, építmények, burkolatok tulajdonságaiból (pl. nem vízáteresztők, könnyen felmelegszenek), a burkolatokon használt vízzáró anyagok (pl. CKT alap, aszfalt vagy beton héjalás) miatt megváltozott lefolyási viszonyokból, az alacsony növényborítottságból, a sokféle emberi tevékenység általi (fűtés, közlekedés, ipar) kibocsátásból (hő, szennyező anyagok) adódik. Ezt fokozza a sötét burkolatok (pl. aszfalt) alkalmazása, melyek a napfény nagy részét magukba szívják és hőenergia formájában sugározzák vissza. Ezek a tényezők együttesen jelentősen módosítják a városok klimatikus viszonyait a kevésbé beépített térségekhez képest. A városklíma legfontosabb jellemzői:

- a város légterében kialakult hőtöbblet (ún. városi hősziget),
- a megváltozott átszellőzési viszonyok (szélcsatornák és szélcsendes helyek),
- alacsony relatív légnedvesség,
- a levegőminőségi problémák.

Amennyiben nem klímatudatos elvek mentén fejlődik egy város (pl. átszellőzés és megfelelő mennyiségű, minőségű zöldfelület hiánya), a város méretével arányosan romlanak a klimatikus viszonyok. Az emberekre nézve a globális felmelegedés és a városklíma hatásai egyaránt terhelően hatnak. A globális klímaváltozás egyik következményeként várhatóan emelkedik a hőhullámos napok száma és hőhullámok intenzitása is, ami Budapesten is a sajátos városi jelenségekkel összeadódva a városlakók számára egyre kedvezőtlenebb életkörülményeket jelent.



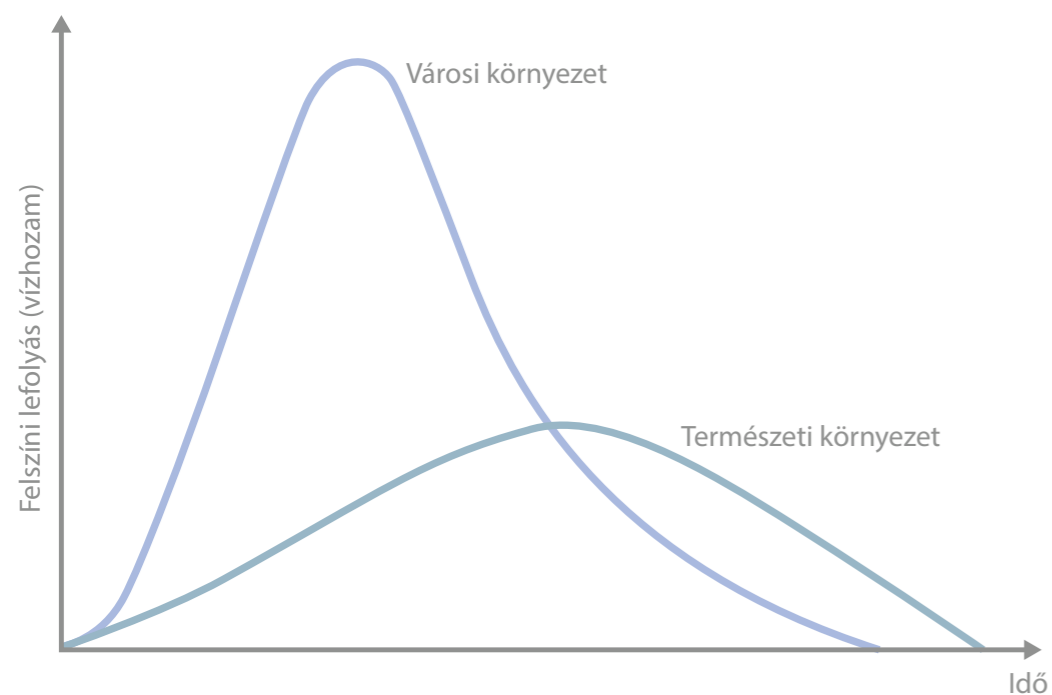
5. ábra
Természetes és városi vízkörforgás (az éves csapadékmennyiségre vonatkozóan)

A városi beépítés hatása a vízháztartásra

A **természetes vízkörforgás** során a le hulló víz kb. 50%-a szivárog be a talajba, melynek fele a talaj felső részéig jut (ún. sekély beszivárgás), mely nagy része visszapárolog a légkörbe. A fennmaradó hányad (tehát a le hulló csapadékvíz mintegy 25%-a) képes mélyebbre hatolni, elérve a talajvíztér szintjét (mély beszivárgás). A csapadékvíz kb. 40%-a elpárolog, melybe a közvetlen (felszínről, növényzetről történő) párolgás és a növényzet által elpárologtatott vízmennyiség is beleértendő. Egy közel sík, növényzettel burkolt felszínen a **lefolyás csekély**, természetes felszínen kb. 10%.

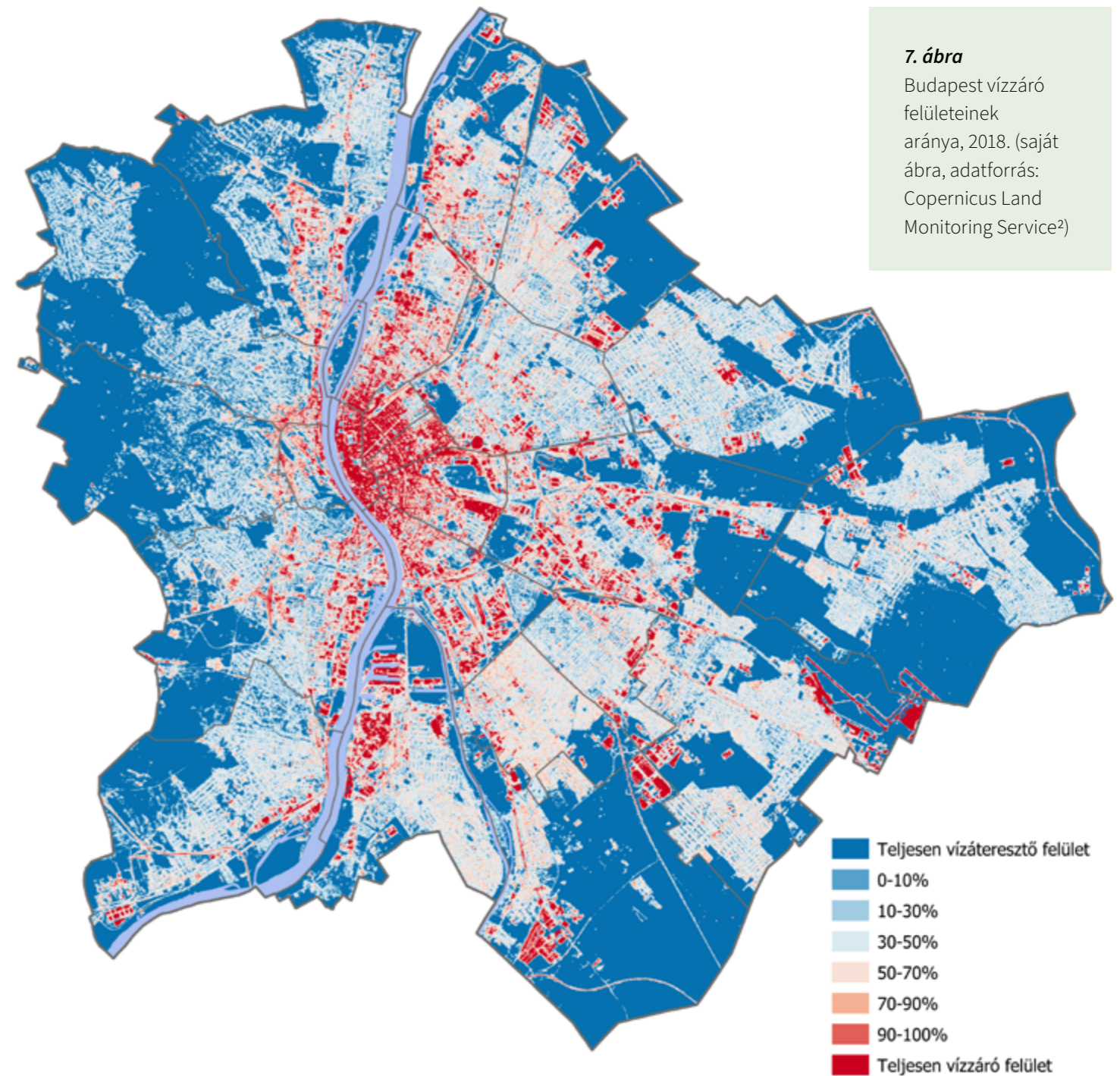
A **városokban** ezzel szemben a felszín nagy része burkolt, ami **nem engedi a beszivárgást**. Az elsikkadni nem tudó, lefolyó víz a sima felületeknek köszönhetően pár perc alatt megjelenhet a csatornában és a környező vízfolyásokban - és **előtéseket**, illetve kisvízfolyások esetén ún. **városi árvíz okozhat**. Sűrűn beépített városi környezetben - ahol a vízzáró felszínek aránya 70-100% között mozog - a mély beszivárgás mértéke mindösszesen 5% körüli, ami azt jelenti, hogy a csapadék nagy része nem jut el a talajvíztérig. Az **5. ábrán** látható %-os arányok hozzávetőleges értékek, ugyanis a talaj és a talajvíz adottságoktól is erősen függenek: például, ha a talajvíz mélyen helyezkedik el, ha a talaj felső rétege csekély (például iszapos), vagy nagy (például homokos kavics) beszivárogtató kapacitású, az 5. ábrán látható arányok módosulnak. Ez (is) rámutat a csapadékvízzel kapcsolatos folyamatok erősen helyi körülményektől függő jellegére.

A természeti és városi környezetben történő felszíni lefolyás eltérése jól érzékelhető az árhullámkép (**6. ábra**) alapján is: a városi környezetben nemcsak a felszínen elfolyó víz mennyisége nagyobb, hanem mindez jóval rövidebb idő alatt következik be, mint a természeti környezetben.



6. ábra
Lefolyási görbe a természetben és a városban

Budapest megváltozott vízkörforgású városias környezetét a Copernicus adatbázison alapuló vízzáró felületek aránya térkép (**7. ábra**) szemlélteti. A vízzáró felület, mint fogalom, egyaránt jelenti a talajok vízzáró anyaggal (például aszfalttal vagy betonnal) történő fedését, és a talajok főként építési műveletek következtében megvalósuló eltávolítását. Mértéke megmutatja, hogy egy adott területen belül milyen arányban (%-ban) vannak jelen tartósan mesterséges felszínnel fedett földterületek a természetes, illetve féltermészetes területek mellett.



7. ábra
Budapest vízzáró felületeinek aránya, 2018. (saját ábra, adatforrás: Copernicus Land Monitoring Service²)

A városi beépítés a csapadékvíz minőségét is befolyásolja: a csapadékvízbe mosódó leggyakoribb szennyezőanyagokat és ezek forrásait **6.1. fejezet** mutatja be.

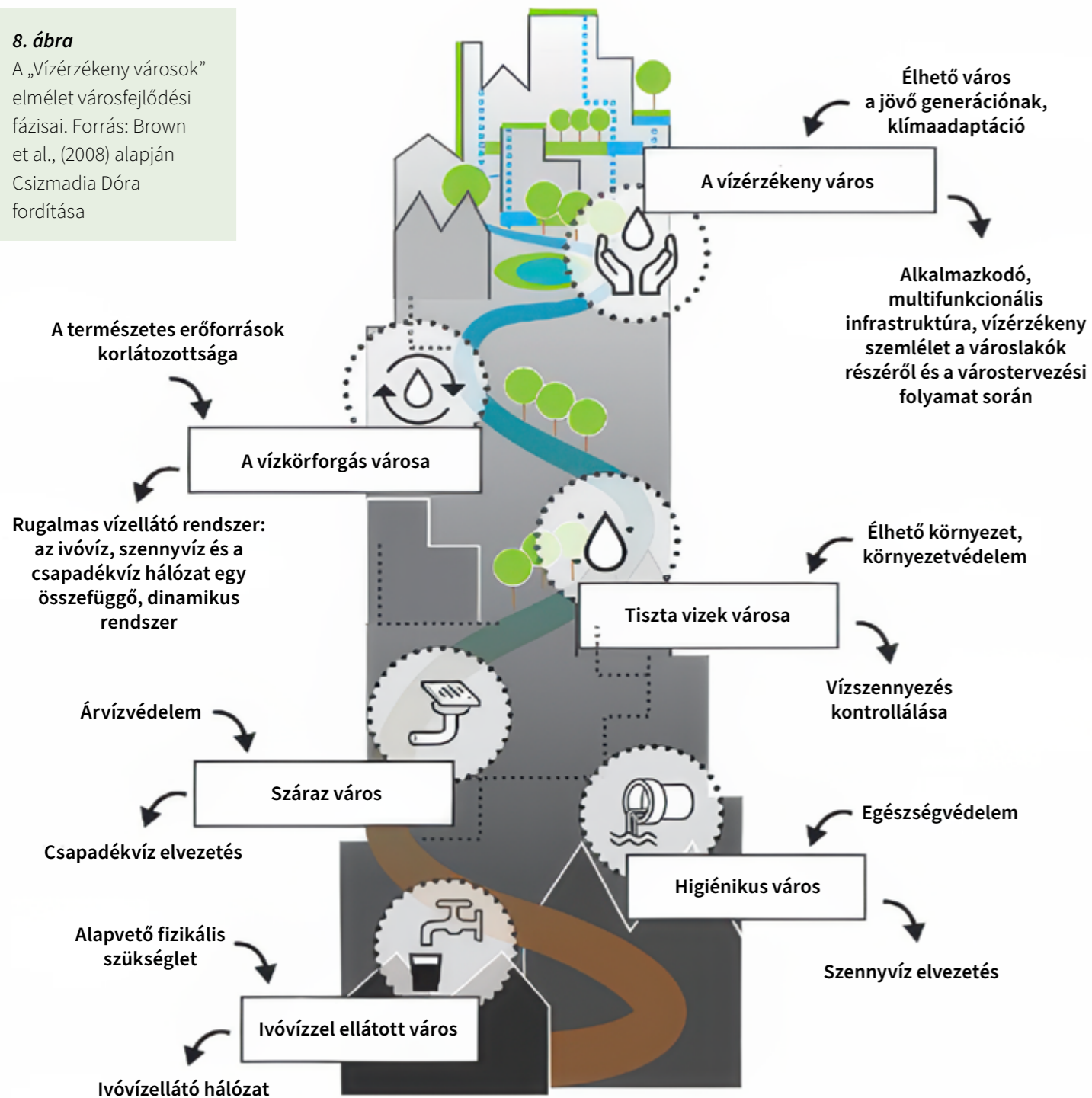
² <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness>

3. Szivacs város koncepció

A városi vízgazdálkodás egyidős az első városok kialakulásával, és számos fázison esett át eközben, melyet a „Vízérzékeny városok” elmélet alapján a **8. ábra** foglal össze. Az ivóvíz elérhetősége és a keletkező szennyvíz hatékony kezelése létkérdés minden civilizáció számára, ezért településeink nagy része vízfolyások mellé települt.

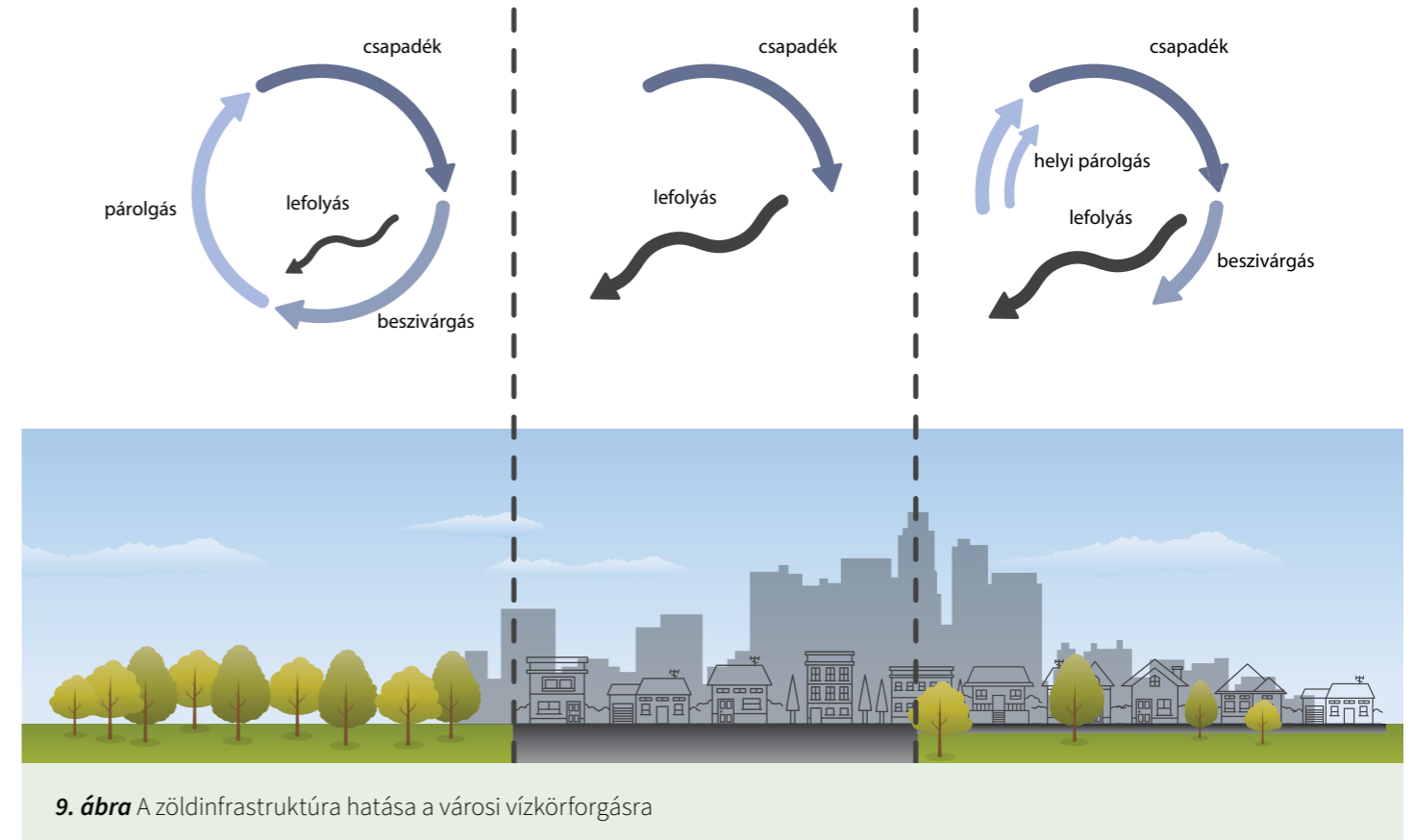
A csapadékvíz elvezetése a városok sűrűségének növekedésével vált szükségessé. Először a '70-es és '80-as évek környezetvédelmi mozgalmi hívták fel rá a figyelmet, hogy felszíni és felszín alatti víztestekbe tisztátalanul bevezetett szennyvíz és lefolyás komoly következményekkel jár. Mára a szennyvíz 90%-a tisztításra kerül Európában – a klímaváltozás azonban további problémákra hívta fel a figyelmet.

8. ábra
A „Vízérzékeny városok” elmélet városfejlődési fázisai. Forrás: Brown et al., (2008) alapján Csizmadia Dóra fordítása



A kiszámíthatatlanná váló csapadékvízviszonyok és nyári aszályos időszakok szükségessé teszik, hogy kompenzáljuk a beépítés káros hatásait és felülvizsgáljuk a városi vízellátás, vízelvezetés, szennyvízkezelés és árvízvédelem rendszerét. A jelenleg egymástól nagyrészt függetlenül működő szakterületek összekapcsolásával kialakítható a zárt városi vízkörforgás, amelyben a víz a lehető leghatékonyabb módon kerül felhasználásra. A végső cél azonban ennél összetettebb: a vízérzékeny városban minden tervezési folyamat a vízérzékeny szemlélet jegyében történik, legyen szó akár az új szabadterek és beépítések kijelöléséről, a zöldfelületi rendszer tervezéséről vagy a lakosság tudatos vízhasználatáról.

A vízérzékeny városok¹ csapadékvíz-gazdálkodásának leírására számos, országonként eltérő fogalom alakult ki, ilyen a fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás (a sustainable drainage system – SUDS) Nagy-Britanniából, a csekély beavatkozásokkal járó fejlesztések (low impact development – LID) az Egyesült Államokból, a vízérzékeny várostervezési megközelítés (water-sensitive urban design – WSUD) Ausztráliából, vagy a „szivacs város” (sponge city) Kínából. A „szivacs város” kifejezést közérthetősége miatt a világ számos városa átvette csapadékvíz-gazdálkodási stratégiája leírására. De mit is jelent pontosan egy szivacs város?



9. ábra A zöldinfrastruktúra hatása a városi vízkörforgásra

A szivacs városok elsősorban természet alapú megoldásokkal² igyekeznek javítani a város szövet víz megtartó képességét és közelíteni a városi vízkörforgás elemeinek arányait a természetes vízkörforgáshoz. Ennélfogva a szivacs város koncepció alapvető célja, hogy csökkentse a lefolyást, növelje párolgásra képes felületeket és ezáltal javítsa a városaink klímaadaptációs képességeit.

A szivacs város koncepció eszköztárába tartozik minden olyan a természeti folyamatokat használó, vagy a természeti rendszerek működését támogató infrastruktúra elem, ami csapadékvíz szikkasztásával, tározásával, tisztításával, párolgztatásával és hasznosításával, lefolyásának és elvezetésének késleltetésével tudja javítani a zöldinfrastruktúra elemek³ ökoszisztéma szolgáltatását, továbbá mérsékelni tudja szélsőséges időjárási események kedvezőtlen hatásait.

¹ A vízérzékeny városok fogalma alatt jelen kiadványban olyan várostervezési és fejlesztési megközelítést értünk, amely a vízgazdálkodásra, a természetes vízkörforgás városi környezetben történő adaptálására és a víz fenntartható használatára kiemelt hangsúlyt helyez.

² A Természet alapú Megoldások (TAM) egy komplex gyűjtőfogalom, olyan tevékenységek összessége, melyek az ökoszisztémák védelmét, helyreállítását, a velük való fenntartható gazdálkodást szolgálják. Közös jellemzőjük, hogy egymással szinergiában képesek környezeti, társadalmi és gazdasági előnyöket nyújtani: azaz egyszerre növelik a biológiai sokféleséget, egy terület ellenállóképességét és az emberi alkalmazkodóképességet a klímaváltozás negatív hatásaival szemben. (Nemzetközi Természetvédelmi Szövetség (IUCN) és az Egyesült Nemzetek Szervezete (ENSZ) meghatározása alapján)

³ A 282/2024. (IX. 30.) Korm. rendelet 2. § 8. pont szerint a települési zöldinfrastruktúra elem: a települési zöldinfrastruktúra szerkezetét adó vonalas vagy foltszerű, zöldfelülettel vagy vízfelülettel borított, ökoszisztéma szolgáltatást nyújtó területek, különösen a fasor, közpark, közpark, magánkertek, vízfolyás és állóvíz, valamint egyéb, a településterv zöldinfrastruktúra munkarésében meghatározott, településszerkezeti jelentőségű zöldfelületek, amelyek együttesen alkotják a települési zöldinfrastruktúrát.



A szivacs város eszközök funkciója, ökoszisztéma szolgáltatása

A szivacs város eszközök önmagukban kis jelentőséggel bírnak a városklíma és a vízgazdálkodás egészére, rendszer szinten azonban jelentős műszaki, valamint ökológiai és társadalmi hasznuk van. A természet által az emberek és más élőlények számára nyújtott szolgáltatásokat ökoszisztéma szolgáltatásoknak hívjuk, melyeket az ENSZ definiált a 2000-es Milleniumi Ökoszisztéma Felmérésben. A természet alapú megoldások a szürke infrastruktúra eszközeivel ellentétben multifunkcionálisak, egyszerre többféle funkciót is betöltenek, ökoszisztéma szolgáltatást nyújtanak a környezetük számára, melyeket a **2. táblázat** foglal össze.

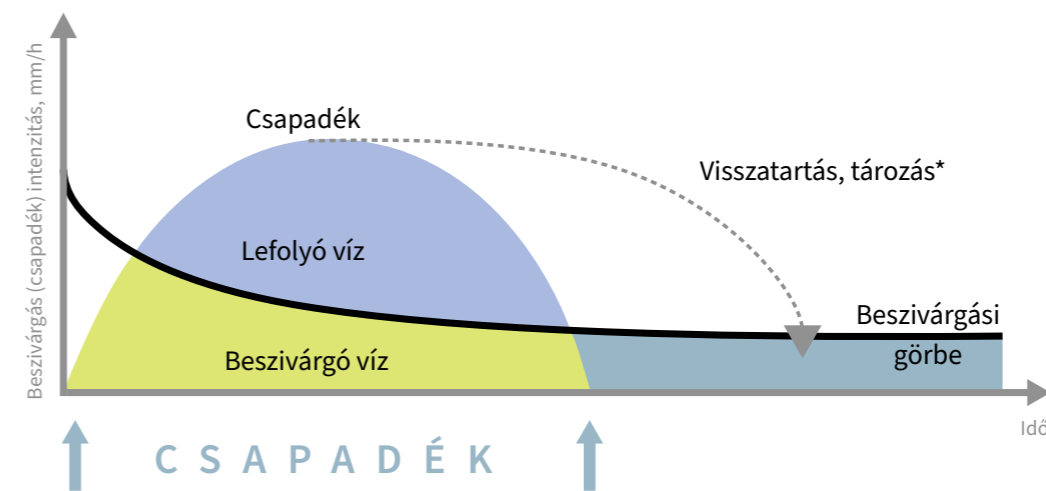
ÖSZ típus	Ökoszisztéma szolgáltatás	Hatásmechanizmus	Jelentőség
Támogató	Biodiverzitás növelése	A zöld infrastruktúrába ágyazott vízgazdálkodási elemek fontos élőhelyekké válhatnak.	A revitalizált patakok ökológiai folyosóként szolgálnak a fajok számára. A rehabilitált vizes élőhelyek számos védett fajnak nyújtanak menedéket. Az esőkertek, zöldtetők virágos fajai védelmet és mézlegelőt nyújthatnak a rovarok számára, melyek száma az elmúlt évtizedekben drasztikusan lecsökkent a permetezőszerek hatására Európában.
	Városi talajok vízháztartásának javítása	A szivacs város eszközök elősegítik a talajba történő beszivárogatást, szikkasztás révén a városi talajok vízháztartásának javítását.	Hozzáférhető vízkészlet a növényzet, különösen a városi fák számára. A felszín alatti vízkészletek természetes utánpótlásának elősegítése.
Ellátó	Víztározás és víz visszatartás	A szivacs város rendszerek segítik a csapadékvíz visszatartását és tározását.	Hasznosítható vízzel látja el a települést egy-egy ilyen megoldás.
Szabályozó	A mikroklíma szabályozása	Segít helyreállítani (vagy megközelíteni) a terület természetes vízháztartását, így talajvíz és a talajnedvesség emelkedik, a növényzet és a víztestek csökkentik a levegő hőmérsékletét, pl. a víz elnyeli a hőt, a fák árnyékot adnak és párolgás útján hűtik a levegőt.	Hőstressz csökkentése
	Lefolyás szabályozás	A növényzet és a talaj felfogja és tárolja a csapadékot.	Az árvíz, elöntés kockázatának és a csatornahálózat túlterheltségének csökkentése, rendszerfejlesztési költségek csökkentése
	Vízminőség javítása	A természetes szűrés révén a zöldfelületek és a vízelnyelő infrastruktúrák (pl. zöldtetők, esőkert, bioswale-ek) segítik a szennyeződések eltávolítását a vízből, mielőtt az a talajba szivárog vagy a felszíni vizekbe kerül.	Vízminőség javulása költséghatékonyan
	Levegőminőség szabályozás	A növények megkötik a szennyező anyagokat a leveleikre való lerakódás vagy a szövegekben történő felszívódás útján.	A rossz levegőminőséggel összefüggő egészségi kockázatok csökkentése.
Kulturális	Rekreáció és esztétikai érték	A zöldterületek szabadidős tevékenységeket (pl. kerékpározás, futás, kutyasétáltatás, úszás) vagy a táj élvezetét biztosítják. A zöldfelületek átjárhatóak a városiakok számára és jól kombinálhatóak a kerékpáros és gyalogos közlekedési útvonalakkal. Sok vízgazdálkodási eszköz multifunkcionális használatú, azaz száraz időben átlagos szabadteréként használhatóak, így a terület nem „veszik el” a városiakok számára.	Az emberek mentális és fizikai egészségének és jólétének javítása, a stressz csökkentése a természettel való érintkezés és a kapcsolódás által. A szivacs város projektek gyakran közösségi alapúak, ami elősegíti a lakosság bevonását és részvételét a városi környezet fejlesztésében. Ez erősítheti a közösségi összetartást és növelheti az emberek helyi környezetük iránti felelősségérzetét.

2. táblázat A szivacs város eszközök főbb ökoszisztéma szolgáltatásai

Az ökoszisztéma szolgáltatások jelenlétét sokszor magától értetődőnek vesszük – egyes hazai kutatásokat vagy kezdeményezéseket leszámítva – a gyakorlatban értékük sajnos nincs beárzva a gazdasági folyamatokban, és sokszor csak az ökoszisztémák degradációjából fakadó negatív hatások – erózió, elöntések – döbentenek rá az értékükre. Míg egyes szolgáltatások (pl. a víz tisztítás) számszerűsítésére már léteznek matematikai modellek, egy, a parkban eltöltött kellemes délután vagy egy utca idős fasorának „hasznát” egyelőre nehéz objektív mutatókkal mérni. A zöldinfrastruktúra azonban nem csak a város lakó emberek számára előnyös: számos állatfaj talál táplálékra és otthonra a városi zöldfelületeken, ami támogatja a biodiverzitás fenntartását. Míg a szürke infrastruktúra értéke elkészülése pillanatában a legmagasabb, a szivacs város eszközök értéke és hatékonysága a növények fejlődésével folyamatosan nő.

A szivacs város eszközök működési elve

A szivacs város eszközök célja, hogy a városi területeken lehulló csapadékot a lehető legnagyobb mértékben helyben tartsuk és használjuk/hasznosuljon, ezáltal minimalizáljuk a felszíni lefolyást. A **10. ábra** érzékelteti a szivacs város eszközök alkalmazásának jelentőségét: melyek a csapadékvíz egy részét megtartják és tárolják, csökkentve ezzel az elfolyó víz mennyiségét. Az ábra hangsúlyozza, hogy a szivacs város eszközök lehetővé teszik a víz talajba szivárgását, csökkentve a túlzott lefolyást és javítva a vízmegtartási folyamatot.



*Szivacs város eszközök alkalmazásával

10. ábra
A beszivárgó és a lehulló csapadékvíz kapcsolata

Mivel, egyrészt a talaj beszivárogatási kapacitását érdemben nem tudjuk módosítani, másrészt a csapadékként intenzitás sokszor nagyobb a beszivárgási intenzitásnál, két lehetőség van:

1. tározótér fogat közbeiktatásával a beszivárogatási időt, és/vagy
2. a beszivárgási felületet növeljük.

A szivacs város koncepció esetén tehát kiemelt jelentősége van a csapadékvíz tározásának. A tározás formája alatt nem csak a klaszikus felszíni, vagy felszín alatti épített tározó tereket kell érteni, hanem minden olyan épített és természetes tározókapacitást, ami alkalmas a lehullott csapadék rövidebb, hosszabb idejű megtartására és abból történő késleltetett felhasználására. A tározótér szerepe a mindenkori felszíni lefolyás és vízhasználat/hasznosulás közötti egyenlőtlenések (többletek és hiányok) kiegyenlítése. A vizek tározásának és helyben tartásának következtében olyan többlet vizek állhatnak rendelkezésre, amelyek több célból is hasznosíthatók (pl. párolgás fokozása, növényzet táplálása, talajvíz mennyiség növelése), ezzel javítva a környezet vízháztartását, vízgazdálkodását.

A hasznosításkor alkalmazott tározó egészen más vízforgalmi feltételekkel működik, mint a hasznosulásnál alkalmazott „tározó”, ezért tisztázni szükséges ezek fogalmát és feltételeit.

A **HASZNOSÍTÁS** a csapadékvíz felhasználása bármely, ivóvízművelés nem igénylő célra: háztartási és intézményi vízhasználat (mosás, takarítás, WC öblítés, zöldfelület öntözés és a burkolt felületek hűtése). Mivel a mindenkori csapadék nyújtotta vízmennyiség és a vízhasználat időben szinte sohasem azonos, a hasznosítás a környezetétől elzárt tározó kialakítását igényli, amibe a felszíni lefolyást közvetlenül vezetjük be, ha szükséges, valamely tisztítási folyamat beiktatása után. A tisztítás szükségességét a hasznosítás módjának igénye szabja meg. Szabadon megválaszthatjuk a kivett mennyiséget és hozamot, a kívánt időbeli bontásban, ha az rendelkezésre áll. Nyitott felszíni tározók esetében a hasznosítás mellett a párolgás is csökkenti a tárolt mennyiséget, ami mikroklíma javítási célokhoz is rendelhető.

Léptéktényező, összekapcsoltság

A szivacs város eszközök tipikusan decentralizált eszközök, amelyek a keletkezés helyéhez lehetőleg legközelebb kezelik a csapadékvizet. Az eszközök működhetnek egymástól függetlenül (szigetszerűen), de a hatékonyságuk növelése érdekében össze is köthetőek egymással: ha egy vízgyűjtőn nincs hely akkora eszköz kialakítására, amely a teljes lefolyást be tudja fogadni, a felesleg tovább folyhat a következő tározóba.

Az ökoszisztéma szolgáltatások mindaddig korlátozottak, illetve csak erősen lokálisnak tekinthetők, amíg a léptékek megfelelően nem érnek el egy adott rendszerméretet. A szolgáltatások érzékelhető mértékéhez a zöldinfrastruktúrának nyilvánvalóan el kell érnie valamely területi kiterjedést, tehát a lokális elemek nagyszámú és szisztematikus térbeli megvalósítását és összekapcsoltságát.

A változatos zöldinfrastruktúra elemek akkor segítik a leghatékonyabban a csapadékvíz közvetlen hasznosítását vagy közvetett hasznosulását, ha azok egy-egy nagyobb területen, szisztematikus telepítéssel, helyi megoldások rendszeréből állnak összekapcsolva a szürkeinfrastruktúra rendszerével. A két hálózat kombinálható egymással, hiszen sokszor nincs elég hely a tradicionális infrastruktúra teljes kiváltásához. A szivacs város elemek azonban ekkor is segíthetnek a csatornahálózat terhelésének csökkentésében és a növényzet vízellátásának a javításában. Míg a centralizált szürke infrastruktúra bővítésének mindig korlátja a rendszer befogadóhoz közelebbi elemeinek keresztmetszete, a szivacs város rendszer esetében kevesebb korlátozó tényező áll fenn.

A szivacs város eszközök az egyszerű tervezési elvektől (burkolat zöldfelület irányába lejtetése, változatos domborzat létrehozása) az összetett, kombinált eszközökig terjednek. Minden szabadtértervezési projekt során akadnak olyan területek, ahol vízérzékeny tervezési szemlélettel elősegíthető a csapadékvíz jelentős hányadának helyben tartása, vagy a felszíni lefolyás késleltetése.

A **HASZNOSULÁS** a gyökérzónában a talajnedvesség és/vagy a talajvíz pótlása, tehát a városi zöld számára a csapadékvízhez való hozzáférés lehetővé tétele, növelése. A hasznosulásnál a növények mindenkori vízigénye fogyasztja a talaj pórusrendszerében, mint tározótérben visszatartott vízmennyiséget. A hasznosítással ellentétben a tározó töltése (a pórusrendszer telítődése) nem a mindenkori érkező víz hozama szerint alakul, annak határt szab a talaj beszívókapacitása.

Forráskontroll a csapadékvíz-gazdálkodásban

A környezetvédelem sok évtizedes felismerése és azóta alkalmazott alapelve, hogy a szennyezőanyagok környezeti hatásai elleni védekezésben sokkal hatékonyabb a forráskontroll az ún. csővégi megoldásoknál. Másképpen, vízi szennyezőanyag transzport esetében, ha minden szennyezőforrás kibocsátását beleengedjük és azokat összekeverjük a csatornahálózatban, majd végül a komponenseket a végponton, egy szennyvíztisztító telepen megpróbáljuk eltávolítani, drágább és kevésbé hatékony eljárásról jutunk, mint abban az esetben, ha a kibocsátás helyszínein a forrást szüntetnénk meg (vagy legalább korlátoznánk). Utóbbi egyúttal lehetőséget ad a szennyező fizet elv megvalósítására is.

Ez a megközelítés a csapadék és felszíni lefolyás vonatkozásában a következő analógia alapján értelmezhető: a forrás a burkolt felület, amit problémát okozóan nagy felszíni lefolyási hányad, illetve a területhasználatától függően szennyezőanyagok lemosódása jellemez. Például a közúti közlekedési felületek esetében TPH, PAH-ok és nehézfémek a tipikus szennyezőanyagok. Viszonylag kisebb burkolt felületek (útszakaszok, parkolók, tetőfelületek kocsihajók stb.) lefolyási végpontjainál elhelyezett KZI elemek nem csak a lefolyási viszonyok javításában és a szennyezők visszatartásában lehetnek hatékonyak, de gyakorlati szempontból is inkább megvalósíthatók, mint ha nagyobb területek vízállásával próbálnánk ugyanezt tenni. A felület növekedésével ugyanis rohamosan nő a kezelendő vízmennyiség, ami nagy területigénnyel jár. Valós városi körülmények között például 1000 m³ víz egy helyszínen való hasznosításához sokkal nehezebb és drágább elegendően nagy szabad területet találni és kevésbé is ütemezhető, mint ha ezt a mennyiséget 100-200 köz- vagy magánterületi ingatlanon fogjuk fel.

Szivacs város eszközök alkalmazhatóságának korlátai

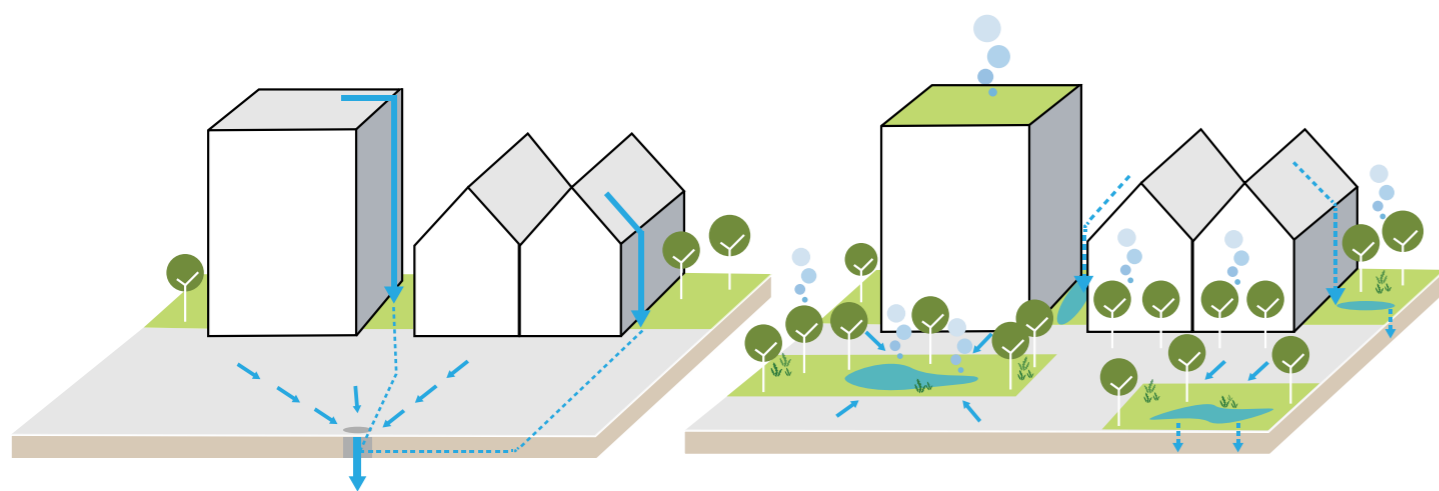
A szivacs város eszközök használatának megvannak a maga korlátai is. Ezen eszközök sokszor helyigényesek, ami a sűrű városi szövetben megnehezítheti alkalmazásukat. Ezt ellensúlyozhatja multifunkcionális jellegük: egy sekély gyepes víztározótér átlagos parkfelületként használható száraz időszakban, egy víztározó tó egy városrész egyik legkedveltebb rekreációs területe lehet. A szivacs város eszközök fenntartási igénye (növényzet gondozása, mulcsolás, kolmatálódott⁴ talaj helyreállítása) lehet magasabb, mint a tradicionális szürke infrastruktúráé. A megnövekedett fenntartási költségek ugyanakkor más területen költségmegtakarítást eredményeznek (pl. elkerülhető költséges műtárgyak építése).

További korlát lehet, hogy az ilyen rendszerek hatékonysága nagymértékben függ a helyi éghajlati és talajviszonyoktól, valamint a megfelelő tervezéstől és kivitelezéstől. Ha nem veszik figyelembe a helyi adottságokat, az eszközök kevésbé hatékonyak lehetnek, vagy akár működésképtelenek is. Emellett az ilyen rendszerek bevezetése gyakran komplex, több szakterületet átfogó tervezést és koordinációt igényel, ami növelheti a projekt időtartamát és költségeit. Továbbá a lakosság és a döntéshozók részéről is szükség van megfelelő tájékoztatásra és elfogadásra, mivel a szivacs város megoldások bevezetése sokszor újdonságnak számít, és eltér a hagyományos vízgazdálkodási megközelítésektől.

Szivacs város eszközök megítélése

A szivacs város eszközök megítélése általában pozitív, különösen azokban a közösségekben, ahol már tapasztalták a klímaváltozás negatív hatásait, mint például a gyakori áradásokat vagy a hőszigetek kialakulását. Azonban a megítélés több tényezőtől függ:

1. **Tudatosság és ismeretek:** A lakosság és a döntéshozók ismeretei és tudatossága nagyban befolyásolja a szivacs város megoldások megítélését. A megfelelő tájékoztatás és oktatás segíthet abban, hogy az emberek megértsék ezeket a megoldásokat a hosszú távú előnyeiket.
2. **Gazdasági szempontok:** Míg a szivacs város eszközök kezdeti beruházási és fenntartási költségei magasabbak, hosszú távon költségkímélőbbek lehetnek, mint a hagyományos szürke infrastruktúra. Azonban, ha a gazdasági előnyöket nem kommunikálják megfelelően, a közvélemény esetleg ellenálló lehet az ilyen beruházásokkal szemben.
3. **Kulturális és esztétikai preferenciák:** A helyi közösségek kulturális és esztétikai preferenciái is befolyásolják a szivacs város megoldások elfogadottságát. Például, ha egy közösség inkább a hagyományos városi zöldfelületeket, településképet részesíti előnyben, akkor a zöld infrastruktúra bevezetése kihívást jelenthet.



11. ábra A hagyományos és a fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás eszközei

⁴ A vízvezető rétegben a vízáramlással szállított finom talajrészecskék a hézagokban kiülepedhetnek



2. fotó

Othmarschen Park, Hamburg:
A felszíni vízelvezetés növeli a párolgást és a talajvíz újratöltésével segíti a növényzet vízellátását. Forrás: Csizmadia Dóra

A LIFE RUNOFF projekt bemutatása

A Hegyvidéki Önkormányzat (XII. kerület) vezetésével, a Fővárosi Önkormányzat, a VII. és XVIII. kerületi önkormányzatok, a Klímabarát Települések Szövetsége, valamint a Trinity Enviro Kft. együttműködésével megvalósuló „LIFE – Városi Eső” projekt (LIFE in Runoff, LIFE20 CCA/HU/001774) fő célja a városi klímaadaptáció támogatása, a csapadékkezelés optimalizálása, a városi zöld és kék infrastruktúra fejlesztése.

A projekt főbb eredményei:

- klímamodellezés Budapest várható időjárásának megismeréséhez,
- a felszíni lefolyás és csatornahálózati áramlások megismeréséhez hidrológiai-hidraulikai modellezés,
- sérülékenység-vizsgálat az érintett lakosságra, közterületekre és csatornahálózatra,
- Budapest szintű csapadékstratégia,
- demonstrációs projektek a projektben részt vevő kerületekben, mint pl. esővízgyűjtő tartályok kiosztása, föld alatti ciszternák beépítése, burkolt felületek átalakítása, esőkertek létrehozása,
- tudásmegosztás két új zöldinfrastruktúra füzet elkészítése által (másik a Zöldtetők).

A projekt legfőbb célja a csapadékvíz minél nagyobb arányú helyben hasznosításának elősegítése, a városi lefolyás csökkentése, a városi elöntések gyakoriságának, mértékének csökkentése különböző eszközökkel **(lásd pl. 3-4. fotók)**.

A projekt nemzetközi és hazai jó gyakorlatokra egyaránt támaszkodik, igyekszik szemléletformálással és tudásmegosztással mind a lakossági bevonást erősíteni, mind a beruházók csapadékvíz helyben tartására irányuló szándékát erősíteni, valamint a döntéshozóknak útmutatást adni a városi csapadékkezelés hatékonyabbá tételéhez.



3. fotó

Bécs: az itt alkalmazott szivacségla a szennyezett csapadék és sózás hatásainak kiküszöbölése mellett biztosítja a zöldfelületekre juthasson a csapadékvíz a burkolt felületekről



4. fotó

VII. kerület Klauzál téri Vásárcsarnok udvara: 60m³-es tartály került elhelyezésre a tetővizek gyűjtésre, a szemközti felújított park kétheti öntözővíz igényét biztosíthatja.

4. Jogszabályi háttér

A magyar vízpolitika keretét **a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról** szóló **Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve (2000. október 23.), az un. Víz Keretirányelv** (a továbbiakban: VKI) határozza meg. Ennek célja az Európai Unió tagállamaiban jó állapotba hozni minden olyan felszíni és felszín alatti vizet, amelyek esetén ez egyáltalán lehetséges és fenntarthatóvá kell tenni a jó állapotot. Ez a felszíni vizek esetén ökológiai és kémiai, a felszín alatti vizeknél pedig kémiai és mennyiségi kritériumok teljesülését jelenti. A fenntartható városi csapadékvíz-gazdálkodás célja a víz helyben tartása és többek között az elszikkasztása, amivel hozzájárulhat¹ a felszín alatti víztestekre vonatkozó mennyiségi kritériumok teljesüléséhez. Ugyanakkor a városi csapadék szikkasztása, szikkaszthatósága esetén – a VKI minőségi (kémiai) kritériumaival összefüggésben - fontos figyelembe veendő szempont a városi csapadék/lefolyás szennyezettsége.

A VKI-ban megfogalmazott célkitűzések elérése, megvalósítása érdekében stratégiai tervet, intézkedési programot kell készíteni. A VKI végrehajtásának első lépéseként Magyarország első vízgyűjtő-gazdálkodási terve (VGT1) 2010. áprilisában készült el, melynek kétszer történt meg a felülvizsgálata. Legutóbb, a 2022. áprilisában elfogadott, Magyarország 2021. évi vízgyűjtő-gazdálkodási terve (a továbbiakban: VGT3) nagy hangsúlyt fektetett a települési csapadékvíz visszatartására (lásd: „23.1. Települési csapadékvíz-gazdálkodás” nevű intézkedés), nevesítve a zöldinfrastruktúra alkalmazására. A VGT3 a csapadékvíz-gazdálkodás intézményi rendszerére és a díjmegállapítás (szennyező fizet elve és a költségmegtérülés elve) szabályozására vonatkozó javaslatokat is megfogalmaz. A 2017-ben elfogadott Nemzeti Vízstratégia (Kvassay Jenő Terv) vízpolitikai célkitűzései között is szerepel a csapadékvíz helyben tartásának, hasznosításának elősegítése: *„eddigi vízvezetés központú gyakorlat helyett a vízvisszatartásra, a vízhasznosításra, a csapadékvíz-gazdálkodásra koncentráló szemlélet megvalósítása szükséges”*.

4.1. Szabályozások, eljárásrendek

Közterületi szabályozás

A települések közterületi csapadékvíz-kezelése elsősorban az önkormányzatok feladata. Az **„1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról”** az önkormányzatok számára feladatokat és kötelező közfeladatokat definiál. A „csapadékvízzel történő gazdálkodás”, illetve a „helyi vízrendezés és vízkárelhárítás, az árvíz- és belvízelvezetés” mint feladat, ám nem, mint kötelező közfeladat kerül nevesítésre **(4. § (1) b) és f) pontok)**. A **„2011. évi CLXXXIX. törvényben Magyarország helyi önkormányzatairól”** az önkormányzatok feladat- és hatáskörei között ezt találjuk: „A helyi közügyek, valamint a helyben biztosítható közfeladatok körében ellátandó helyi önkormányzati feladatok különösen: [...] helyi környezet- és természetvédelem, vízgazdálkodás, vízkárelhárítás”, valamint a „víziközmű-szolgáltatás [...]” **(13. § (1) 11. és 21. pontok)**.

Azokon a területeken, ahol a csapadékvíz elvezetés egyesített rendszerű csatornákon keresztül történik (ilyen pl.: a főváros területén, főként a belvárosi, sűrűn beépített, zsúfolt közműhelyzettel rendelkező területeken) a víziközmű-szolgáltatás magában foglalja a csapadékvizek elvezetését is **(a víziközmű-szolgáltatásról szóló 2011. évi CCIX. törvény 2. § 20. pontja** szerint. A törvény alapján azonban **maga a csapadékvíz-elvezető rendszer** (elválasztott csatorna esetén) **nem minősül víziközműnek**, ezért szolgáltatási díj nem vethető ki rá.

A fenti jogszabályokban meghatározott önkormányzati feladatokkal kapcsolatban fontos kiemelni, hogy a **főváros területén egységes, központilag szabályozott vagy kezelt csapadékvíz-gazdálkodásról** – tekintettel a jelenlegi szabályozási környezet hiányosságaira – gyakorlatilag **nem beszélhetünk**. A budapesti kisvízfolyások és az útvíztelenítő árkok egy része a Fővárosi Önkormányzat tulajdonában vannak, azok üzemeltetését közszolgáltató szervezetei (Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. és Budapest Közút Zrt.) végzik, azonban jelentős hosszúságú csapadékcatorna-hálózat van kerületi önkormányzati tulajdonban, kezelésben és üzemeltetésben is.

Telken belüli előírások

A településrendezési és építési követelmények alapszabályzatáról szóló 280/2024. (IX. 30.) Korm. rendelet (a továbbiakban: TÉKA) leszögezi, hogy „épület csak olyan telken helyezhető el, ahol a keletkező szennyvíz és a csapadékvíz helyben tartása, elvezetése vagy ártalommentes elhelyezése biztosított” **(44. § (1) bekezdés c) pont)**, azaz amennyiben az elvezetés a csatornahálózattal nem megoldott, a csapadékvizet a telken belül kell tartani. Emellett fontos előrelépés, hogy a TÉKA szorgalmazza a csapadékvizek helyben tartását, ugyanis a 67. § szerint „A csapadékvizet a telken belül meg kell tartani. A vízvisszatartás, öntözés és egyéb hasznosítás érdekében a csapadékvizet a telek zöldfelületén el kell szívárogtatni vagy a telek egyéb területén tárolni szükséges olyan mértékben és módon, hogy ez a telek és a szomszédos telkek, továbbá az építmények állékonyosságát és rendeltetésszerű használatát ne veszélyeztesse. A telekről csak a nem hasznosítható, nem elszívárogtatható és nem tárolható csapadékvíz vezethető el. A vízvisszatartás módjáról és mértékéről a helyi építési szabályzat rendelkezhet.”

A települési zöldinfrastruktúráról, a zöldfelületi tanúsítványról és a zöld védjegyről szóló 282/2024. (IX. 30.) Korm. rendelet alapján „a telekre hulló csapadékvíz szikkasztásához, tárolásához, hasznosításához szükséges zöldinfrastruktúra elemeket és támogató szürkeinfrastruktúra elemeket – amennyiben ennek műszaki akadálya nincsen – a telken belül kell kialakítani”, továbbá, hogy „a telekre hulló csapadékkal való gazdálkodás a használó felelőssége” (lásd: 11. § és 13.§).

Az országos keretek mellett a telekre vonatkozóan a helyi építési szabályzat – a főváros esetén a fővárosi rendezési szabályzat és a kerületi építési szabályzatok – is fogalmaz meg előírásokat, melyek jelentős hatással lehetnek a csapadékvíz-gazdálkodásra *(lásd: 5. fejezet)*.

Engedélyezési folyamatok jogi keretei

A szivacsváros koncepció keretein belüli beavatkozások esetében építési, vízjogi és környezetvédelmi (illetve adott esetben más, pl. természetvédelmi, fakivágási) engedélyezési eljárások lefolytatása szükséges. Az **építésügyi hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről szóló 281/2024. (IX. 30.) Korm. rendelet 16. §** tartalmazza az építési engedély nélkül végezhető tevékenységeket, létesítményeket (ezek az ún. egyszerű bejelentéshez kötött építési tevékenységek, melyek főként épületekkel kapcsolatosak). Az építési engedélyköteles tevékenységeket a **rendelet 17. §** tartalmazza, melyek esetén vizsgálandó szakkérdéseket a rendelet **3. melléklete** tartalmazza. Ezek között szerepel pl. olyan nem környezeti hatásvizsgálat köteles építési tevékenység is, amely „felszín alatti vizek védelméről szóló kormányrendelet szerinti szennyező anyag elhelyezésével, (. . .), felszín alatti vízbe történő közvetett bevezetésével” járhat (lásd: felszín alatti vizek védelméről szóló 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendeletben foglaltak szerint).

Megjegyzendő, hogy annak ellenére, hogy a jogszabályban felsorolt építési engedélyköteles tevékenységek nagy része nem releváns a szivacsváros eszközök szempontjából, ez nem jelenti, hogy minden önálló építmény, ami a szivacsváros koncepció keretében megépül, mentesül az engedélyeztetés alól. A tervezett beavatkozás során lehetnek olyan önálló létesítmények, elemek, amiket engedélyköteles tevékenységként kell kezelni (pl. mert közmű-vagy útépítésnek minősülnek). A **közúti közlekedésről szóló 1988. évi I. törvény 29.§ (7) bekezdése** alapján „szilárd burkolatú közút és közforgalom elől el nem zárt magánút létesítéséhez, [. . .] korszerűsítéséhez, forgalom részére történő átadásához, megszüntetéséhez, elbontásához a [. . .] a közlekedési hatóság engedélye szükséges”, beleértve a közút építésével összefüggő járdaépítést is. A törvény 29.§ (16) bekezdése meghatároz ún. bejelentésköteles tevékenységeket is (pl. járda- és gyalogút építése, amennyiben nem közút építésével összefüggő tevékenység; parkolók építése 10 parkolóhelyig). Az **utak építésének, forgalomba helyezésének és megszüntetésének engedélyezéséről szóló 93/2012. (V. 10.) Korm. rendelet** 4.§ tartalmaz olyan tevékenységeket, amelyek esetén nincs szükség a közlekedési hatóság engedélyére (ez esetben közútkezelői hozzájárulás beszerzése szükséges). Ilyen munkálatok azok, ahol közműútépítés nem szükséges és a beavatkozás az út közúthálózatba sorolását nem változtatja meg (pl. közút/járda felújítása). Megjegyzendő, hogy a „nem hatósági engedélyköteles” tevékenységek esetében is szükséges lehet egyéb hozzájárulások (pl. közműnyilatkozatok, tulajdonosi hozzájárulások) beszerzésére.

A **vízgazdálkodási hatósági jogkör gyakorlásáról szóló 72/1996. (V. 22.) Korm. rendelet** 3. § (1) szerint „[...] vízimunka elvégzéséhez, vízilétesítmény megépítéséhez (átalakításához, megszüntetéséhez) szükséges vízjogi létesítési engedélyt az építtető, a tulajdonos vagy a vagyongezelő köteles megszerezni”. **A csapadékvíz-gazdálkodás létesítményei vízilétesítmények (1995. évi LVII. törvény 1. sz. melléklet 26. pontja), így minden esetben vízjogi létesítési (és üzemeltetési) engedélykötelesek. A 72/1996. (V. 22.) Korm. rendelet 1. melléklete** szerint az „önkormányzati tulajdonban lévő egyéb, a helyi vízkárelhárítást, vízrendezést és csapadékvíz elvezetést szolgáló közcélú vízilétesítmények” ún. III. „helyi jelentőségű” kategóriába tartoznak, mely meghatározza a vízjogi üzemeltetési engedélyezési eljárást, valamint az ellenőrzés rendszerességét (helyi jelentőségű létesítményeket 5 évente ellenőríz a vízügyi hatóság).

Egyes csapadékvíz-gazdálkodási létesítmények esetén – például nagyobb méretű víztározók építése, vízbázis védőterületének vagy védett természeti terület érintettsége esetén – környezetvédelmi engedélyeztetés (környezeti hatásvizsgálat vagy un. előzetes vizsgálat) lefolytatása válik szükségessé, melynek kereteit a **környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet** tartalmazza. Az engedélyköteles tevékenységek listáját az **1. és 3. mellékletek tartalmazzák**.

¹ A VGT 3. alapján Budapestet érintő sekély porózus és sekély hegyvidéki víztestek mennyiségi állapota főként „jó, de fennáll a gyenge állapot kockázata” kategóriába esik (Dunántúli-középhegység – Duna-vízgyűjtő Budapest (talajvíz), Duna bal parti vízgyűjtő – Vác-Budapest), de előfordulnak gyenge (Duna jobb parti vízgyűjtő Budapest-Paks, Szentendrei-sziget és egyéb dunai szigetek) és jó (Dunántúli-középhegység – Duna-vízgyűjtő Budapest alatt (talajvíz)) állapotú felszín alatti víztestek is. Ez alapján is érzékelhető, hogy a sekély felszín alatti vízrétegek vízpótlása fontos jövőbeni feladat a főváros esetén is, főként az észak-budai és pesti oldalon.

Az alábbi táblázat foglalja össze az építési, vízjogi és környezetvédelmi engedélyezési folyamatok jogi kereteit.

Eljárás típusa	Illetékes hatóság	Eljárás menetét szabályozó rendelet	Illetékdíj	Dokumentáció tartalmát meghatározó jogszabály
építési engedélyezési eljárások	Budapest Főváros Kormányhivatala	az építésügyi hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről szóló 281/2024. (IX. 30.) Korm. rendelet	nem illetékköteles, kivéve, ha szakkérdés vizsgálata szükséges. Díjszabás: 531/2017. (XII. 29.) Korm. rendelet 1. melléklet 4. táblázata	281/2024. (IX. 30.) Korm. rendelet 1. és 2. mellékletei
útépítési engedélyezési eljárások	Budapest Főváros Kormányhivatala (382/2016. (XII. 2.) Korm. rendelet)	az utak építésének, forgalomba helyezésének és megszüntetésének engedélyezéséről szóló 93/2012. (V. 10.) Korm. rendelet	díjköteles Díjszabás: 26/1997. (XII. 12.) KHVM rendelet	93/2012. (V. 10.) Korm. rendelet 1. melléklete
vízjogi engedélyezési eljárások	Pest Vármegyei Kormányhivatal (223/2014. (IX. 4.) Korm. rendelet)	vízgazdálkodási hatósági jogkör gyakorlásáról szóló 72/1996. (V. 22.) Korm. rendelet	díjköteles Díjszabás: 13/2015. (III. 31.) BM rendelet	41/2017. (XII. 29.) BM rendelet mellékletei
környezetvédelmi engedélyezési eljárások	Pest Vármegyei Kormányhivatal (624/2022. (XII. 30.) Korm. rendelet)	környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet	díjköteles Díjszabás: 14/2015. (III. 31.) FM rendelet	314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 4. és 6. mellékletei

3. táblázat Főbb engedélyezési eljárások jogi keretei

Az adott tervezési feladat megkezdésekor javasolt a fenti hatóságokkal egyeztetést kezdeményezni, ez segíti annak eldöntését, hogy pontosan milyen engedélyek beszerzésére van szükség. Az egyeztetés lefolytatásához célszerű már legalább koncepcionális elképzelésekkel és a tervezési helyszín főbb adottságainak ismeretével rendelkezni. Az engedélyezési folyamatok része az üzemeltetői (pl. közútkezelői, közműszolgáltatói) hozzájáruló nyilatkozatok beszerzése is, melyeket a **6. fejezet** részletez. A túlfolyó csatornára vagy élővízre való rákötése esetén az adott üzemeltetővel (Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.-vel vagy a Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatósággal) is konzultációt kell folytatni.

A tervezés, megvalósítás, üzemelés során gondoskodni kell a felszín alatti és felszíni vizek minőségének védelméről. A **felszín alatti vizek védelméről szóló 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet** 10. § (1) e) pontja alapján a **felszín alatti vizek minőségének védelme céljából felszín alatti vizekbe történő vízbevezetést, vízelhelyezést csak engedéllyel lehet végezni**. A felszín alatti vizek védelmében alapvetően tilos minden olyan tevékenység, mely a talajvizet bármilyen mennyiségben szennyező anyagokkal veszélyeztet. Városi környezetben teljesen tiszta víz jóformán nem létezik, ezért a szabály alól a megfelelő határértékeket betartva kivételt képezhetnek a „a felszíni vizekben az árvizek, belvizek és aszályok hatásának mérséklése céljából, valamint a vizekkel és vízi utakkal való gazdálkodás érdekében történő beavatkozások” (**10. § (3) d)**). Ez a kivétel azonban csak akkor alkalmazható, „ha a vízvédelmi hatóság meggyőződött róla, hogy a felszín alatti vízre - különösen annak minőségére - gyakorolt hatás hatékony figyelemmel kísérése megfelelő módon biztosított”, tehát a műtárgy üzemeltetése és monitorozása megfelelő (**10. § (5)**). A jogszabály **1. számú melléklete** tartalmazza a toxikusság alapján két csoportba (K1 és K2 minősítés) osztott szennyező anyagok listáját. **Engedély nélkül** – de figyelembe véve a szomszédos ingatlan(ok) adottságait – **telepíthetőek a magánterületen létesülő, egyszerű szikkasztófelületek és szikkasztóárkok**, melyek csak a tetőről, zöldfelületről vagy gyalogos felületekről lefolyó, tisztának minősülő vizet fogadnak be és

azt természetes módon a talajon keresztül szikkasztják. Az felszín alatti víz állapota szempontjából érzékeny és fokozottan érzékeny területek típusait a **„219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet” 2. számú melléklete** határozza meg (pl. egyes karsztos területek, ivóvízbázisok egyes védőterületei, egyes védett vízi- és vizes élőhelyek, egyes állóvizek parti sávjai). Ezen területekre vonatkozóan külön részletszabályok kerültek meghatározásra (pl. tilos a felszín alatti vizek állapota szempontjából fokozottan érzékeny területen a felszín alatti vízbe történő közvetett bevezetés). A felszín alatti vizek általános védelme mellett fokozott védelmet élveznek az ivó-, gyógy- és ásványvízbázisok és azok vízellátási tározói. Az ilyen céllal létesített kutak védőterületeire és védőidomaira vonatkozó szabályokat a **„123/1997. (VII. 18.) Korm. rendelet”**, a védőterületek és védőidomok övezeteiben korlátozott és tiltott tevékenységek listáját a rendelet 5. számú melléklete tartalmazza.

A csapadékvizek befogadói jellemzően a felszíni vizek, ezért a szabályozásban kiemelt jelentőséget kapnak a szennyezések megelőzése. A **felszíni vizek minősége védelmének szabályairól szóló 220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet** 5. § (1) bekezdése alapján „tilos a felszíni vizekbe, illetve azok medrébe bármilyen halmazállapotú, vízszennyezést okozó anyagot juttatni, az engedélyezett vízellátási rendszeren bevezetett határértéknek megfelelő / határérték alatti engedélyezett kibocsátások kivételével”. Ez azt jelenti, hogy a csapadékvíz/csapadékból keletkező lefolyás kezelése során meg kell akadályozni, hogy szennyező anyagok kerüljenek a felszíni vizekbe. Emellett a rendelet több előírása a csapadékvizek szennyezésének megelőzésével kapcsolatos (pl. 12. § (6) bekezdés alapján szennyvizet vezetni tilos elválasztott rendszerű települési csapadékvíz-elvezető csatornába).

Az engedélyezési eljárások mellett a tervezés során figyelembe kell venni a belterületi (települési) vízrendezésre vonatkozó általános szabályokat, amiket a **„147/2010. (IV. 29.) Korm. rendelet”** 58. §-a, míg a részletes műszaki szabályokat a „30/2008. (XII. 31.) KvVM rendelet” 61-63. §-ai tartalmazzák. Kiemelendő, hogy a **30/2008. (XII. 31.) KvVM rendelet** 61. § (3) alapján „A csapadékvíz szikkasztása csak más műszaki megoldás hiányában, az azt alátámasztó talajmechanikai szakértői vélemény birtokában alkalmazható. Csapadékvíz szikkasztása esetén annak megvalósíthatóságát szikkasztási próbával, illetve talajmechanikai vizsgálattal igazolni kell. A szikkasztó méretét úgy kell meghatározni, hogy a lehulló csapadékvíz tározása biztosított legyen.” A jogszabály bár nem szorgalmazza, de nem is tiltja a csapadékvíz szikkasztását, csak ennek feltételeként többek között előírja a szikkasztási próba és a talajmechanikai vizsgálat készítését. A 147/2010. (IV. 29.) Korm. rendelet alapján ún. magas talajvízállású területnek minősül „az a terület, ahol a talajvíz felszíntől számított legmagasabb szintje 1,5 méter felett van”. Ilyen területeken fokozott körültekintéssel kell megvizsgálni a szikkasztás lehetőségét, mivel az általános szakmai gyakorlat és hatósági elvárások alapján a szikkasztó felület és a mértékadó talajvíz szint között 1 m védőtávolságot kell biztosítani.

4.2. Szabványok, műszaki előírások és egyéb útmutatók

A tervezési folyamatot segítik azok a műszaki (technikai jellegű) dokumentumok, melyek általánosan alkalmazható szabályokat, útmutatásul szolgáló tervezési alapelveket, jellemzőket rögzítenek. Ezek lehetnek az EU harmonizált szabványok (MSZ EN), magyar szabványok (MSZ), műszaki irányelvek (MI), műszaki előírások (ME), vízügyi műszaki segédletek (VMS), valamint az ütügyi műszaki előírások (ÚME).

A szabványok és műszaki előírások alkalmazásával kapcsolatban két fő dologra kell tekintettel lenni:

- Szabvány alkalmazásának kötelezősége
- Szabvány hatályosság, érvényessége

A szabványok alkalmazása opcionális, azaz, ha egy szabvány érvényes, az nem jelenti automatikusan azt, hogy kötelezően alkalmazni kell. Jogilag akkor kötelező egy szabvány alkalmazása, ha az elő van írva az adott munka, tevékenység kapcsán. Ez lehet államigazgatási jogszabályi előírás, ágazati szabályozás, üzemeltetői előírás vagy megrendelő által szerződésben rögzített követelmény.

Az Európai Unió műszaki jogalkotásának egyik legfontosabb alapelve szerint a szabványok a műszaki követelmények teljesítéséhez kínálnak önkéntesen alkalmazható megoldásokat. Ugyanakkor a szabványok figyelmen kívül hagyása vagy az abban foglaltaktól való eltérés súlyos gazdasági és jogi következménnyel is járhat. Azaz, ha az adott kérdésre van érvényben lévő szabvány, akkor azt önérdékből is érdemes alkalmazni.

A szabványtól való eltérést minden esetben kellő műszaki megalapozással kell alátámasztani.

A szabványok érvényessége tekintetében fontos megjegyezni, hogy egy szabvány nem csak akkor kerülhet visszavonásra, ha az adott területen egy új jelent meg. Az EU-hoz való csatlakozásunkat követően a szabványharmonizáció során több szabvány visszavonásra került úgy, hogy nem jelent meg helyette azonos témában új szabvány és olyan is előfordul, hogy azonos számozással, de más tartalommal lett új hatályos szabvány. Egy másik nehézség a szabványok használatakor, hogy több esetben angol nyelvű EU-s szabványok léptek érvénybe, magyar fordítás nélkül.

Összességében fontos megjegyezni, hogy vannak olyan, már visszavont, így nem hatályos szabványok, amik helyett nem készült új, ezért a szakmai gyakorlatban még mindig használatosak. Ezek használata téves biztonságérzetet ad, mivel jogilag nem támasztják alá az alkalmazott megoldást (így jogilag nem hivatkozhatók) és a szakmai tartalmuk is meghaladott lehet.

A települési csapadékvíz-gazdálkodás szempontjából elsősorban releváns szabványokat, műszaki szabályozással összefüggő előírásokat az **M-1. melléklet** foglalja össze.

A települési **csapadékvíz mennyiségének meghatározására** vonatkozó szabványok alapvetően a racionális méretezési elvet ismertetik a Winter 70' csapadékmaximum függvény táblázatos, paraméterezett függvény értékeivel. Ezen túl a különböző előírásokban a módszertan alkalmazhatóságára vonatkozóan eltérő javaslatokat tesznek, illetve a módszertan egyes elemeihez, mint például az összegyülekezési idő meghatározásához adnak segéd grafikonokat. Ezek pontossága és helyessége mára részben már elavult, ezért használatuk csak korlátozottan és kellő szakmai mérleg mellett ajánlható. A másik jellemző, hogy a rendelkezésre álló szabványok és előírások – a korábbi elvárásoknak megfelelően – elsődlegesen a maximális terhelések meghatározásra vonatkoznak. A szivacsváros koncepció alkalmazása során a méretezési elvek ettől jelentősen eltérnek, és jelenleg elsődlegesen a szakirodalomból, illetve egyéb ehhez kapcsolódó képzéseken ismerhető meg. Jelen kiadvány 8. fejezete foglalkozik a méretezés alapelveinek bemutatásával.

Annak következtében, hogy a műszaki szabályozás rendszere még nem teljesen kiforrott a szivacsváros koncepció keretében megvalósítandó csapadékvíz-gazdálkodás és méretezés tekintetében, fontos kiemelni a tervezői és ezen belül a vízgazdálkodással foglalkozó szaktervezői felelősséget. A tervezés, illetve annak egyes lépései során egyedileg kell meghatározni az alkalmazandó és megfelelő tervezési módszertant és kapcsolódó méretezési elveket. Ebben a körben fontos megjegyezni a megrendelő felelősségét is a megfelelő tervezői kompetenciák meghatározásában és kiválasztásában.

4.3. A szabályozás jövőbeli kérdései

A műszaki szabályozás pontosítása és fejlesztése mellett számos jogi kérdést is rendezni kell még a fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás eszközeinek elterjeszhetősége és helyes használhatósága érdekében. A városi csapadékvíz-gazdálkodás területén folyamatban lévő szemléletváltás következtében elengedhetetlenek a változások a jogszabályi környezetben is, melyek alapfeltétele a szakmai háttéranyagok megteremtése. Jelenleg folyamatban vannak a csapadékvíz-gazdálkodás egyértelmű jogi kereteinek megteremtése érdekében szükséges alap kutatások és szakmai egyeztetések, amik megalapozhatják a jogszabályi keretek okszerű módosítását (pl. csapadékidősorokon alapuló tervezés módszertani kidolgozása, egyszerű méretezést megalapozó vizsgálatok és statisztikai elemzések, fővárosi szinten a csapadékvíz helyi szikkasztási lehetőségeinek meghatározása).

A víz helyben tartásának szerepeltetése a helyi szintű szabályozási környezetben

Az országos jogi keretek meghatározása mellett a helyi – fővárosi és kerületi önkormányzati – szintű szabályozás is előtérbe kell, hogy helyezze a csapadékvíz megtartásának és helyi hasznosításának elősegítését (ennek lehetséges eszközeit és tartalmát lásd az **5. fejezetben**). Ennek egyik eszköze az integrált települési vízgazdálkodási terv elkészítése, amely feltárja azon feladatokat és összefüggéseket, amik a település vízgazdálkodása szempontjából kezelendők, illetve meghatározza azon prioritásokat, amik a település vízgazdálkodása szempontjából meghatározóak. Ez egyben alapot ad a település helyi szintű szabályozásának elkészítéséhez.

A helyi szintű szabályozási eszközök rendelkezésre állnak, ezek alkalmazását tudatosabbá kell tenni a jövőben a csapadékvíz helyben tartása és helyben történő hasznosítása érdekében.

Finanszírozási háttér megteremtése

Ahhoz, hogy egy város csapadékvíz-gazdálkodása és ehhez kapcsolódóan a szivacsváros koncepció során létesített eszközök megfelelően működjenek, a műszaki megfelelésen túl meg kell teremteni a fejlesztéshez és működtetéshez szükséges finanszírozási háttérrel. A meglévő vagy még hiányzó csapadékvíz elvezető rendszereink, közttereink átalakítása, fejlesztése jelentős költségekkel jár. Ide tartozik, hogy egy terület átfogó rendezése során nem csak az adott eszköz telepítésének a költségével kell számolni, hanem számos járulékos eleme is lehet a fejlesztésnek. Ilyen lehet a felszíni rendezése, a közlekedés átalakítása, a meglévő egyéb közművek kiváltása, áthelyezése vagy a területhasználat megváltoztatásával összefüggő esetleges kártalanítások.

A megvalósítást követően, az elkészült rendszerek működtetésének, állagmegőrzésének a feltételeit is biztosítani kell. Ez egyrészt az üzemeltetési határok pontos meghatározását és az ezekhez rendelt fenntartó szervezetek kijelölését jelenti, másrészt meg kell teremteni a működtetéshez, fenntartáshoz szükséges pénzügyi fedezetet is. A jelenlegi jogszabályi környezetben a csapadékvíz-gazdálkodáshoz kapcsolódó eszközök üzemeltetésére külön díj nem szedhető be, ezért vagy a lakosság (helyi) finanszírozásával vagy önkormányzati, állami költségvetési forrásból kell biztosítani a szükséges pénzügyi kereteket.



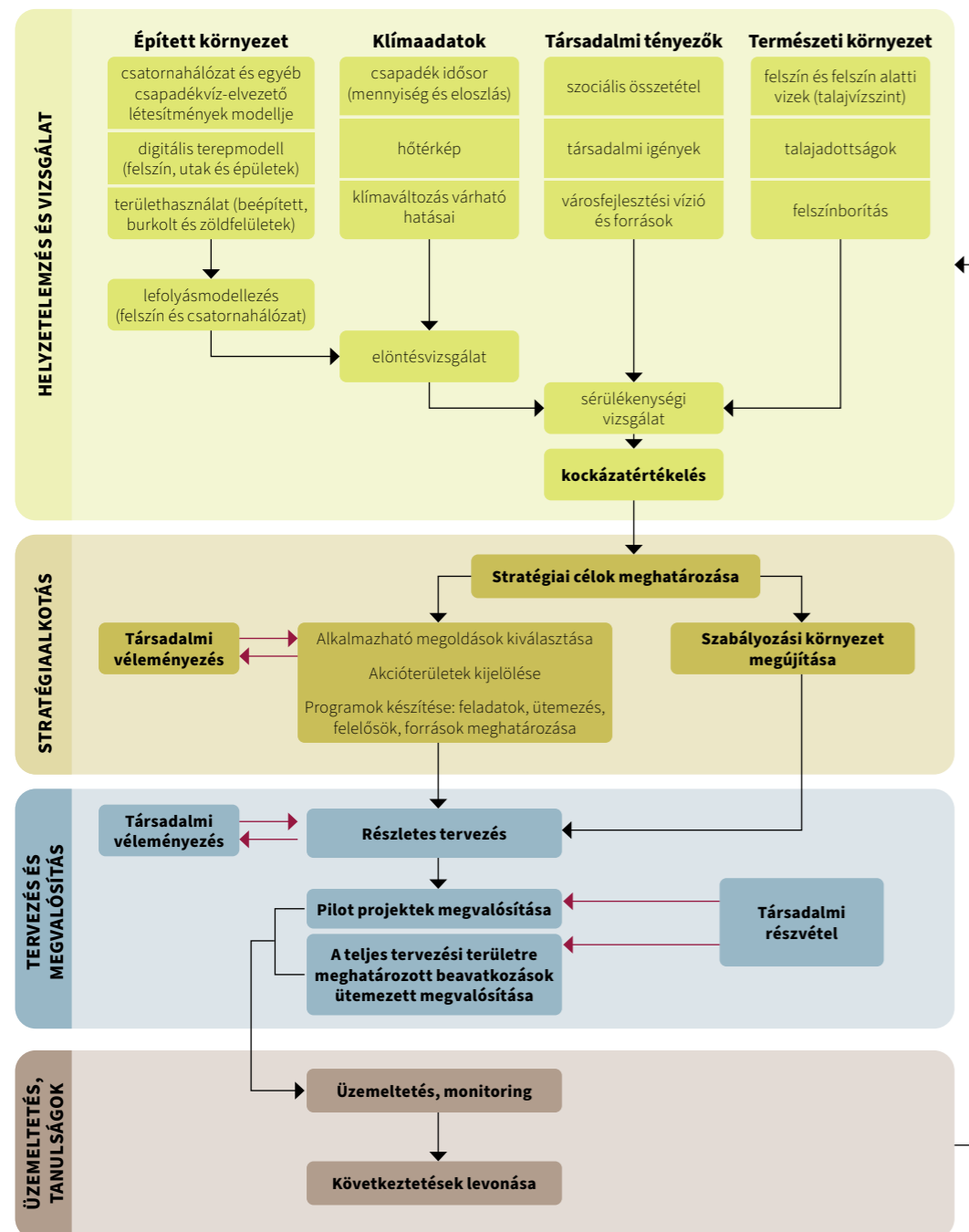
5. fotó Szikkasztómeder, Winnenden

5. városi szintű komplex tervezés

A szivacs város eszközök összehangolt, integrált és optimalizált tervezése a várostervezés szintjén kezdődik, ahol egyszerre figyelembe vehető a vízgyűjtő területek beépítése és domborzati adottságai, a területhasználat és a csapadékvíz-gazdálkodás. A városrészek szintjén történő tervezés során az egyes projektek összehangoltan valósíthatók meg, ami csökkenti a beruházási költségeket és növeli a hosszú távú fenntarthatóságot. a projektek társadalmi sikerének és elfogadottságának érdekében a tervezési folyamatba célszerű bevonni a helyi közösségeket, így az érintett lakosok és vállalkozások is részt vehetnek az intézkedések kidolgozásában.

Csapadékvíz-gazdálkodás városi szintű tervezése

A városi (városrész) szintű klímaadaptív csapadékvíz-gazdálkodás tervezési, megvalósítási folyamatának főbb lépéseit a következő ábra vázolja.



12. ábra
A városi (városrész) szintű klímaadaptív csapadékvíz-gazdálkodás tervezési-megvalósítási folyamat főbb lépései

Helyzetelemzés

A helyzetelemzés során kerülnek definiálásra a városi csapadékvíz-gazdálkodás fő kihívásai. Az adatgyűjtés forrásai és azok részletessége meghatározza a javaslatok részletezettségét, ezért fontos, hogy minél szélesebb résztvevői kör vegyen részt a folyamatban, és a digitális adatok frissek legyenek és jó felbontással bírjanak. Kulcsfontosságú a digitális terepmodell, a csatornahálózati modell és a klímaadaptív modell, melyek alapján azonosíthatók az elöntések által legkritikusabban érintett területek (lásd részletesebben Koppenhága példája a **9. fejezetben**) és elvégezhető a kockázatelemzés.

Stratégiaalkotás

A kockázatok értékelése után kijelölhetők a stratégia fő céljai, a beavatkozási területek, és az ott végrehajtandó intézkedések (felelősök és források megnevezésével, ütemezéssel). A beavatkozások meghatározásakor érdemes több változatot kidolgozni és több szempont – pl. hatékonyság, megvalósíthatóság, környezeti hatások, a városfejlesztési irányokba való illeszkedés – alapján értékelni azokat (megvalósíthatósági tanulmány, költség-haszon elemzés készítése). A célok megvalósításához szükségessé válhat a (helyi vagy akár országos) szintű szabályozási környezet módosítása.

Tervezés és megvalósítás

A részletes tervezéshez szükséges tervezési segédletek és alapadatok előállítására, továbbá ezek elérhetővé tétele is, amely a tervezők számára nyújt tájékoztatást. A megvalósítási folyamat első lépése általában a pilot projektek kivitelezése, amely fontos tanulságokat szolgáltat az eszközök széles körű alkalmazásához.

Monitoring

A monitoring tevékenység szintén lényeges eleme a folyamatnak, mivel a kivitelezés és az üzemeltetés tapasztalatai javítják a későbbi tervezési folyamatokat. Mind a monitoring tevékenység, mind a tervezési folyamat adott esetben a szabályozási keretrendszerre is hatással lehet (pl. szabályozás módosításának igénye).

Kapcsolódó tervtípusok

A főváros szempontjából releváns, a hazai tervezési környezetet figyelembe vevő városi, városrész léptékű tervezési eszközöket és ezek főbb szerepét a csapadékvíz-gazdálkodásban a következő táblázat foglalja össze. A települési szintű tervezési eszközök közül kiemelendő az ún. integrált települési vízgazdálkodási terv (ITVT), mely készítése a jelenlegi jogszabályi környezet alapján nem kötelező, ugyanakkor megfelelő eszköz lehetne többek között a településfejlesztési tervek, településrendezési tervek és szabályzatok csapadékvíz-gazdálkodási tartalmának megalapozásához (lásd: **M-2. melléklet**).

A városrészek esetén lényeges különbség van az új beépítések/új városrészek és a meglévő beépítések lehetőségei között, ezek a következő alfejezetekben kerülnek kifejtésre.

Gazdasági ösztönzők bevezetése

A csapadékvíz helyben tartására és hasznosítására számos **gazdasági ösztönző** bevezetése lehetséges, melyek elősegítik a szivacs város eszközök alkalmazását. A teljesség igénye nélkül néhány ilyen lehetőség, melyek részben állami, részben önkormányzati kompetenciába tartoznak:

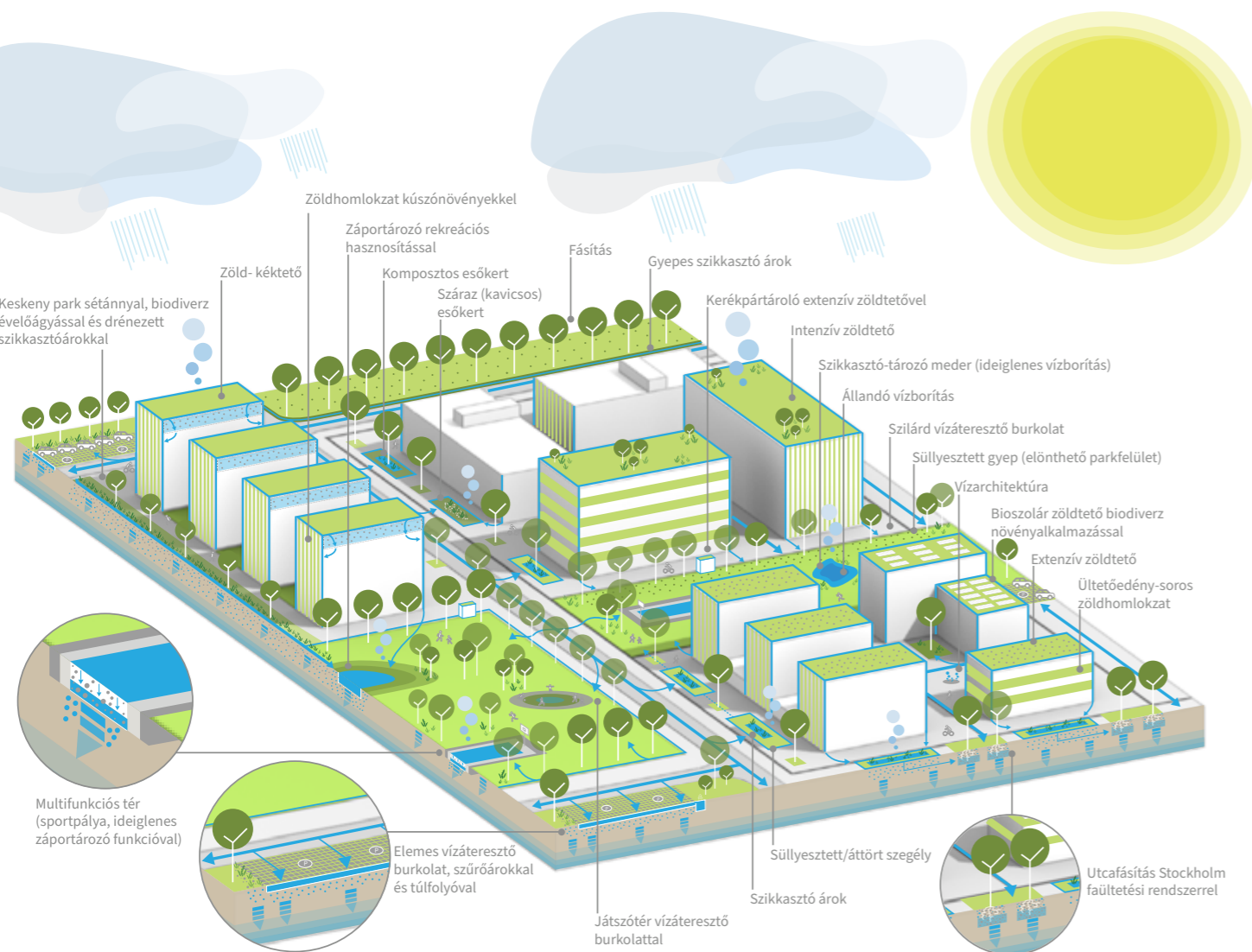
- adókedvezmények azon fejlesztőknek és ingatlan tulajdonosoknak, akik alkalmazzák a csapadékvíz helyben tartását szolgáló megoldásokat (pl. a zöldtetőket, szikkasztó árkokat vagy esőkerteket),
- pénzügyi támogatások és kedvezményes hitelek a fenntartható vízgazdálkodási projektelemek megvalósításához,
- amennyiben bevezetésre kerülne a csapadékvíz-elvezetési díj (lásd: **4. fejezet**), akkor a díj meghatározása során figyelembe lehet venni, hogy egy-egy ingatlan milyen mértékben tartja helyben és hasznosítja másodlagosan a csapadékvizeket,
- a magyar építészetéről szóló 2023. évi C. törvény szerinti zöldfelületi tanúsítvány,
- egyéb zöld tanúsítványok, melyek növelhetik az ingatlanok értékét és piacképességét (pl. LEED vagy BREEAM).

5.1. Új városrészek kialakításának csapadékvíz-gazdálkodási szempontjai

Új városrészek, beépítések – melyek közé már a több épületből álló lakóparkok is beleérthetők – gyakran korábban nem beépített, vagy alacsonyabb beépítésű területek helyén létesülnek. Míg a városok sűrűségének növelése globális szinten segíti a zöldfelületek megővését, helyi szinten növeli a városi lefolyást és vízszennyezés kockázatát, valamint negatívan befolyásolja a városklímát. Ezért különösen fontos, hogy a tervezés ezen negatív hatások kompenzálására is megoldásokat nyújtson.

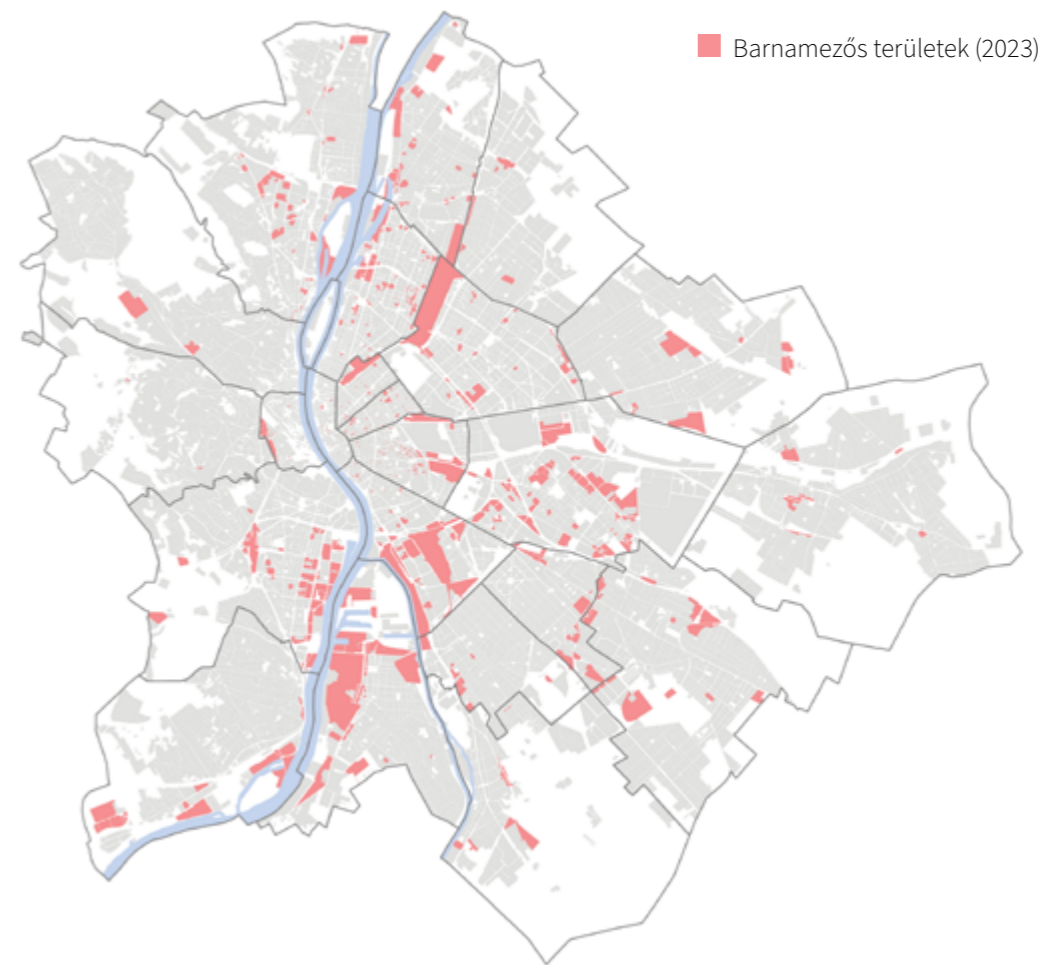
Új beépítések kialakítása során szerencsére igen széles az alkalmazható szivacs város eszközök tárháza (7. fejezet). A csapadékvíz-gazdálkodási célok már az új szabadterek és közlekedési felületek kialakításakor, valamint az épületek beépítési paramétereinek meghatározásakor figyelembe vehetőek, így időben betervezhető a szivacs város eszközök helye és területigénye.

Az új beépítés negatív hatása a városklímára a párolgást ösztönző eszközök alkalmazásával csökkenthető (pl. mesterséges vízfelületek, zöldtetők és zöldhomlokzatok, párologtatóágyak, esőkertek). Az új vízzáró felületek által okozott növekvő lefolyás kompenzálására szikkasztó- és tározóeszközök használhatóak. A zöld- és kéktetők, zöldhomlokzatok használata az új épületeken egyben az épület energetikai adottságaira is pozitív hatással lehetnek. Az épületeken belül kialakítható a szürkevíz felhasználás csak vízhasználati céllal általában nem kifizetődő (ugyanakkor akad ez alól kivétel is, lásd pl. Kelet-Ázsiában egyre gyakrabban elterjedt, hogy kézműsorán használt szürkevízet hasznosítják az illemhelyekben), de hőviszanyeréssel kombinálva már gazdaságosabb. Az összegyűjtött csapadékvíz emellett öntözésre is használható.



13. ábra Csapadékvíz helyben tartása komplex eszközök alkalmazásával új beépítések esetén

Budapest több mint 2700 hektárnyi barnamezős területe¹ (lásd: 14. ábra) fontos városfejlesztési tartalékterület, mely komoly szerepet tölthet be a városi szintű csapadékvíz-gazdálkodásban. Az egykori ipari használat többnyire nagy kiterjedésű és szennyezett talajú területeket hagyott maga után, ezért egy városrehabilitációs projekt itt egyszerre teremthet értékes új városrészeket, lehetőséget adhat nagy kiterjedésű szivacs város eszközök használatára, a kármentesítés pedig csökkentheti a talaj- és talajvíz szennyezést (a talajszennyezés és a szikkasztás kapcsolatát bővebben a 6. fejezet mutatja be). A barnamezős területek számos eleme a történelmi belvárost körülölelő átmeneti zónában található. Ezen területek víztározó képességének összehangolt fejlesztése segíthet a sűrű belvárosi mag részleges tehermentesítésében is.



14. ábra Barnamezős területek – rehabilitációjuk komoly lehetőségeket jelent a városi csapadékvíz-gazdálkodás számára

A csapadékvíz – helyi adottságoknak megfelelő – helyben tartását és helyben történő hasznosítását az új beépítések esetén leghatékonyabban **települési szintű szabályozással** lehet elősegíteni. A települési szabályozás számos előírást tartalmaz(hat)², melyekkel az önkormányzatok elősegíthetik a csapadékvíz helyben tartását és helyben történő hasznosítását:

- a csapadékvíz telken belül tartására vonatkozó helyi építési szabályzat szabályozási lehetőségei (vízviasszatartás módja, mértéke),
- a terepalakítást úgy kell megvalósítani, hogy a lehető legnagyobb mértékben biztosítsa a telkekre hulló csapadék telken történő megtartását, zöldfelületen való elszikkasztását,
- legkisebb zöldfelületi arány meghatározása az építési övezetekre, továbbá az ún. beépítési határértékek közül a terepszint feletti és a terepszint alatti beépítettség megengedett legnagyobb mértékének a meghatározása,
- teljes értékű (talajkapcsolatos) zöldfelület megkülönböztetése az egyéb zöldfelületi arányba beszámítható felületektől (pl. zöldtető) és a teljes értékű zöldfelületek minimális arányának előírása egyes (lakóterületi) építési övezetenként,
- telkek minimális fásítottságának meghatározása,
- új beépítésre szánt területnél közlekedési területet csak kétoldali zóldsávval lehet kialakítani, ahol legalább az egyik oldalon fasor telepítése biztosítható,
- zöldtetőt úgy kell kialakítani, hogy biztosított legyen a tetőfelületre hulló és a zöldtetőn nem hasznosuló csapadékvíz egyéb módon történő helyben hasznosítása.

¹ Budapest 2023. évi barnamezős területi katasztere alapján.

² lásd: a településrendezési és építési követelmények alapszabályzatáról szóló 280/2024. (IX. 30.) Kormányrendelet

A jelenleg hatályos – Budapest Főváros Önkormányzata Közgyűlésének 5/2015. (II. 16.) önkormányzati rendelettel elfogadott – Fővárosi rendezési szabályzat 19. § (5) bekezdése alapján a belső zóna kivételével a jelentős változással érintett területeken új beépítés esetén többlet csapadékvíz csak késleltetett módon kerülhet elvezetésre, míg infrastruktúra függvényében ütemezetten igénybe vehető, változással érintett területeken új beépítés esetén a csapadékvizeket helyben kell tartani. Egyes kerületi építési szabályzatok már most is tartalmaznak olyan innovatív rendelkezéseket, amelyek kifejezetten ösztönzik a csapadékvizek helyben tartását és másodlagos hasznosítását.

Óbuda-Békásmegyer Építési Szabályzata előírja, hogy új épület vagy építmény építése során záportározót kell kialakítani a csapadékvizek helyben tartása érdekében, illetve a XXII. kerület Kerületi Építési Szabályzata új beépítés, vagy burkolt felület növekedéssel járó építési tevékenység esetén előírja – a burkolt-és tetőfelületek méretével összefüggően fajlagosan – a csapadékvizek összegyűjtését zárt tárolókban (hordók, ciszternák).

A fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás megvalósulása és általánosabbá tétele érdekében azonban javasolható szigorúbb szabályozási elemek bevezetése új beépítések megvalósulása esetén, melyekre a következő táblázat mutat példákat.

Érintett területfelhasználási egység	Javasolt szabályozás új beépítések esetén a csapadékvíz helyben tartása érdekében, amennyiben a terület adottságai ezt lehetővé teszik
kertvárosias (Lke), kisvárosias (Lk), nagyvárosias (Ln) lakóterületek	A területen keletkező csapadékvizek teljes mennyiségben kerüljenek: – vagy zárt gyűjtési módon összegyűjtésre, és biztosított legyen a másodlagos felhasználása, telken belüli elhelyezése, – vagy nyitott gyűjtési móddal kerüljenek helyben tartásra.
településközponti vegyes területek (Vt)	– A négyéves, 10 perces intenzitású keletkező csapadékvizek mennyiségének legalább 35%-át zárt gyűjtési módon kell összegyűjteni, és biztosítani kell a másodlagos felhasználását, telken belüli elhelyezését, vagy nyitott gyűjtési móddal helyben kell tartani. – A négyéves, 10 perces intenzitású keletkező csapadékvizek fennmaradó mennyiségének – legfeljebb 65%-ának – visszatartásáról, késleltetéséről gondoskodni kell, és csak késleltetett módon kerülhetnek az ingatlanról kivezetésre, abban az esetben, amennyiben a befogadónak van szabad kapacitása.
intézményi vegyes területek (Vi)	– Amennyiben a teljes értékű zöldfelület mértéke minimum 20%, valamint a beépítettség mértéke maximum 70%, akkor a területen keletkező csapadékvizek teljes mennyiségét zárt gyűjtési módon kell összegyűjteni, és biztosítani kell a másodlagos felhasználását, telken belüli elhelyezését, vagy nyitott gyűjtési móddal helyben kell tartani. – Amennyiben a teljes értékű zöldfelület mértéke kevesebb, mint 20% és a beépítettség mértéke nagyobb, mint 70, akkor a négy éves, 10 perces intenzitású keletkező csapadékvizek mennyiségének legalább 40%-át zárt gyűjtési módon kell összegyűjteni, és biztosítani kell a másodlagos felhasználását, telken belüli elhelyezése, vagy nyitott gyűjtési móddal helyben kell tartani, és a négyéves, 10 perces intenzitású keletkező csapadékvizek fennmaradó mennyiségének – legfeljebb 60%-ának – visszatartásáról, késleltetéséről gondoskodni kell, és csak késleltetett módon kerülhetnek az ingatlanról kivezetésre, abban az esetben, amennyiben a befogadónak van szabad kapacitása.

4. táblázat Lehetséges szabályozási irányok egyes beépítésre szánt területek esetén fővárosi szinten a csapadékvíz helyben tartására új beépítések esetén

5.2. Kialakult városrészek lehetőségei

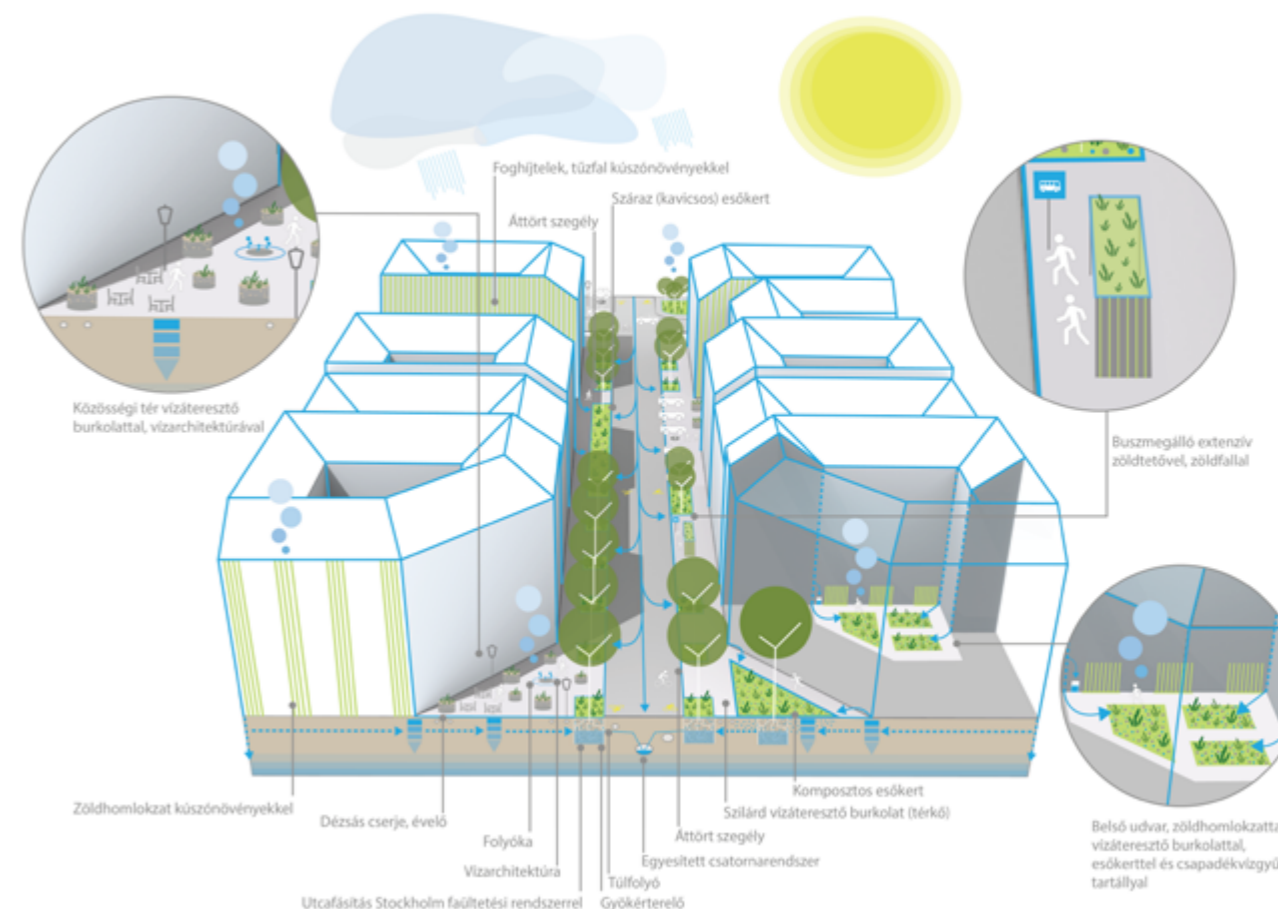
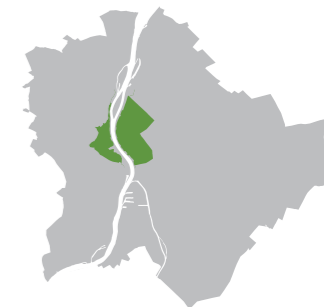
A már kialakult városrészek beállt városszövetében jóval több a kötöttség, korlátozó tényező a szivacs város elvek és eszközök alkalmazása előtt. Így a fő feladat reális célok definiálása a meglévő épületállomány, közműhelyzet és területhasználati igények ismeretében. Főként a közterületek újraosztásával, a közművek racionalizálásával, átstrukturálásával adhatunk teret a későbbi konkrét eszközök alkalmazásához. Minden esetben nagy figyelmet kell fordítani a meglévő épületek és közművek műszaki állapotára, védőtávolságaira. Budapest városszövege jól elkülöníthető zónákra oszlik, melyek a tervezést és a lehetőségeket is alapjaiban határozzák meg. Az alábbiakban bemutatásra kerülnek az egyes fővárosi zónákban szükséges intézkedések, lehetőségek, melyek a konkrét eszközök alkalmazásának lehetőségét hivatottak megteremteni.

Belső zóna

Városszerkezeti adottságok: A város történeti városrészekből álló, legsűrűbben beépített és legnagyobb népsűrűségű területe.

Főbb kihívások: városi hősziget effektus, az egyesített rendszerű csatornahálózat túlterhelődése, intenzív szabadter használata, alacsony zöldfelületarány, sűrű közműhálózat, „autóközpontú” város.

Célok és intézkedések: a párologtatás és árnyékoltság növelése, a lefolyási csúcs csökkentése, multifunkcionális térhasználat. A helyhiány miatt a szivacs város eszközök a komplex városmegújítási projektekbe integráltnak valósíthatók meg a legjobban. A korszerű műszaki infrastruktúra eszközök, a szabványok felülvizsgálata és a szereplők közötti partneri együttműködés lehetővé teszi szivacs város módszerek alkalmazását a meglévő közmű infrastruktúra mellett is. A közmű rendszer racionalizálása költséges projekt, de számos közterületen, utcában adhat lehetőséget például fásításra. A lapos tetős épületek alkalmasak lehetnek extenzív zöldtetők kialakítására, míg a tűzfalak, egyszerűbb homlokzatok zöldhomlokzat kialakítására nyújtanak lehetőséget (példa projektet lásd: 9. fejezet). A történelmi épületek közvetlen környezetében nem javasolt a szikkasztás alkalmazása, mert az befolyásolhatja az épületek stabilitását.



15. ábra Csapadékvíz helyben tartásának elősegítése sűrű beépítés esetén

Átmeneti zóna

Városszerkezeti adottságok: a város legheterogénebb térsége, meghatározó a gazdasági területek, (nagyvárosi, kisvárosi, kertvárosi) lakóterületek és a barnamezős területek aránya.

Főbb kihívások: barnamezős területek magas zöldfelületi aránnyal, de többnyire talajszennyezéssel terheltek.

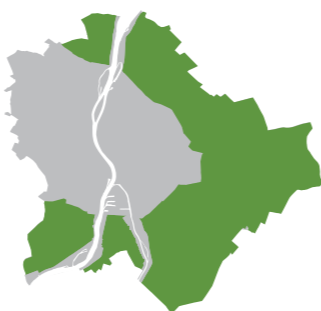
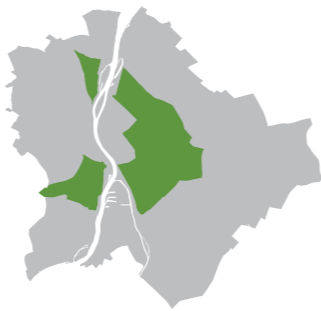
Célok és intézkedések: A barnamezős területek többségében csak kármentesítés után hasznosíthatók, és ez esetben legtöbbször funkcióváltáson is keresztül kell menni, így itt relevánsak az új városrészek csapadékvíz-gazdálkodásának tervezési szempontjai. Jó eszköz lehet a csapadékvíz-gazdálkodást segítő támogatási rendszerek kialakítása társasházak és lakószövetkezetek részére, mint a Fővárosi Önkormányzat által kiírt Lakótelepi zöldfelület-gondozási megnevezésű pályázat.

Elővárosi zóna

Városszerkezeti adottságok: Döntően kertvárosias lakóterületek, szigetszerűen megjelenő nagy lakótelepekkel, valamint jelentős kiterjedésű mezőgazdasági területtel.

Főbb kihívások: csökkenő zöldfelületi arány és a hiányzó csapadékvíz-elvezető hálózat a kertvárosi területeken, a csapadékvíz illegális rávezetése/rákötése az elválasztott rendszerű szennyvízcsatornára, villámárvizek a kisvízfolyásokon.

Célok és intézkedések: A lakótelepek nagy zöldfelületei ideálisak a szivacs város eszközök alkalmazására, amelyek tervezése az esedékes szabadter megújításokkal kombinálható. A kertvárosi területek vízmegtartása a lakosság szemléletformálásával növelhető. Ennek eszközei lehetnek a támogatási programok magántulajdonosok számára (pénzügyi vagy dologi támogatás, pl. megpályázható csapadékvízgyűjtő tartályok), valamint a szemléletformáló kiadványok és rendezvények. Ezzel párhuzamosan fontos lenne az illegális rákötések elleni határozottabb fellépés, azok gyakoribb ellenőrzése.

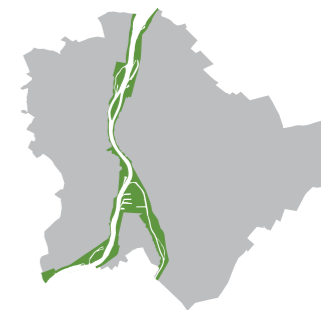


Duna menti zóna

Városszerkezeti adottságok: a belvárosi részre jellemző a legsűrűbb beépítettség és a rakpartok kiépítettsége, ahol a hajózás létesítményei is nagy területeket foglalnak el. A városból kifelé haladva volt ipari üzemek, majd üdülőterületek és városüzemeltetési területek jellemzők.

Főbb kihívások: A felesleges csapadékvíz viszonylag egyszerűen a folyóba vezethető, de emellett időszakos árhullámokkal, magas talajvízszinttel és ezért akadályozott szikkasztással is számolni kell. A csatornahálózat túlterhelődése esetén szennyezett víz kerülhet a folyóba.

Célok és intézkedések: A belvárosi szakasz jövőbeli revitalizációja a rekreációs érték növelését célozza, amihez hozzájárul a zöldfelületi arány és az árnyékolt felületek növelése. A külsőbb területeken a partfal még természetes, így a hangsúly annak és az ehhez kapcsolódó zöldfelületeknek a megőrzésén van. Az eszközöket úgy kell megtervezni, hogy azok bírják az időszakos árhullámok általi elöntéseket.

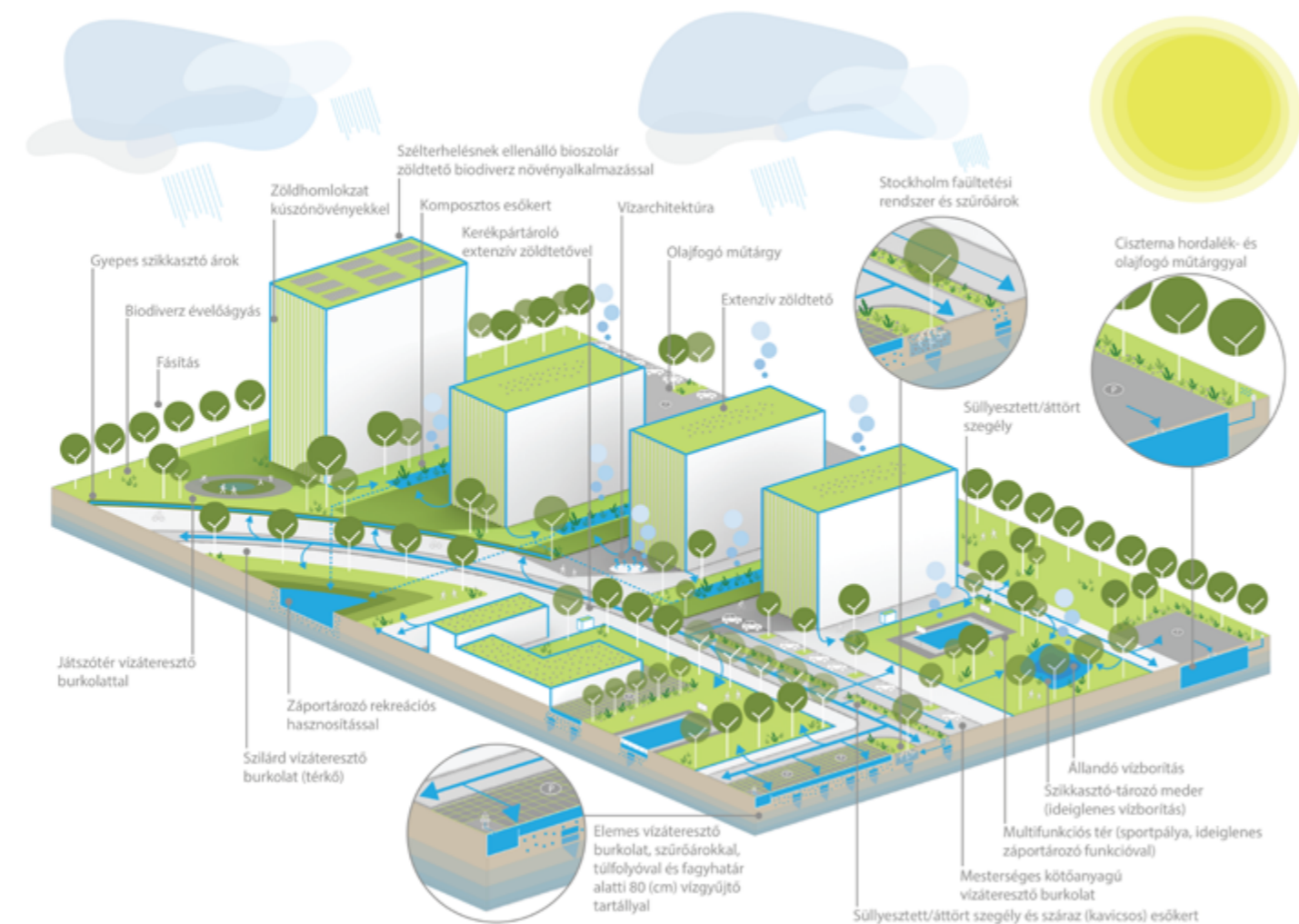


Hegyvidéki zóna

Városszerkezeti adottságok: Lazább, sok zöldfelülettel tagolt kertvárosias környezet és jelentős kiterjedésű erdőterületek.

Főbb kihívások: változatos domborzat, lejtőkön gyorsan lezúduló csapadék.

Célok és intézkedések: Ezek területeken fontos beavatkozás lehet a mélyebben fekvő területek elöntésének megakadályozására a csapadékvíz levezetésének lassítása, késleltetése, illetve tározása. A lejtéviszonyok miatt különösen fontos a rendszerszintű gondolkodás és nélkülözhetetlen a vízgyűjtő alapú lefolyási modellezés. A kertvárosias területeken itt is fontos a magánterületek és magánszemélyek aktív bevonása.



16. ábra Csapadékvíz helyben tartásának elősegítése telepszerű beépítés esetén

5.3. Egyes objektumok tervezési szempontjai

A csapadékvíz megtartásának tervezési sajátosságai – azon túl, hogy minden esetben a lehető legnagyobb méretű, talajkapcsolatos, többszintes növényállománnyal rendelkező zöldfelületek kialakítására kell törekedni – különböző ingatlan, építmény típusok esetében eltérőek lehetnek, mivel az igények és a környezeti hatások különbözőek.

Családi házak esetén gyakran nem valósul meg a víz telken belüli kezelése vagy csatornába kötése, gyakran találkozhatunk az utcára vezetett ereszcatornákkal. Ez különösen szomorú annak fényében, hogy ezeken a telkeken egyrészt általában megvan a kellő hely a víz helyben való szikkasztására vagy tározására, másrészt a növényzet nyáron gyakran öntözésre szorul. Magántelkek esetében az önkormányzatnak csupán korlátozott beavatkozási lehetőségei vannak, de még így is számos eszköz áll a rendelkezésére:

- Szemléletformálás és tájékoztatás: előadások, tájékoztatóanyagok, és a jól használható, egyszerű, praktikus tervezési útmutatók sokat segíthetnek a lakosok aktivizálásában. Az önkormányzat segíthet közvetíteni a lakosoknak olyan szakértők, tervezők vagy árudák elérhetőségét is, akik megfelelő szaktudással rendelkeznek a kis léptékű szivacs város eszközök tervezéséhez és kivitelezéséhez.
- Pályázatok, támogatási programok: bizonyos eszközök használata ösztönözhető pénzbeli vagy tárgyi támogatás formájában (pl. a XVIII. Kerület sikeres vízgyűjtő hordó programja).
- Illegális tevékenységek szigorúbb nyomon követése: a csapadék utcára vezetésének, a telek burkoltságának, lombkorona borítottságának monitorozása, esetleges büntető intézkedések kiszabásával, hogy a meglévő infrastruktúra terhelése ne fokozódjon. A lakosság ellenérzéseit csökkentheti a szigorúbb intézkedések előtt az okok és célok egyértelmű kommunikációja és az alternatívák ismertetése.

Fontosabb szivacs város eszközök: szikkasztóárok, kerti tó, esőkert, vízteresztő burkolatok, ciszterna. Fontos a lakosság figyelmét felhívni rá, hogy az alacsonyabb hőmérséklet és a biodiverzitás támogatás érdekében a telek burkoltságát lehetőleg minimális szinten kell tartani!



Családi házak

A lakótelepek magas zöldfelületi arányuknak köszönhetően a legnagyobb potenciállal rendelkező lakó beépítési típus, ahol a szivacsváros eszközök az esedékes szabadtér megújításokkal nagyszerűen kombinálhatóak. A lakótelepek esetében fontos szempont a robosztus kialakítás, egyszerű fenntarthatóság és a balesetvédelem.

Fontosabb szivacsváros eszközök:

- *Lakó- és kiszolgáló épületek és garázsok:* a lapostetős kialakítás lehetőséget adhat könnyű szerkezetes zöldtetők, biodiverz tetők kialakítására (használatuk az ötödik emeletig ajánlott, efelett a kivitelezési és fenntartási költség nincs többé arányban a magasság miatt csekély városklímikai hatással). Amennyiben a tetők vízvezetése épületen kívül történik, ez könnyedén leválasztható a csatornáról és pl. felszíni szikkasztótérbe vagy tározóba vezethető. Belső vízvezetésnél a csapadékvíz gyűjthető földalatti szikkasztóba vagy tározóba (az épület pincéjében vagy azon kívül). Az épületek ablaktalan oldalfalai használhatóak támrendszeres zöldhomlokzatok kialakítására.
- *Parkolósávok:* gyakran az úttest felé lejtnek, és a víz az itt található víznyelőkbe kerül. Kisebb forgalmú utak esetén, ha az útfelületek megújítása során a lejtésirány megfordításra kerül, a víz áttört szegélyen keresztül rávezethető a szomszédos zöldfelületekre. A parkoló sávok esetében sok helyen megfontolható lehet a vízáteresztő burkolatok használata, a későbbi szükséges fenntartás figyelembevételével.
- *Zöldfelületek:* megegyezik a közparkok, közterekben alkalmazható eszközökkel (lásd lent).

A lakóparkok olyan, a rendszerváltás után készült lapostetős lakóingatlanok, melyek nevük ellenére általában alacsonyabb zöldfelületi aránnyal rendelkeznek az előző két csoportnál, és nagy részük alatt mélygarázs található. Ennek köszönhetően a lakóparkokban az épület tetejének és kertjének tervezése sok hasonlóságot mutathat.

Fontosabb szivacsváros eszközök: A szikkasztás az aláépített kertrészekben nem lehetséges, de a csapadékvíz visszatartása víztározó zöldtető rétegrenddel lehetséges lehet. A vízvisszatartás sűrű növényzettel maximalizálható, amely képes felvenni és elpárologtatni a tározott vizet. A növényalkalmazásnál reálisan kell mérlegelni a vízigényt és a lehetséges vízkivételt, és olyan növényeket érdemes telepíteni, melyek a szárazabb időszakokat is elviselik. A belső kertekben általában intenzív tetőkert kerül kialakításra, melynek vízellátásában segítséget jelenthet a nagyobb kapacitású csapadékvízgyűjtő rendszerek (pl. központi tartály) kialakítása. Az intenzív fenntartású kertekbe jól illeszkednek a dekoratív előkertek, a nyílt színi parkolóknál pedig megfontolható lehet a vízáteresztő burkolatok alkalmazása és Stockholm rendszerű favermek kialakítása.

Középületek esetén az épületek méretéből adódóan jellemzően nagyobb kapacitású rendszerekre van szükség a csapadékvíz helyben tartására és hasznosítására. A középületek gyakran szolgálnak mintaprojektként, mivel önkormányzati tulajdonban vannak, és így fejlesztésük egyszerűbb.

Fontosabb szivacsváros eszközök: Az épület teherbírásától függően javasolt zöld- és kéktetők, tetőkertek kialakítása, zöldhomlokzatok alkalmazása, nagyméretű csapadékvízgyűjtő rendszerek kialakítása (pl. tározók, nagyobb tartályok), a közös parkolóknál és burkolt udvarokban vízáteresztő burkolatok alkalmazása, esőkert-rendszerek kialakítása. Nagyobb (felszíni) parkolók esetén szükséges a csapadékvizek tisztítása a szikkasztás vagy másodlagos hasznosítás előtt.

A közúti közlekedési infrastruktúra nagy kiterjedésű burkolt felületeiről származó csapadékvizek lefolyása jellemzően a csatornába vagy nyílt színi árkokba jut, a lefolyó víz pedig gyakran szennyezőanyagokkal – mint pl. olaj, só, hordalék, levegőből kiülepedő szennyezőanyagok – terhelt.

A családi házak előtt található gyepes árkokat a tulajdonosok gyakran feltöltik, hogy parkolóhelyet nyerjenek, vagy csökkentsék a fenntartási igényt. Az árkok megőrzése érdekében fontos a lakossági tájékoztatás, a szigorúbb ellenőrzés, és szükség esetén bírságolás.

A közúti közlekedési infrastruktúra víztelenítésének tervezésére külön ütügyi műszaki előírás vonatkozik, amely rendelkezik a csapadékvíz tározására, szikkasztására vonatkozó tervezési szempontokról, előírásokról is (lásd: **M-1. melléklet**).



Lakótelepek



Lakóparkok



Középületek



Közúti közlekedési infrastruktúra

Fontosabb szivacsváros eszközök: A csapadékvizek megtisztítása hordalék- és olajfogókkal vagy víztisztító folyókákkal, lefolyás közvetlenül a kapcsolódó zöldfelületre vagy a – lehetőleg többszintes növényállományú – útmenti zóldsávra lejtethető, ahol árkokban vagy víztározó favermekben (pl. SFR rendszer, gyökércellás ültetés) elszikkasztható. A városi útmenti zóldsávok esetén törekedni kell korszerű faültetési módszerek alkalmazására, melyek nemcsak a fák megfelelő életterét biztosítják, hanem a csapadékvíz megtartását is szolgálják.

A nagy kapacitású parkolók esetén is kiemelt feladat az összegyűlő csapadékvizek tisztítása, pl. hordalék- és olajfogó műtárgyakkal szikkasztás vagy másodlagos hasznosítás előtt. Az előtisztítás után javasolható biológiai szűrőrendszerek (pl. gyökérszűrő tisztító rendszer, szűrőárók) alkalmazása. Emellett nagyobb záportározó vagy tározó rendszer, vagy felszín alatti tározást szolgáló létesítmények (ciszternák, tartályok) alkalmazása biztosíthatja az intenzív csapadékesemények okozta előntések elkerülését, a lefolyás csökkentését.

Közterek, járdák esetén is nagyobb burkolt felület arány jellemző, ugyanakkor a nem motorizált közlekedési módok és a szózás tiltásának következtében itt egyszerűbb a vízáteresztő burkolatok alkalmazása. A köztereken törekedni kell a lehető legnagyobb arányú – lehetőség szerint fásított – zöldfelületek kialakítására, korszerű faültetési módszerek (pl. SFR rendszer, gyökércellás ültetés) alkalmazásával. Az intenzív csapadékesemények okozta előntések elkerülése érdekében alkalmazható további eszközök pl.: többfunkciós záportározók kialakítása (pl. csapadékmentes időszakban sporttér, csapadékos időszakban ideiglenesen záportározó), a kapcsolódó zöldfelületekre történő vízvezetés, közterek szegélyén kialakított esőkert rendszer. Fontos, hogy a csapadékvizek előtisztítása érdekében hordalékfogó (pl. rács) kerüljön alkalmazásra, hogy a nagyobb (jellemzően darabos, pl. cigarettacsikkok) szennyeződések ne szennyezzék a talajt, illetve talajvizet és ne okozzanak eltömődést a szikkasztóműben.

A közparkok, közterek és egyéb közhasználatú (pl. lakótelepi) zöldfelületek esetén az adott zöldfelület egyéb rekreációs funkcióival összeegyeztetett módon kell törekedni a csapadékvíz helyben tartására és hasznosítására. A szikkasztófelületek (pl. esőkertek, szikkasztó-tározó meder) kialakítása során figyelembe kell venni a meglévő fás szárú növényállományt. A gyökérszóna megsértése károsítja a fákat, a szikkasztó felületekből beszivárgó víz azonban előnyös lehet a fejlődésük számára, ezért az ilyen helyzetek egyéni elbírálást igényelnek. Helyhiány esetén mérlegelhető lehet mélyen gyökerező fajoknál a gyökérszónába belógó, sekély szikkasztótér létrehozása.

A szivacsváros eszközök nagy része alkalmazható ezen zöldfelületek esetén, melyek közül különösen javasoltak: pl. vízáteresztő burkolatok, építmények (pl. nyilvános illemhely, kerékpártároló) esetén zöldtetők alkalmazása, esőkertek és záportározási célt is szolgáló vízfelületek kialakítása (utóbbinak kiemelt rekreációs szerepe is lehet). A parkok, nagyobb kiterjedésű zöldfelületek alkalmasak a környező területekről történő csapadékvizek fogadására, pl. víztározók, mesterséges tavak, nagyobb méretű esőkertek vagy szikkasztóárók rendszerek révén, így az előntéssel érintett területek csökkentésében is nagy szerepük lehet. A dekoratív és nagyobb fenntartási igényű eszközök, mint esőkertek és tavak alkalmazása a park frekvenciált részein javasolt. A nagy kapacitású időszakos víztározók a csapadékvíz tározása mellett – igény szerint – sportolási célokat is szolgálhatnak; emellett bizonyos sportpályák készülhetnek vízáteresztő alapozással és burkolatokkal, hogy elősegítsék a csapadékvíz beszivárgását. A gyepes sportpályák jellemzően öntözőrendszerrel kerülnek kiépítésre, mely során törekedni kell a helyben tározott csapadékvíz vagy talajvíz felhasználására, ezzel is csökkentve az ivóvíz felhasználását. A felszíni tározókapacitás felszín alattival is kiegészíthető vízutánpótlás vagy öntözés céljából.



Közterek, járdák



Közparkok, közterek, egyéb közhasználatú (pl. lakótelepi) zöldfelületek

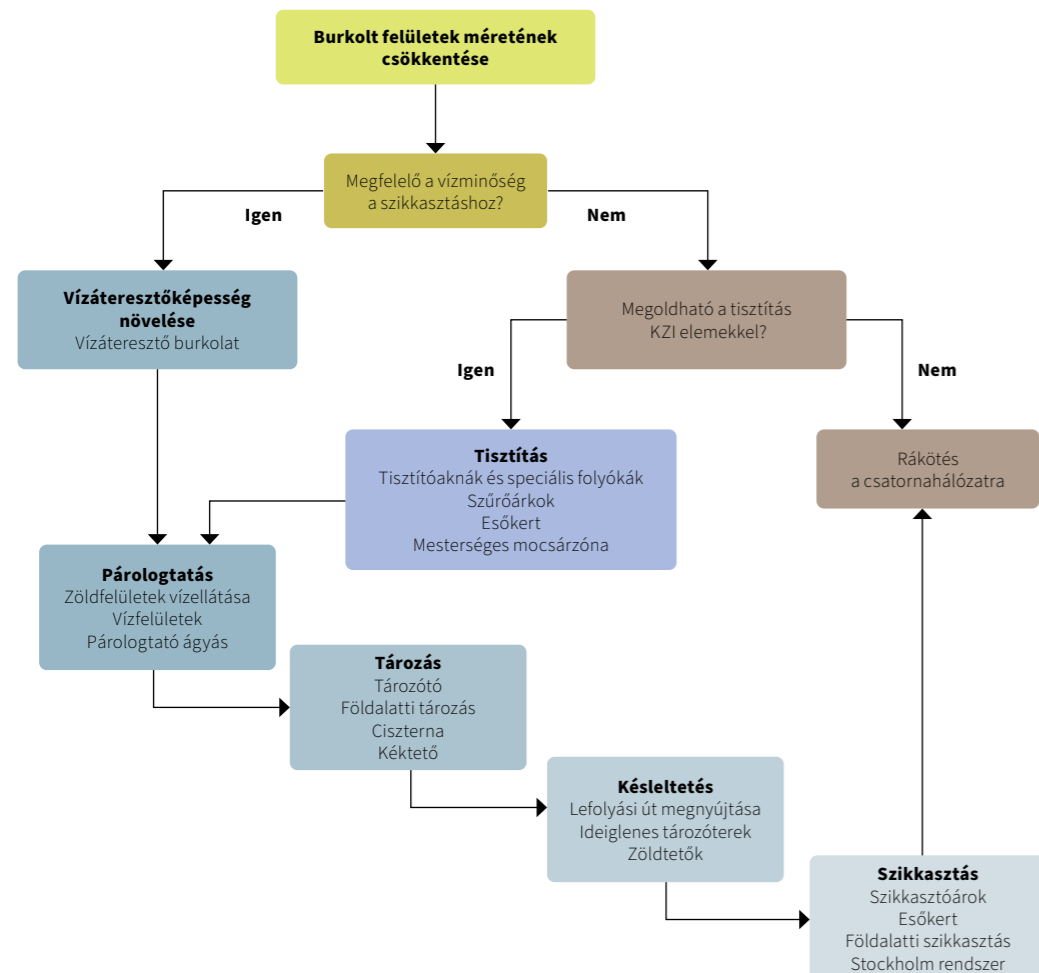
6. Műszaki alapelvek és a tervezés folyamata, alapadatok

A szivacsváros koncepció alkalmazása során számos környezeti tényezőt, körülményt és műszaki paramétert kell figyelembe venni. A fejezet a legfontosabb általános elveket foglalja össze és bemutatja a kisebb tervezési projektek tipikus lefolyását.

6.1. Tervezési műszaki alapelvek, szempontok

A burkolatokról és tetőfelületekről összegyülekező vizek visszatartására többféle lehetőség kínálkozik. Mindig az adott tervezési terület és feladat függvényében kell meghatározni, hogy melyik megoldás alkalmazható, vagy melyek használata kizárandó a helyi adottságok miatt.

A **3. fejezet** bemutatta a szivacsváros koncepcióhoz kapcsolódóan a vízmegtartás öt alpmegoldását, azaz a szikkasztást, tározást, késleltetést, párologtatást és hasznosítást. Általában egyszerre több vízmegtartási mód is alkalmazható, illetve a célok és lehetőségek szerint lehet rangsorolni ezeket. A **17. ábra** a víz útját követve mutatja be a döntési folyamatot, hogy egy átlagos városi tervezési projektben hogyan javasolt kiválasztani az optimális megoldás(ok)at. A megoldások rangsorolása azonban mindig függ az adott környezetben meghatározott tervezési céloktól. Például, ha egy magas burkoltaságú területen az elöntésveszély csökkentése a fő cél, a tározás, késleltetés válhat a legfontosabb prioritássá.



17. ábra
A vízmegtartási módok kiválasztásának a döntésfája (Forrás: Csizmadia Dóra)

A tervezés első lépése annak felmérése, hogy csökkenthető-e a burkolt felületek aránya, és ezzel a vízzáró felületeken keletkező lefolyás mennyisége. A burkolatok használatát minimalizálni kell, hiszen ezek okozzák a városi csapadékvíz-gazdálkodási problémák döntő részét. Ha a burkolt felületek nagysága tovább már nem csökkenthető, meg kell vizsgálni, hogy az ezekről érkező **csapadékvíz minősége megfelelő-e** a szikkasztáshoz, a csapadékvíz talajba történő bevezetéséhez. Ha a víz szennyezett, de a szennyezettsége még kezelhető, **előtisztítás** alkalmazható szürke (pl. olajfogó műtárgy), vagy zöld-kék eszközökkel (pl. szűrőfelületen való átvezetés). A növényzettel átszótt talajzóna magában is bír tisztító funkcióval, amennyiben a víz elég időt tölt a talajban, azaz a talaj vízáteresztő képessége nem túl nagy ($k_f < 10^{-3}$ m/s). Amennyiben a vízminőség helybeni tisztítással nem javítható a szikkasztásnak megfelelő mértékig, a lefolyó víz bevezetése a talajba nem megengedhető.

Amennyiben a vízminőség lehetővé teszi a talajba vezetést, meg kell vizsgálni, hogy a burkolt felület lefolyásának további csökkentése érdekében a burkolatot vízáteresztővé lehet-e tenni ezzel is csökkentve a lefolyást. A **vízáteresztő burkolatok** – megfelelő fenntartás esetén – akár a nagyobb csapadékesemények lefolyásának jó részét is képesek visszatartani.

Magyarország klimatikus adottságai mellett elmondható, hogy az egyre intenzívebbé váló hóhullámok jelentik a városlakók számára az egyik legnagyobb egészségügyi kockázatot, ezért a párologtatás növelése lehet az egyik legfontosabb cél. A **párologgás** lassú folyamat, ezért az árhullámok mérséklésére nincs közvetlen hatása, ám az éves vízháztartás alakításában jelentős szerepe van. A párologgás leghatékonyabb eszköze a növényfelületek (pl. lombkorona, zöldhomlokzatok) transzspirációja. A vegetációs időszakban, és azon belül is legintenzívebben a nyári hónapokban a növények által és a különböző felületekről elpárolgó víz természetes környezetben akár az éves csapadékmennyiség kétharmadát is elérheti.

Azt a vízmennyiséget, amit a párologtató eszközök, mint tározók, nem tudnak visszatartani, tovább kell vezetni adott esetben olyan **tározó eszközökbe**, melyek akár nagyobb csapadékesemények visszatartására, befogadására is alkalmasak. A nyílt vízfelszínnel rendelkező tározóknak közvetlen párologtató hatásuk is van, míg a föld alatti, fedett tározókban tárolt víz felhasználható többek között öntözésre, ezzel segítve a mikroklíma javítását.

Gyakran azonban helyhiány miatt nem oldható meg a víz helyben tározása. Ha a csapadékvíz helyben történő hasznosítása vagy hasznosulása nem lehetséges, a cél a **lefolyás késleltetése** és az árhullámcsúcs csökkentése lehet. Ez a felszíni lefolyás lassításával vagy a lefolyási úthossz növelésével történhet. A lefolyás sebességét befolyásolja a felületi érdesség, azaz, hogy mennyire sima vagy tagolt egy felület. Míg egy aszfalt felületről a víz gyorsan lezúdul, egy rusztikus terméskő burkolatról lassabban folyik le és a víz egy része – mikrotározással - tározódik a burkolat mélyedéseiben. A víz útjába helyezett egyéb akadályokkal szintén csökkenteni lehet a lefolyás sebességét, ezzel lassítva az összegyülekezést.



6. fotó
Lefolyást késleltető terepadakály, Bochum

A párologtatással fel nem használt, mélyebb rétegekbe szivárgó víz a talajvizet táplálja, aminek szintén pozitív hatása van a városi klímára.

A csapadékvíz visszatartását célzó eszközökhöz – néhány kivételtől eltekintve – túlfolyót kell tervezni a többletvizek biztonságos elvezetésére, ezzel csökkentve az esetleges elöntések veszélyét. A túlfolyó vezethet egy másik eszközbe, egy közeli víztestbe, vagy más megoldás híján a csatornarendszerbe.

A szikkasztás lehetőségét, azaz a csapadékvíz talajba történő bevezethetőségét több paraméter befolyásolja. Ezek közül a három legfontosabb a csapadékvíz minősége, a talajvíz mélysége, valamint a talaj típusa, jellemzői.

Vízminőség

A csapadékvíz felszíni lefolyásának elsődleges, városi jellegű szennyező forrásai a közlekedés, a különféle ipari tevékenységek, építkezések, továbbá az illegális hulladéklerakás, balesetek, egyes házkörüli tevékenységek, valamint az állati ürülék. A térben igen inhomogén, a felszín használatától függő szennyeződésekre szuperponálódik az ülepedő és szállópor lerakódása. A legjellemzőbb szennyező anyagok, azok forrásai és hatásai az alábbiak:

- **Hordalék (szilárd szemcsék):** a csapadék-lefolyás gyakori szennyezője. Jellemző forrásai az építkezések és egyéb nem burkolt felületek eróziója, légköri kiülepedés (közlekedési és ipari eredetű kibocsátásokból), az épített környezet kopási folyamatai. Nagyvárosi sajátosság, hogy a lejtős pályaszakaszokon található megállóknál, téli időszakban a villamosok hatékony fékezését a kerekek elé kiszórt homokkal érik el. A szilárd szemcsékhez - elsősorban a finom frakcióhoz - más szennyezők kötődnek (adszorbeálódnak), például fémek, szénhidrogének, tápelemek.
- **Biológiailag bontható szerves anyagok:** növényi maradványok (levelek, fűnyesedék), állati (pl. kutya, galamb) ürülék, utcai szemét és egyéb szerves anyagok.
- **Nehézfémek:** az ólom, cink, réz és kadmium a lefolyást szennyező leggyakoribb nehézfémek, de a nikkel és a króm is gyakran megjelenik a lefolyó vízben. Forrásaik: légköri kiülepedés (közlekedésből, ipari kibocsátásokból), épületek bádogelemeinek korróziója, hulladéklerakók csurgalékvizei.
- **Olajok és zsiradékok:** Jellemző forrásaik a motorolaj és hidraulika folyadék szivárgása gépjárművekből, elcsöpögés töltőállomásokon, növényolajok (éttermi hulladék), fáradtolaj illegális leürítése.
- **Egyéb szerves mikroszennyezők:** a csapadék-lefolyásban kis koncentrációban fordulnak elő; leggyakrabban peszticidek, fenolok és policiklikus aromás szénhidrogének (PAH-ok). Forrásaik: növényvédőszeres, közlekedés, ipari kibocsátások, télen a fűtési füstgázokban található szállópor.
- **Mikrobiológiai szennyezők, patogének:** a csapadék-lefolyásban gyakran találhatók baktériumok, vírusok és egyéb kórokozó mikroorganizmusok. Forrásaik: elválasztott csatornarendszer esetén főleg a velünk élő háziállatok és a városi madarak, kisemlősök ürüléke. Az egyesített rendszerű csatornák záporkiömlőinél pedig a kevert szennyvíz.
- **Növényi tápanyagok:** nem jellegzetes városi szennyezők, de szintén megtalálhatók a lefolyásban. Forrásaik: légköri ülepedés, fedetlen talajok eróziója, a lombhullató vegetáció lebomlott maradványai és a zöld felületek helytelen műtrágyázásából keletkező lemosások.
- **Utcai hulladék:** jelentős mennyiségű nehézfém, peszticid és baktériumot tartalmazhat. Forrásai: utcai hulladék, ipari telephelyek szabadtéren tárolt hulladékai. A hozzá kapcsolódó szennyezők hatásain felül esztétikailag is rontja a vízminőséget.
- **Sók:** Forrása: síkosságmentesítő anyag.

A csapadékvíz szennyezés mértéke alapvetően a felszín, a felület használatától függ, ahonnan a csapadék lemossa az ott felhalmozódott szennyeződést. A vizek szikkasztását szabályozó németországi DWA-A 138 szabvány segítheti a tájékozódást a leggyakoribb városi burkolatokról lefolyó víz használhatósága tekintetében (lásd: **5. táblázat**), azonban a tervezés során minden esetben egyedileg is vizsgálni kell a vízminőséget.

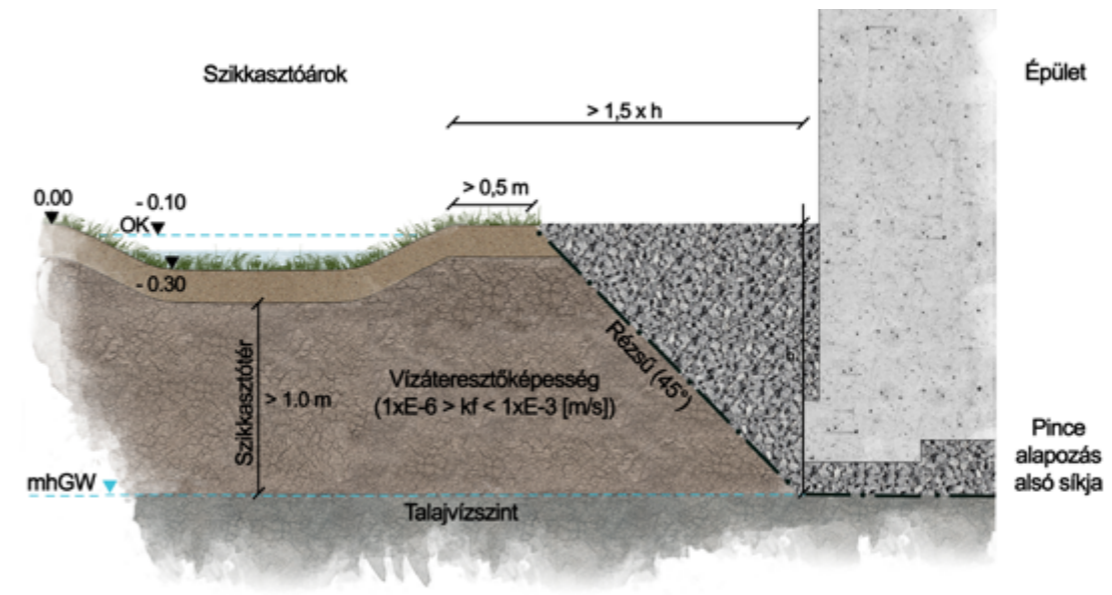
Terület	Szennyezőanyag-tartalom
Zöldtetők, gyepek és művelt területek	Ártalmatlan
Tetők szabad fémborítás nélkül/ teraszok/belső udvarok	
Tetők fémeket is tartalmazó borítással (réz, cink vagy ólom)	Elfogadható
Lakóterületi kerékpár- és gyalogutak, kisforgalmú területek (max. 300 autó/nap)	
Időszakos forgalmú udvarok, parkolók és kisforgalmú utak (300-500 autó/nap)	
Nagyforgalmú utak (5000-15000 autó/nap)	
Jelentős forgalmú parkolók (pl. bevásárlóközpontok)	Kezelést, tisztítást követően hasznosítható
Fémborítású tetők/erősen szennyezett utak és szabadterek	
Városi főutak, autópályák	Hasznosíthatatlan
Erősen szennyezett iparterületek útjai és parkolói	
Speciális területek: kamionparkolók, repülőtéri kifutópályák	

5. táblázat Különböző felületekről lefolyó csapadékvíz szennyezettsége (Forrás: DWA-A138, fordítás: Csizmadia D.)

A zöldfelületekről, nem fém borítású tetőkről és az alacsony használati intenzitású területekről lefolyó víz általában előkezelés, tisztítás nélkül továbbítható a zöldfelületekre. Az a cél, hogy a német szabványhoz hasonlóan, a városias beépítésű területeken, ahol az ilyen kis-mértékű talajszennyezési kockázat nem veszélyeztet vízbizsist, engedjük zöldfelületre a lefolyó csapadékvizet. Ha kell, be lehet iktatni „szivacsstéglát”, amely a normál idejű csapadékokat, és a síkosságmentesítéstől sós vizek első, leginkább szennyezett részét megfogja, de nem kötelező. Az út és parkoló felületek forgalma, kapacitása befolyással van az onnan lefolyó csapadék minőségére, ezért az ezen felületekről lefolyó csapadékvíz kezelést igényelhet. A kezelés jelentheti magának a csapadékvíznek valamilyen eszközzel (pl. ülepítő akna, „szivacsstégla”) történő tisztítását, vagy maga a szikkasztóközeg is alkalmas lehet a szennyezőanyagok kiszűrésére (pl. SFR technológia). A tisztított víz paramétereinek meg kell felelni az adott felhasználáshoz, bevezetéshez tartozó határértéknek, és nem okozhatja a befogadó környezeti elem állapot romlását. Nagy mértékben szennyezett területekről (pl. nagyobb mint 500 egységjármű/nap forgalmú utakról) lefolyó víz esetében egyedileg kell meghatározni a szikkasztathatóság feltételeit, szem előtt tartva a talaj és a felszín alatti vizek szennyezésének megakadályozását, ami jelentheti a szikkasztás tilalmát is.

Talajvíz távolsága a felszíntől

Ott, ahol a talajvíz közel van a felszínhez, a szikkasztás vízminőségvédelmi szempontból aggályos lehet. A hatósági gyakorlat alapján a mértékadó talajvízszintnek a szikkasztó eszköz alsó síkjától (attól a felülettől, ahol a víz a talajba lép) legalább 1 méterre kell lennie. Továbbá figyelni kell arra, hogy a szikkasztó felület épülethez legközelebb eső pontjának távolsága az épülettől legalább a pinceszint magasságának másfélszerese legyen. Ez az épületszerkezet és a szigetelés, valamint a talajviszonyok felmérése alapján, szakértői vélemény alapján módosítható.



18. ábra A szikkasztóárok minimális távolsága az épülettől (a DWA-A 138 szabvány alapján) (Forrás: DWA-A 138, fordítás: Csizmadia D.)

A talajvízszint helyzete a felszínalatti zárt tározótér tervezésénél is fontos szempont. Amennyiben a tároló alsó síkja a mértékadó talajvízszint alatt van, a tároló falára többlet oldalnyomás, illetve magára a tárolóra többlet felhajtó erő keletkezik. A tárolót ezen többletterhelésekre, felúszásra is méretezni kell.

A talaj típusa, adottságai

A víz talajban történő mozgása, szivárgása elsősorban a talaj szerkezetétől függően történik. A talajok tulajdonságai meghatározzák a szikkasztás lehetőségét és a szikkasztással elszívárogatható víz mennyiségét. Ugyanakkor a szikkasztás is befolyásolhatja a talajok szerkezetét, mechanikai tulajdonságait. A szikkasztással talajba vezetett többlet víz kedvezőtlen alakváltozásokat is előidézhet a talajban (például homokliszt vagy lösz talajok roskadása), illetve lejtős területeken lejtőállékonysági problémákat is előidézhet (pl. lejtő csúszása, kúszása dőlésben települt agygrétegen). A szikkasztás tervezése során geotechnikai szakértőt kell bevonni a munkába és a geotechnikai kockázatokat a talajkörnyezet ismeretében (talajvizsgálati jelentés megállapításai alapján) kell értékelni.

A városi környezetre jellemző, hogy a talaj szennyezett. A leggyakoribb esetben a volt ipari és vasúti területeken, gyomirtókkal gyakran kezelt területeken, vagy a világháborúban intenzíven bombázott városrészekben található szennyezett talajok. A talaj szennyezettsége korlátozza, vagy akár teljesen meg is akadályozhatja a szikkasztást, mivel a többlet vízmennyiség fokozhatja a talajból a szennyező anyag kimosódását és talajvízbe jutását. A szennyezés típusa, mértéke és mélysége talajmintavétellel és laboratóriumi vizsgálatokkal határozható meg, ennek ismeretében lehetséges a tervezési stratégia meghatározása. Az alábbiakban néhány lehetőséget ismertetünk:

1. Amennyiben a talajszennyezés a felszínen is megjelenik, a teljes talajcsere a legátfogóbb megoldás. A talajcsere szükséges kiterjedését a terület mérete és a szennyezés mélysége határozza meg. A mennyiség függvényében ez jelentős költséggel járhat, ezért az előzetes számítások határozzák meg, hogy ez a megoldás kivitelezhető-e. (Például a Vasúttörténeti Park területén az egykori vasúti üzem nyomán keletkezett szennyezés eltávolításához 7 méter mélységig volt szükség talajcserére). A teljes talajcserét követően az új, tiszta talajban ezután – az egyéb korlátok erejéig - használhatóak a szivacsváros eszközök.
2. Amennyiben csak a talaj felső rétege szennyezett, az alatta levő, nem szennyezett talajba a szikkasztás lehetséges. A tervezésnél figyelembe kell venni, hogy ebben az esetben is biztosítani kell a talajvíz szintje és a szikkasztási felület között az 1 m-es védőtávolságot.
3. Amennyiben a talaj mélyebb rétegei is szennyezettek és a teljes talajcsere nem lehetséges, megoldást jelenthet, hogy a felső réteg csak olyan vastagságban kerül cserére, amely már megfelelő környezetet biztosíthat a tervezett növényzet számára. Ez alatt egy vízzáró réteget kell kialakítani, ami megakadályozza a víz átjutását és kizárja a szennyezések bemosódását a talajvízbe.

Növényzet tervezése szennyezett talajú területen

Szennyezett területen (ha a terület kármentesítése nem szükséges) olyan növényfajok telepítése javasolt, amik az adott szennyezőanyag(ok)ra toleránsak. Ha a szennyezett talajt felülről vízzáró réteggel választják el, olyan növény- és főleg fajokot kell választani, amelyek gyökérzete nem hatol mélyre és nem töri át a záróréteget.

Nem csupán szennyezést jól tűrő, de olyan növényfajok is ismertek, melyek – szennyezőanyagtól és környezeti adottságoktól függően – hatékonyan tudják csökkenteni a talajszennyezés mértékét. Fitoremediáció (a talaj tisztítása növények segítségével) végezhető számos fajjal (pl. nyár, nyír, bizonyos juhar fajok) és különböző lágyszárú növényfajokkal is (pl. amaránt, napraforgó).

Lejtésviszonyok figyelembevétele

A szivacsváros eszközök legkönnyebben vízszintes vagy enyhe lejtéssel rendelkező, közel vízszintes felszínen (max. 5% lejtés) alkalmazhatóak, de megfelelő tervezéssel meredekebb területeken is használhatóak. Meredek terepen a szikkasztók elhelyezése nehézkessé válik, mert a szikkasztási síknak vízszintesnek kell lennie. Ebben az esetben a szikkasztó eszközöket lehetőleg a szintvonalak mentén kell elhelyezni, vagy a szikkasztási felület kialakítható lépcsősen (a szintek között elválasztó keresztgátakkal, amiken a felső szinten összegyűlő víz átbukhat).

Lejtős tervezési területen az elszívárogatott víz sorsának, a szivárgási útvonalaknak a vizsgálata és a geotechnikai kockázatok értékelése különösen indokolt. Egy rézsús felületen álló épület „feletti” kertrészbe helyezett szikkasztó például akkor is okozhat vizesedést a pincszinten, ha a szikkasztó és a fal síkjának távolsága a vízszintes területeknél javasolt védőtávolságnál nagyobb. Ilyen esetekben mindig az épület „alatti” kertrészre érdemes helyezni a szikkasztót.

Lejtős felszínek a feltalaj és a felszínborítottság függvényében erózióérzékenyek lehetnek. Ilyen területeken gyakori kihívás a vízerózió megakadályozása vagy mérséklése, ezért fontos cél a lefolyás lassítása. Ez történhet a terep lépcsőzésével, teraszolással, vagy a lefolyási útvonal módosításával (pl. akadályok elhelyezésével, kialakításával).



7. fotó
Lefolyást lassító
terméskő akadály,
Bochum

Bizonyos esetekben a növényzettel benőtt felület sem képes a lefolyó víz áramlási sebességét kellőképpen csillapítani, ezért szükség lehet a felszín borítására (pl.: kővel, megfelelően megválasztott szemcsemérettel, amit a víz már nem képes magával vinni) vagy a felület burkolására. Ilyen helyzetek lehetnek tipikusan a szikkasztóárkok befolyói. Ügyelni kell rá, hogy a burkolat ne csupán a rézsút fedje, hanem azt a vízszintes felületet is, ahova a víz nagy energiával érkezik, hiszen itt lesz a legnagyobb a terhelés, az erózió kockázata.



8. fotó
Kavicsszórással
stabilizált meredek
lejtésű árok, Bochum

Tervezési elvek a könnyű fenntarthatóságért

A szivacsváros koncepció esetén alkalmazott eszközök rendszeres ellenőrzést és szakszerű fenntartást igényelnek. Ennek tudatában fontos, hogy egyrészt biztosítva legyen az eszköz megközelíthetősége és a fenntartás egyszerűen elvégezhető legyen. A másik szempont a megfelelő anyaghasználat, ami a hosszú távú fenntarthatóságot biztosítja. A fenntartás elhanyagolása nem csupán esztétikai probléma, hanem akár nem megfelelő működés következtében elöntésveszéllyel is fenyegetheti a területet! Erre hozhatók példaként a vízáteresztő burkolatok, melyek vízáteresztő képessége a felszíni szennyeződések miatt fenntartás nélkül jelentősen csökkenhet kellő karbantartással azonban a megfelelő állapotuk fenntartható. Az egyes eszközök tipikus fenntartási feladatait a **7. fejezet** mutatja be.

A szikkasztóárkok rézsűjének maximum 1:3 meredekségű kialakítása esetén a fenntartás nem lesz bonyolultabb egy átlagos gyepfelületénél. A tervezésnek magában kell foglalni a leendő szikkasztóeszközök területének védelmét a nehéz munkagépektől, mert azok a talaj tömörödését okozhatják, ami jelentősen ronthatja a talaj vízáteresztő képességét és ezzel az elszívórogtatás hatékonyságát.

A víz elvezetésére, befolyók és túlfolyók kialakítására lehetőleg olyan megoldást kell választani, ami nem érzékeny az eltömődésre: ilyenek lehetnek a nyílt gyepes vagy burkolt vápák. Zárt folyókat és főleg résfolyókat csak nagyon indokolt esetben alkalmazunk, mert ezek tisztítása nehézkes.

A vegetációval kombinált eszközök gyakran 1-5 éves fenntartási periódust igényelnek, amíg a növényállomány beáll. Mivel a természet-alapú eszközök mindig helyspecifikusak, előfordulhat, hogy ebben az időszakban kisebb beavatkozásokra, például egyes növények cseréjére, pótlására lehet szükség.

6.2. Tervezési folyamat

A szivacsváros koncepció mentén megvalósítandó projektekre hatványozottan igaz, hogy körültekintő tervezésre és projekt előkészítésre van szükség, mert több szakterületet érintő, egymásra épülő elemei, folyamatai vannak. A rendszer tervezése komplex megközelítést, projekt szemléletet és az egyes szakterületek szakértőinek szoros együttműködését igényli már az előkészítő fázistól kezdve. Ez a gyakorlatban szinte minden esetben tájépítésmérnök, vízpépítésmérnök, közlekedésmérnök, építésmérnök bevonását jelenti. A következőkben a tervezési folyamat megismeréséhez ad támpontokat a fejezet.

Megbízói igények, megrendelői követelmények

Magát a tervezést megelőzi – avagy nulladik lépésnek is nevezhető – a megbízói igények és a kiindulási helyzet/állapot feltárása. Mindenképpen fontos lépés az igények pontos felmérése, a megbízóval történő egyeztetés, mely során beazonosításra kerülhetnek a fő problémák és célok (megbízói víziók), amikre a tervezett beavatkozásoknak megoldást kell adniuk. A megbízói igények sokfélék és egyedi és egyes esetekben akár ellentmondóak is lehetnek. Ilyen lehet például: egy terület folyamatos elöntésének minimalizálása, hősziget hatás csökkentése, általános környezeti feltételek javítása, párologtató felületek növelése stb. A megoldandó problémák és elérendő célok beazonosítását követően kezdődhet el az érdemi vizsgálatok elvégzése, előkészítés és tervezés.

Gyakran előfordul azonban, hogy a megrendelő nem rendelkezik kellő információval arra vonatkozóan, hogy a felmerült problémák megoldására milyen komplex csapadékvíz-gazdálkodási és tájépítészeti eszközök állnak a rendelkezésre (például a víz helyben tartását célzó szivacsváros eszközök). Ilyenkor a tervező feladata felhívni erre felhívni a figyelmet és tájékoztatni a megrendelőt az új, innovatív, fenntarthatóságot célzó megoldásokról, azok előnyeiről és hátrányairól, és az ezzel járó feladatokról.

Vizsgálatok és helyzetértékelés

Bár elsődlegesen a megbízói igények határozzák meg a tervezési folyamatokat, így az elvégzendő vizsgálatokat is, azonban vannak általános, a szakmai megalapozottság érdekében minden esetben elvégzendő vizsgálatok, melyeket, a tervezési feladat megkezdése előtt vagy annak részeként kell elvégezni (**19. ábra**).



Az előkészítő szakaszban a további döntésekhez és elemzésekhez kapcsolódóan kell az adatokat beszerezni és a társadalmi elvárásokat felmérni, míg a részletes tervezés során már az engedélyeztetésnek és kivitelezhetőségnek megfelelő adatokat kell biztosítani a munkához.

Előzetes problémafelmérés, célok meghatározása

Ebben a fázisban mélyebbre hatóan kell tanulmányozni a korábban már feltárt vagy éppen rejtve maradt konfliktusokat, korlátokat. Továbbá azt is meg kell határozni, hogy mik azok a célok, amiket el kívánunk érni. Azonosítani kell a megoldandó problémát és az azt kiváltó okokat, melyek megszüntetése lehet az egyik fő cél. Például egy terület rendszeres elöntése esetén meg kell vizsgálni, hogy mi áll a jelenség hátterében: a túl sok burkolt felület, a tetőfelületeken keletkező csapadékvizek nem megfelelő elvezetése, esetleg a zöldfelületek talajának tömörödöttsége és emiatt gyenge szivárogtató képessége, vagy akár ezek együttes hatása? A probléma megoldására szóba jöhető megoldások kapcsán vizsgálandó, hogy milyen egyéb járulékos eredményeket hozhatnak. Az a jó és hatékony megoldás, ami a problémát kiváltó ok megszüntetése mellett egyéb, a területet érintő problémát is megold, mint például az elöntésből származó többlet vizek helyben történő hasznosítása.

Adatgyűjtés – tervezési alapadatok

A szükséges adatok körét az adott feladat és tervfázis alapján kell meghatározni, de vannak olyan általános alapadatok, adatok, amik minden esetben szükségesek a komplex vizsgálathoz és a megfelelő tervezéshez. A szükséges adatok listájának meghatározása és beszerzése a tervező feladata. Optimális esetben az adatokat a megrendelő tudja biztosítani, de vannak olyan adatok, amiket harmadik féltől kell beszerezni és olyanok is, amiket a projekt során kell - pl. helyszíni felmérésekkel, vizsgálatokkal - előállítani. Ennek módját és finanszírozását a megrendelővel kell egyeztetni. A beszerzendő adatok az alábbiak szerint csoportosíthatók:

- Szabályozási előírások, helyi rendeletek: ide tartoznak a rendezési terv szerinti beépítést, illetve területhasználattal szabályozó, esetleg korlátozó (pl. vízbázisvédelmi, természetvédelmi) adatok.
- Terület általános tervezési adatai: ide tartoznak a lakossági, területhasználati, fedettségi, domborzati adatok, geodéziai felmérések.
- Hidrológia adatok: ide tartoznak a területre jellemző csapadék adatok (vagy már az ezek kiértékelésével nyert csapadék jellemzők), a felszíni és felszín alatti vizek vízrajzi adatai, állapotuk jellemzése, terhelhetőségük.
- Geotechnikai, talajmechanikai adatok: ide tartoznak a talaj fizikai állapotára, vízháztartására, illetve esetleges szennyezettségére, a talajvízszintre és a potenciális geotechnikai károsodásokra vonatkozó adatok.
- Közmű adatok: ide tartoznak a területre vonatkozóan a meglévő vízi és egyéb közmű adatok, a közművek jelentette kötöttségek, korlátozások.

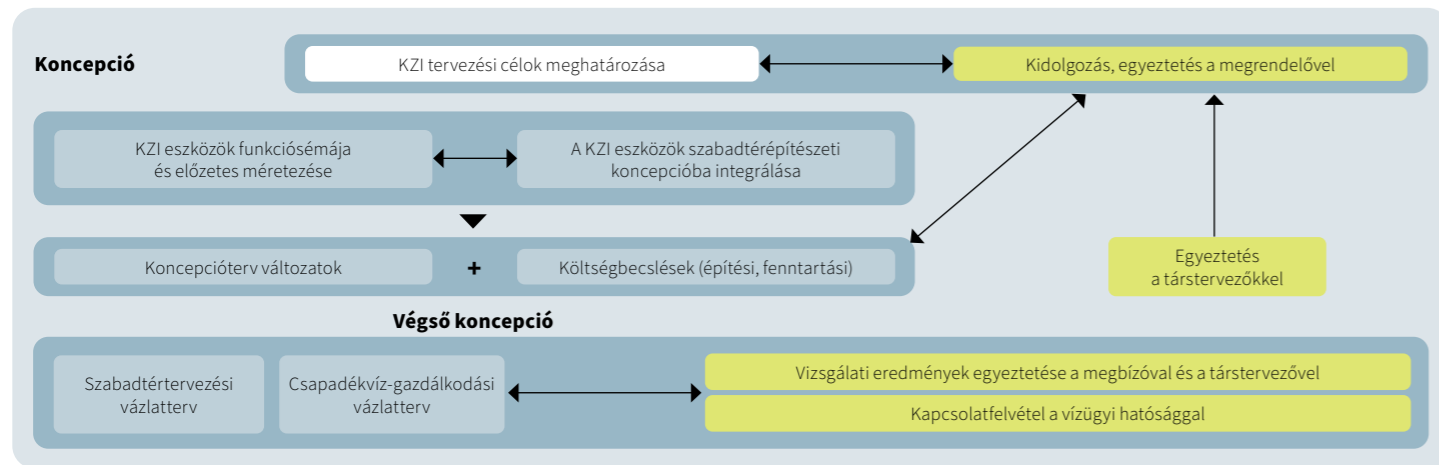
Az adatok közül a szabályozási jellegű alapinformációk a lehetséges kereteket, míg a műszaki jellegű adatok a lehetséges megoldások alkalmazhatóságát határozzák meg. A tervezés minőségét alapvetően határozza meg az adatok pontossága és teljeskörűsége. Amennyiben valamely adat nem áll rendelkezésre, illetve nem szerezhető be vagy állítható elő racionális erőforrás ráfordítással, akkor szakirodalmi adattal vagy tervezői becsléssel lehet helyettesíteni, de ebben az esetben számolni kell a tervezést érintő bizonytalanság növekedésével, vagyis, hogy további beavatkozások válhatnak szükségessé a probléma megoldásához, a kívánt cél eléréséhez.

Helyzetértékelés, kihívások és lehetőségek feltérképezése

A vizsgálat utolsó lépéseként kerül meghatározásra a tervezési program, amely alapján elvégezhető a koncepció kidolgozása, illetve ezt követően a részletes tervezési feladatok, beleértve az engedélyeztetéshez, vállalkozásba adáshoz és megvalósításhoz szükséges terveket. Ebben a folyamatrészen már pontosan kell definiálni azokat a problémákat, amikre megoldást kell tervezni és meg kell adni azon egyéb feltételeket, amiket a tervezés során figyelembe kell venni (például ökológiai szempontok), illetve azt a célt, amit a megvalósítást követően el akarunk érni. Ez teremti meg az alapot a tervezési folyamat további lépéseihez.

Változatok elemzése, koncepció kidolgozása

A vizsgálatok és helyzetértékelés lezárásával, a megbízói szándék pontosítása után elindulhat a tervezési folyamat következő része: a koncepció kidolgozása. A végső koncepció kialakítása is többlépcsős, a szivacs város koncepcióhoz kapcsolódó tervezési célok meghatározásától kezdve a különböző változatok kidolgozásán át a szabadtér-építészeti látványtervig. A folyamat végével rendelkezni kell azzal a végső koncepcióval, ami megalapozza a részletes tervek kidolgozását, azaz a folyamat további részében a tervezés elsődlegesen ennek pontosítását és a részletek kidolgozását és nem a további változatok készítését kell, hogy magába foglalja. Ebben a munkafolyamatban már lehetőség és szükség is van a célok további pontosítására és a lehetséges eszközök számbavételére.



20. ábra Koncepció kidolgozása

A koncepció alkotás első lépése a **szivacs város koncepció megvalósíthatósága érdekében elérendő célok pontosítása**. Adott esetben több cél is meghatározható, és az egyes célok összefügghetnek, kölcsönhatásban lehetnek egymással, vagy akár ellent is mondhatnak egymásnak, ezért fontos a prioritási sorrend meghatározása. Ez szolgálja mindenki számára egy-egy döntési helyzet, választás esetén a megfelelő koncepció rögzítését. Ilyen tervezési cél lehet: élhető városi környezet teremtése, a klíma javítása, vagy éppen a biodiverzitás növelése, esetleg az elöntésveszély csökkentése.



21. ábra

Lehetséges tervezési célok

A célokat minden esetben a megbízóval közösen kell meghatározni. A tervező feladata a cél eléréshez szükséges stratégia, koncepció meghatározása, adott esetben több változat kidolgozása. A koncepcióalkotás során a tervezett megoldásokat elvi, tanulmány szinten kell kidolgozni, készülhet funkciósmája és az eszközök előzetes méretezésére is ebben a fázisban kerül sor. Ezzel párhuzamosan történik a szivacs város koncepcióhoz tartozó eszközök szabadtér-építészeti koncepcióba való integrálása.

A koncepcióalkotás folyamatában az eszközök tájba illesztése és műszaki kialakítása kölcsönhatásban van egymással, sok esetben az egyes változatok kidolgozásához külön szakági tervezőket kell bevonni. Amíg az eszközök méretezését, műszaki paramétereinek a meghatározását leginkább vízépítőmérnökök végzik, addig az eszközök környezetbe illesztése és szivacs város koncepcióba integrálása már tájépítészeti feladat. A koncepcióalkotás részben a szakterületek szükségszerű együttműködése, részben a különböző célok miatt általában iteratív folyamat, melynek a végén a céloknak megfelelő eredmény, koncepció születik.

Szemléltető példa: az elöntések csökkentése érdekében egy esőkeretet tervezünk, és a méretezés során kiderül, hogy 1) túl kicsi és nem képes érdemben csökkenteni az érkező árhullám hatását vagy 2) feleslegesen nagy és a telepített növények vízigénye nem biztosítható folyamatosan a csapadék lefolyásból. A szükséges méret meghatározása után a tájépítész újra értelmezi a befoglaló méreteket, az elhelyezkedést és az elhelyezhetőséget a szabadtér-építészeti koncepcióban. Ez a folyamat egészen addig tart, ameddig az eszköz(ök) megfelelő lesz az alapcél eléréséhez. Adott esetben a koncepció alkotás közben az is kiderülhet, hogy az alapcél kell megváltoztatni.

Koncepció változatok és költségbecslés

A koncepció alkotás során a célok szerint ideális kialakítás mellett a költségtényezőt is meg kell vizsgálni. Az egyes változatokhoz előzetes költségbecslést célszerű készíteni, ami segít a megfelelő változat kiválasztásában, illetve összevethető, hogy az elérendő cél arányban van-e a várható költségekkel.

Végző koncepcióterv

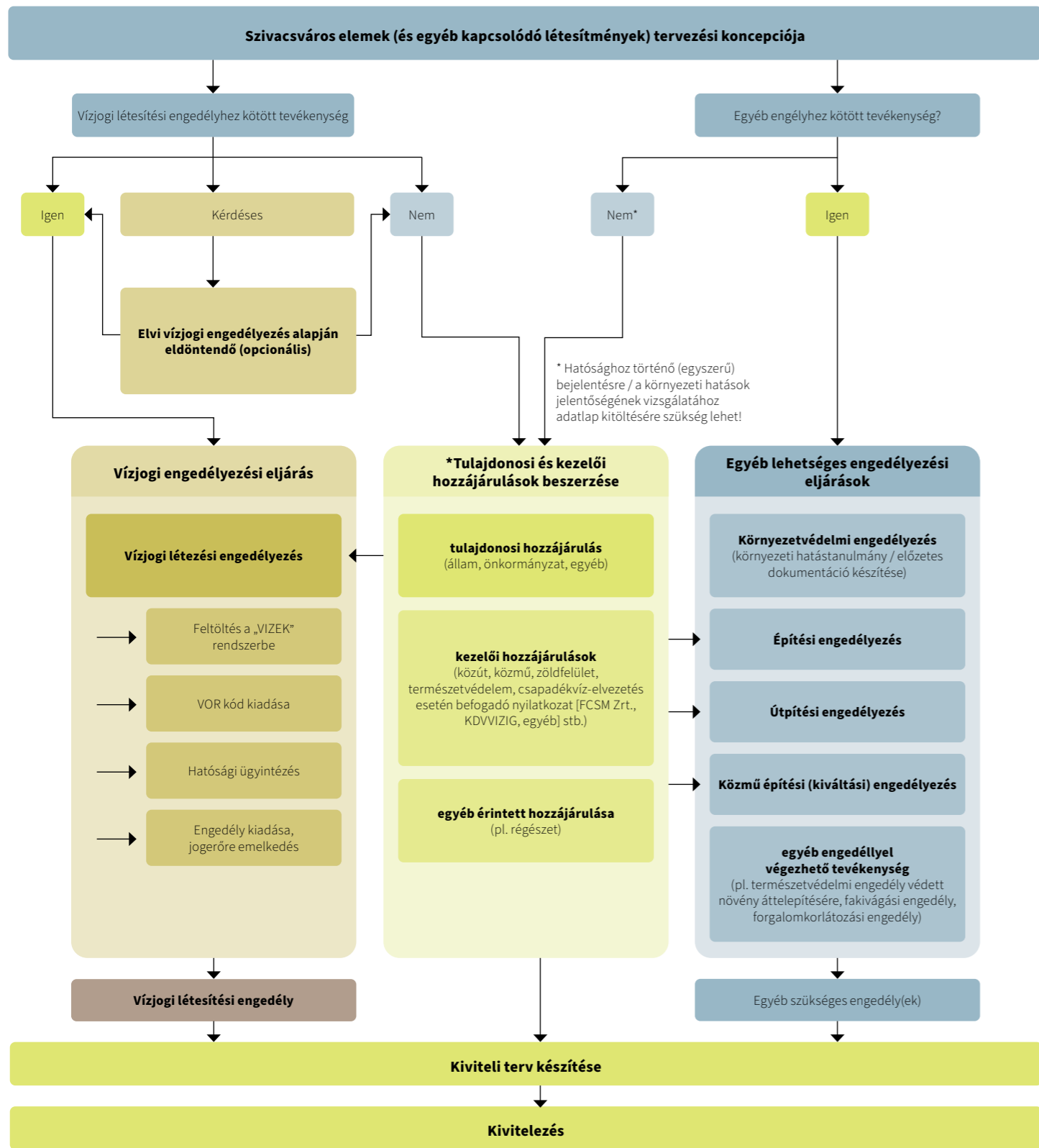
A végző koncepcióterv egy letisztított szabadtérépítészeti vázlatból és ehhez kapcsolódó műszaki tanulmányból, elvi tervből áll. A műszaki tanulmány, elvi terv tartalmazza a csapadékvíz-gazdálkodással összefüggő méretezéseket, illetve az egyes megvalósítandó elemek főbb tervezési paramétereit, vázlatait. Ez utóbbi alapján lehet felvenni a kapcsolatot a vízügyi engedélyező hatósággal előzetes egyeztetés céljából. Összeségében a folyamat végeredményeként készül el a megrendelő által is elfogadott végző koncepció terv, amely alapot biztosít a további tervezési feladatok, tervek elkészítéséhez.

Engedélyeztetéshez szükséges tervek elkészítése, engedélyeztetés

A koncepcióterv, tanulmány alapján meghatározható a megvalósításhoz szükséges engedélyek köre. Az engedélyezési dokumentációkat az adott szakterület (pl. közmű építés, kiváltás, szerkezetépítés, útépítés) engedélyeztetési követelményeknek megfelelően kell elkészíteni és az engedélyezési eljárást az adott szakterülethez tartozó eljárásrend szerint kell lefolytatni. Az engedélyezési tervfázis fontos és kritikus része a tervezés folyamatának, mert ebben a fázisban lép be az a hatósági kontroll, ami a műszaki megvalósíthatóság mellett a megvalósítandó elemek jogszabályi, szabályozási megfelelőségét is ellenőrzi. Az engedélyek, illetve az azokban leírt előírások határozzák meg a megvalósítás és üzemeltetés feltételeit, valamint azon követelményeket, amit a kiviteli terv készítésekor be kell tartani.

Egy projekt során vannak a teljes projektre, valamint annak elemeire vonatkozó engedélyek. A teljes projektre vonatkozhat szivacs város eszközök esetében a környezetvédelmi engedély előzetes vagy részletes környezeti hatásvizsgálati eljárás lefolytatása után, a vízjogi létesítési és üzemeltetési engedélyek, illetve az egyes közterületi útépítési, fakivágás engedély. Egyes tervi elemekre külön-külön is szükség lehet szakági engedélyt kérni a megvalósításhoz, ilyenek pl. a valamilyen szerkezethez kapcsolódó, vagy energiaellátást biztosító engedélyek. Általánosságban elmondható, hogy a szivacs város koncepcióba illeszkedő megoldásokra külön engedélyezési eljárás jelenleg nincs Magyarországon.

A szivacs város koncepció tervezése során annak eldöntésére, hogy mire és milyen típusú engedélyt kell beszerezni (pl. kell-e környezetvédelmi engedély), illetve, hogy koncepcionálisan az elképzelés megfelel-e a vízgazdálkodási követelményeknek, lehetőség van elvi vízjogi engedélyezési terv benyújtására és eljárás lefolytatására. Ennek keretében a vízgazdálkodáshoz kapcsolódó szakmai koncepció és méretezés bemutatásával lehet az érintett vízügyi szervezetek véleményét kikérni. Az így kapott engedély kivitelezésre nem jogosít, de iránymutatót ad a tovább tervezésre, ezzel csökkentve annak kockázatát, hogy a részletes engedélyeztetés során merüljön fel az engedélyek kiadhatóságát, a beavatkozást ellehetetlenítő körülmény.



22. ábra Lehetséges engedélyezési eljárások

A vízjogi engedélyeztetés során a vízügyi hatóság bekéri:

- az érintett közműszolgáltatók közműnyilatkozatait (az egységes, elektronikus közműnyilvántartáson (e-közműn) keresztül),
- a befogadó nyilatkozatot (pl. víziközmű szolgáltató, útkezelő), amennyiben a területről vízkivezetés történik,
- a terület tulajdonosainak a hozzájáruló nyilatkozatait,
- a terület kezelőinek hozzájáruló nyilatkozatait, ide tartozik a közútkezelői (kerületi önkormányzat, Budapest Közút Zrt), zöldfelület-gazdálkodás kezelői (pl. BKM NZrt. FŐKERT, kerületi városüzemeltetési cégek),
- az illetékes vízügyi igazgatóság kezelői hozzájárulását (VOR kód)
- valamint az érintett szakhatóságok nyilatkozatait (pl.: környezetvédelmi, régészeti)

Amennyiben a tervezett beavatkozás nem engedélyköteles, abban az esetben engedélyt nem kell beszerezni, de a kivitelezés megkezdéséhez a közműnyilatkozatokat, területre vonatkozó tulajdonosi és kezelői nyilatkozatokat be kell szerezni.

A szivacsváros koncepció keretében megvalósuló beavatkozások elsődlegesen vízügyi hatáskörbe tartoznak, ennek megfelelően általában vízjogi engedély köteles tevékenységnek minősülnek. A vízjogi engedélyeztetési eljárást, a kivitelezés megkezdése előtt két fázisban lehet elvégezni:

- elvi vízjogi engedély
- vízjogi létesítési engedély

A vízjogi engedélyezési dokumentációk tartalmi követelményeit a 41/2017. (XII. 29.) BM rendelet szabályozza. Az elvi vízjogi eljárás során a vízügyi hatóság a megbízó (építető) által tervbe vett vízgazdálkodási cél megvalósításának általános műszaki megoldási lehetőségeit, feltételeit határozza meg. Fontos, hogy az elvi vízjogi engedély vízimunka elvégzésére, vízilétesítmény megépítésére, illetve vízhasználat gyakorlására nem jogosít. Amennyiben előzetesen nem dönthető el, hogy a tervezett beruházás vízjogi létesítési engedélyköteles-e, akkor az elvi vízjogi eljárás során erre is választ kaphatunk. A vízügyi hatóság az elvi vízjogi engedélyben meghatározottaktól a vízjogi létesítési eljárás során már nem térhet el, tehát amit (műszaki megoldást, vízmennyiséget stb.) az elvi eljárás során engedélyezett, azt a létesítési eljárásban is engedélyeznie kell, ha a döntés alapját képező körülmények és a jogszabályok időközben nem változtak és a terv nem tér el az elvi engedélyezési tervben foglaltaktól. Az elvi vízjogi eljárás lefolytatása opcionális, azonban ajánlott.

A vízjogi létesítési engedély a jogszabályokban meghatározott tervezett beruházások esetén mindenképpen szükséges, kötelező eleme a tervezésnek. A vízjogi létesítési engedély az abban meghatározott jogok gyakorlása és kötelezettségek teljesítése mellett feljogosít az engedélyben meghatározott vízimunka elvégzésére, vízilétesítmény megépítésére, de a megvalósítást követően a vízhasználat gyakorlásához, illetve a vízilétesítmény használatbavételéhez, üzemeltetéséhez vízjogi üzemeltetési engedély szükséges. A vízjogi létesítési engedély az abban meghatározott ideig hatályos.

A kivitelezés befejezését követően szükséges megkérni az vízjogi üzemeltetési engedélyt, amely – ha vízjogi engedélyköteles a beruházás – ugyancsak kötelező, mert az engedély nélkül a vízilétesítmény nem üzemeltethető, és vízhasználat nem gyakorolható. A vízjogi üzemeltetési engedély iránti kérelemnek mindenképpen tartalmaznia kell a megvalósult vízilétesítmény, illetve a gyakorolni kívánt vízhasználat műszaki tervdokumentációját (megvalósulási terveket), valamint a vízügyi igazgatóság vízügyi objektumazonosító nyilatkozatát és a vagyonkezelői hozzájárulását, ha a tervezett vízimunka, vízilétesítmény állami tulajdonban lévő vízkészletet, vízilétesítményt, felszín alatti vizek víztartó képződményét vagy felszíni víz medrét érinti, vagy arra közvetlen hatással van. Ha a vízilétesítmény a vízjogi létesítési engedélytől eltérően valósult meg, akkor a vízügyi hatóság mérlegelése alapján dönt az engedély kiadásáról vagy bírság kiszabásáról, illetve a korábbi engedély módosításáról. A vízjogi üzemeltetési engedély feljogosít a vízilétesítmény használatbavételére és az engedély érvényességi ideje alatt annak üzemeltetésére.

Tender terv, kiviteli terv

Az engedélyezési folyamat lezárásával, az engedélyben foglaltak alapján kell, illetve lehet elkészíttetni a tender (ajánlatkérési) és kiviteli terveket.

Az ajánlatkérési tervek elsődleges célja a megfelelő kivitelező kiválasztása. A tender terv tartalmi követelményeinek meg kell felelni az alkalmazott ajánlatkérési eljárásrend, közbeszerzési előírások tartalmi követelményeinek. Az ajánlatkérési dokumentáció általánosságban tartalmazza a megvalósítandó létesítmények műszaki terveit olyan szinten kidolgozva, hogy az ajánlatadó annak alapján ajánlati árat tudjon meghatározni, illetve ehhez kapcsolódóan az egyszerűsített, összevont vagy tételes költségvetési kiírást. A dokumentáció másik részét képezik az általános megfelelőségi és szerződéses feltételek.

A kivitelezési dokumentáció tartalmi követelményeit a 191/2009. (IX. 15.) Korm. rendelet határozza meg. A dokumentációnak már pontos anyaghasználat megadásával együtt kell tartalmaznia a tervezett létesítmény minden műszaki paraméterét. A dokumentációnak minden olyan részletmegoldást, részlettervet tartalmaznia kell, ami szükséges a kivitelezéshez. Ezen túl tartalmaznia kell olyan a kivitelezéshez kapcsolódó terveket, mint például organizációs terv, ideiglenes forgalomkorlátozási terv, ami a kivitelezés során alkalmazandó a megvalósíthatóság érdekében. A kivitelező ezen tervek alapján köteles megvalósítani a létesítményeket.

7. Műszaki beavatkozások, eszközök

7.1. Bevezető

A szivacsváros eszközök széles spektrumot ölelnek fel, beleértve a természetes és mesterséges megoldásokat is, amelyek különböző léptékekben és módokon segítik elő a csapadékvíz hasznosulását és hasznosítását. A szivacsváros eszközök alkalmazása nemcsak a városi környezet ellenállóképességét növeli a klímaváltozás hatásaival szemben, hanem hozzájárul egy élhetőbb, fenntarthatóbb és esztétikailag is vonzóbb városi tér kialakításához. Ezek az eszközök szervesen kapcsolódnak egymáshoz, együttesen alkotva egy integrált rendszert, amely a jövő városainak fenntartható vízgazdálkodási és hőszabályozási kihívásaira ad válaszokat.

A következőkben az egyes eszközök részletesebb ismertetésére kerül sor, bemutatva az adott eszköz alkalmazási lehetőségeit, kitérve a tervezési, kivitelezési, fenntartási kérdésekre és gyakorlati tapasztalatokra. Néhány eszközről már korábbi Zöldinfrastruktúra Füzetek részletesebb elemzést nyújtottak, ezért ebben a kiadványban ezek rövid összefoglalása található. Emellett jelen kiadvány a „Vízérzékeny tervezés a városi szabadtereken” c. kiadvány egy, aktualizált, tartalmilag bővített változatának tekinthető. Összességében a Zöldinfrastruktúra Füzetek közül különösen az alábbiak foglalkoznak a szivacsváros eszközökkel:

- ☐ Zöldinfrastruktúra füzetek 1. – Vízáteresztő burkolatok
- ☐ Zöldinfrastruktúra füzetek 2. – Zöldhomlokzatok
- ☐ Zöldinfrastruktúra füzetek 3. – Vízérzékeny tervezés a városi szabadtereken
- ☐ Zöldinfrastruktúra füzetek 6. – Fahelyek és zöldsávok védelme a városi utak mentén
- ☐ Zöldinfrastruktúra füzetek 7. – Zöldtetők



9. fotó
Áttört szegély, vízáteresztő burkolat és esőkert a koppenhágai Opera parkban

- Magas
- ◐ Közepes
- Alacsony
- Nincs

		Vízgazdálkodási / hidrológiai szerepkör						Tulajdonság				
		Öszregyűjtés	Továbbítás	Tározás, késleltetés	Párologtatás	Tisztítás	Szikkasztás	Funkcionális érték	Ökológiai érték	Esztétikai érték	Építési költség	Fenntartási költség
Zöldtető	Extenzív zöldtető	○		○	○			○	●	◐	○	○
	Intenzív zöldtető	◐		◐	●			●	●	●	●	●
	Bioszolár zöldtető	○		◐	◐			●	◐	○	●	◐
	Vízárastásos zöldtető	●		●	●			●	●	●	●	●
	Retrofit zöldtető	○		○	○			○	●	◐	○	○
Zöldhomlokzat	Kúszónövényes (támszerkezet nélküli - direkt)			○	◐			◐	◐	◐	○	○
	Kúszónövényes (támszerkezetes - indirekt)			○	◐			◐	◐	◐	◐	○
	Ültetőedény-soros			○	◐			◐	◐	●	●	●
	Független gyökérvonás			○	◐			◐	◐	●	●	●
Burkolt felületeken alkalmazható	Önött vízáteresztő burkolatok (drénaszfalt, drénbeton, rekortán)	◐	○	◐			●	◐		○	●	○
	Mesterséges anyagokkal stabilizált szórt burkolatok (műgyantával stabilizált burkolat, polipropilén kavicsstabilizáló)	◐	○	◐			●	◐		◐	●	○
	Természetes anyagokkal stabilizált szórt burkolatok (agyagos, mésztejjel belocsolt stabilizált murva burkolat, növényi kivonattal stabilizált burkolat)	◐	○	◐			◐	◐		◐	◐	◐
	Magas zöldfelület arányú vízáteresztő burkolatok (gyeprács, stabilizált gyepburkolat)	◐	○	◐	○	○	◐	◐	○	●	○	●
	Szórt burkolatok kötőanyag nélkül (gyöngykavics, murva, mulcs)	◐	○	◐	○		◐	◐		◐	○	◐
	Elemes burkolatok (térkő, kockakő, fa, kompozitfa, zöldbeton)	◐	●	○			○	◐		●	◐	○
	Süllyesztett / áttört szegély	●	●					◐		◐	◐	○
	Vápa, rácsos és résfolyóka, víznyelő	●	●			○		●		◐	◐	◐
	Drénárok	◐	◐	●	○		●	●	○	○	○	○
	Hordalék- és olajfogó műtárgy				●			●	●	○	◐	●
Párologtató eszközök				●			●	○	○	○	○	
Zöldfelület	Fásítás				●	◐	◐	●	●	●	○	○
	Záportározó	●		●	●		◐	●	●	●	●	◐
	Gyökérvonás víztisztítás	●	●	●	●	●	◐	●	●	◐	●	●
	Szikkasztó árok (vonalas esőkert)	●		●	●	◐	●	●	◐	○	○	◐
	Száraz (kavicsos) esőkert	◐	○	●	●	◐	●	●	○	◐	○	○
	Komposztos esőkert	◐	○	●	●	●	●	●	●	●	◐	○
	Szerkezeti talajú esőkert	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	○
Felszín alatt	Szikkasztó láda/rekesz			●			●	◐	○		●	◐
	Ciszterna, tartály	●		●				●	○		●	◐
Kombinált	Drénezett szikkasztóárok	◐	◐	●	◐	◐	●	●	◐	◐	◐	○
	Szikkasztó-tározó meder	◐		●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Stockholm faültetési rendszer	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	○
	Szűrőárok	●	◐	●	●	●	●	●	●	●	◐	◐

7.2. Zöldtetők



10. fotó Extenzív zöldtető, Kopenhagen

Funkcionális érték	○ / ●*
Ökológiai érték	● / ●*
Esztétikai érték	○ / ●*
Építési költség	○ / ●*
Fenntartási költség	○ / ●*
+ Előny	Árnyékolás, párologtatás, hűtés, csapadékvízkezelés
- Hátrány	Telepítése technológiai feltételekhez kötött
Funkciók	

* típustól függően

Az extenzív zöldtetők könnyű ültetőközeggel rendelkező, igen kevés fenntartást igénylő növényzettel borított, rekreációs használatra nem rendelkező felületek. A tetők növényzete többnyire varjúháj fajokból álló keveréket, vagy gyepeket jelent, amelyek elviselik a hosszabb száraz időszakokat is, így öntözést nem igényelnek. Az úgynevezett félintenzív tetőkön már a vadvirágos rétegekhez hasonló, virágos, gyepek-félcserjés növényzet is megjelenik 10-25 cm-es talajrétegen. A 10 cm vastagság mindenképp ajánlott minimum, ettől a vastagságtól már biodiverz zöldtető is kialakítható, mely ökológiai jelentőségű és sok szempontból előnyösebb egy egyszerű extenzív zöldtetőnél. A tetőkertek kedvezően befolyásolják a mikroklímát és egyben az épület természetes klimatizálásában is segítenek. A virágos fajok táplálékul és élőhelyül szolgálnak számos rovarfaj számára, így növelik a városi biodiverzitást. A zöldtetők témakörével az alábbi kiadvány foglalkozik részletesen:

Zöldinfrastruktúra füzetek 7. – Zöldtetők

Tervezés és kivitelezés

A zöldtetők felépítéséről és tervezési elveiről bő szakirodalom érhető el, valamint a gyártók és az építők is segítséget nyújtanak a tervezéshez. A zöldtetőn mindig szükséges túlfolyót és a legmélyebb ponton lefolyót elhelyezni. A növényzet telepítésére a leggyorsabb megoldás a kész vegetációs szőnyeg vagy előnevelt növények használata. Magvetéssel is történhet az ültetés, de ez esetben a zárt növénytakaró kialakulása több időt igényel. A kifolyók fenntartására tisztítóakna szolgál, ahol eltávolíthatóak a lefolyó vízből kiüledett esetleges szennyeződések, növényi részek. A félintenzív tetők az extrém száraz időszakokban és közvetlenül a telepítés után öntözést igényelnek.

Fenntartás

A tető műszaki létesítményeit (a túlfolyókat, tisztítóaknát és a szigetelés állapotát) rendszeresen ellenőrizni kell. Egy extenzív zöldtető jól beállt növényzete nagyon kevés fenntartást igényel. Ha az élőhely összetétele az évek alatt erősen megváltozna és egy faj egyoldalúan kiszorítja a többit, szükség lehet a növények újratelepítésére vagy felültetésre. Amennyiben öntözés szükséges – pl. intenzív zöldtető esetén – javasolt annak lehetőségét ivóvízkímélő módon megteremteni (pl. csapadékvizek összegyűjtésével).

7.3. Zöldhomlokzatok



11. fotó Zöldhomlokzat, Malmö

Funkcionális érték	●
Ökológiai érték	●
Esztétikai érték	● / ●*
Építési költség	○ / ●*
Fenntartási költség	○ / ●*
+ Előny	Árnyékolás, párologtatás
- Hátrány	Vízmegetartó, szikkasztó képessége alacsony
Funkciók	

* típustól függően

A zöldfalak függőleges felületek növényvel való borítását szolgálják. Két fő típusra oszthatók. A természetes zöldhomlokzatok esetében a futónövények a talajban gyökereznek és innen kúsznak fel a falon vagy a falhoz rögzített támrendszeren. A mesterséges zöldfalak esetében a növények egy, a falra rögzített ültetőközeggel kerülnek, így kiépített öntözőrendszert igényelnek. Utóbbiak építése és fenntartása jóval költségesebb és a növények érzékenyebbek a téli fagyokra is. A zöldfalak az árnyékolással és párologtatással nyáron segítenek az épületek és a városi szabadterek hűtésében. A zöldfalak vízigényét csapadékvízből ajánlott biztosítani, ez szükség esetén az ivóvízhálózatról kiegészítendő. A zöldhomlokzatok témakörével az alábbi kiadvány foglalkozik részletesen:

Zöldinfrastruktúra füzetek 2. – Zöldhomlokzatok



12. fotó Zöldfal, Svajc

7.4. Burkolt felületeken alkalmazható eszközök

A csapadékvíz megtartása, kezelése szempontjából minél kevesebb burkolt felület alkalmazása javasolt. A használatától függően azonban vannak olyan területek, ahol feltétlenül szükséges akár nagyobb, összefüggő burkolt felületek kialakítása. Ilyen esetekben törekedni kell a vízáteresztő burkolatok minél nagyobb arányú alkalmazására. Jelen fejezetben a csapadékvíz-gazdálkodás szempontjából fontos burkolatok, burkolat elemek kerülnek bemutatásra.

Vízáteresztő burkolatok



13. fotó Terraway vízáteresztő burkolat

Funkcionális érték	●
Ökológiai érték	○*
Esztétikai érték	○ / ●*
Építési költség	○ / ●*
Fenntartási költség	○ / ●*
+ Előny	Széleskörűen használva nagy mennyiségű víz szikkasztására alkalmas, városi funkciókat nem korlátoz.
- Hátrány	Idővel veszítenek vízáteresztő képességükből (akár szinte teljesen el is veszítik)
Funkciók	

* típustól függően

A városokban stratégiai kérdés a felületek vízáteresztő képessége. A forgalmas városi területeken sokszor szükséges a szilárd burkolat - ám törekedni kell rá, hogy ez a szükséges mértéket ne lépje túl. Ahol a burkolás elengedhetetlen, még mindig alkalmazható vízáteresztő rétegrend. Ha a gyalogos felületek és a családi házas övezetek parkolósávjai vízáteresztő burkolatot kapnának, a lefolyó víz mennyisége városi szinten jelentősen csökkenthető lenne. A lejtésirány helyes megválasztásával és a csapadék zöldfelületre vezetésével is jelentős vízvisszatartást lehet elérni. A vízáteresztő burkolatok témakörével az alábbi kiadvány foglalkozik részletesen:

Zöldinfrastruktúra füzetek 1. – Vízáteresztő burkolatok



14. fotó
A kiselemes terméskő burkolat átveszt a vizet a fák gyökeréhez, Lohsepark, Hamburg

Tervezés és kivitelezés

A vízáteresztő burkolatok alkalmazásánál ügyelni kell rá, hogy a vízzel együtt a szennyeződések is bemosódhatnak a talajba és ezen keresztül a talajvízbe, ezért használatuk csak olyan helyen megengedett, ahol a használatból/forgalomból adódó szennyezés nem túl magas (pl. családi házas övezetek alacsony forgalmú útjainak parkolósávjai, gyalogos felületek, játszóterek, sportpályák, kevésbé frekvenciált parkoló felületek). Porózus szőtt burkolat esetében ügyelni kell a környező burkolatok típusára is, mert a gyalogosok által lehordott finom por eltömítheti a szomszédos (pl. műgyantás stabilizált) burkolatot, a gyeptüskés burkolat esetében a növényzet pusztulását is okozhatja. A gyeptüskés burkolatokhoz a termett talaj vízáteresztő képessége nem elégséges, ezért a fugát homokkal kevert földdel vagy az extenzív zöldtetőnél használt keverékekhez hasonlóval kell feltölteni. A „Vízáteresztő burkolatok” című kiadvány tájékoztatást nyújt a különböző burkolattípusokról és azok tulajdonságairól, tervezési és kivitelezési elveiről. Gyeptüskés burkolat csak körültekintéssel, megfelelő környezetben alkalmazható, mert a hazai klímaviszonyok mellett nyáron könnyen kiszárad.

Felület anyaga	Lefolyási tényező*
Térkö burkolat homokágyon	0,7
Térkö burkolat > 15% hézaggal	0,6
Vízáteresztő műfű és gumi burkolat	0,6
Szött burkolatú sportpálya	0,4
Stabilizált szött burkolat	0,3
Gyeprács	0,1
Zöldfelület	0,03-0,1

Fenntartás

A vízáteresztő burkolatok idővel eltömődhetnek, ezért szükség lehet a tisztításukra. Fontos szempont, hogy sem a tisztítás közben, sem bármilyen egyéb, a burkolaton zajló tevékenység közben nem használhatóak olyan anyagok vagy vegyszerek, amelyek veszélyt jelenthetnek a talajvíz minőségére. A porózus szött burkolatok pontszerű terhelés (pl. egy ráhajtó teherautó kereke) hatására betömörödhetnek és csökkenhet a vízáteresztőképességük, ezért ezt lehetőség szerint kerülni kell.



15. fotó
Szilárd és szött vízáteresztő burkolat mozaikok Malmöben

Süllyesztett / áttört szegély, folyóka, vápa

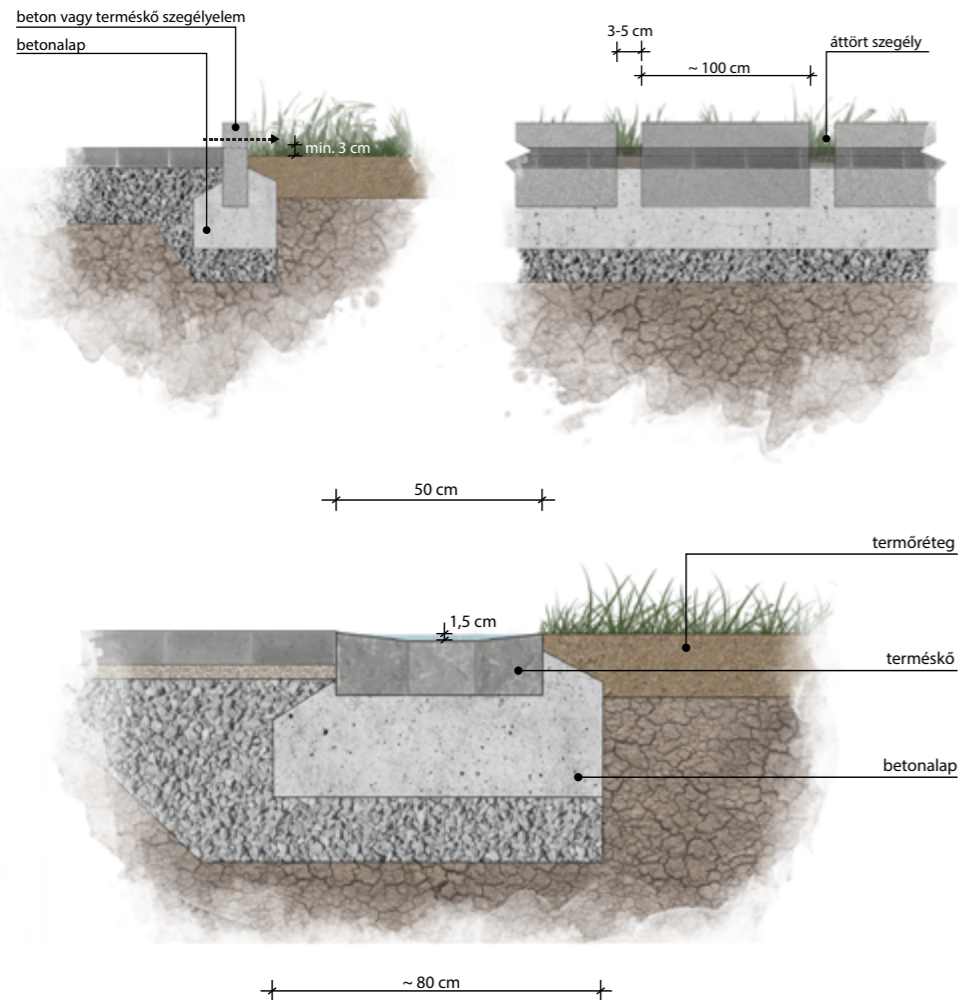


16. fotó
Nyílt terméskő vápa műemléki környezetben, Regensburg

	Funkcionális érték	●
	Ökológiai érték	
	Esztétikai érték	●
	Építési költség	●
	Fenntartási költség	○ / ●*
+	Előny	Egyszerű megoldás a víz zöldfelületre / tározóba történő vezetésére
-	Hátrány	Autóútról történő bevezetés esetén csak szűrőberendezéssel együtt alkalmazható.
	Funkciók	

* típustól függően

A burkolt felületekről a vizet lehetőleg zöldfelületre kell vezetni. A fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás a felszíni vízvezetést támogatja, mert az növeli a párolgást, kialakítása általában olcsóbb és fenntartása sokszor egyszerűbb. A víz zöldfelületre jutását segíthetjük süllyesztett szegéllyel vagy áttört szegélykialakítással, illetve nagyobb távolság esetén a vizet gyűjthetjük nyílt vápában. Ha nem áll rendelkezésre elegendő hely, használhatóak rácsos- vagy résfolyókák, esetleg pontszerű víznyelők. Egyes nagy kapacitású folyókák nem csak a víz elvezetésére, de ideiglenes tározására is használhatóak. Az elvezetett vizet lehetőség szerint egy közeli szikkasztóelembe (szikkasztóárokba vagy földalatti szikkasztóba), esetleg víztározóba érdemes továbbítani, és csak végső esetben a csatornába kötni! Az ideiglenes tározás mellett vannak víztisztító funkcióval rendelkező folyókák is, melyeknek azonban magas a fenntartási igénye.



23. ábra
Áttört szegély metszet/
oldalnézet

24. ábra
Vápa részletrajza

Tervezés és kivitelezés

Süllyesztett szegély alkalmazásakor a burkolat széle egy rejtett megtámasztást, sokszor a burkolattal szintben lévő fém szegélyt kap, vagy a szélső, nagyobb méretű elemsor ül beton ágyzatban. Egyes esetekben azonban - esetleg éppen a zöldfelületek védelme érdekében - kiemelt szegély szükséges. Ekkor javasolt a kiemelt szegélyt helyenként megszakítva kialakítani, hogy a víz a zöldfelületre jusson. A folyókákat és vápákat érdemes úgy kialakítani, hogy minél ritkábban tömődjenek el. Ha a folyókák messze esnek egymástól és várhatóan nagy sebességgel érkezik a csapadék, a víz útjába helyezett kövekkel vagy egyéb akadállyal lassíthatjuk a víz áramlását. A zöldfelületek terepszintje idővel a fagy és a növények hatására néhány centit emelkedik, ezért a tereprendezésnél ezt figyelembe kell venni, hogy a vízvezetés megfelelően működjön a környező terepviszonyokhoz igazítva.

Fenntartás

A vízvezető vápák, folyókák és átfolyók tisztításáról folyamatosan - de különösen az őszi lombhullás idején - gondoskodni kell. Már a folyóka kiválasztásánál érdemes figyelembe venni annak tisztíthatóságát és dugulásra való érzékenységét. A víztisztító folyókák fenntartása még költségesebb a tisztítóközeg rendszeres cseréjének szükségessége miatt.



17. fotó
Terméskő vápa vezeti zöldfelületre a csapadékvizet,
Winnenden



18. fotó
Áttört szegély vezeti az esőkerthez a csapadékvizet a
burkolatról, Malmö

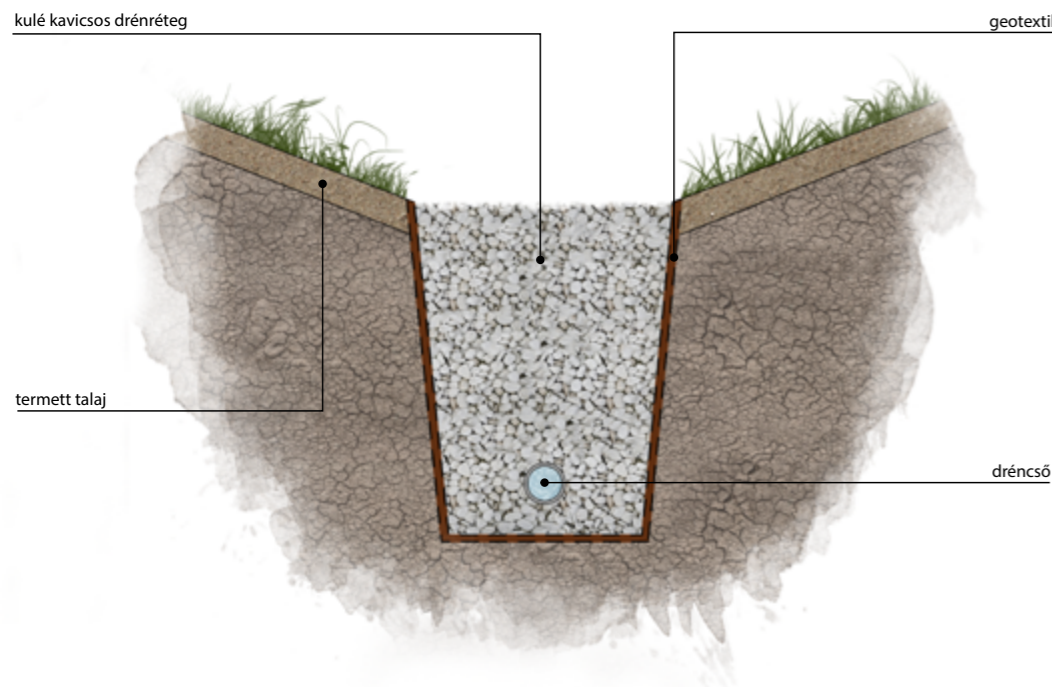
Drénárok



19. fotó
Épület melletti drénárok andezit zúzalékkal

	Funkcionális érték	●
	Ökológiai érték	○
	Esztétikai érték	○
	Építési költség	○
	Fenntartási költség	○
+	Előny	Egyszerű és olcsó megvalósítás. Gyors szikkasztás
-	Hátrány	Fenntartást igényel, nincs tisztító hatás.
Funkciók		

A drénárok esetében az érkező csapadékvíz közvetlenül a drénrétegbe, majd onnan a környező talajrétegbe kerül. Előnyük a nagy kapacitás és a nagy szikkasztó képesség. Mivel a kavicsréteg felett nem található növényzet és finomabb talajréteg, a csapadékvíz hordalékaival együtt szűretlenül kerül a drénbe. Ez előbb-utóbb eltömíti a pórusokat, ezért a drénárok rendszeres tisztításra szorul. Emellett a szűretlen csapadékvíz a talajvíz minőségére is kockázatot jelenthet. Az említett hátrányok miatt ezen eszköz alkalmazása kevésbé javasolt.



25. ábra
Drénárok metszet

Tervezés és kivitelezés

A drénárok méretezése a szükséges kapacitástól függ, a kulékavics töltést geotextília választja el a termett talajtól. Szükség esetén az árok alsó felében dréncső vezethető, mely a többletvizet egy másik felszín alatti szikkasztóba vagy végső esetben a csatornába vagy kisvízfolyásba továbbítja.

Fenntartás

Az drénárok hátránya, hogy a kavicsöltet eltömődhet, ezért néhány évente (a környezetből bemosódó szennyeződések mennyiségétől és típusától függően) tisztításra szorul. Az elkoszolódott felső kavicsréteget ki kell emelni, és a szennyeződések eltávolítása után vissza lehet helyezni.



20. fotó Drénárok közterületen, Németország


Hordalék- és olajfogó műtárgyak

A csapadékból keletkező felszíni lefolyások a területhasználatától függően különböző anyagokkal és mértékben terheltek, szennyezettek. Ezek a szennyeződések lehetnek a befogadó (szikkasztás esetén talaj és talajvíz, elvezetés esetén jellemzően kisvízfolyás vagy egyesített csatornarendszer esetén szennyvíztisztító telep) szempontjából káros hatásúak és lehetnek az elvezetést akadályozó hordalék típusú szennyeződések. Míg az előbbi szennyezőknek a befogadó vízminőségére, ökológia állapotára (a növény- és élővilágára), az utóbbi szennyezőknek a rendszer hidraulikai elvezető képességére van kedvezőtlen hatása.

A különböző szennyeződések típusait a **6. fejezet** tartalmazza.

A szennyezők megjelenése a csapadékvízben a burkolt felületeken (tetők, utak, parkolók) összegyűlt anyagok lemosódásával kezdődik. A szennyező anyagokat a felszíni lefolyás gyűjti össze, ezt követően kerül a vízvezető rendszerbe és végül a befogadóba. Az elvezető rendszereink és a befogadó védelme érdekében a szennyezők két fő csoportjának megfelelően alkalmazandók az olajfogó és hordalékfogó eszközök. Az olajfogók elsődlegesen a csapadékvízben megjelenő olaj és ehhez kapcsolódó szennyeződések, míg a hordalékfogók a felszínről lemosódó talajok, homok és egyéb darabos (pl.: ágak, tárgyak) hordalékok visszatartására szolgálnak.



 Funkcionális érték	●
 Ökológiai érték	●
 Esztétikai érték	
 Építési költség	●
 Fenntartási költség	●
+ Előny	Csapadékvíz alkalmassá tétel későbbi másodlagos felhasználásra, élővízbe történő bevezethetőségre
- Hátrány	Kapacitási korlátok, jelentős fenntartási, üzemeltetési költség
Funkciók	

21. fotó Olajfogó műtárgy

Tervezés és kivitelezés

A tervezés során első lépés annak a területnek, felszínnek a kijelölése, ahonnan a potenciális szennyezés várható. Ezen területeket, mint önállóan az egyéb környező területektől elkülönülten kell kezelni, annak érdekében, hogy egyrészt nem szennyezett területekkel a csapadékvíz ne keveredjen, másrészt, hogy az olajfogó feleslegesen ne legyen túlterhelve. Az olajfogót, az olajfogást, a terület gyűjtő pontjaiban kell elhelyezni, amely lehet több pontban az egyes víznyelőknél, vagy egy belső gyűjtő hálózat végpontjában, mielőtt a csapadékvíz vagy továbbvezetésre, vagy közvetlen felhasználásra (pl.: szikkasztásra) kerül.

Az olajfogókat az adott eszköz előírásainak megfelelően kell méretezni, azaz a szennyező és hidraulikai terhelésnek megfelelően a gyártó által előírt kapacitást kell biztosítani a megfelelő tisztítási hatások elérése érdekében.

Az olajfogók méretezésnek kritikus része a hidraulikai megfelelőség, azaz, hogy az adott hidraulikai terhelés mellett a tisztítási hatások, hogy változik. Adott eszközt hidraulikailag nem szabad túlterhelni a termékhez megadott paraméterekhez képest, mert ebben az esetben a tisztítás nem valósul meg, továbbá dugulás, illetve az eszköz károsodása is előfordulhat. E tekintetben a tervezéskor meg kell határozni azt a küszöb értéket, biztonságot, amellyel az eszközt terhelhető. Azon csapadékeseményekre vonatkozóan, amik ezen érték feletti hidraulikai terhelést jelentenek az eszközre, megkerülő (u.n.: bypass) ágot kell létrehozni. A biztonsági, küszöbérték meghatározását az adott igények ár-érték vizsgálatával kell meghatározni, mivel a ritka és nagy intenzitású csapadékok esetén a kialakítás jelentős költségekkel járhat.

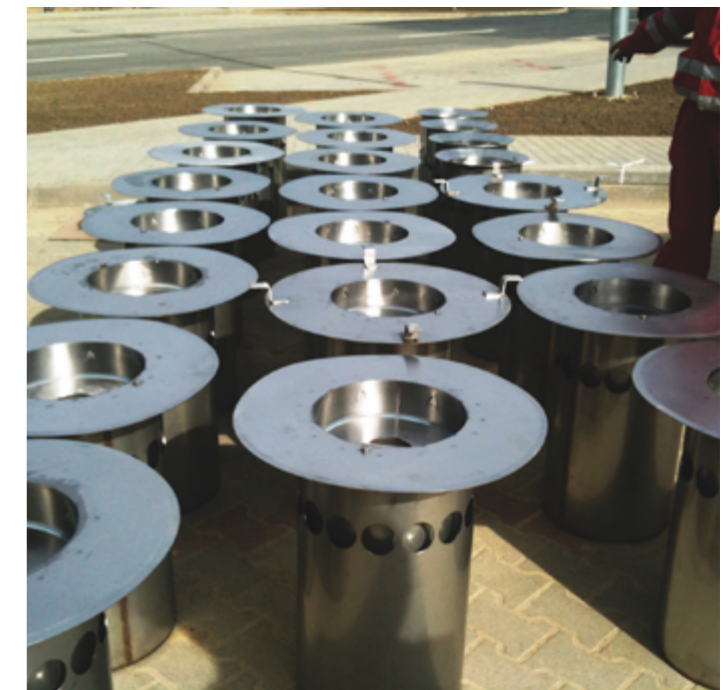
Az olajfogók csoportja az alábbi főbb kategóriákba sorolható:

- víznyelőben elhelyezhető pontszerű kis eszközök, általában szűrőtöltettel ellátva,
- nyílt felszíni árokban elhelyezhető terelő, szűrőbetéttel, töltettel ellátott kisműtárgyak,
- zárt rendszerű tartályos vagy betonműtárgyas rendszerbe építhető kis- és nagyműtárgyak.

Az olajfogó általánosságban, mint komplex termék érhető el az adott eszköz paramétereinek megadásával.

Fenntartás

Az olajfogók folyamatos karbantartást és fenntartást igényelnek. Ez részben kiterjed egy általános adott időszakon belüli, illetve az egyes jelentősebb csapadékeseményt követő ellenőrzésre. Az ellenőrzés során egyrészt ellenőrizni kell az eszköz, műtárgy állapotát, másrészt vagy az elhasznált szűrőtöltetet kell cserélni, vagy a kifogott, visszatartott uszadékot kell eltávolítani az olajfogó műtárgyból. Fontos megjegyezni, hogy gondoskodni kell az így visszatartott, kifogott szennyezőanyag megfelelő ártalmatlanításáról, megfelelő lerakóba történő elhelyezéséről.



22. fotó Olajfogó műtárgy alkalmazása

Hordalékfogók



23. fotó Hordalékfogó műtárgy

Funkcionális érték	●
Ökológiai érték	●
Esztétikai érték	
Építési költség	⬇️
Fenntartási költség	●
+ Előny	Csapadécsatorna rendszer védelme, későbbi lerakódások, dugulások elkerülése érdekében
- Hátrány	kapacitási korlátok, folyamatos kontrol, fenntartási, üzemeltetési feladatok
Funkciók	

A hordalékfogók elsődleges feladata a csapadékvízben hordalékként megjelenő szennyezők koncentrált megfogása ezzel védve a mögöttes rendszert. Itt két fő ok fogalmazható meg. Egyik a mögöttes elvezető hálózat védelme a csőhálózatban történő lerakódástól ezzel megelőzve a dugulásokat, másrészt az esetleges szikkasztó rendszerek védelme a finom lebegő szennyezők homoktól a szivárgó rendszerek eltömődésének megakadályozás céljából.

Tervezés és kivitelezés

A hordalékfogók alapvető feladata a felszínről lemosott, kő, gőrgetek és különböző szemcseméretű homok, valamint az esetlegesen letört ágak, fadarabok, valamint egyéb nagyobb elsodort tárgyak megfogása, mielőtt az a csatornába vagy valamilyen eszközbe (pl. olajfogó, záportároló, szikkasztó blokk) juthatna. A kialakításuk ennek megfelelően általában egyedi tervezésűek és két fő részből áll. Egyik az ülepítő tér a hordalék, gőrgetek megfogása céljából, a másik a rács rész, ami a nagyobb tárgyak megfogására szolgál.

A hordalékfogókat a várható hordalék mennyiség és lemosódó homok szemcsemérete alapján kell méretezni. A tervezés lényege, hogy olyan mértékben kell kiszélesedő keresztmetszetet létrehozni a rendelkezésre álló területen, ahol az érkező víz sebessége lelassul és ennek következtében a lebegő, úszó hordalék kirakódik a műtárgy fenekére. A műtárgy méretének a másik meghatározó tényezője az az anyagmennyiség, ami egy csapadékesemény, illetve egy tisztítási cikluson belül a műtárgyban tárolódik.

A rács pálcaköz méretét általánosságban 2-5 cm-es hézagolással ajánlott kialakítani, ezzel a nagyobb dugulást okozó tárgyak kizárhatók, illetve a víz áramlását nem akadályozzák. A méreteket úgy kell kialakítani, hogy részben eltömődött esetben se akadályozza az érkező csapadékvíz továbbjutását.

Hordalékfogó műtárgyat egyrész adott rendszeren belül olyan pontokon kell elhelyezni, ahol nyílt árokrendszer zártzakasszal folytatódik, vagy ahol valamilyen csapadékvízvezető egység védelmét kell biztosítani.

Fenntartás

A hordalékfogó műtárgyak működésüket és funkciójukat akkor tudják maradéktalanul betölteni, ha folyamatosan ellenőrzött a működésük. Ennek keretében időszakosan ellenőrizni kell az állapotukat, csapadékeseményeket követően meg kell nézni, hogy mennyire töltődtek fel, hordalékkal mennyire telítődtek. A fenntartás keretében mindig gondoskodni kell arról, hogy a soron következő csapadék esemény és ezzel együtt járó lemosódásokat üres, kitisztított állapotban várja. A hordalékfogó által visszatartott anyagokat azok minőségének megfelelően kell lerakóba, vagy szétválasztás esetén, azt követően visszahelyezni a környezetbe a nem szennyezett frakciókat.

Párologtató eszközök



24. fotó Újhegyi sétány, Budapest

Funkcionális érték	
Ökológiai érték	
Esztétikai érték	●
Építési költség	●
Fenntartási költség	●
+ Előny	Könnyű telepíthetőség
- Hátrány	Nagy beruházási költség
Funkciók	

A városi köztéren alkalmazott vízarchitektúrák a párologtatás révén hűtőhatást fejtenek ki környezetükre. Használatuk általában időszakos, szerepük a meleg időjárásban a lakosok komfortérzetének javítása. A higiéniai előírások miatt ezek az eszközök csapvízzel üzemelnek, így valójában nem tartoznak szorosan az ökológikus eszközök közé, de kondicionáló hatásuk miatt mindenképpen említést érdemelnek.

A párapapuk és ködfűvókák általában a forgalmas és nyáron forró, nagy burkoltságú tereken kapnak helyet, de gyakran alkalmazzák őket óvodák, iskolák udvarain is. A párologtató medencék és a burkolaton vékony vízréteget képező megoldások megfelelő vízminőség mellett már csapadékvízzel is üzemeltethetőek és jelentős mennyiségű vizet képesek elpárologtatni. Az eszközök tervezése és kivitelezése általában egyedi megoldásokat jelent, így a tervezés és kivitelezés részleteivel nem foglalkozik a kiadvány.

7.5. Zöldfelületi eszközök

A települési elöntések fő oka a vízzáró burkolt felületek túl nagy aránya, a zöldfelületek hiánya. A csapadékvíz helyben tartása csak akkor kivitelezhető, ha rendelkezésre áll a helyszínen megfelelő méretű vízáteresztő felület. A jelenlegi jogszabályi környezetben az építési övezetek zöldfelületi kialakítására vonatkozóan kötelező jelleggel a zöldfelületek legkisebb mértéke szabályozott, amely a tapasztalatok alapján önmagában nem képes garantálni az újonnan beépülő vagy jelentősen átalakuló területek megfelelő vízvisszatartását, ráadásul a zöldfelületi minimum akár 100%-ban is teljesíthető nem teljes értékű (tetőkerti, vagy műanyag gyepráccsal kialakított) zöldfelületekkel és vízfelületekkel is. Ezért is fontos a rossz ellátottságú területeken az indokolatlan burkolt felületek megszüntetése, új zöldfelületek létesítése és azok olyan szempontú fejlesztése, hogy környezetük vízgazdálkodásában is részt vegyenek. A lakosok igényei és a vízgazdálkodási célok egybecsengenek: egy, a várost beszívó, a lakóterületeket jól ellátó zöldfelületi rendszer képes a legtöbb csapadékvíz helyben tartására. A zöldfelületek tervezésekor ezért kiemelt figyelmet kell fordítani a csapadékvíz-gazdálkodási szempontokra az egyéb (rekreációs, ökológiai és gazdasági, fenntarthatósági) szempontok figyelembevételével.

Jelen fejezetben a csapadékvíz-gazdálkodás szempontjából meghatározó zöldfelületi elemek és eszközök kerülnek bemutatásra.



25. fotó Pünkösdfürdői park megújított zöldfelülete

Fásítás



26. fotó Detmold, Németország

	Funkcionális érték	●
	Ökológiai érték	●
	Esztétikai érték	●
	Építési költség	●
	Fenntartási költség	●
+	Előny	Általánosan bevett, több egyéb előnnyel (árnyék, levegőtisztítás stb.)
-	Hátrány	Jelenleg jellemző technológia mellett kevés csapadékvíz képes felvenni. Közműhelyzet sokszor gát.
Funkciók		

Az útsorfák kiemelt lineáris elemei a városi zöldinfrastruktúrának. Az útfásításnak különösen azokon a területeken nagy a jelentősége, ahol a sűrű beépítés miatt szinte egyáltalán nincs lehetőség zöldfelületen való szikkasztásra. A fák felveszik a talajból a vizet és nagy felületen elpárologtatják azt, ami akár 10°C-kal is hűtheti a levegőt a közvetlen környezetében. Az útsorfák élettartama általában jóval rövidebb, mint az erdei egyedeké. Mivel egy átlagos fa 20 éves kora körül éri el azt a koronaméretet, mikortól a városi klíma és ökoszisztema igazán értékes elemévé válik, a lehető legkedvezőbb életkörülményeket kell biztosítani, hogy a fák megérjék ezt a kort.

Tervezés és kivitelezés

A fák ültetésének előírásait az MSZ 12172:2019 Díszfák és díszcserjék ültetése települések közterületein szabvány tartalmazza, de számos szakkönyv ismerteti a szakszerű fátelépítést, ezért erre a kiadványban nem térünk ki részletesebben. Az útsorfának ajánlható fajok listája a Közterületi sorfák című kiadványban található. Ugyanakkor a klímaváltozás miatt egyre fontosabb, hogy ne csak várostűrő, hanem a megváltozott éghajlathoz jobban alkalmazkodó fajokat alkalmazzunk. Ha egy taxon elviseli a városi körülményeket, de rövid ideig tartja a lombját, nem képes elég hosszú ideig kifejtetni az ökoszisztéma-szolgáltatásait, jóllehet ez a legfontosabb kritérium a jövő városfásításainál. Ebből a felismerésből fakadóan jelent meg a szakirodalomban a klímáfák fogalma. A hazai klímáfák olyan taxonok lehetnek, melyek átlagos fenntartással hosszabb távon képesek a város kedvezőtlen hatásainak mérséklésére.

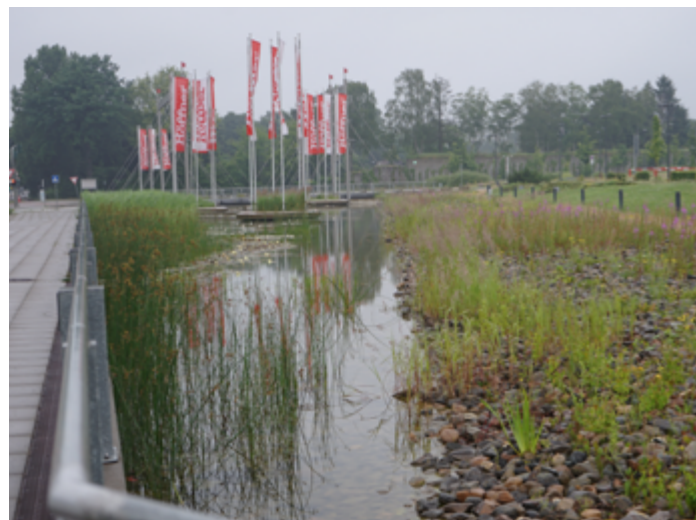
A Zöldinfrastruktúra Füzetek 6.: Fahelyek és zöldsávok védelme a városi utak mentén c. kiadványa részletesen foglalkozik a klímaadaptív útfásítás eszköztárával, a legújabb technikai lehetőségekkel, melyek által ma már a szűkös helyen, kedvezőtlen városi környezetben is sokkal jobb életteret lehet biztosítani a fák számára. Az eszköztárban többek közt megjelenik a gyökércella, zsilibes szegély, stockholmi betonszegély, kiemelt ágy vízbefolyóval, gyökérintató, szivárogtató és levegőztető cső, öntözőzsák, ültetőárok, mesterséges vázталaj.

Fenntartás

A fátelépítést követő első három évben elengedhetetlen a megfelelő karózás és a kellő víz- és tápanyag utánpótlás, a későbbiekben pedig a szükséges faápolási teendők elvégzése. Az öntözési lehetőség biztosítása lehetőség szerint ivóvízkímélő módon történjen (pl. talajvízkutas öntözéssel). Az építkezések során védeni kell a fák gyökérszónáját a roncsolódástól, a talajtömörödéstől és a vegyi anyagok, építőanyagok bemosódásától és kerülni kell a szórósó használatát télen! A kivitelezés során a már meglévő fák megóvását az MSZ 12042:2023 Fák védelme építési területeken szabvány szerint, favédelmi tervezés beiktatásával lehet végezni.

- MSZ 12172:2019 Díszfák és díszcserjék ültetése települések közterületein szabvány
- MSZ 12042:2023 Fák védelme építési területeken
- ZÖLDINFRASTRUKTÚRA FÜZETEK 4.: Városi fák és közművek kapcsolata
- ZÖLDINFRASTRUKTÚRA FÜZETEK 6.: Fahelyek és zöldsávok védelme a városi utak mentén
- Magyar Díszkertészek Szövetsége: Közterületi sorfák jegyzéke (rendszeresen frissülő kiadvány)
- Dr. Szabó Krisztina: Klímáfák és városfásítás

Záportározó



27. fotó Víz tározó tó, Hamburg

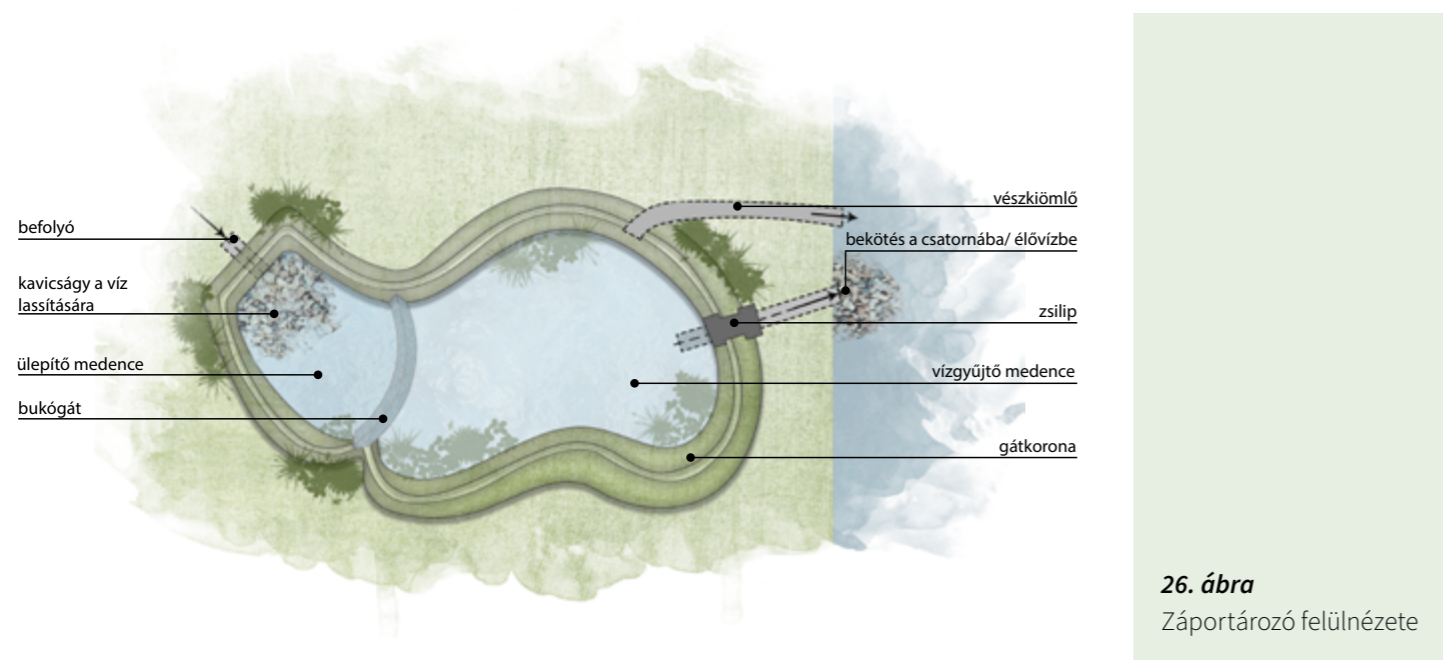
	Funkcionális érték	●
	Ökológiai érték	●
	Esztétikai érték	●
	Építési költség	●
	Fenntartási költség	⬇️
+	Előny	Nagy vízmegtartási kapacitás, víz további felhasználásra (öntözés) alkalmas
-	Hátrány	Magasabb építési költség, felszíni helyigény.
Funkciók		

Olyan területeken, ahol a víz szikkasztása nem lehetséges, a felszíni víztározás eszközei jelenthetnek megoldást a csapadékvíz megtartására. Ilyen esetek lehetnek például:

- ha a talajvízszint magasan van (esőkert aljához közelebb, mint 1,5m),
- vízérzékeny területeken, vízbázisok közelében a hatóság a hidrogeológiai leírás adatai alapján nem engedi a hatóság,
- nagyon rossz a talaj vízelvezető képessége, (szikkasztási tényező).

A záportározók célja a csapadékból keletkező árhullám csúcshozamának ideiglenes visszatartása, hidraulikai tehermentesítés, csapadékvízhasznosítás. A tározóban gyűjthető egy adott terület burkolatairól vagy a tetőről lefolyó, kevésbé szennyezett csapadékvíz. A tározóknak, a be- és az elvezetés speciális kialakítása nélkül csak korlátozott tisztító hatása van. A felszíni víztározók előnye a felszín alatti víztározókkal szemben, hogy az összegyűlt víz párolgásával összetett ökológiai szolgáltatást nyújtanak a környezetük számára. A megjelenő vízpára hűtő hatásán kívül a szabad vízfelületek több módon is támogatják a körülöttük kialakuló ökoszisztémát. Élőhelyként funkcionálva növelik a biodiverzitást. Ivóhelyként szolgálnak, a terület élővilága számára.

Típusai a tározótavak, a tározómedencék és a földalatti tározóterek. A tározótavak lehetnek ideiglenes vagy állandó vízborításúak. A tározótavak fontos szerepet tölhetnek be a vízfolyások vízminőségének és -mennyiségének szabályozásában is. A tározótér előtt általában egy ülepítőtér is szükséges, ahol a csapadékvízzel szállított lebegő részecskék leülepednek. A tárolt csapadék befogadója többnyire egy közeli vízfolyás. Az állandó vízborítású tavak jelentős ökológiai értékkel is rendelkezhetnek.



26. ábra Záportározó felülnézete

Tervezés és kivitelezés

A föld feletti záportározók kialakítása betonból, beton elemekből, agyagból vagy vízzáró műanyag fóliából történik, de egy idő után a tó akár saját magát is tömíteni tudja az eliszapolódással. Alakjuk többnyire művi és épületekhez, infrastruktúra elemekhez kapcsolódnak, de minden esetben ajánlott figyelembe venni a településképi illeszkedést.

Az állandó vízborítottságú tavak javasolt mélysége az eutrofizáció csökkentése érdekében legalább 1,5 méter. A partfal meredeksége annak anyagától függ. A lejtés megválasztásánál ügyelni kell az erózióra, továbbá a be- és kifolyó környezetében külön betonvápával, kőszórással vagy biológiai rézűstabilizációval javasolt védekezni ellene. A zsilippel kialakított bekötés mellett, amely a csatornába vagy élővízbe vezeti a vizet, javasolt vészkiömlőt is kialakítani. Városi környezetben ügyelni kell a balesetveszélyre, kisgyermek számára a nyílt vízfelület kockázatot jelenthet. Kisebb városi terek, belső udvarok csapadékjának gyűjtésére medencék is használhatóak, melyek esetenként jobban illeszkednek az épített környezetbe.

A földalatti tározás történhet előregyártott elemekkel (pl. tófoliával burkolt szikkasztóládákkal, tartállyal) vagy beton tározó (ciszterna) építésével. Lásd részletesebben a Tartályok és ciszternák c. eszközleírás.

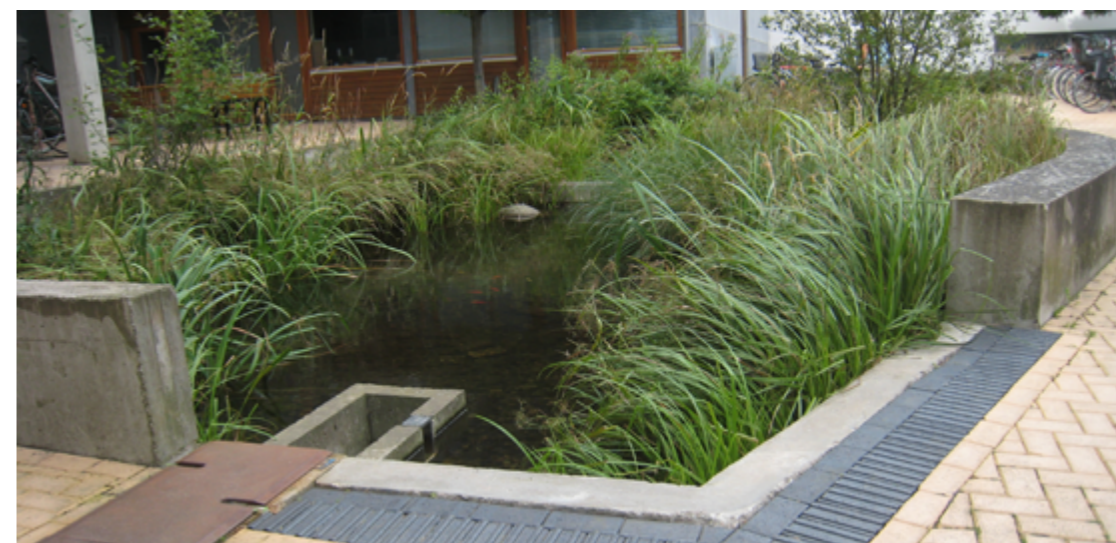
A záportározók tájbaillesztése komplex feladat, amely környezeti, esztétikai, műszaki és közösségi szempontokat egyaránt figyelembe vesz. A megfelelő tervezés és kivitelezés révén a záportározók nemcsak a vízkezelésben játszhatnak fontos szerepet, hanem hozzájárulhatnak a környezet védelméhez és a táj esztétikai értékének növeléséhez is.

Fenntartás

Az ülepítő tér kotrása a szedimentáció miatt időről időre esedékes, a tározóteret azonban csak korlátozottan szabad kotorni. Az ülepítő térben nem, de a tározóban már kiülepedő finom iszap adszorpciós képessége védelmet nyújt a nehézfémek talajvízbe kerülése ellen, ugyanakkor fokozatosan csökkenti a szivárogtató képességet. Ennek a helyreállítása miatt az időnkénti kotrás elkerülhetetlen. A tó műtárgyai rendszeres felülvizsgálatot igényelnek.



28. fotó Ideiglenes vízborítású záportározó, Csehország



29. fotó Víz tározó medence városi környezetben, Malmö

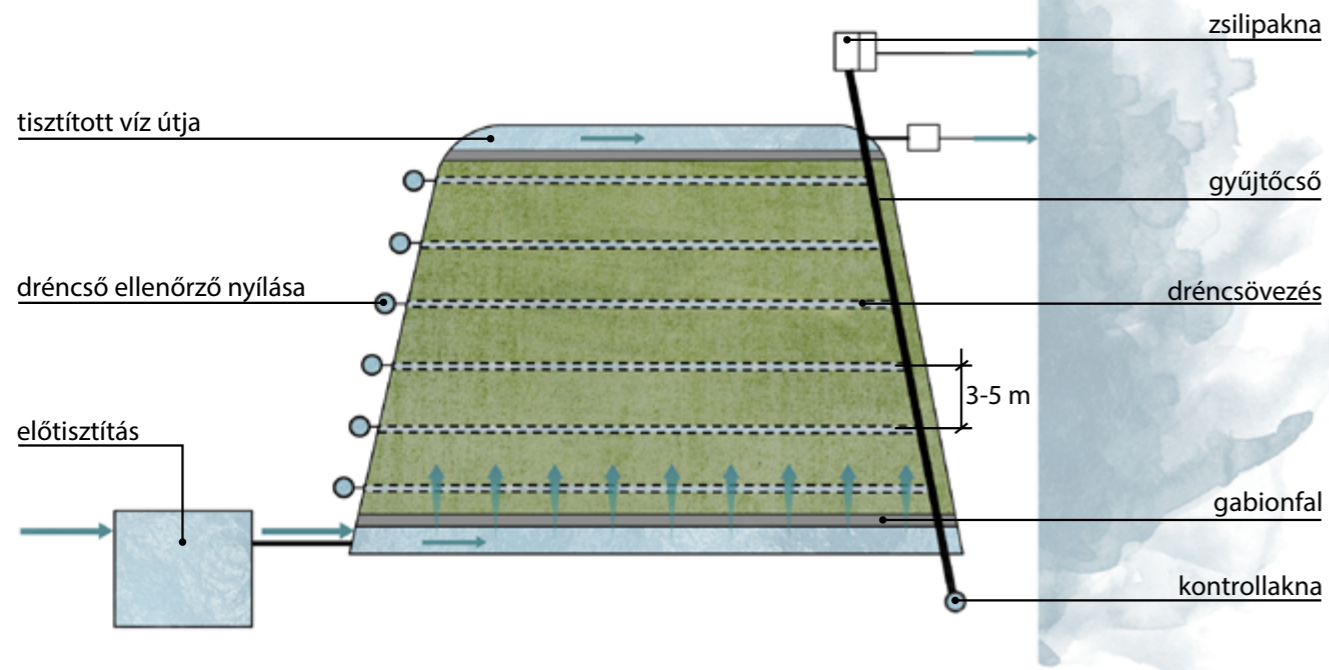
Gyökérszónás víztisztítás



30. fotó Gyökérszónás víztisztító, Berlin

	Funkcionális érték	●
	Ökológiai érték	●
	Esztétikai érték	●
	Építési költség	●
	Fenntartási költség	●
+	Előny	Természetes rendszer kémiai anyagok nélkül, alacsonyabb karbantartási költség
-	Hátrány	Nagy helyigény, érzékeny összetett, szakértelmet igénylő rendszer, időigényesebb a tisztítási folyamat
Funkciók		

A gyökérszónás víztisztítás, más néven növényalapú szennyvíztisztítás vagy fitoremediáció, olyan természetes víztisztítási módszer, amely növények, talaj és mikroorganizmusok kombinációját használja a szennyvíz tisztítására. A gyökérszónás víztisztító (más néven növényalapú szennyvíztisztító) egy olyan fitoremediációs eszköz, ami a természetes mocsarak mintájára a talaj és a mikroorganizmusok és a növényzet segítségével tisztítja a szennyezett vizet. Alkalmas lehet például az egyesített hálózat túlfolyóiból kijutó, vagy a csapadécsatornában gyűjtött víz tisztítására a befogadóba kerülés előtt. A víz előtisztítás után kerül a náddal borított területre, majd a talajrétegen lassan átszűrődve a gyökérszóna alatt lévő dréncsöveken keresztül távozik. A gyökérszónás tisztítók optimális működésének számos kritériuma van, ám ha ezek teljesülnek, hatékonyak és kevés beavatkozást igényelnek. Teljes tisztítóhatásukat a növényzet beálltától (kb. 3 év) fejtik ki.



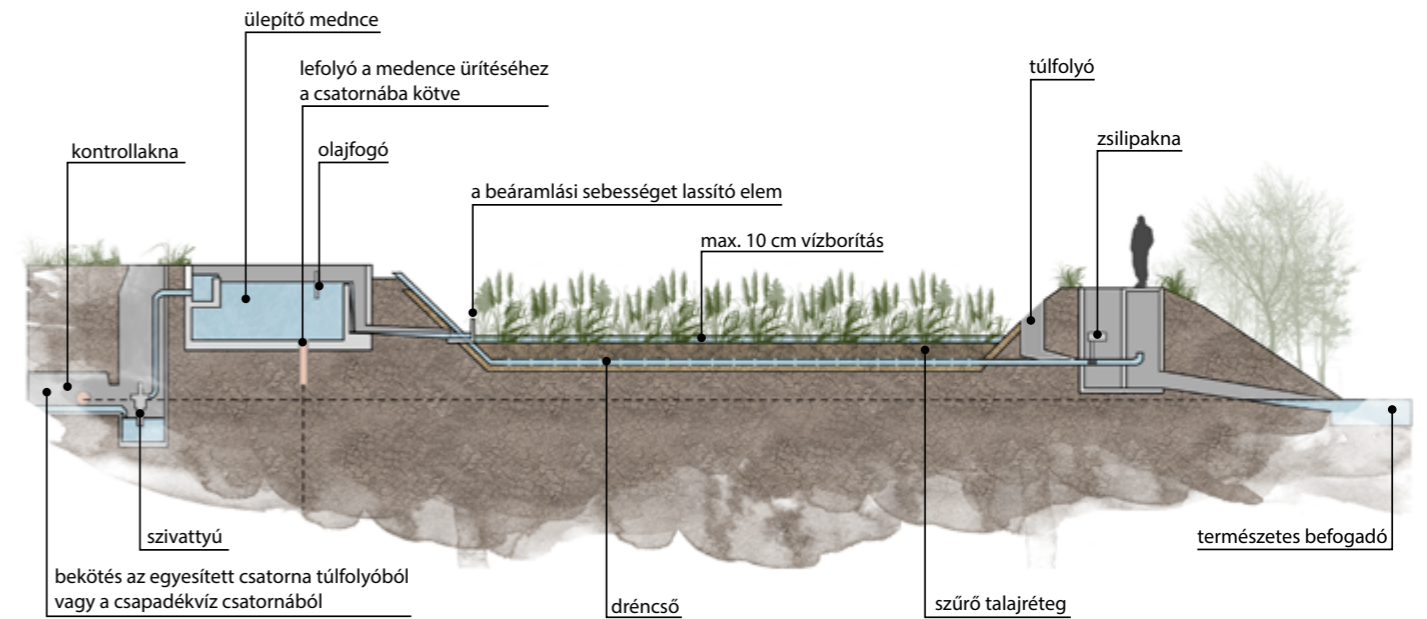
27. ábra Gyökérszónás tisztítás felülnézeti elvi rajza

Tervezés és kivitelezés

A növényzet mind az alul-, mind a túlhasználatra érzékeny, ezért törekedni kell a pontos méretezésre. Olyan növények kiválasztása, amelyek hatékonyan veszik fel a tápanyagokat, és ellenállnak a helyi éghajlati viszonyoknak. Gyakran használnak nádat, gyékényt, vízjácintot és más vízi növényeket. A tisztítót a talajvíz védelmében vízzáró fólia választja el az altalajtól. A mocsárszóna mind az időszakos elöntést, mind a száraz periódusokat igényli, ezért az egyenletes vízellátás érdekében az aljzatnak tökéletesen vízszintesnek kell lennie. A fóliára fektetett finom kavicsrétegre egy vízszintes dréncső hálózatot fektetünk, amely az egyenletes vízkivezetést garantálja. A tökéletes szintezés érdekében csak merev műanyag csövek használata megengedett. Fektetés után geotextília csíkokkal érdemes letakarni a csöveket, mely megakadályozza a gyökerek benövését.

Fenntartás

Az előtisztító és a víz továbbítását szolgáló elemek rendszeresen felülvizsgálandók, a lerakódásokat szükség esetén el kell távolítani. A dréncsövek tisztításához egyik végük a felszínre ér és nyitható. A vízminőség rendszeres ellenőrzést igényel.



28. ábra Gyökérszónás víztisztítás elvi metszet



31. fotó Ang Mo Kio park. Egy különleges kialakítású gyökérszónás tisztító, Szingapúr

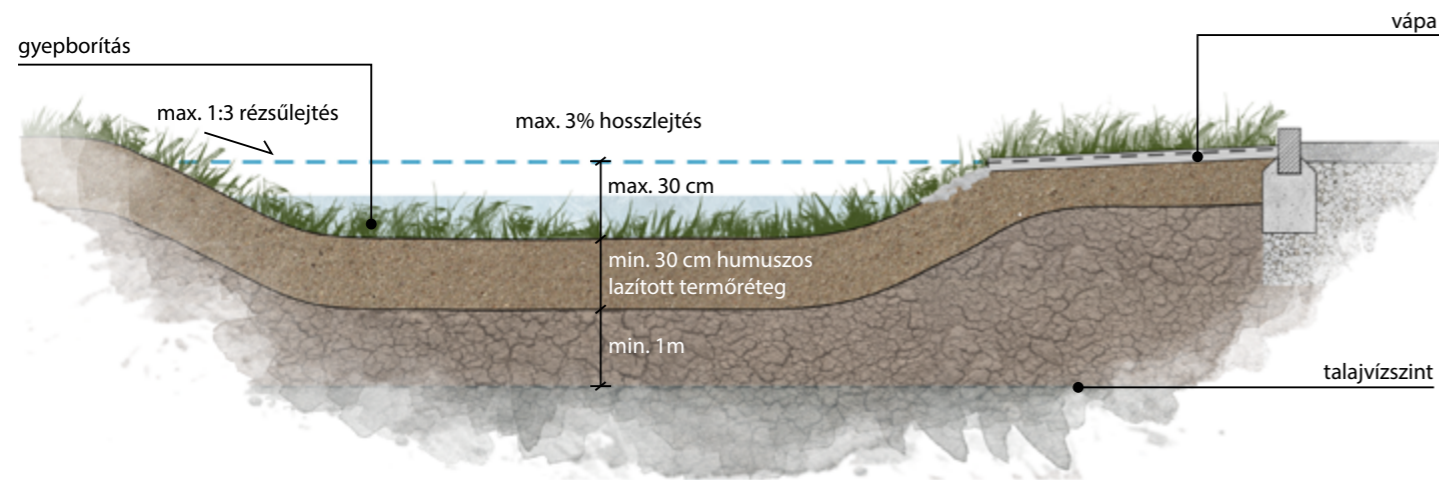
Gyepes szikkasztóárok



32. fotó Gyepes szikkasztóárok, Németország

	Funkcionális érték	●
	Ökológiai érték	●
	Esztétikai érték	●
	Építési költség	○
	Fenntartási költség	●
+	Előny	Egyszerű felépítés, tájbailleszthetőség, vízszűrés
-	Hátrány	Felszíni helyigény, negatív társadalmi visszhang
Funkciók		

Ha az egyszerű zöldfelület kapacitása nem elegendő a lefolyás befogadására, a terület lesüllyesztésével ideiglenes tározásra is alkalmas területet, szikkasztóárkot hozhatunk létre, amelynek elsődleges célja csapadékvíz mihamarabbi szikkasztása. Az árkot borító gyep sűrű gyökérzete megszüri a vizet. Az esőkert növényborítása előntéstűró évelő és fás szárú fajokból áll, így fenntartásigényesebb, de egyben dekoratívabb eleme lehet a zöldfelületeknek. Lásd részletesebben a *Esőkertek* c. eszközlírás.



29. ábra Szikkasztóárok metszet

Tervezés és kivitelezés

A szikkasztóárkok és esőkertek alapelve a felszín süllyesztése, formai kialakításuk bármilyen lehet. A kialakításukra alkalmas talaj vízátvezető képessége: 1*10-3 – 1*10-6 m/s között van, ha a talaj ennél kötöttebb, drénezésre is szükség van. Ha az árok vízmagassága maximum 30 cm-re méretezett, nem alakul ki tartós vízborítottság, amely tönkretenné a növénytakarót. A rézsűfelület az erózió megakadályozása és a könnyű fenntarthatóság érdekében maximum 1:3 meredekségű, de cél a minél kisebb meredekségű rézsű kialakítása. Az árok hossz-lejtése maximum 3%. Ennél nagyobb terepesés esetén az árok megszakítása vagy lépcsőzetes kialakítás javasolt, ahol magas vízállás esetén a csapadékvíz átbukhat a szintek között. Ha a víz koncentráltan, adott pontokon jut be a szikkasztóárkokba, a műszaki kialakításkor – kellően sekély rézsűfelülettel, esetleg kőszórással vagy vápa kialakításával - gondoskodni kell a kimosódás megakadályozásáról.

A növényvel borított szikkasztók csak akkor látják el szerepüket, ha a növényzet már egybefüggő felületet képez és a gyökerek átszövik a földet - ezért kivitelezés során ezen elemeket ajánlott időben előbb elkészíteni, hogy mire a burkolatok elkészülnek, az árok működőképes legyen! Ellenkező esetben az árkot az erózió fenyegeti, valamint az útról bemosódó finom por eliszapolhatja a medret és lerontja a szikkasztóképességet. A gyepesítés 8°C feletti hőmérsékletben történjen, lehetőleg a nyári száraz időszakon kívül. A növénytelepítés ideje lerövidíthető előregyártott gyepszőnyeg fektetésével. Az építés során kerülni kell a nehézgépek használatát, áthaladását vagy építőanyagok tárolását a szikkasztóárok területén, mert a tömörödött talaj nem képes vízszikkasztásra.

A szikkasztóárkok extenzív gyepfelülettel is kialakíthatók, mely csupán évi 1-2 kaszálást igényel. Még nem zajlott nagyobb kutatás szikkasztóárkok speciális gyepeverékeire.



33. fotó Többszintes szikkasztóárok, Németország

Fenntartás

A gyepes szikkasztóárok hasonló fenntartást igényel, mint egy normál gyepfelület. A gyep nyírásakor azonban ügyelni kell a talajtömörödés megelőzésére - a fűnyírás csak kézzel vagy könnyű gépekkel ajánlott, olyan időben, mikor a talaj nincs túlzottan átnedvesedve. Fontos, hogy a növénytakaró tömött és egybefüggő maradjon, ezért ha a gyep sérül, vagy a föld lemosódik, a növényzetet felülvetéssel helyre kell állítani. Emellett ügyelni kell rá, hogy minél kevesebb finom üledék rakódjon le az árok medrére, ami eltömíti a pórusokat és csökkenti a szivárgató képességet. Ez főleg az őszi lomb összetakarítását jelenti. Az esetenkénti gyepszellőztetés is segít a szikkasztóárok vízátvezető képességének fenntartásában. A spontán megjelenő fás szárú növényzet eltávolítandó. Az esőkertek fenntartásához nagyobb kertészeti szaktudás és az adott növények ismerete szükséges.

A gyepes szikkasztóárok vízmegtartó elemekbe történő bevezetésének és elvezetésének kialakítása és karbantartása megegyezik az esőkertekével, ezért az *Esőkert* c. eszközlírás tartalmazza.

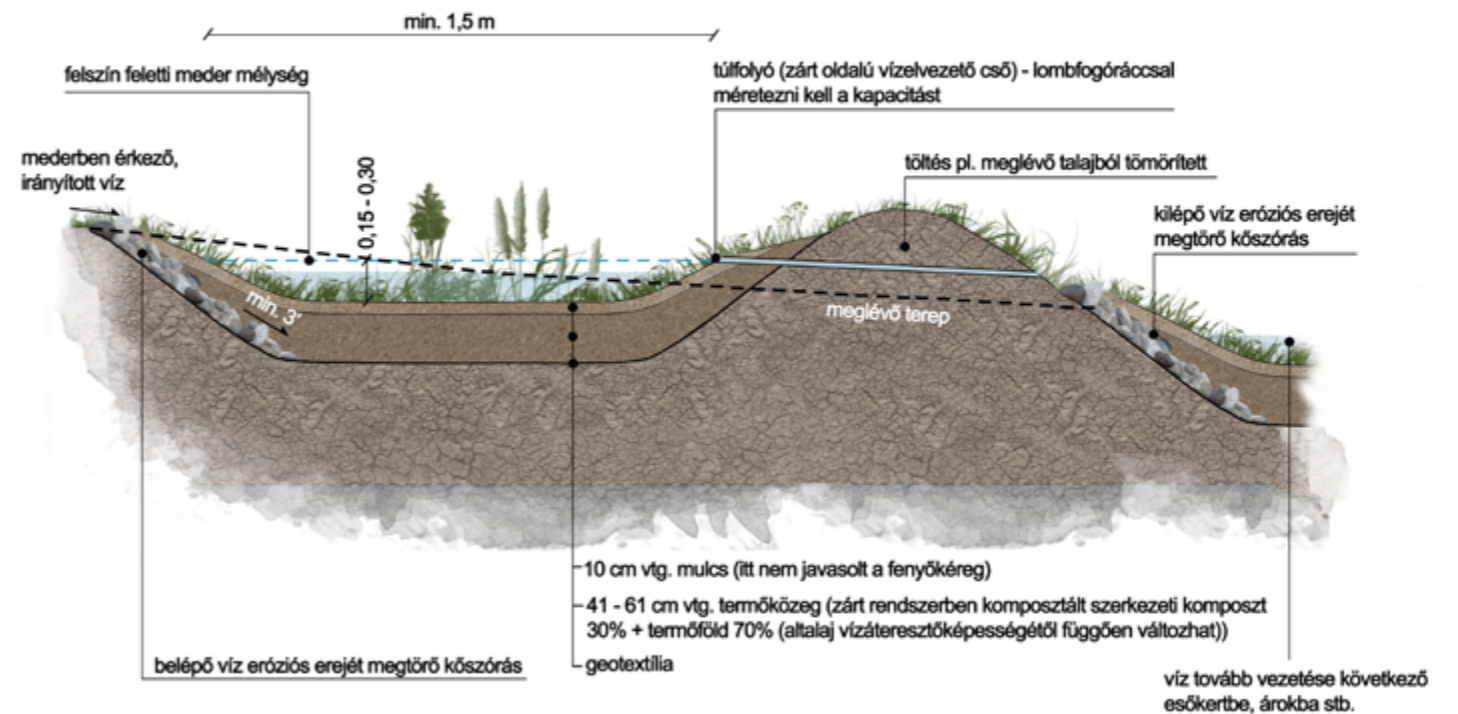
Esőkert



34. fotó Esőkert a Pünkösdfürdő parkban

	Funkcionális érték	●
	Ökológiai érték	○ / ●*
	Esztétikai érték	○ / ●*
	Építési költség	○ / ●*
	Fenntartási költség	○
+	Előny	Nagyobb vízmegtartási kapacitás, nagyon jó víztisztítás
-	Hátrány	Komposzt miatt fajlagosan drágább, felszíni helyigény.
Funkciók		

* típusától függően



30. ábra Esőkert oldalsó túlfolyóval (metszet)

Az esőkerteknél a víz érkezésének lehetséges helye és kilépésnek módja is meghatározó. Az esőkertekbe, vízmegtartó elemekbe történő bevezetés és elvezetés történhet felszínen, felszínhez közel és felszín alatt.

Ha az adottságok engedik a víz a felszínen érkezik az esőkertbe és miután feltöltötte azt a felszín közelében kialakított túlfolyón keresztül távozik. A befolyó lehet pontszerű, azaz pl. egy vápából vagy ejtőcsőből fogadja a csapadékot, vagy oldalsó (vonalas, illetve lepcszerű lefolyással) - pl. szikkasztóárok (vonalas esőkert), ahol a befogadó teljes hosszában érkezik a víz az útról. A csapadékvíz tisztítását - a vízgyűjtő felülettől függő kialakítással - a belépési pontnál kell elvégezni. A víz mozgásához a bevezető és elvezető rendszernek lejténi kell. Ha a terepadottságok lehetővé teszik, hogy a vízvezető rendszer lejtése pont ideálisan mozgó vízsebességet eredményezzen nincs szükség sem lassításra, sem gyorsításra. Ha azonban egy területen nehéz a megfelelő vízmozgást elérő minimális lejtést kialakítani akkor olyan vízvezető rendszerre van szükség, amiben gyorsabban és könnyen mozog a víz (pl. betonvápa, folyóka nyitott árok). Ennek ellenkezője esetén, ha a vízvezető rendszer lejtése túl nagy, a víz sebességét lassítani kell, kövekkel, meder meanderezéssel lépcsőzéssel, kavicsfeltöltéssel. A felszín alatti víz vezetése esetén gondoskodni kell a rendszer karbantarthatóságáról, tisztításáról és meg kell akadályozni a zárt rendszerben mozgó víz által hozott hordalék vízmegtartó rétegben való lerakódását is. Ezért, ha a felszín alatti rendszerben mozog a víz a nyomvonal nagyobb töréseinél, elágazásoknál tisztítóakna kiépítésére, a vízmegtartó rendszerbe való lépés előtt pedig ülepítő akna telepítésére van szükség.

A túlfolyó lehet egy vertikális cső is (aminek a tetején szűrőn keresztül lép be a víz az elvezető rendszerbe), felszíni átbukó (mely tovább vezeti a vizet egy következő vízmegtartó elem felé), vagy horizontális felszínközeli túlfolyó (ami a felszín alatt a vízvezető rendszerbe, vagy ismét a felszínre vezetetten, egy másik vízmegtartó elembe kormányozza a vizet). A túlfolyón kilépő víz az adottságoknak megfelelő helyre vezethető. A célállomás lehet ciszterna, szikkasztó, egy következő esőkert, záportározó, tó, csapadékvíz csatorna (ha az üzemeltető ezt megengedi), természetes vízfolyás (a vízjogi engedélytől függően) stb.

Az esőkertek a gyepes szikkasztóárokhoz képest még összetettebb vízmegtartó rendszerek, melyek vízmegtartó képességükön kívül több szinten nyújtanak ökológiai szolgáltatást, így hatékony eszközei a települési klímaadaptációnak. A vízmegtartó rétegen fejlődő növénytakaró asszimilációs felület, mely aktívan párologtat, hőelvonó képessége folytán csökkenti a hőszigetelést, fák tervezése esetén árnyékol, és a növényzet segítségével szálló port köt meg. Élőhelyként funkcionál, így aktív eleme lehet a városi ökológiai folyosók kialakulásának. A biodiverz kiültetések forma és színváltozatossága, négy évszakos dinamikája a városlakók számára közelebb hozza a természet közelségét, így mentálhigiénés hatása is jelentős.

Az esőkertek vízmegtartó rétege ásványi, vagy organikus anyag lehet, mely meghatározza az esőkert karakterét. Ha az esőkert vízmegtartó rétege - kavics, homok, zúzottkő - a vízmozgás a talajban, valamint a telepíthető növénytakaró tulajdonságai eltérnek azoktól az esőkertektől, melyekben a vízmegtartó réteg magas humusztartalmú, organikus anyagok keveréke. Az ásványi vízmegtartó réteg előnye, hogy nem tömörödik, és kevésbé érzékeny a szennyező anyagokra. Vízmegtartó kapacitása azonban kisebb 30-40%, mert a vízmegtartó közeget alkotó ásványi anyagnak nincs vízfelvevő képessége, így kiszorítja a vizet. Jó vízvezető képességénél fogva a felsőbb rétegekből gyorsan az esőkert alsóbb rétegeibe vezeti a vizet, ahonnan általában dréncső, -csövek segítségével távozik a felesleges víz. Az ásványi ültetőközegréteggel működő esőkert, ha nem tartalmaz nedvesség megkötésére alkalmas összetevőt, aszályos időben kimondottan száraz élőhely. A Stockholm Faültetési Rendszerben (**ld. 7.7 Kombinált eszközök**) alkalmazott szerkezeti talajú esőkert ötvözi a különböző ültetőközegű esőkertek erősségeit, városi burkolt körülmények között jól alkalmazható.

Az organikus vízmegtartó réteg mélyrétegű szerkezeti komposzt, termőtalaj és homok alkotta laza keverék, melyben az aktív talajélet folytán a vízmegtartó kapacitás akár 70-80%, egyes mérések szerint akár 90-100% is lehet. A vízmegtartó közeg azonban nem tömörödhet, mert a tömörödött talaj nem képes vizet felvenni. Ha a termőréteg átszellőzése leromlik, a talajélet elpusztul, az esőkert vízmegtartó közege nem funkcionál tovább. Ideális esetben azonban az élő, mélyrétegű, laza talaj, összetett növénytakarásnak ad alapot, ezért ezek az esőkertek nagyobb és összetettebb ökológiai szolgáltatást nyújtó felületek lehetnek, mint az ásványi alapú esőkertek. Az organikus anyagok felületéhez jól kötődő víz beszívódik, elraktározódik a vízmegtartó rétegben, így hosszabb ideig hasznosítható a növények számára. A felesleges víz ezeknél az esőkerteknél nem az alsóbb rétegekből, hanem a felszín közelében elhelyezett túlfolyókon keresztül távozik.

Tervezés és kivitelezés

Azt, hogy melyik típusú esőkert alkalmazandó, leginkább a tervezési helyszín adottságaitól függ. Egy rendkívül kitett, forgalmas városi tér, teresedés, sáv, ahol a vízmegtartásra felhasználható területek mérete szűkös, a taposási kár, felhajtási kár, a különféle gépjárművek okozta mikrorezgések, valamint a téli sózás és a burkolat felületekről lemosódó szennyező anyagok hamar tönkreteszhetik az organikus vízmegtartó réteget. Az ásványi anyag vízmegtartó-vízvezető réteg kevésbé érzékeny ezekre a hatásokra, így ilyen esetekben ez a technológia javasolható. Ha pedig a körülmények kedvezőbbek - kisebb forgalmú, megfelelő méretű, kevésbé kitett a terület - az organikus vízmegtartó közeg használata javasolt, mely összetettebb ökológiai szolgáltatást képes nyújtani. A különböző típusú esőkert rétegtípusait és tervezési elveit az **M-3. melléklet**, az anyaghasználatot pedig az **M-4. melléklet** tartalmazza.



35. fotó Beömlő vápa kialakítása alacsony lejtés esetén



36. fotó Túlfolyó kialakítása

Az esőkertek vízbelépési pontja – különösen az ásványi szikkasztó réteggel épített esőkerteknél - nem csak a felszínen elképzelhető. A tetőről, belvív csatornából, esővízgyűjtő csatornából például gyakran csak a felszín alatt lehet átvezetni a vizet az esőkert területére. Ha a víz zárt rendszerből, például ház ereszének ejtőcsatornájából érkezik a területre, felszín alatt, akkor a belépési ponthoz tisztító aknákat kell építeni, hogy a belépéskor bemosódó szennyeződés ne tömítse el az esőkertbe vezető nyílást, és a víz ne torlódhasson vissza a bevezető csőben. Ha a belépési ponton a víz ereje túl erős, romboló hatású akkor azt, ha lehetőség van rá a felszínen kialakított mederben lassítani kell. Ha erre nincs mód és hely a belépési pontot úgy kell kialakítani, hogy a belépő víz ereje ne erodálja az esőkert vízmegtartó közegét.

Attól függően, hogy az esőkert hol van, mennyire jó a talaj vízvezető képessége, mennyire kritikus a területen a vizet hosszabb ideig tartania, a víz kilépési ideje gyorsítható, az esőkert alsó rétegeibe integrált drénréteg kialakításával. Ebben az esetben a víz nemcsak a túlfolyón, de az alsóbb rétegekből is távozni tud. Ha az esőkert környezete különösen érzékeny a víz hosszabb távú megtartására ásványi vízmegtartó réteggel esőkerteknél, a felszíni túlfolyó elhagyásával, a drénréteg dréncsövezésével az esőkertből a víz gyorsabban elvezethető.



37. fotó Esőkert Malmöben túlfolyóval és tisztító műtárggyal



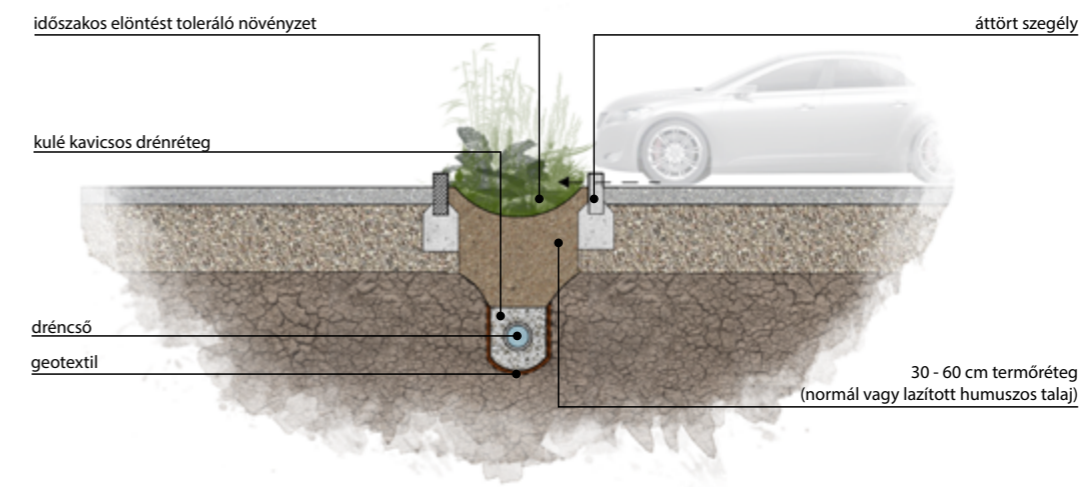
38. fotó Száraz kavicsos esőkert Malmöben

Az esőkertek vízellátottság szempontjából szélsőséges élőhelynek mondhatók. Ha az esőkertben nincs automata öntözőrendszer kiépítve, aszály esetén kimondottan száraz ökológiai adottságú terület, mely egy nagyobb esőzés után ideiglenesen vízzel telítődik. A kitettséget fokozza, hogy évről-évre változik az érkező csapadékmennyiség gyakorisága és mennyisége. Az ilyen kiszámíthatatlan ökológiai helyzeteket egy zöldfelület, csak különlegesen rugalmasan reagáló társulásként, vagy nagyon stabil, már a környezetére erősen ható rendszerként képes túlélni. Általában egy mesterségesen, városi környezetben létesített esőkert mérete nem teszi lehetővé azt, hogy önmagát a stabilitásával védeni tudó rendszerként funkcionáljon, így inkább a gyors adaptálódó képesség az a stratégia, amivel életképes marad. Az élő rendszerek – így a zöldfelületek környezeti hatásokra való gyors reagálóképességét is – a megfelelő a biodiverzitás biztosítja. Nem kell, hogy a választott taxonok mindegyike tágtúrúsú, ideiglenes vízborítást és szárazságot is egyformán jól toleráló, várostűrő, megfelelő dísz adó faj legyen. A zöldfelületnek, mint társulásnak kell jól reagálnia az időszakos szélsőségekre. Emellett az öntözési lehetőség biztosítására is szükség van, mely lehetőség szerint ivóvízkímélő módon történjen (pl. talajvízkutas öntözéssel).

Az ásványi vízmegtartó réteggel működő esőkertek száraz élőhelyek, ahol a talaj alacsony tápanyag tartalmú és a víz – különösen akkor, ha drénezés is van az esőkert alján – gyorsan az alsóbb rétegekbe vándorol. Az ökológikus kiültetést itt ezért szárazságtűrő, sovány talajt jól toleráló taxonok, tágtúrúsú fajok és időszakos vízborítást is toleráló fajok összeültetésével érdemes kialakítani. Az ültetési zónák kevésbé karakteresen válnak el egymástól. A szélső területeken szélsőségesen szárazabb, a középső részeken védettebb élőhelyi adottságok jellemzők. A kialakítandó társulás vertikális rétegzettsége fontos szempont a biodiverzitás megőrzése és a reagáló képesség megőrzése miatt.

Az organikus vízmegtartó réteggel működő esőkert tápdús mélyrétegű talaja, tápanyagigényes, nedvesebb körülményeket biztosít. Az ilyen esőkertek zónái karakteresebben elkülönülnek, hiszen a vízmegtartást a terep süllyesztése 'meder kialakítása' is erősíti. Az esőkert legmélyebb pontja a terület leghosszabb ideig nedves, vizes területe. A meder menti akár, teraszosan is kialakítható, kevésbé mély sávja hol nedves, hol pedig szárazabb élőhely. A harmadik zóna, az esőkert széle, száraz élőhelyi adottságokat mutat. A talaj tápanyagtartalma azonban mindenütt magas. A pontos ökológiai adottság itt is kiszámíthatatlan, így érdemes a növény kiültetések biodiverzitását, mint az élőhelyhez való adaptációs képesség legjobb eszközét használni a tervezéskor. Az ásványi vízmegtartó közeggel működő esőkertekhez képest, azonban az életfeltételek jobbakként, így stabilabb, jobb klímaszolgáltatást nyújtó társulás alakítható ki.

Az esőkertben ajánlott növényfajokat az **M-5. melléklet**, további esőkert keresztmetszeteket pedig az **M-6. melléklet** tartalmaz.



31. ábra
Esőkert részletrajz



39. fotó
Új telepítésű esőkert túlfolyókkal, Egyesült Államok

7.6. Felszín alatti eszközök

Jelen fejezetben a csapadékvíz-gazdálkodás szempontjából fontos felszín alatti elemek és eszközök kerülnek bemutatásra.

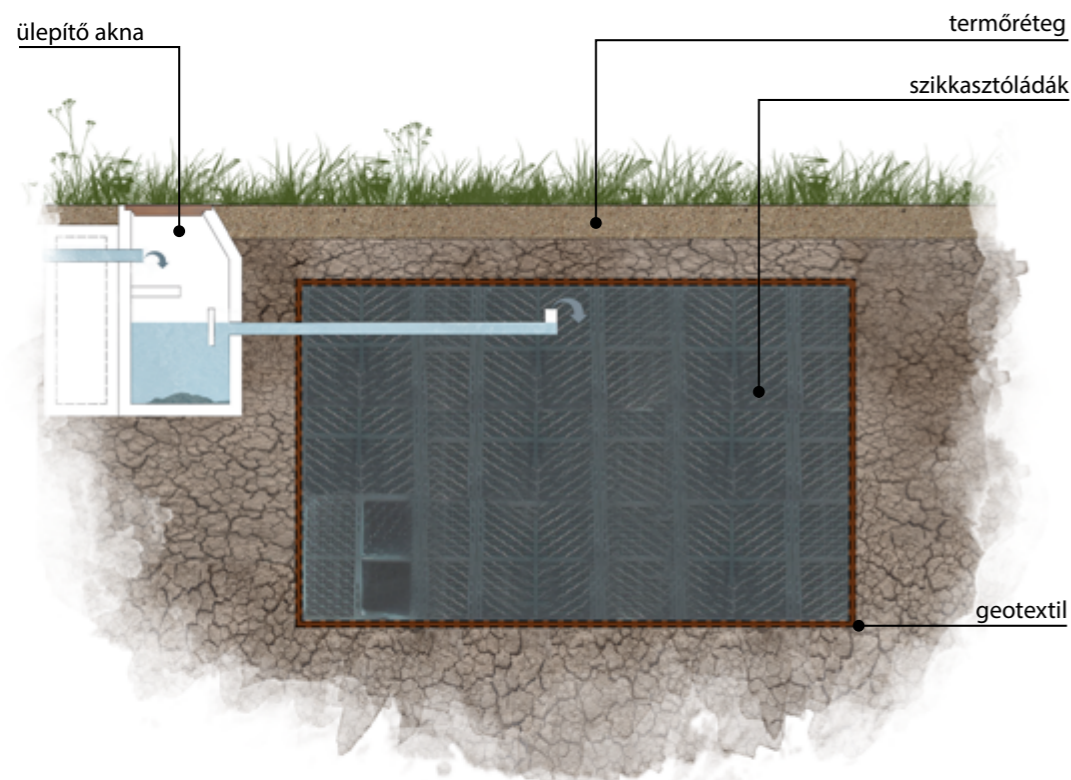
Szikasztó láda / rekesz



40. fotó Szikkasztóládás csapadékvíz szikkasztás

	Funkcionális érték	🟢
	Ökológiai érték	🟢
	Esztétikai érték	
	Építési költség	🟢
	Fenntartási költség	🟡
+	Előny	Felszín alatti térigénye nagy lehet mélységben. Mesterséges anyag.
-	Hátrány	Késztermék, egyszerűbb telepíthetőség
	Funkciók	

A földalatti drénaknak helytakarékos megoldást jelentenek a csapadékvíz föld alatti szikkasztására magas burkoltság esetén. Főbb típusai a szikkasztóládák, dréncsövek és a drénkutak. Kialakítása általában költségesebb és jelentős földmunkát igényel, de lehetőséget ad a szikkasztásra akár burkolt parkolófelületek alatt is. A drénkutak funkciója egy vízzáró talajréteg „átdöfése” is lehet, így a csapadékvíz ezen átjutva a mélyebb rétegekbe juthat. A talajvízszintet pontosan megemmelhetik, ezért épületek környezetében körültekintéssel alkalmazandók.



32. ábra Szikkasztóládás szikkasztás

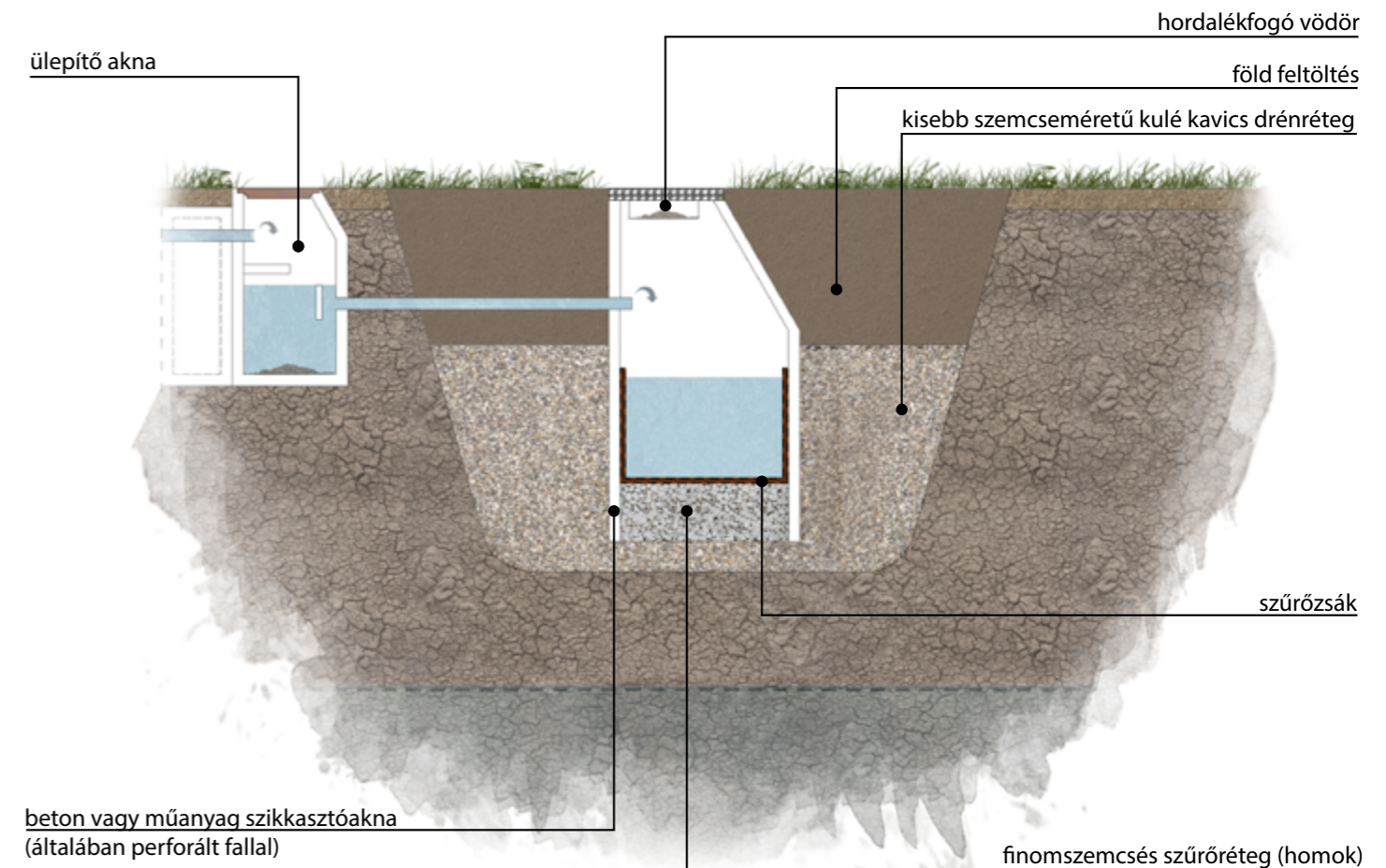
Tervezés és kivitelezés

A szikkasztótér méretét a szükséges kapacitás határozza meg, a környezettől a talaj bemosódásának megakadályozására geotextília választja el. Ha a szikkasztótérre burkolat kerül, fontos az altalaj megfelelő tömörítése és a terhelésnek megfelelő vastag teherbíró réteg kialakítása a szikkasztóládák vagy dréncsövek alatt/felett. Az eszközöknek fagyhatár alá kell kerülniük. Ha a víz nem a felső talajrétegen átszűrődve kerül a drénrétegbe, hanem egy mesterséges befolyón keresztül, mindig gondolni kell a bejutó víz előszűrésére tisztítóakna beépítésével, ahonnan csak az üledéklerakódás és az olajleválasztás után jut tovább a csapadékvíz a drénbe. A földalatti szikkasztótérek mindig rendelkeznek túlfolyóval, mely a vizet egy másik szikkasztótérbe, vagy más megoldás hiányában a csatornába vezeti.

A szikkasztóládás és dréncsöves szikkasztó kapacitása az elemek sorolásával tetszőlegesen alakítható. A drénkút alulról nyitott, általában perforált falú beton vagy műanyag elemekből áll. Belsejében szükség esetén geotextília akadályozza meg a talaj bemosódását. Ennek az eszköznek a kialakítása a legolcsóbb és legkisebb helyigényű, ugyanakkor a pontszerű vízszintes kiterjedés miatt igen jelentősen emelheti közvetlen környezetében a talajvízszintet.

Fenntartás

A szikkasztók ülepítője és a drénkút rendszeres ellenőrzést és tisztítást igényel. Egyes előszűrő berendezések már képesek érzékelni és digitálisan is jelezni, ha a kiülepedett olaj és üledék kritikus szintet ér el. A földalatti drénaknak állapotát legalább évente egyszer szükséges ellenőrizni a kontrollaknán keresztül és eltávolítani az esetleges szennyeződések. Dugulás esetén magasnyomású vízzel átmosható a rendszer. A tisztításhoz semmilyen talajvízre veszélyes vegyszer nem használható!



33. ábra Drénkút ülepítőaknával

Tartály



41. fotó Fém vízgyűjtő tartályok

	Funkcionális érték	●
	Ökológiai érték	○
	Esztétikai érték	
	Építési költség	●
	Fenntartási költség	⬇️
+	Előny	Egyedi igényekre, helyszínre szabható méretezés, kivitelezés
-	Hátrány	Nagy beruházási költség, hosszabb kivitelezési idő, földalatti helyigény.
	Funkciók	 

A földalatti előregyártott víztározó elemek általában 1-10 m³ kapacitásúak, de több elem összekapcsolásával ennél nagyobb kapacitás is elérhető. Kiépítési költségük a talajmunka miatt nagy. Általában egy épület közvetlen környezetében, a tetővíz gyűjtésére telepítik, mely aztán újrahasznosítható öntözésre vagy szürkevízként wc öblítésre. Magyarország klimatikai viszonyai miatt sajnos jelentős vízszintingadozással kell számolni a tározóban, így racionális beruházási költségek mellett nem képes teljes mértékben kiváltani a csapvíz használatot. A felszíni tározók általában kisebbek és családi házas környezetben a legjellemzőbbek. Előnyük egyszerű telepíthetőségük (közvetlenül csatlakoztathatók az ereszcatornára), ám csekély kapacitásuk miatt nagyobb területeken nem befolyásolják jelentősen a vízgazdálkodást.

Tervezés és kivitelezés

A tartály méretét a víztározó területe szabja meg. Mivel a tározók tisztítása körülményes, mindenképpen ajánlott könnyen fenntartható előszűrő beépítése. A tartályt túlfolyóval kell ellátni. A föld alatt tározott víz felhasználásához szivattyú szükséges, melyet érdemes szárazon elhelyezni, mivel a búvárszivattyúk gyakrabban hibásodnak meg. A tervezés és kivitelezés fázisai mérettől és anyaghasználatától függően eltérőek lehetnek, ezért ehhez a gyártó nyújt segítséget.

Fenntartás

A szűrő rendszeres tisztítása minden tározó esetén lényeges. Bővebb fenntartási útmutatót a gyártótól érdemes kérni.

Ciszterna



42. fotó Nagy tározókapacitású részfolyóka beépítése

	Funkcionális érték	●
	Ökológiai érték	○
	Esztétikai érték	
	Építési költség	●
	Fenntartási költség	⬇️
+	Előny	Könnyű telepíthetőség, előregyártott kész termékek.
-	Hátrány	Nagy beruházási költség, földalatti nagy helyigény.
	Funkciók	 

A felszín alatti víztározók, ciszternák létesítésének gazdaságosságát és azt, hogy ökológiai szempontból valóban előnyös-e kialakításuk ki kell számolni, meg kell fontolni. A felszín alatti víztározókat valahova el kell helyezni, ahol aztán fa telepítésére, így összetettebb ökoszisztéma szolgáltatást nyújtó zöldfelület kialakítására nincs mód. Ha a tározókat csak a víz pufferelésére hozták létre, akkor annak egyedüli célja a csatornarendszer terhelésének csökkentése, ökológiai szolgáltatást nem nyújt, sőt területigényével sokszor ront a terület adottságain. Ha a ciszternák létesítésének célja az esővíz öntözésre való felhasználása, akkor érdemes végig számolni, hogy a terület öntözéséhez mekkora ciszterna kialakításra van szükség és hogy a vízgyűjtő tartálynak, vagy tartályoknak a létesítési költsége megtérül-e valaha.

Tervezés és kivitelezés

A tározni kívánt víz mennyiségétől függően az alkalmazott ciszternák anyaga és mérete sokféle lehet. Maga a tározó kialakítása azonban legtöbbször költséges és sokszor nagy mennyiségű vasbeton, vagy műanyag felhasználásával történik. A tartály méretét a víztározó területe szabja meg. Egyszerű közelítő elv, hogy a vízgyűjtő területnek 3-4 szer nagyobbnak kell lennie az öntözendő felületnél, hogy csak csapadékvízből történjen az öntözés. Mivel a tározók tisztítása körülményes, mindenképpen ajánlott könnyen fenntartható előszűrő beépítése. A tartályt túlfolyóval kell ellátni. A föld alatt tározott víz felhasználásához szivattyú szükséges, melyet érdemes szárazon elhelyezni, mivel a búvárszivattyúk gyakrabban hibásodnak meg. A tervezés és kivitelezés fázisai mérettől és anyaghasználatától függően eltérőek lehetnek, ezért ehhez a gyártó nyújt segítséget.

Fenntartás

A szűrő rendszeres tisztítása minden tározó esetén lényeges. Bővebb fenntartási útmutatót a gyártótól érdemes kérni. Az öntözésre tározott vizet nem lehet magára hagyni. Forgatni, kezelni kell azt, míg szivattyú segítségével az öntözőrendszerbe jut. Ugyanakkor amennyiben rendszeres öntözés is történik, ez automatikusan végbemegy. A ciszterna létesítés így gyakran valójában ökológiai szempontból kevésbé előnyös megoldás.

7.7. Kombinált eszközök

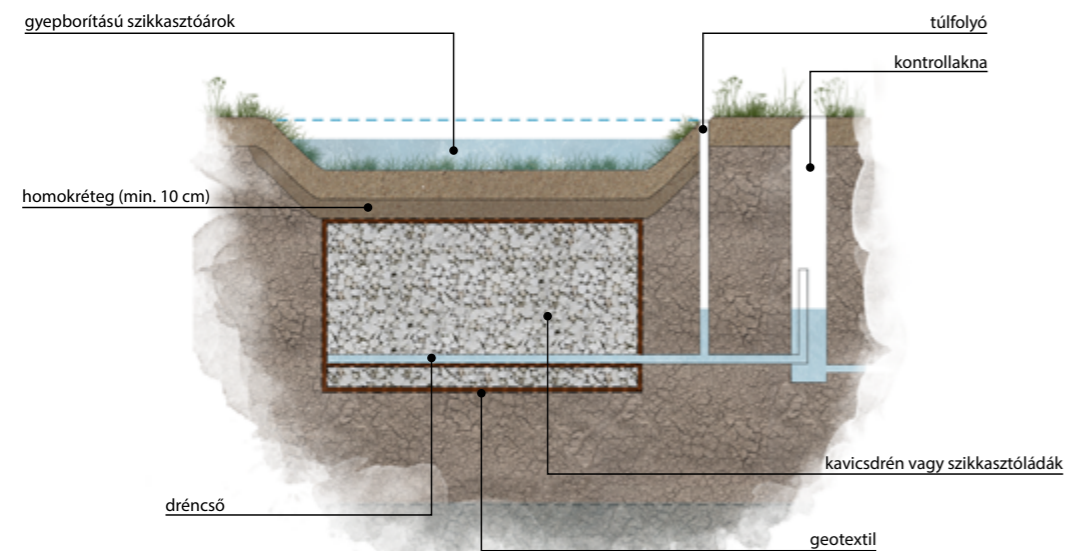
Drénezett szikkasztóárok



43. fotó Többszintes drénezett szikkasztóárok

Funkcionális érték	●
Ökológiai érték	●
Esztétikai érték	●
Építési költség	●
Fenntartási költség	○
+ Előny	Kötött talajoknál is alkalmazható, több funkció.
- Hátrány	Költséges, bonyolultabb technológia, tervezésigényes. Talajban helyigényes.
Funkciók	

Ha a talaj vízáteresztő képessége nem elégséges sima szikkasztóárok kialakításához, a kapacitását földalatti drénezéssel javíthatjuk. Ez a rendszer tulajdonképpen a szikkasztóárok és a földalatti drén kombinációja. A drénrétegbe a felső talajrétegen átszűrődő, tisztult víz jut be, így az eltömődés nem jelent veszélyt. Szükség esetén a kavicsrétegben vezetett dréncsővel vihető el a drénrétegben összegyűlt víz.



34. ábra Drénezett szikkasztóárok metszet

Tervezés és kivitelezés

A drénezett szikkasztóárok építése során először a környező talajtól geotextilrel elválasztott földalatti drén (kavics vagy szikkasztóládák) kerül kialakításra, melybe szükség esetén dréncső is kerül. A drénréteg fölé minimum 30 cm talajborítás kerül, hogy a talaj víztisztító hatása elégséges legyen.

Fenntartás

A szikkasztóárokban és a földalatti szikkasztásban ismertetett elvek alapján történik a fenntartás. A kontrollakna rendszeres tisztítást, a növényzet pedig karbantartást igényel. Az árok medre az évek során eliszapolódhat és csökkenhet a tisztító kapacitás, ilyen esetben a felső talajréteget fel kell újítani.

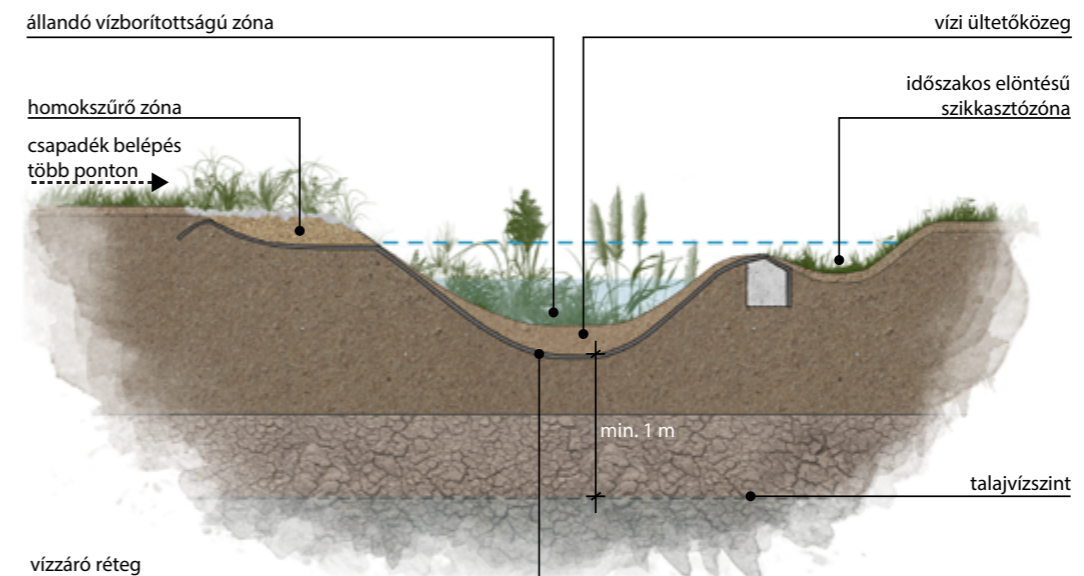
Szikkasztó-tározó meder



44. fotó Szikkasztó-tározó meder, Hamburg

Funkcionális érték	●
Ökológiai érték	●
Esztétikai érték	●
Építési költség	●
Fenntartási költség	●
+ Előny	Jó víz visszatartó, tározó képesség, magas esztétikai és mikroklíma javító érték.
- Hátrány	Rendszeres fenntartást igényel, nagy zöldfelületeken használható.
Funkciók	

A szikkasztó-tározó meder egy mélyebb, állandó vízborítású tározó és egy magasabb, szikkasztó zónával rendelkezik. A vízzáró meder kialakítású tóból zápor idején a víz kiléphet a szikkasztóárokba, így a víz nagy része elsikkad és elpárolog. Alacsony vízállás esetén a rendszer fordítva is működik: a szikkasztóárokba a csapadék a tóba folyhat, így növelve a szikkasztóárok kapacitását.



35. ábra Szikkasztó-tározó meder keresztmetszet

Tervezés és kivitelezés

A tó vízfelülete a fenntarthatóság érdekében minimum 20 m², vízmélysége minimum 80 cm, a talajvízszintnek minimum 1 m-re kell lenni a tó fenekétől. A tó vízszintingadozása maximum 30 cm lehet. A minél több ponton, elosztva befolyó víz először egy magasabb fekvésű, homokos talajszerkezetű mocsárszónába jut, ahol lelassul az áramlás és megtörténik a szedimentáció. Az állandó vízborítású vízfelület szerkezeti felépítése a kerti tavakhoz hasonló, fóliával szigetelt. A partfal lejtése maximum 1:2. A tóban dekoratív növénykiültetés hozható létre a víztisztítást segítő növényekből. A szikkasztó zóna kialakítása a szikkasztóárokhoz hasonló. A beömlőnyílás környezetét a záportározókhoz hasonló körülményekkel kell kialakítani, hogy egy nagyobb zápor esetén a víz ne legyen képes kimosni a talajt.

Fenntartás

A tó növényzete gondozást igényel, a környező szikkasztófélület fenntartása pedig megegyezik a szikkasztóárok esetében leírtakkal.

45. fotó

Szikkasztó-tározó
meder



46. fotó

Szikkasztó-tározó
meder vízállásai,
Németország



10 éves gyakoriságú
csapadék

normál vízállás

Stockholm faültetési rendszer (SFR)



47. fotó SFR alkalmazása az Arany János utcában

	Funkcionális érték	●
	Ökológiai érték	●
	Esztétikai érték	●
	Építési költség	●
	Fenntartási költség	○
+	Előny	Igen hatékony eszköz csapadékvíz szikkasztásra és kedvező életfeltételeket biztosít a városi fák számára.
-	Hátrány	Költséges a megvalósítása
Funkciók		

A módszert Stockholm városa dolgozta ki azzal a céllal, hogy megoldást találjanak a szilárd burkolattal beépített utcák zöldítési és csapadékvíz kezelési kihívásaira. Egyszerre jár pozitív hatással a természeti környezetre, a városüzemeltetés érdekeire és a városlakók életminőségére. A városi struktúrába illeszkedve használ olyan alternatív felszín alatti rendszert, amely egyszerre nyújt stabil statikai alapot a felszíni burkolatnak, tömörödéstől mentes, kiterjesztett, a gázcserre biztosításához elegendő teret a fák gyökérzetének, valamint képes nagy mennyiségű csapadékvíz befogadni a saját felületének akár 10-20 szoros vízgűjtő felületről. A rendszer nem sérti a városban megszokott kényelmet, de közben jelentősen megnöveli a fák gyökér életterét, ezáltal a városi fák újra elérhetik a taxonra jellemző kort.

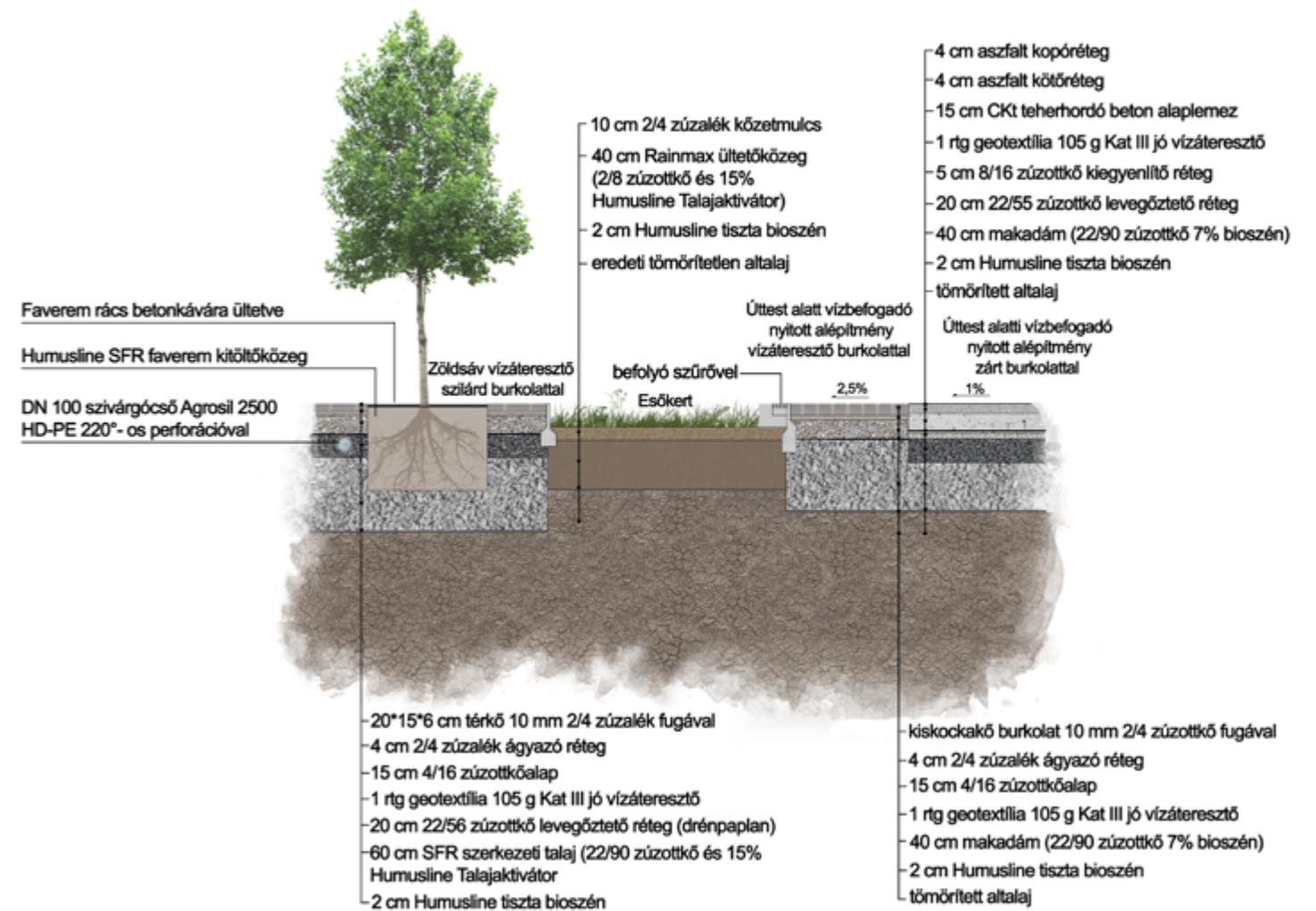
Az SFR használható lefolyáslassításra, víztisztításra, az alatta lévő talajtól függően szikkasztásra, a növényzet révén párologtatásra és szerkezeti hűtő-fűtő elemként is javítja a mikroklimát.

A rendszer rugalmasan alakítható, moduláris: a különböző felszín kialakításokhoz – burkolt és nyitott zöldfelület – és csapadékvíz kezelési igényekhez illeszthető. A rendszer megfelelő kialakítása igényli a különböző szakágakhoz tartozó tervezők együttműködését.



36. ábra
Moduláris bővíthetőség

Az SFR kiválóan alkalmas meglévő fák rehabilitációjára is. A meglévő fák nagy előnye a már nagy lombkorona, a módszer képes a fák élettartamát jelentősen meghosszabbítani.



37. ábra SFR rendszer minta rétegtrendjei

Tervezés és kivitelezés

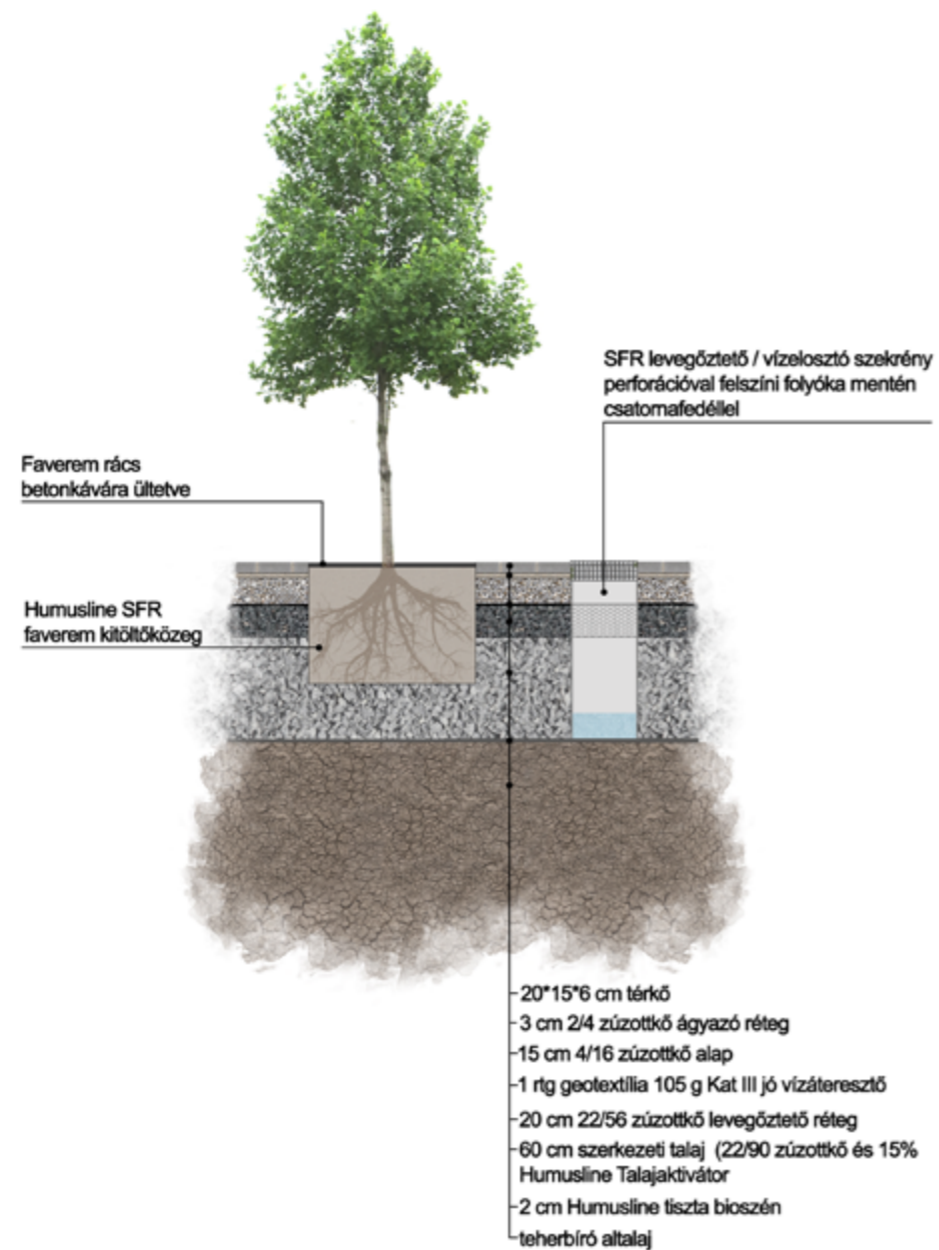
Az SFR verem minimális mérete mind helyigényben, mind csapadékvíz szükségletben a növények igényeihez igazodik: a beültetett növényzet az első 30 évre kap gyökéréletteret. Maximuma pedig a tervezett csapadék maximális befogadása. Ez azt jelenti, hogy maximális kapacitását a csapadékvíz-gazdálkodáshoz kell illeszteni, szükség esetén túlfolyó lehetőség kialakításával. A SFR-be bevonhatók a tetőfelületek, a járdák és parkolók felületei.

Nagyon kicsi (< 5 m)	Kicsi (5-10 m)	Közepes (10-15 m)	Nagy (15-25 m)	Óriás (> 25 m)
Javasolt kőzetalapú struktúrált talajtérfogat				
8 m ³ (megosztva 6-6 m ³)	15 m ³ (megosztva 12-12 m ³)	26 m ³ (megosztva 20-20 m ³)	36 m ³ (megosztva 28-28 m ³)	45 m ³ (megosztva 35-35 m ³)

6. táblázat Ültetögödör mérete

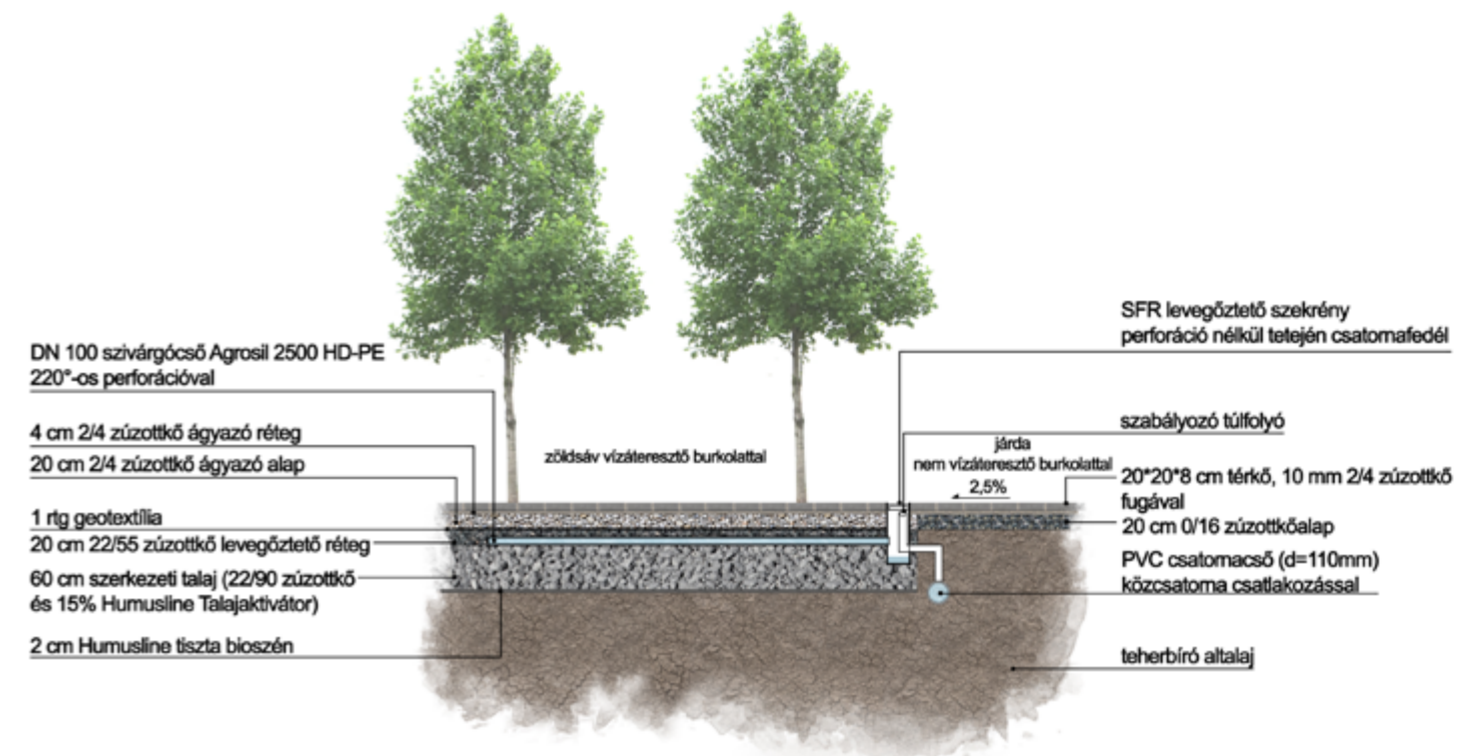
Zárt, vagy csak részben nyitott faverem esetén – ha a felszín burkolt – szükség van levegőztető kialakítására, amelynek célja az elhasznált levegő és gázok cseréje friss levegővel, amely a fák számára fontos. Ezen keresztül a csapadékvíz bevezetését is meg lehet oldani.

Pontszerűen, egy-egy fa esetében is alkalmazhatjuk, azonban mind a növények, mind a csapadékvíz-gazdálkodás szempontjából előnyösebb, ha több fával, illetve többszintű növényzettel kerül kialakításra.



38. ábra SFR pontszerű alkalmazása

A rendszerben kialakíthatunk esőkerteket, önálló fahelyeket és nyitott zöldfelületű növényágyásokat. A burkolat lehet zárt vagy vízáteresztő. A vízbevezetés lehet pontszerű vagy központosított, földalatti elosztó csövekkel. Az SFR elhelyezését igazítani lehet a helyszín adottságaihoz, a közművekhez – szükség szerint sekélyebb vagy mélyebb kialakítással parkoló, járda vagy úttest alá helyezésével.



39. ábra Vízbevezetés SFR fasornak kialakított árokba

A kivitelezés folyamata hasonló, mint útépitések esetén, kibővítve a növények helyének kialakításával.

A meglévő fák „stockholmosítása” során megtervezzük a növény igényei és csapadékhozamok alapján megállapított legnagyobb vermet. A felszíni csapadékgyűjtés- és bevezetést ebben az esetben is tervezni, illetve méretezni kell. A burkolat felbontását követően a verem távoli részéből haladunk a fa felé a talaj eltávolításával. A fa gyökereit mindenképp el kell érni, hogy az SFR szerkezeti talaj közvetlen kapcsolatba kerüljön a gyökerekkel. Eközben a fa statikai védőzónáját el kell kerülni. Először a fa egyik oldalát tárjuk fel és töltjük fel a szerkezeti talajjal, majd a másik oldalát. Ezzel biztosítjuk a fa megfelelő statikai terhelését. Ezt követően megtörténik a felszíni vízáteresztő vagy vízzáró burkolat elhelyezése.

Fenntartás

A rendszer fenntartási igénye alacsony. Évente el kell végezni a levegőztető-vízelosztó kutak és a földalatti dréncsövek megtisztítását a darabos szeméttől és portól, valamint üledéktől. Az utcában élő lakosok és üzletek bevonása fontos, amely az edukáción túl a működést és a fenntartást is hatékonyabbá teszi. Példaként ezzel elkerülhető, hogy a levegőztető kutakba kerüljön a vegyszeres felmosóvíz. A fenntartás másik része a növényekhez kapcsolódó szokásos fenntartási munkák. Ahogyan más módszerek esetében, itt is szükséges a kiegészítő öntözés a növények begyökeresedéséig, ezt lehetőség szerint ivóvízkímélő módon javasolt megvalósítani (pl. összegyűjtött csapadékvízzel történő öntözéssel). Jellemzően az első évet követően azonban nem szükséges öntözni a rendszert.

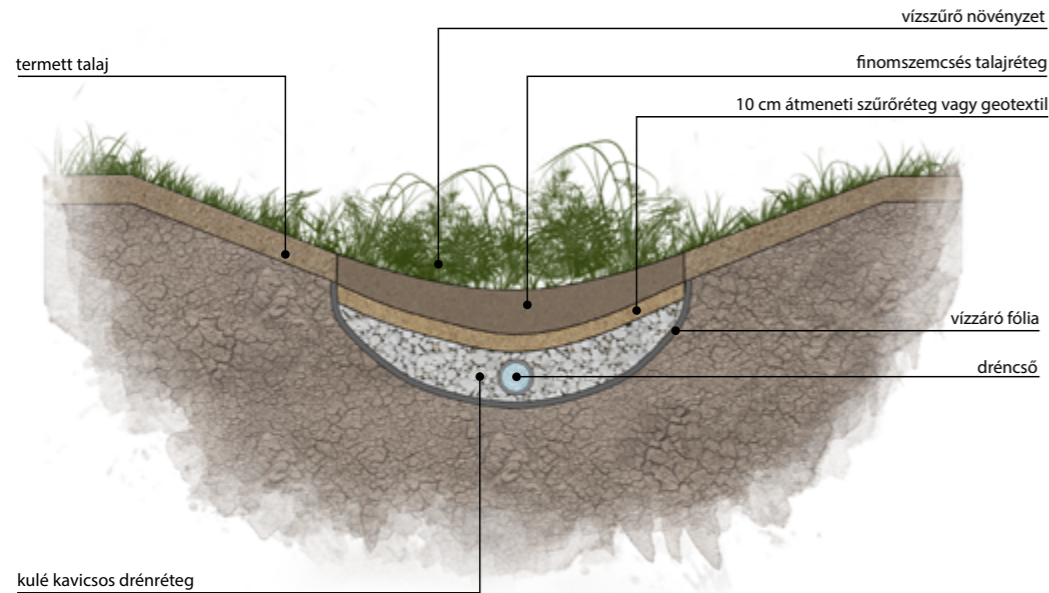
Szűrőárok



48. fotó Szűrőárok túlfolyóval, USA

	Funkcionális érték	●
	Ökológiai érték	●
	Esztétikai érték	●
	Építési költség	⬇️
	Fenntartási költség	⬇️
+	Előny	Nagy tisztítóképeség
-	Hátrány	Hatékonyága fenntartás és növényválasztás függő.
Funkciók		

A szűrőárok az esőkerthez hasonlóan beültetett süllyesztett terület, ám fő funkciója a víztisztítás. A kettő közötti szerkezeti különbség a talajréteg felépítése és a vízszigetelt fenék. Az enyhén szennyezett csapadékvizet először az árokba ültetett növényzet gyökere és egy finom szemcsés talajréteg szűri meg. Ezután a víz egy átmeneti rétegbe kerül, amely megakadályozza a homokos termőréteg bemosódását a drénbe. A szűrt víz végül egy kavicsos drénrétegbe jut, ahonnan dréncső vezet el egy szikkasztó- vagy tározóelembbe, vagy végső esetben a csatornába. A gyökérszűrés tisztítóhoz hasonlóan a szűrőárkot általában vízzáró fólia választja el az altalajtól, ezért szikkasztásra nem alkalmas. Az árok rézsűs oldalfala a szikkasztóárokhoz hasonló, gyepes kialakítású is lehet, így növelhető a kapacitása.



40. ábra
Szűrőárok
keresztmetszet

Tervezés és kivitelezés

A beültetett tisztítózóna mélysége maximum 30 cm, termőrétege 20-30 cm vastag. Ezalatt 10 cm vastag, kisebb szemű átmeneti kavicsréteg vagy egy réteg geotextília, majd a kapacitástól függően méretezett drénréteg következik. A rézsűfelület maximum 1:2 meredekségű. Alkalmazása a vízzáró réteg miatt független a meglévő talaj minőségétől, akár szennyezett talaj esetén is alkalmazható. Az eliszapolódás megakadályozásához fontos, hogy az erózió minimális legyen az árok környezetében. Fontos a csapadék bejutási pontjainak megfelelő kialakítása (a beömlési pontnál a víz útjának burkolása, illetve szükség esetén a lefolyás lassítása kőszórással). A növényzet beálltáig a rézsűfelület kókuszrosttal stabilizálható.

Fenntartás

A kontrollakna rendszeres tisztítást, a növényzet pedig karbantartást igényel. Az árok feneke az évek során eliszapolódhat és csökkenhet a tisztító kapacitás, ilyen esetben a felső talajréteget fel kell újítani.



49. fotó Alacsony forgalmú autótút csapadékvíz tisztító szűrőárok, Egyesült Államok

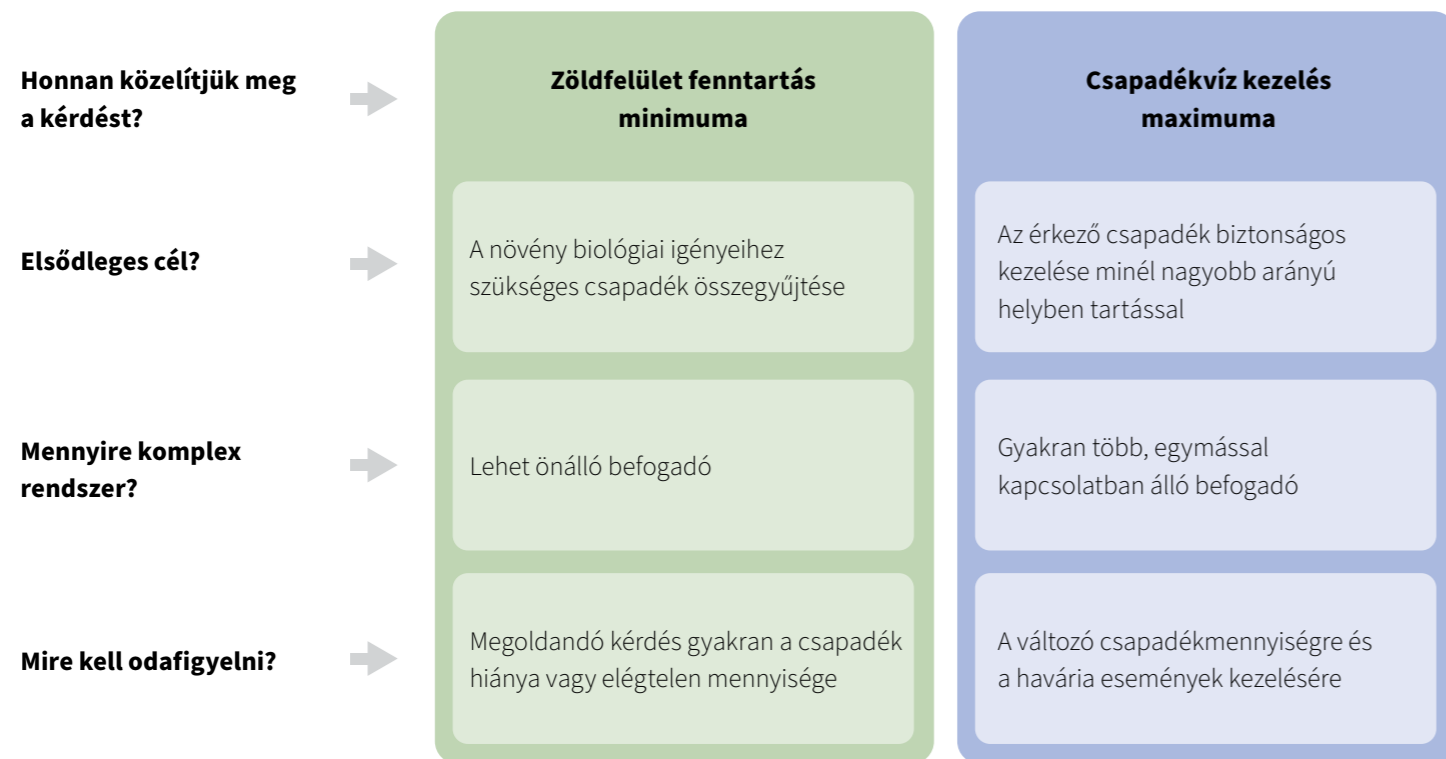
8. Méretezési elvek

8.1. Bevezető a méretezésről

A méretezés folyamata, a méretezés alapjai

A szivacs város koncepció nem egyszerűen a csapadékvíz-gazdálkodási eszközök méretezését teszi szükségessé, hanem olyan rendszer szintű gondolkodást igényel, amely a rendszert érő terhelések és azok dinamikájának, valamint az egyes elemek tározási és elvezetési képességének összehangolására és egyensúlyának megteremtésére törekszik. A szivacs város koncepció fő eleme a vizek helybentartási lehetőségének biztosítása a talajba történő bevezetéssel vagy egyéb tározási módszerek alkalmazásával. Ennek következtében a méretezés során meg kell teremteni a kapcsolatot a terhelések (csapadékból keletkező lefolyás) változékonysága és a felhasználás relatív folytonossága között, tekintettel a helyi adottságokra és alkalmazandó eszközökre. A méretezésnek előntéssel veszélyeztetett területeken ki kell térni a méretezési biztonságra, azaz környezetünk előntésvédelmének biztosítására is.

A csapadékvíz helyben tartása, tározása, és ennek következtében történő hasznosulása számos környezeti előnnyel jár az adott területen, mivel a víz – mint az élet egyik alapfeltétele – jelenléte javítja az adott terület ökoszisztéma szolgáltatásait. A szivacs város technológiák ezért nem csak csapadékvíz-gazdálkodást szolgáló eszközök, hanem olyan megoldások, amelyek a csapadékvíz-gazdálkodás eszközeivel segítik, javíthatják a terület ökoszisztéma szolgáltatásait. A méretezési elveket, illetve a méretezési módszereket ennek megfelelően a hidrológiai folyamatok és az ökoszisztéma vízigényének együttes ismerete alapján kell megválasztani.



A méretezés folyamatát, módszerét az adott feladat és helyszín jellemzői alapján lehet meghatározni.

Összességében a méretezést az adott feladathoz, területhez igazítottan kell elvégezni. A méretezés során olyan komplex vizsgálatot és számításokat kell elvégezni, amely nem csak a rendszer egy pillanatnyi állapotát, vagy a rendszeren belül egy eszköz lokális hatását vizsgálja, hanem térben és időben kell az egyes összefüggéseket, hatásokat, üzemi állapotokat vizsgálni és ez alapján kiválasztani a leghatékonyabb megoldást. A méretezési folyamat során kapott egyes eredményekből lehet a legkedvezőbb kialakítást, az egyes elemek méretét meghatározni. A méretezés gyakran egy iterációs folyamat, amely során kezdeti alapértékekből kiindulva a tervezett beavatkozás, fejlesztés hatásait kielemezve újra méretezve, vagy több változat összehasonlításával lehet a leghatékonyabb megoldáshoz eljutni.



41. ábra
A méretezés általános szerepe a tervezésben

Bár a Szivacs város eszközei a csapadék és az abból keletkező lefolyás helyben tartását és hasznosítását vagy hasznosulását célozzák, nem minden esetben függetleníthetők a már meglévő csapadékvíz elvezető rendszertől (csapadék csatornától és műtárgyaitól). Új beépítendő területen is gyakran vízelvezető rendszerelemek teremtik meg a kapcsolatot a vízgyűjtő és a tározó eszköz vagy több tározó között ennek következtében is a rendszer méretezésének minden rendszerrelemre, így az elvezető és tározó elemekre is ki kell terjednie. Tekintve, hogy a csapadékvíz elvezető csatornák és egyéb műszaki megoldások méretezése a vízmérnöki tervezési gyakorlat szerves és módszertanilag kiforrott része, a továbbiakban a szivacs város koncepcióhoz tartozóan a csapadékvíz tározására szolgáló megoldások méretezését ismertetjük.

Hidrológiai alapismeretek, tervezési alapismeretek

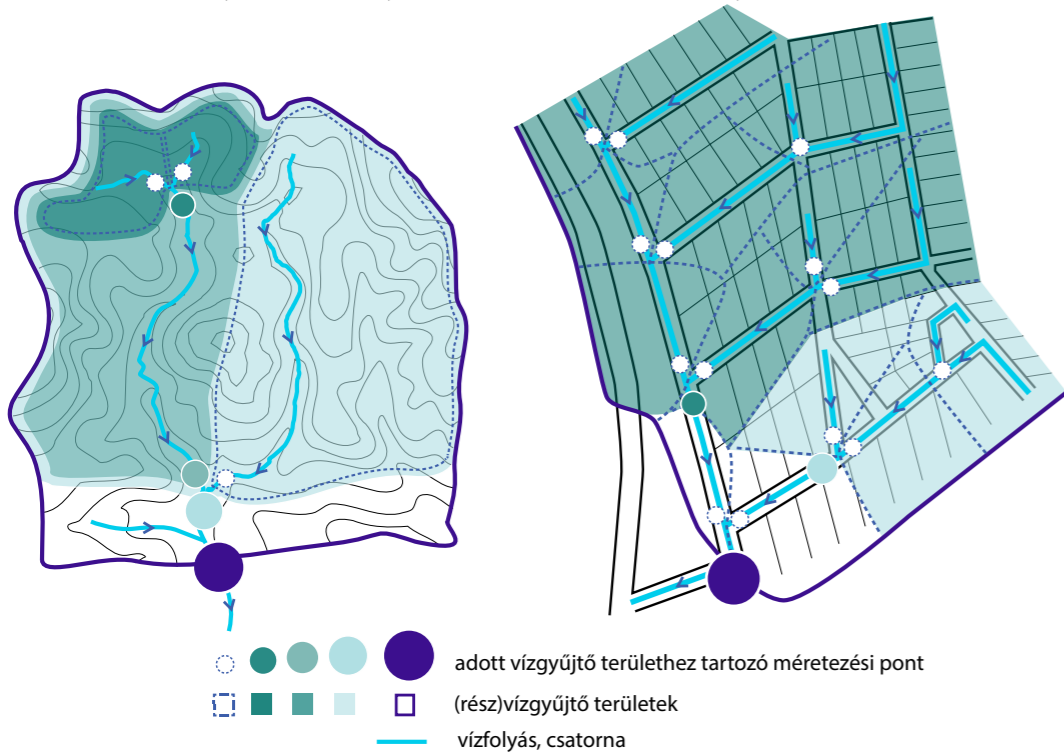
A következőkben a csapadékvíz-gazdálkodási eszközök tervezése kapcsán felmerülő fontosabb fogalmak magyarázatát adjuk meg. A listában megjelennek olyan szakkifejezések is, amik szűken véve a csapadékvíz tározását szolgáló megoldások tervezése során kevésbé relevánsak, de a csapadékvíz-gazdálkodás eszközeinek tervezésekor rendre felmerülnek. A fogalommagyarázat célja ezért nem csupán a méretezési fejezetekben leírtak értelmezésének elősegítése, hanem annak támogatása, hogy a Szivacsváros koncepciójába illeszkedő megoldások tervezésében és megvalósításában résztvevő, különböző szakmai háttérrel rendelkező érdekeltek közös nyelvet beszéljenek.

Vízgyűjtő terület

A vízgyűjtő terület a felszínnek az a lehatárolt része, ahonnan a ráhulló csapadékvíz egy, a lefolyási útvonalon kiválasztott ponton (víz-gazdálkodásban: szelvényen) átfolyik. Ez azt jelenti, hogy a vízgyűjtő terület mindig egy adott (méretezési) ponthoz kapcsolódóan lehatárolt terület. Vízgyűjtők egyrészt egymásra épülve fedik le a területet, másrészt egy nagyobb vízgyűjtőn belül részvízgyűjtő területek jelölhetők ki. A méretezéskor a vízgyűjtő területek és részvízgyűjtő területek lehatárolása részben az adott beavatkozási pont alapján, részben a terület domborzata vagy épített (művi) vízváltások által történhet meg.

Természetes környezet, vízfolyás

Városi környezet, utcahálózat

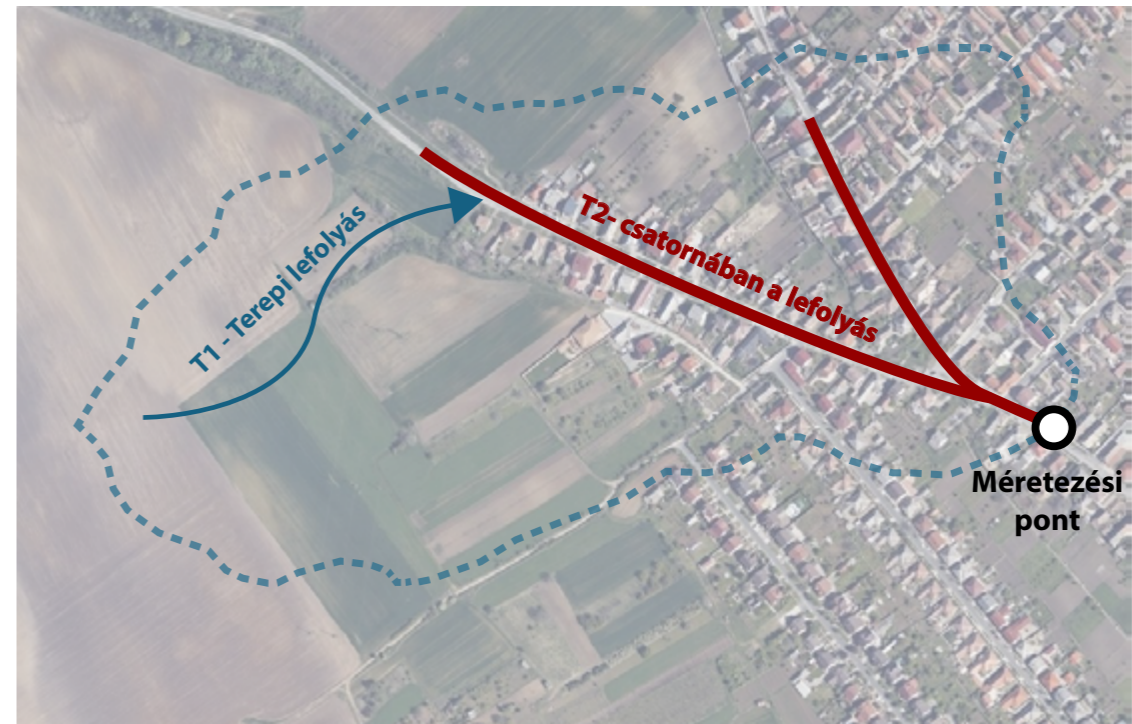


42. ábra
A rész és teljes vízgyűjtő lehatárolások bemutatása

Például, ha egy városi kisvízfolyás esetén a torkolattól haladunk felfelé, más és más vízgyűjtő területre jutunk, amik az alsóbb szelvényhez tartozó terület egy részét fedik le. Minden nagyobb vízgyűjtő terület felbontható kisebb részvízgyűjtő területekre is.

Összegyülekezési idő

Minden egyes vízgyűjtő területnek egy jellemzője az összegyülekezési idő. Az összegyülekezési idő az az időtartam, ami alatt a vízgyűjtő terület legtávolabbi részére hulló csapadékvíz is lejut a kérdéses pontig (szelvényig). Fontos, hogy ez az idő nem egyetlen érték, mivel a különböző intenzitású (hevedésű) és időtartamú csapadékokból keletkező felszíni lefolyási sebesség eltérő. Az összegyülekezési idő tehát ugyanazon vízgyűjtő terület esetében csapadékfüggő. Általános esetekben ettől függetlenül az összegyülekezési időt egyszerűsítve számolva és adott vízgyűjtő területre egy értéként szokták megadni. Az egyként számolt összegyülekezési idő két fő részből áll: a terepi lefolyás (T₁), amikor a csapadék a terepen gyűlik össze és éri el az elvezető csatornát, árkot, illetve a csatornában történő lefolyás (T₂).

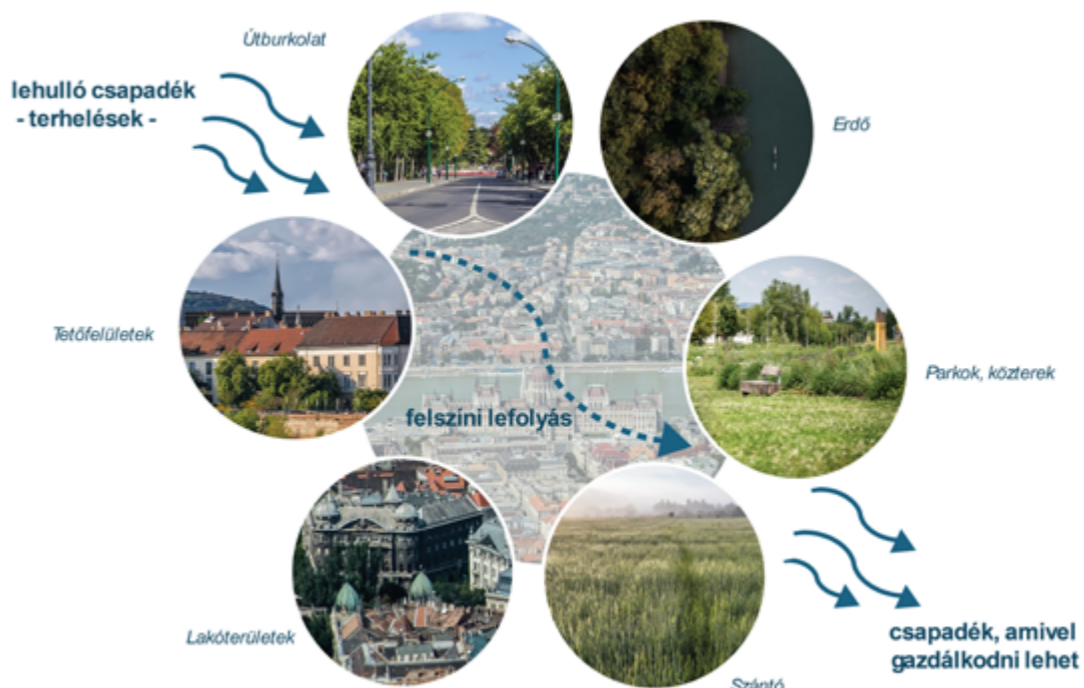


43. ábra
Az összegyülekezési időhöz tartozó lefolyási vonal a vízgyűjtőn

Lefolyási tényező

A vízgyűjtő terület másik jellemzője a lefolyási tényezője. Ez egy 0-1 közé eső arányszám, ami azt mutatja, hogy a lehulló csapadéknak mekkora hányada folyik le a felszínen. Értéke nem éri el az 1-et, mivel mindig van felszíni visszatartás, tározódás. Ez magában foglalja egyrészt a mikro- és makromélységekben történő (ún. depressziós) tározódást, másrészt a növényzet által visszatartott vizet (intercepció), valamint a lefolyási út során a talajba beszivárgott víz mennyiségét. A lefolyási tényező sem állandó értékű, mert nem független a mindenkori csapadék intenzitásától és időtartamától. A lefolyási tényezőt a vízgyűjtő aktuális állapota, például a növényzet levélfelületének nagysága, a talaj nedvességtartalma, telítettsége és egyéb tényezők (pl. területhasználati változások a vízgyűjtőn) is befolyásolják.

A másik fontos szempont a lefolyási tényező esetében, hogy egy adott vízgyűjtő terület sem felszínborítottság szempontjából sem a talajtani és lejtéviszonyok tekintetében nem tekinthető homogénnek. Ez azt jelenti, hogy az adott vízgyűjtő területen különböző felszínborítás típusok (mint pl. különböző burkolattípusok, gyepek, cserjés terület, fás terület), feltalajok (pl. homokos, löszös, agyagos vagy építési törmelék, illetve ezek keverékei) és terepesések jellemzők, melyekhez más-más lefolyási tényező tartozik. Ebben az esetben a vízgyűjtő terület átlagos lefolyási tényezője a részterületekkel súlyozott lefolyási tényezők alapján határozható meg.



44. ábra
A lefolyási tényező változatossága egy vízgyűjtő területen

Csapadékintenzitás, csapadékmagasság (összeg), gyakoriság, visszatérési idő

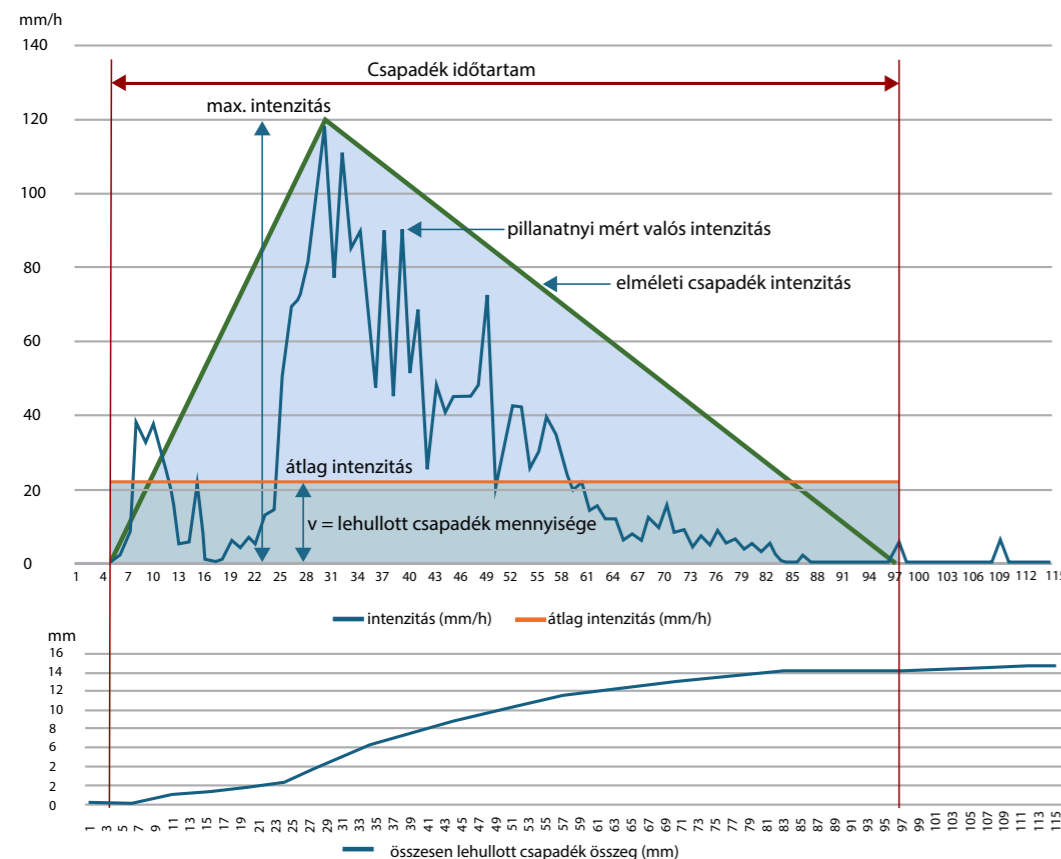
A csapadékintenzitás egy olyan mérőszám, amely megmutatja, hogy adott pillanatban mekkora az egységnyi idő alatt egységnyi felületre hulló csapadék térfogata. Értékét mm/h vagy l/s/ha mértékegységben szokás megadni.

A csapadékintenzitás értéke a csapadékeseményt jól jellemző adat, ami a méretezés egyik alapadatának is tekinthető. A csapadékintenzitás érték megadása nagymértékben függ annak mérési helyétől és a mérés technológiájától, pontosságától. Elméletileg a csapadékesemény időtartama alatt folyamatosan változhat a pillanatnyi csapadékintenzitás értéke, illetve a csapadékeseménnyel határolt területen belül sem egységes a csapadék intenzitása. Ennek következtében a jellemző és meghatározó csapadékintenzitási értékeket egy adott területre vonatkozóan csak a meglévő mérőállomások értékeinek felhasználásával és bizonyos közelítéssel, valamint a rendelkezésre álló idősorok elemzésével lehet megadni.

Általánosságban egy adott időtartamú, adott gyakoriságú, visszatérési időhöz tartozó átlag csapadékintenzitási adatok használata elégséges a méretezéshez, viszont amennyiben ennél részletesebb vizsgálatra van szükség (pl. modellezéskor), akkor az adatok részletesebb - pl. a csapadékeseménynek az esemény alatti - változását is figyelembe kell venni.

Magyarország területére vonatkozóan 96 mérőállomás csapadékintenzitás adatai a <https://www.met.hu/eghajlat/csapadekintenzitas/> honlapon érhetők el.

A csapadékösszeg adat, a csapadékintenzitással ellentétben nem egy pillanatnyi állapotot jellemez, hanem egy adott időszak alkalmával összesen lehullott csapadékmennyiséget határoz meg mm-ben. Az adott időszak lehet egy csapadékesemény időtartama, illetve lehet több csapadékeseményt is tartalmazó összegzett napi, heti, havi vagy éves mennyiség is. Az vizsgált időszakon belül lehullott csapadékösszeget, azaz a csapadékmagasságot (mm) megszorozva a vizsgált terület (jellemzően a vízgyűjtő) kiterjedésével megkapjuk, hogy mekkora térfogatú, azaz összesen hány liter vagy m3 csapadék hullott az adott területen és időszakon belül. A szivacsváros, illetve tározás esetében ennek az értéknek gyakran nagyobb jelentősége van, mint a csapadékintenzitás értéknek, mivel az így számolt csapadékmennyiség az, amivel gazdálkodni lehet, amit el lehet, vagy el kell tározni.



45. ábra
Csapadékesemények időben változó csapadékintenzitási görbéje

Mértékadó csapadék és mértékadó vízhozam

A vízelvezető elemek szempontjából a mértékadó terhelés az a legnagyobb vízhozam (l/s, m3/s, stb.), amire az adott vízelvezetési elemet méretezni kell, azaz amit az adott elvezető elemnek (csőnek/árokknak) kiöntés nélkül el kell tudnia vezetnie. (Ez nem jelenti azt, hogy az adott területen ennél nagyobb csapadékesemény nem érkezhetsen!)

A mértékadó csapadék mindig valamilyen valószínűséghez, előfordulási gyakorisághoz tartozóan kerül meghatározásra. Ha az előfordulási gyakoriságot sűrű, azaz pl. minden évben előforduló csapadékeseményhez kötjük, akkor kisebb lesz az elvezetendő terhelés. Ha ritkább eseményhez kötjük a mértékadó állapotot, pl. átlagosan csak 20 vagy 50 évente előforduló eseményhez, akkor a mértékadó állapot nagyobb terhelést és a vízelvezető elem tervezett kapacitása nagyobb biztonságot fog jelenteni.

A mértékadó csapadék meghatározásakor az a vízhozam maximum kerül meghatározásra, ami egy adott előforduláshoz, gyakorisághoz tartozik, ami az adott biztonsági követelményhez tartozó vízhozam csúcstérteke.

Az adott gyakorisághoz tartozó mértékadó terhelés meghatározásához ismerni kell a vízgyűjtő nagyságát és jellemzőit. A csapadékot az intenzitása jellemzi (mm/h, vagy l/s,ha). A lehulló csapadékból a terhelés a vízgyűjtő terület felszínén lefolyó hányadából keletkezik. Összességében tehát össze kell szorozni a lefolyási tényezőt, a vízgyűjtő terület nagyságát és a csapadékintenzitást, aminek az eredménye lesz a mértékadó vízhozam. Ahhoz, hogy adott vízgyűjtő területen a mértékadó csapadék terhelést kapjunk, a mértékadó csapadékintenzitást kell meghatározni és a szorzatba behelyezni.

(Q_m) - A mértékadó vízhozam meghatározása

$$Q_m = i_p \times K \times \alpha \times A$$

ahol

i_p	mértékadó csapadékintenzitás (mm/h, l/s,ha),
K	klíma biztonsági szorzó,
α	lefolyási tényező,
A	vízgyűjtő terület nagysága (ha).

Az adott vízgyűjtő területhez tartozó mértékadó csapadékintenzitást a sok évtizeden át a meteorológiai állomásokon mért csapadékesemények idősorainak statisztikai kiértékelések alapján lehet meghatározni. A csapadékesemények intenzitás értékeinek a kiértékelésekor két tényező került meghatározásra: egyrészt az előfordulás gyakorisága, másrészt az adott csapadékesemény időtartama. A hosszú idősorok elemzésével megállapítható, hogy:

- A csapadék intenzitása összefügg a csapadék időtartamával és minél rövidebb a csapadék időtartama, annál nagyobb az átlagintenzitása.
- Az a csapadékesemény okozza a legnagyobb terhelést, amely pontosan addig tart, amíg a lehullott csapadék az adott vízgyűjtő legtávolabbi pontjáról is eléri a méretezési pontot, azaz az összegyülekezési idő megegyezik a csapadék időtartamával.

Összefoglalóan, a mértékadó csapadékot a következő lépések mentén határozhatjuk meg:

1. A csapadékgyakoriság megválasztása.
2. A vízgyűjtő terület lehatárolása.
3. A lefolyási tényező meghatározása.
4. Az összegyülekezési idő meghatározása, amivel megegyező lesz a mértékadó csapadék időtartama.
5. A csapadékintenzitás leolvasása vagy kiszámítása a csapadékmaximum függvényekből (OMSZ adatszolgáltatás, <https://www.met.hu/eghajlat/csapadekintenzitas/>)
6. Az elvezetendő mértékadó vízhozam kiszámítása

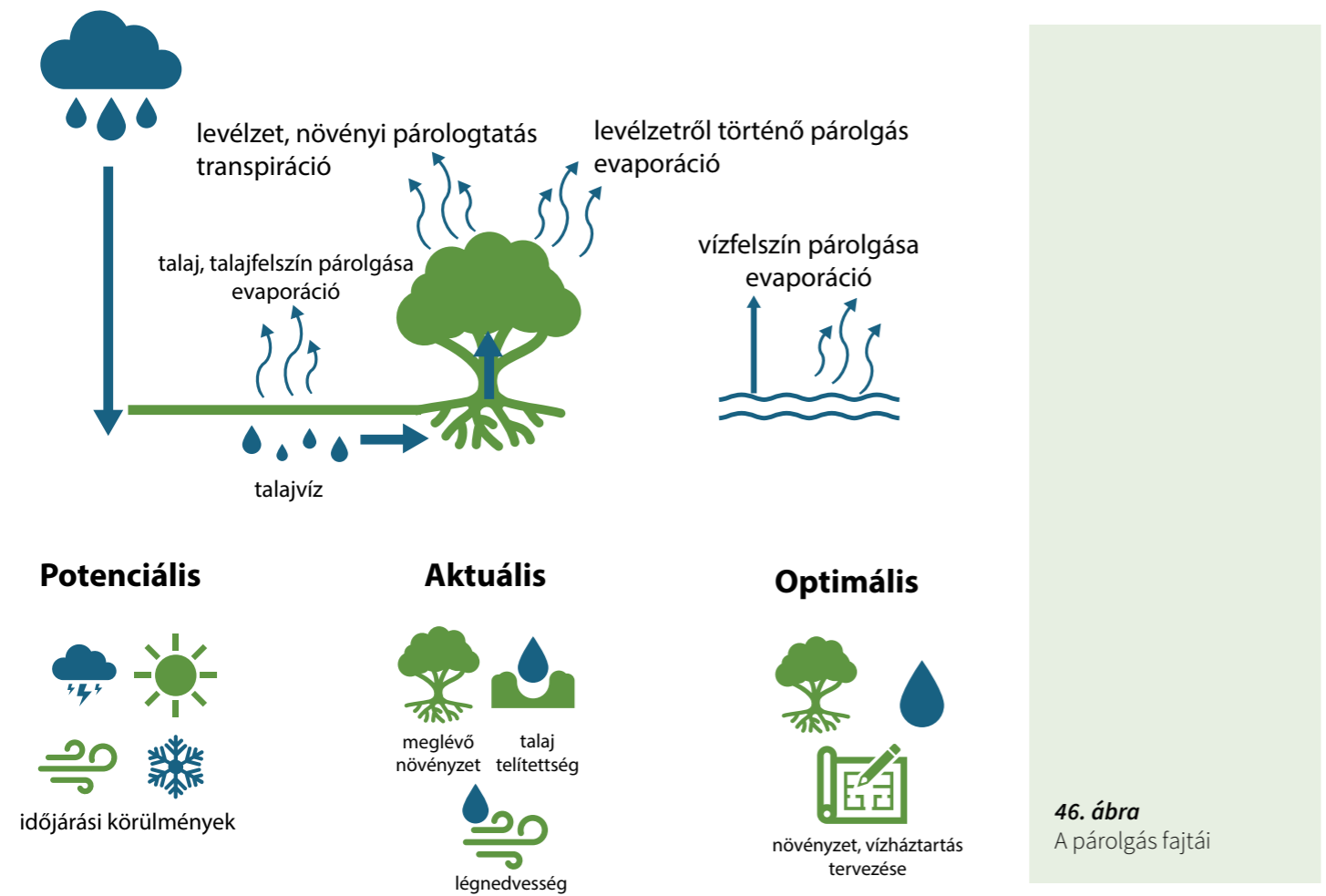
Felhívjuk a figyelmet, hogy a mértékadó csapadék és mértékadó vízhozam fogalmak a vízelvezető elemeknél bírnak valós jelentéssel, a csapadék tározását célzó megoldásoknál/rendszerelemeknél nem értelmezhetők (magyarázatért lásd az 8.2.1 fejezetet!)

Párolgás, párologtatás (evapotranszpiráció)

A hidrológiai folyamatok, a hidrológiai körforgás egyik meghatározó eleme a párolgás. A párolgás alapvetően a területről történő vízelvonásnak, másrészt – a Szivacsváros keretrendszerben egyértelműen – a víz hasznosulásának tekinthető.

Alapvetően kétfajta párolgás különböztethető meg. Egyik a **fizikai párolgás (evaporáció)** amikor a víz nyílt vízfelületről, levelekről, burkolt felületekről vagy a talaj felső rétegéből közvetlenül párolog. A másik, amikor a **növények révén történik párologtatás (transzspiráció)**, azaz, amikor a növények a gyökereiken keresztül felszívott vizet párologtatják el a levélzeten keresztül. A két párolgás együttesen az **evapotranszpiráció**, ami tekinthető egy adott termőhelyi (ökológiai) egység vízfogyasztásaként is.

Megkülönböztetjük a potenciális (PET) és a tényleges (aktuális) evapotranszpirációt. Előbbi a víz oldalról nem korlátozott élőhelyről/területről elpárolgó víz mennyisége (vagyis, amikor elegendő víz áll rendelkezésre ahhoz, hogy a légkör párafelvevő képességének és a párolgást meghajtó (nap)energiának megfelelő mennyiségű víz párologjon el). Potenciális párolgás (PET) adatok a HungaroMET honlapján megtalálhatóak¹. A potenciális párolgás nagyban függ az időjárástól, a hőmérséklettől, a levegő páratartalmától, a szélről és egyéb tényezőktől, ezért értéke egyrészt egy adott helyen időben folyamatosan változik, másrészt – a meteorológiai változók területi különbségei miatt – jelentős eltéréseket mutat az országon belül. A tényleges evapotranszpiráció pedig az a vízmennyiség, ami az aktuális vízellátottság függvényében ténylegesen elpárolog a területen.



46. ábra
A párolgás fajtái

A vegetációs időszakban például az alábbi metódus használható egy fa napi optimális vízfogyasztásának a meghatározásához.

$$\text{fa napi vízfogyasztása} = \text{korona vetület} \times \text{levélfelületi index} \times \text{potenciális párolgás} \times \text{párolgási tényező}$$

ahol:

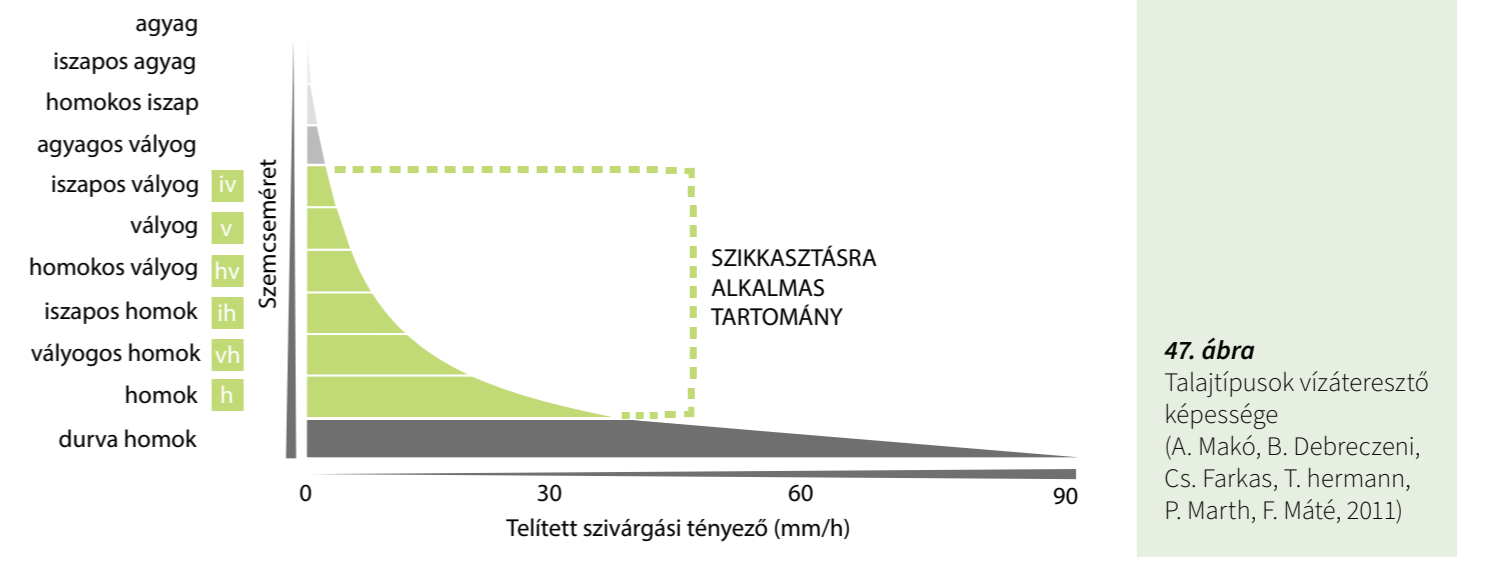
- korona vetület: változó, fajra, fajtára jellemző érték
- levélfelületi index 1-10 között, oszlopos habitusnál 5-6, többszintű növényzetnél 5
- potenciális párolgás: napi PET adatok
- a párolgási tényező: optimális körülmények esetén 0,3

A fa vízfogyasztási igénye, illetve számítása a vízmérlegben a párologtatás (transzspiráció) révén a vegetációs időszakban lehetséges. Ezért szorosan kötődik az egyes fafajok lombtartási képességéhez (ld. klímafák, Dr. Szabó Krisztina kutatásai alapján egyes fajok jellemző értékei).

Talajok víztároló és vízáteresztő képessége

A víz talajban történő tározhatósága alapvetően függ a talaj szerkezetétől és vízáteresztő képességétől. A talajok porózus közegek, a talajszemcsék közötti hézagokat (pórusokat) víz és/vagy levegő tölti ki. Utóbbi a víz a talajok víztelítődése esetén teljesen kiszoríthatja. A pórusok teszik lehetővé a víz szivárgását. Mind a víz talajban történő tározódása, mind a szivárgása nagy jelentőséggel bír egy adott terület vízháztartása vagy csapadékvíz-gazdálkodása szempontjából. A talaj víztároló és szivárogtató képessége határozza meg, hogy miként és milyen mértékben tud bekapcsolódni a Szivacsváros rendszerbe.

Általában azt, hogy a talaj képes továbbítani a pórusokban lévő vizet, a talaj vízáteresztő képességének hívjuk, és ennek számszerűsítésére a vízáteresztő képességi együtthatót (vagy más néven szivárgási tényezőt, hidraulikus vezetőképességet) használjuk. Jele (k), mértékegysége a gyakorlatban jellemzően m/s, cm/s vagy m/nap. Értéke a talaj szerkezetétől, a szemcsék méretétől, eloszlásától és alakjától függően rendkívül széles tartományban mozog. A 48. ábrán különböző fizikai talajféleségekre tájékoztató jelleggel láthatók a vízáteresztő képességi együttható jellemző értékei, de hangsúlyozzuk, hogy egy-egy azonos talajtípus esetében a (k) értéke gyakran kettő, nem ritkán három-négy nagyságrendi tartománnyal is jellemezhető.



47. ábra
Talajtípusok vízáteresztő képessége
(A. Makó, B. Debreczeni, Cs. Farkas, T. Hermann, P. Marth, F. Máté, 2011)

Mivel a szivárgás sebessége arányos a (k) értékével, akár egy terület vízháztartásának meghatározása, akár egy szikkasztó létesítmény/megoldás méretezése a feladat, elengedhetetlen a vízáteresztő képességi együttható pontos ismerete. Annak ellenére, hogy a talaj szemeloszlásából következtetni lehet a (k) értékére, e becslésnek nagy a bizonytalansága, ezért abban az esetben, ha a szikkasztás a méretezés része, a tervezési területen szikkasztási próbá(k)t kell végezni a vízáteresztő képességi együttható meghatározásához.

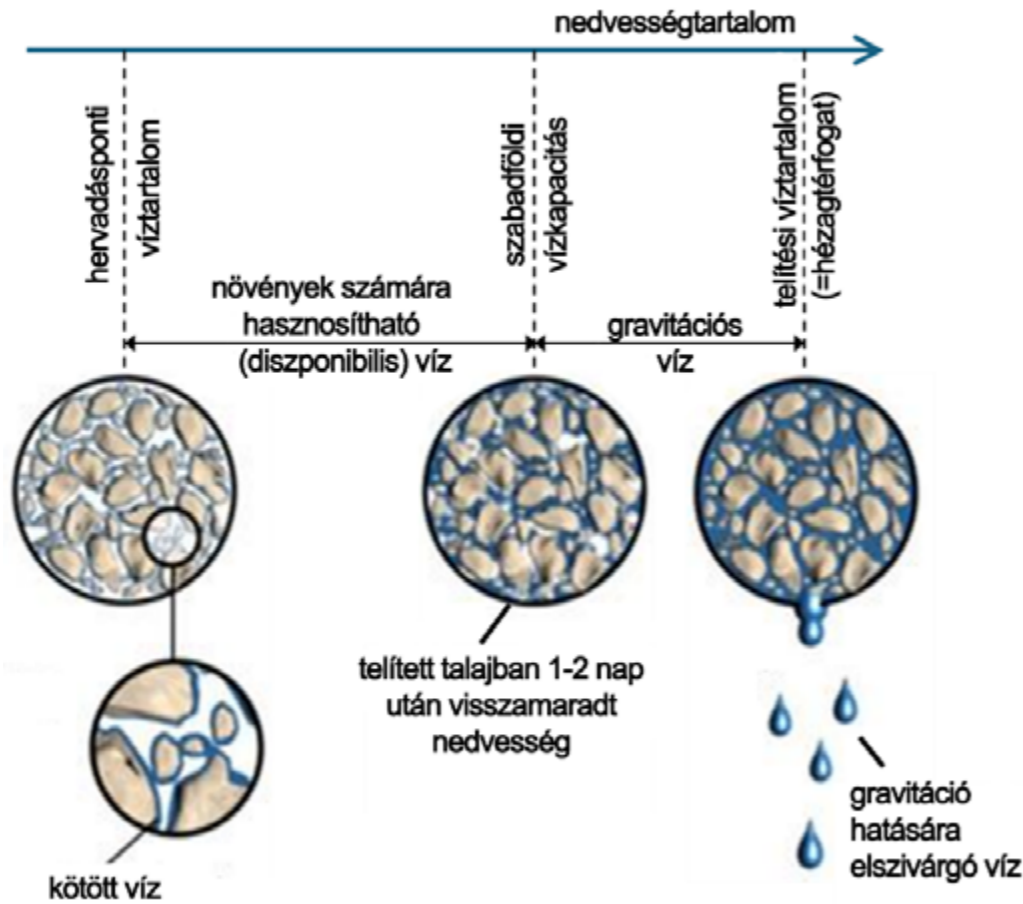
A talajok maximális víztároló képessége (víztelített talaj) a hézagterfogat (porozitással) jellemezhető. A hézagterfogat megadja, hogy egységnyi térfogatú talajban mekkora a pórusok térfogataránya. Mértékegysége m³/m³ vagy cm³/cm³. Értéke talajtípustól függően jellemzően 0,3 – 0,6 között változik, és a kisebb szemcséjű, kötöttebb talajoknál magasabb ez az érték. A porozitás azonban csak elvi tárolóképességet jelent. A tényleges kapacitás nagyban függ a talaj aktuális nedvességtartalmától. Meghatározó jelentőségű az is, hogy

¹ <https://odp.met.hu/>

² Forrás: Lindsey&Bassuk alapján Levande stadrum v3.1

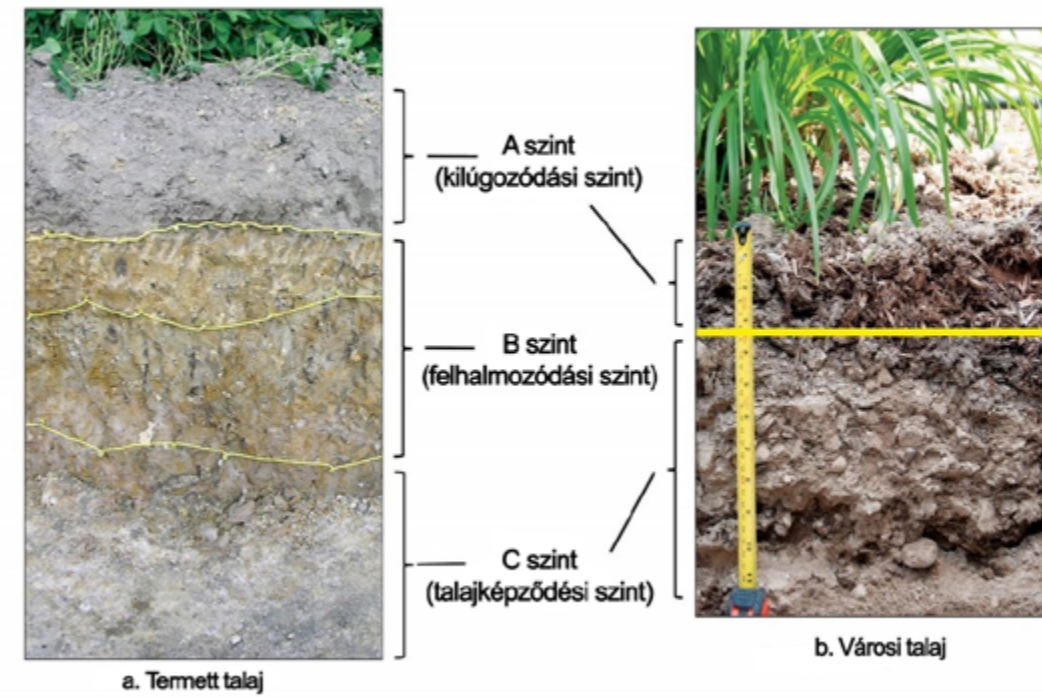
amíg a durva szemcséjű talajokban (homok, kavics) tárolt víz szinte maradéktalanul kivonható (pl. elpárologtatható vagy elszívogtatható) a talajból, addig kötött talajoknál az elzárt pórusokban mindig marad víz, ami a lehulló csapadék vagy a betározandó lefolyás szempontjából hasznosíthatatlan térfogatot jelent.

A hézagterefogat mellett a szivacsváros elemek működése és tervezése szempontjából kiemelt jelentőséggel bír a szabadföldi vízkapacitáshoz és hervadásponthoz tartozó nedvességtartalom. Előbbi azt a víztartalmat jelenti, amit a talajban ébredő kapilláris és egyéb erők a gravitációval szemben képesek visszatartani vagy másképpen, amennyi nedvesség a beázott (víztelített) talajban 1-2 nap elteltével a talajban marad. A hervadásponthoz pedig az a talajnedvesség tartozik, ami mellett a növények már nem képesek vizet felvenni a talajból. A kettő közötti nedvességtartomány a növények számára hozzáférhető, felvehető, ún. hasznosítható vagy diszponibilis víz (48. ábra).



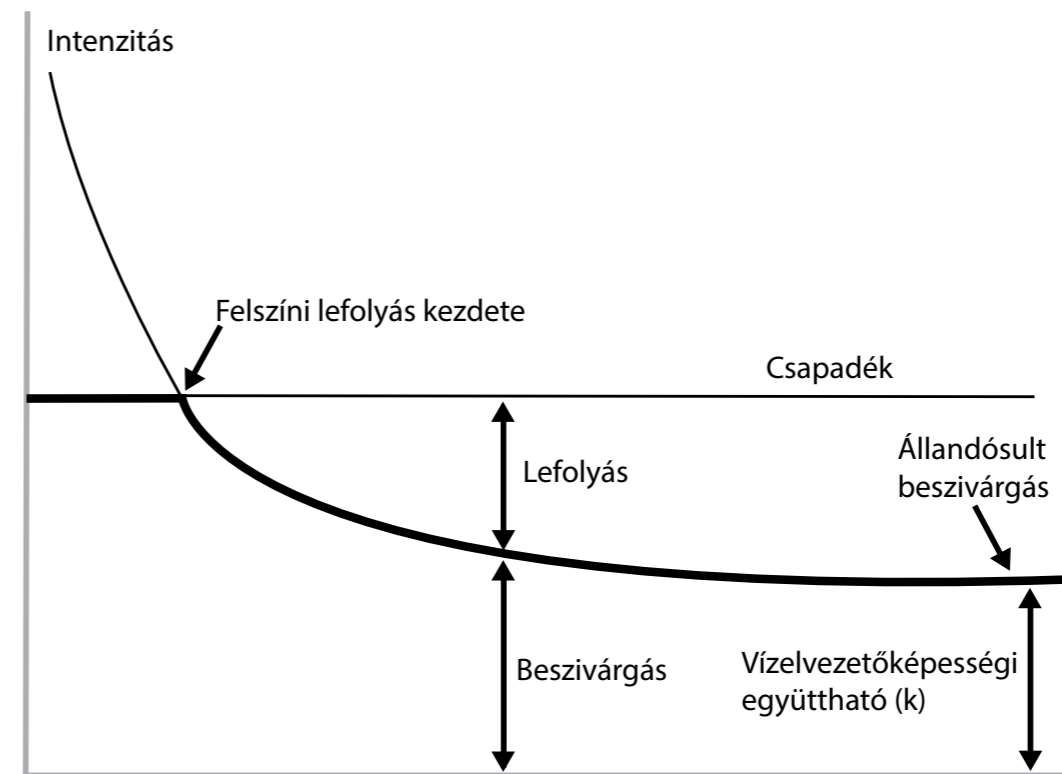
48. ábra
A talaj kitüntetett nedvességtartalmi értékei
forrás: Natsagdorj, Enkhjargal. Soil moisture analysis using remotely sensed data in the agricultural region of Mongolia. Diss. Ghent University, 2021

Mind a talajok vízáteresztő képességét, mind a víztartó képességét nagymértékben befolyásolják a települési környezetben jellemző antropogén hatások. A talajok tömörödése, a különböző tulajdonságú rétegek átkeveredése, hulladékok (műtermékek) jelenléte és a szervesanyag-tartalom számottevő csökkenése általában kedvezőtlen irányba módosítják mindkét talajjellemzőt. A városi környezetben ez annyira meghatározó, hogy a termett (normál, természetes állapotban lévő) talajokkal kapcsolatos általános ismeretek, ökolózszerűen megadott vízáteresztő képesség vagy hézagterefogat értékek gyakorlatilag érvényüket veszítik az erősen módosított talajok esetében. Ezen túlmenően a talajok térbeli változékonysága egészen szélsőséges képet mutathat a településeken. Egyik oldalról nagy területeket érintő beruházások/beépítések - kiváltképp, ha talajcserével járnak - szinte teljesen homogén talajszerkezetet eredményezhetnek mind horizontális, mind vertikális értelemben. Másik oldalról a lokális beavatkozások, idegen anyagok behordása/szétterítése mozaikossá, vertikálisan heterogénné alakíthatják a talajokat. Ezért van különösen nagy jelentősége a talajmechanikai vizsgálatoknak és helyszínen végzett szikkasztási próbáknak abban az esetben, ha talajt „szivacsként” tározásra, szikkasztásra akarjuk igénybe venni.



49. ábra
Termett talaj és városi talaj szerkezete közötti fő különbségek

Figyelembe kell venni továbbá, hogy a talajok hidrológiai szempontból eltérően viselkednek száraz és nedves állapotban. Aszályos időszakot követően a száraz talajok gyorsabban képesek ugyanazt a csapadékot elnyelni, mint egy csapadékos időszakban az átázott talajállapot esetén. Ez azzal magyarázható, hogy amíg a száraz talajra hulló csapadék egy (akár jelentős) része a vizet alig tartalmazó pórusok feltöltésére fordítódik (víznyelés jelensége), ami egy relatíve gyors jelenség, addig a nedves és főleg a víztelített talajokban nincs szabad térfogat a víz tárolására. Ezért az, hogy a csapadék be tud-e szivárogni, attól függ, hogy milyen sebességgel képes a talaj továbbítani a vizet (vízvezetés jelensége). Utóbbi akár nagyságrendekkel kisebb szivárgási sebességet is jelenthet. Egy általános csapadékeszívárgási görbét mutat az 51. ábra. Ezen jól látszik, hogy a csapadék kezdetekor a száraz talaj nagy sebességgel képes nyelni a vizet, majd ahogy nedvesedik a talaj, a beszívás sebessége úgy csökken, és a víznyelés fokozatosan vízelvezetésbe megy át. Végül beáll egy közel állandó értékre, ami megközelítőleg azonosnak vehető a talaj telített vízáteresztő képessége együtthatójával.



50. ábra
Beszívárgási görbe

A beszivárgás sebességének a talajnedvességtől való függése elsősorban a burkolatlan felületekre hulló csapadékból keletkező lefolyás számítása során érdekes, főként akkor, amikor a beszivárgási-lefolyási folyamatokat azok dinamikájában kell vizsgálni (pl. lefolyás modellel végzett folyamat alapú szimulációkkal). A talaj leürülésének és kiszáradásának számítására többféle módszer létezik a lefolyás modellekben. Szikkasztáson alapuló módszerek esetén ez a jelenség kevésbé releváns: egyrészt a szikkasztók alatt (legyen az akár esőkert, akár szikkasztó blokk) az altalaj csak kevés esetben szárad ki annyira, hogy a víznyelés jelensége érdemben befolyásolja a létesítmény vízforgalmát, másrészt a létesítmény tervezett térfogatát megközelítő volumenű lefolyás akkora víztömeget képvisel, amihez képest a víznyeléssel „eltüntetett” víz mennyisége elhanyagolható.

8.2. Tározás, tározási igény meghatározása

A tározási kapacitás méretezésének elvi alapjai

A szivacs város koncepció esetén kiemelt jelentősége van a tározó méretezésnek, a tározási térfogat meghatározásának. A méretezés során a tározás formája alatt nem csak a klasszikus felszíni, vagy felszín alatti épített tározó tereket kell érteni, hanem minden olyan épített és természetes tározókapacitást, ami alkalmas a lehullott csapadék rövidebb, hosszabb idejű megtartására és abból történő késleltetett felhasználására. A tározótér szerepe a mindenkori felszíni lefolyás és vízhasználat közötti egyenlőtlenések (többletek és hiányok) kiegyenlítése. A vizek tározásának és helyben tartásának következtében olyan többlet vizek állhatnak rendelkezésre, amelyek több célra is felhasználhatók (pl. párolgás fokozása, növényzet táplálása, talajvíz mennyiség növelése), ezzel javítva a környezet vízháztartását, vízgazdálkodását.

Ahhoz, hogy egy adott területen minél kedvezőbben és hatékonyabban legyen kialakítható a szivacs város koncepció, a tározóteret megfelelően méretezni kell.

A tározási kapacitás méretezése, illetve a betározandó víz hasznosíthatósága tekintetében két állapot lehetséges:

- **A tározó térfogatát a helyszíni adottságok** – úgy, mint a rendelkezésre álló terület, a vízgyűjtő terület paraméterei, a talajvíz helyzete és a talaj jellemzői, közművek – **határolják be**, azaz a környezeti feltételek határozzák meg a tározási kapacitást. Ekkor a méretezés egyrészt arra irányul, hogy a rendelkezésre álló térfogat milyen mértékben képes csökkenteni a nagycsapadékok hatását, illetve, hogy a betározott csapadék milyen hasznosításra ad lehetőséget. Ezen felül minden esetben meg kell határozni a túlfolyási kapacitást, amely elvezetését biztosítani kell.
- **A méretezés során kerül meghatározásra a tározó optimális térfogata** a tervezési feladat részeként. Ebben az esetben azt a térfogatot kell meghatározni, ami a rendelkezésre álló csapadék mennyiség és az ismert felhasználások tekintetében optimális. A méretezés során a térfogat változtatásával iterációval határozható meg a szükséges és elégséges tározó térfogat, az egyes méreteknél értékelve a megfelelőségi kritérium(ok) kielégíthetőségét. Mivel a tározótérfogat létesítésének a beruházási költsége arányos a térfogattal, a térfogat meghatározásakor azt kell választani, amely költséghatékonyság szempontjából a legkedvezőbb.

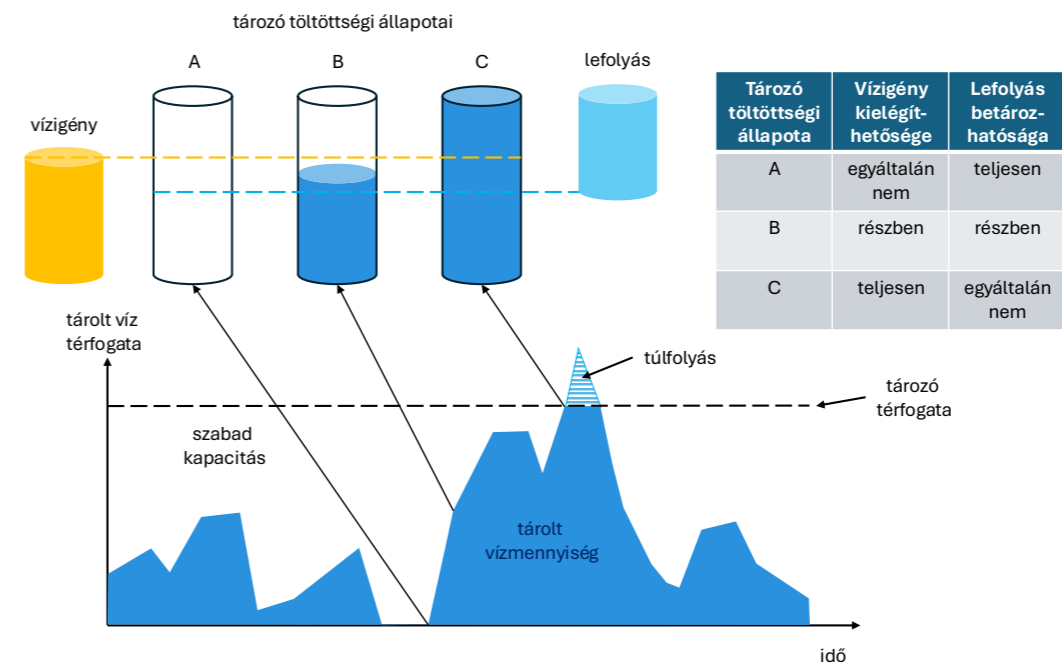
Azonban mindkét eset megegyezik abban, hogy a fő kérdés, hogy mire elegendő a rendelkezésre álló, tározóval visszatartott víz. Ezért minden esetben a vízigényből kell kiindulni és azt kell megvizsgálni, hogy az adott térfogattal ez milyen mértékben elégíthető ki.

A vízigény esetében az alábbiakra kell tekintettel lenni:

- Közvetlen felhasználás (pl. öntözés, takarítás, toalett öblítés) esetén meg kell adni, hogy hány napon át és az év milyen időszakában van igény a vízre, azaz mikor adható ki a mindenkori szükséges víz mennyisége?
- A talajnedvesség/talajvíz pótlásánál a vízháztartási egyenlet elemeit kell meghatározni, azaz a beszivárgó, elpárolgó és túlfolyó mennyiségeket (mm/év, vagy m³/év). A túlfolyás, ami egyébként a hasznosítható vízmennyiség szempontjából veszteség és a várható legnagyobb hozama (l/s) külön elemzést igényel.
- A lefolyás lassítására, a vízhozam terhelés maximumának, azaz az árhullámcsúcs csökkentésére alkalmazott tározónál pedig a tározóból maximálisan kifolyó vízhozam és annak időbeli eltolódása lesz a kritérium alapja, külön kimutatva, hogy ezek hány alkalommal és milyen értékben nem voltak betarthatók.

A fentiekre való tekintettel, megállapítható, hogy a tározótérfogat méretezése, meghatározása esetén nem lehet egyetlen „mértékadó” csapadék alapján a számításokat elvégezni! A tározó térfogata egy állandó, a tározóban tárolt vízmennyiség véges, legfeljebb tározótérfogatnyi. A befolyási oldalon ezzel szemben időben változó mennyiségű és gyakoriságú (visszatérési idejű) víz érkezik. Ezen túl tekintettel kell lenni arra is, hogy ha több víz érkezik, mint amennyi a tározó szabad térfogata, akkor a lefolyás valamely

hányada túlfolyik. Teljes telítettség esetén a teljes érkező csapadékmennyiséget el kell vezetni biztonsági okból. Hosszú csapadékmentes időszak esetén az is előfordulhat, hogy már nem elégíthető ki a tározóból a szükséges vízigény, bármekkora is legyen annak a térfogata, ilyenkor külső vízpótlásra lehet szükség (**51. ábra**).



51. ábra
A vízkiviteli igény kielégíthetősége és egy vízgyűjtőről érkező lefolyás betározhatósága a tározó különböző töltöttségi állapota mellett

Összességében tehát a méretezendő, vagy a környezeti adottságok miatt lehetséges méretű tározó megfelelőségének megítélését három változó egymásra hatása befolyásolja:

- a mindenkori befolyó vízhozam ($Q_{be}(t)$), a
- a mindenkori kivett vízhozam (hasznosítás, hasznosulás és elvezetett mennyiség) ($Q_{ki}(t)$)
- a tározóban mindenkor tárolt víz mennyisége ($V(t)$) és ennek időbeli megváltozása ($\Delta V(t)/\Delta t$).

Természetesen ez nem egy statikus állapot, az értékek időben változnak (a „t” jelöli az időfüggést). Megjegyzendő továbbá, hogy a befolyó vízhozam egyben egy valószínűségi változó is, azaz a csapadékesemény előfordulásának és a lehulló csapadék mennyiségének különböző előfordulási valószínűsége van, ami tovább bonyolítja a méretezést. A kiveendő vízmennyiség és annak időbeni ütemezése sem határozható meg minden esetben pontosan előre, mert például az öntözővíz igény vagy a párolgás függ a hőmérséklettől, ami időjárásfüggő valószínűségi tényező. Ezért sosem garantálható, hogy nem lesz túlfolyás, vagy nem kerül a tározó üres állapotba, amikor nem tud vizet kiszolgálni, azaz külső vízpótlásra van szükség. A méretezés célja összességben a bemenő adatok pontossága alapján az adott, megkívánt valószínűséghez, biztonsághoz tartozóan a legpontosabban meghatározni a szükséges kapacitásokat, méreteket. Vagyis, a tározó aktuális töltöttségi állapotának, az aktuálisan kivehető víz mennyiségének és a még betározható lefolyásnak a becsléséhez folyamatában vizsgálandó a tározó vízmérlege:

$$Q_{be} - Q_{ki} = \Delta V / \Delta t$$

A bevételi oldalt ($Q_{be}(t)$) a vízgyűjtő területről tározóba befolyó és a tározóba más rendszerelemből bevezetett víz hozama jelenti. Azoknál a megoldásoknál, ahol a befolyó víz (Q_{be}) közvetlenül (általában szivárgással) kerül a tározóba (pl. vízáteresztő burkolatok, zöldtetők), nem feltétlenül egyezik meg a vízgyűjtő területről lefolyó vízhozammal, ugyanis a lefolyásnak az a része, ami meghaladja a pillanatnyi beszivárgási kapacitást, tovább folyik.

A „kiadási” oldalon ($Q_{ki}(t)$) többfajta vízkivétel (vízhasználat) lehet, mint például növényzet táplálása, talajvíz dúsítás elszivárgással, párolgás, szabad vízfelszín tartás, valamint ide tartozik a kiegészítő víztelenítéssel (pl. drénnel) és/vagy a túlfolyón elvezetett víz mennyisége is. Ahogy a lefolyás a csapadék és vízgyűjtő terület aktuális állapotának függvényében alakul, a kiadás is az adott vízfelhasználás állapotának függvénye.

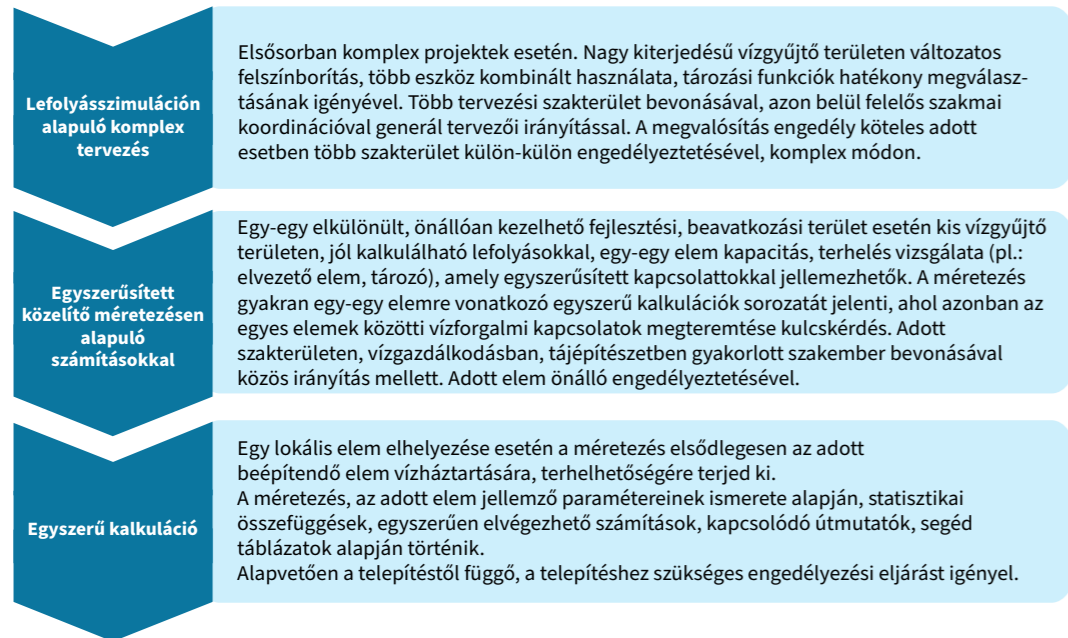
A fentiek értelmezhetők a közvetett hasznosításnál is. Ha a talaj telített, a beszivárgás egy hosszabb, csapadékos időszakban távozik a gyökérszín felől a talajvíz irányába, vagy oldalirányú szivárgással más területre. Aszályos időszakban pedig a talaj nedvességtartalma lecsökkenhet a hervadáspontra (üres tározó), amikor a növényzet aktuális vízigénye külön vízforrás nélkül nem elégíthető ki.

A tározás, a tározott víz hasznosítása tehát időben változó folyamatok eredményeként alakul.

A lényeg a folyamat dinamikus jellege.

A tározás hatékonyságának megítéléséhez az intenzitás tartományok ismerete önmagában nem elegendő az ismétlődő esők előfordulása miatt. Előfordulhat például az is, hogy kisebb intenzitású eső sem fér bele a tározóba annak aktuális töltöttségi állapotában. Ebből következik, hogy adott helyszínen létesült és adott vízgyűjtő területtel rendelkező tározó működése, megfelelősége **legalább 10-20 éves**, valós csapadék idősorok és az ezekből keletkező felszíni lefolyások elemzéséből ítélhető meg.

Belátható ugyanakkor, hogy kis méretű, pl. lakóingatlan léptékű tározókapacitás méretezése esetén aránytalanul nagy feladatot és költséget jelenthet a több tízéves időszakra kiterjesztett dinamikus vízmérleg számítás. Ezekben az esetekben egyszerűsítő, közelítő méretezési eljárások alkalmazhatók, de csak korlátozott mértékben. Általában, a méretezendő rendszer és a hidrológiai/hidraulikai folyamatok komplexitásához illeszkedően célszerű megválasztani a méretezés módszerét (**52. ábra**).



52. ábra
Méretezési megközelítések hierarchiája

A következőkben két egyszerű méretezési módszert mutatunk be:

- Méretezés **tározószámítási egyenletekkel:** különböző vízgyűjtő terület-tározó térfogat-vízigény kombinációkra elvégzett számításorozat eredményei alapján levezetett összefüggések, amik segítségével:
 - adott vízigény és vízgyűjtő terület méret mellett becsülhető az optimális tározó térfogat vagy
 - adott tározó térfogat és vízgyűjtő terület méret mellett megadható az átlagosan kivehető és/vagy visszatartható vízmennyiség.
- Méretezés **egyedi csapadékesemények alapján:** olyan, könnyen végrehajtható számításorozat, mellyel (erős korlátozó feltételek mellett és korlátos érvényességgel) megadható, hogy a választott tározó kapacitású elem milyen csapadékok ideiglenes tározását teszi lehetővé.

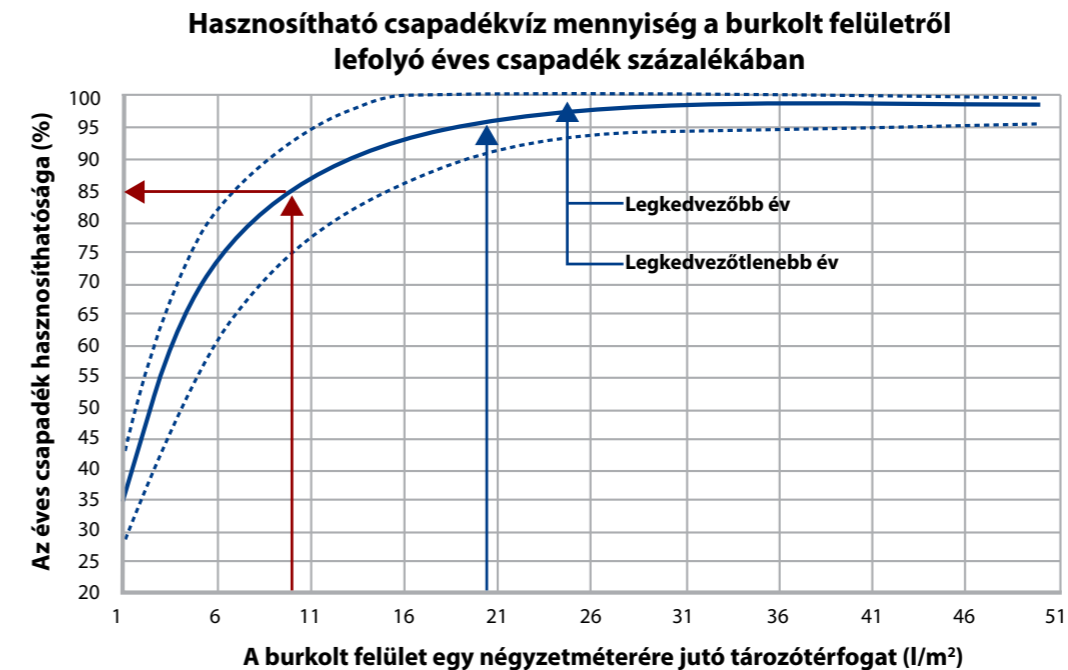
Ahogy az az előzőekben is bemutatásra került, amennyiben egy nagyobb vízgyűjtő terület komplex méretezését kell elvégezni, beleértve több tározó eszköz, elem telepítésével ezek egymásra hatásának a vizsgálatával, a hagyományos, egyszerű méretezési eljárások nem alkalmazhatók, nem adnak megfelelő eredményeket. Ilyen eset lehet például, amikor egymással összekapcsolt alkalmazott beavatkozásokat kell megtervezni, részben vagy egészben burkolatlan vízgyűjtő területeken, a lefolyási irányt nem egyértelművé tevő vízkormányzás esetén.

Ebben az esetben a méretezést a rendszert egyben kezelő modellen alapuló szimulációs vizsgálatokkal, modellezéssel kell elvégezni. Ez a feladat megfelelő szakértelmet igényel akár több szakterület együttes használatával. (modell építési ismeretek, hidrológiai ismeretek, csapadékkelvezető rendszerek és elemek ismerete, stb.)

Az alkalmazható modellekről, modellezésről a **8.3. fejezet** ad általános ismertetést bemutatva a modellezés nyújtotta lehetőségeket és a modellel történő méretezés elvi folyamatát, annak érdekében, hogy ezen méretezési eszköz használatának szükségessége és folyamata megismerhető legyen.

Tározó méretezése tározószámítási egyenletekkel

Minden vízgyűjtő területre meghatározható a rá jellemző tározási görbe, amely a csapadékból keletkező felszíni lefolyások, a tározó térfogat, és a vízfelhasználás közötti kapcsolatot ábrázolja.



53. ábra
A tározási görbe (Budapest, Kitaibel Pál utcai állomáson mért csapadékidős alapján)

A tározási görbe az adott vízgyűjtő területen a vízfelhasználáshoz kapcsolódóan mutatja meg az alkalmazni kívánt tározótérfogat hatékonyságát, kihasználtságát. A megfelelőséget az éves csapadékok átlagos hasznosítási aránya jelenti. Teljes évekre vonatkoztatva a 80 %-os érték kitűnőnek tekinthető, míg az 50 %-os arány az elfogadhatóság alsó határát jelzi.

A tározási görbék nagymértékben függenek a számításokhoz felhasznált csapadékeseményektől, csapadékidősoroktól, valamint a felhasználás éves alakulásától (időben folytonos vagy ciklikus). Más a tározási görbe alakja és ennek megfelelően a hatékonyan tározandó víz mennyisége, ha a vízhasználat egész évben és közel állandóan jelentkezik (pl. nem ivóvíz minőséget igénylő háztartási vízhasználat), vagy ha csak időszakos jelleg (pl. a növények vegetációs vízigényéhez tartozó vízhasználat) a jellemző. Utóbbi esetre az is gyakran jellemző, hogy olyan időszakban jelentkezik a vízhasználati igény, amikor már hosszabb szárazabb időszak jellemzi a területet.

Lényeges a rendelkezésre álló csapadékidősor hossza is, minél hosszabb az idősor, annál megalapozottabbnak tekinthetjük a számítási eredményeket. A másik tényező, amire tekintettel kell lenni, hogy a csapadékmagasság, csapadék mennyisége önmagában nem elegendő a hasznosíthatóság számításához, szükség van annak az időbeli eloszlására is. Általánosságban kimondható, hogy minél szélsőségesebben jelentkeznek a csapadékok és/vagy a csapadékok intenzitásai (magasságai), annál inkább romlik a tározható víz mennyisége és annak hasznosíthatósága.

A tározási görbék tetszőleges vízigényre meghatározhatók, de számításuk időigényes és modellezési tapasztalatot igényel. Ezen túl elmondható, hogy országon belül adott térségre, nagyobb városra, városrészre egyedileg kell elkészíteni a területre vonatkozó adatok felhasználásával.

A **budapesti adottságokra és kétfajta vízhasználatra vonatkozóan** (egész évben történő egyenletes és folyamatos vízhasználat esetére, illetve arra az esetre, amennyiben a vízfelhasználás csak a vegetációs, nyári időszakban történik) a statisztikai elemzések alapján elkészültek a méretezéshez tartozó (empirikus) egyenletek, két méretezési állapotnak megfelelően:

- ismert tározókapacitás esetén a naponta felhasználható vízmennyiség,
- ismert vízfelhasználás esetén a szükséges tározókapacitás meghatározása.

Ezek alapján a méretezéshez kapcsolódó számítások elvégezhetőek. Az összetartozó értékek a burkolt vízgyűjtő területe (F), a hasznosítható víz átlagos, napi mennyisége (V) és a tározó térfogata (T). A vízgyűjtő, mint helyi adottság mindig független változó, a másik kettő pedig külön-külön számítható.

I.) Egész évben történő egyenletes és folyamatos vízhasználat esetén az alábbi összefüggések alkalmazhatók:

A.) Egész évben kivehető vízmennyiség meghatározása

A regressziós kapcsolat és annak a statisztikai jellemzői az alábbiak:

$$V_{ki} = 0,00464 \times T_{\text{tározó}} + 0,04298 \times F_{\text{vízgyűjtő}} \quad (1)$$

ahol

- V_{ki} – a naponta kivehető/hasznosítható víz mennyisége, (l/nap),
- $T_{\text{tározó}}$ – a tározó kapacitás térfogata, (l),
- $F_{\text{vízgyűjtő}}$ – a lefolyásával a tározót tápláló felület, (m²).

Az (1) regressziós kapcsolat tehát abban a helyzetben alkalmazható, amikor rendelkezünk egy ismert térfogatú tározókapacitással, akár talajtározással együtt, és ez alapján lehet meghatározni a naponta felhasználható víz mennyiségét.

Például 85-95 %-os éves hatékonyságot figyelembe véve, ha a tető, mint vízgyűjtő 100 m² és a tározó 500 literes, a tározó kapacitása napi 6,6 liter víz hasznosítását teszi lehetővé.

B.) A szükséges tározókapacitás meghatározása

Ha az adott tározóhoz tartozó vízgyűjtőterület az egész évben naponta kiveendő vízmennyiséget tekintjük ismertnek és állandónak és a szükséges tározótérfogat a (2) regressziós kapcsolattal határozható meg.

$$T_{\text{tározó}} = 210,81 \times V_{ki} - 9,3842 \times F_{\text{vízgyűjtő}} \quad (2)$$

ahol

- $T_{\text{tározó}}$ – a meghatározni kívánt tározó térfogata, kapacitása, (l),
- V_{ki} – a naponta kivett víz mennyisége, (l),
- $F_{\text{vízgyűjtő}}$ – a lefolyásával a tározót tápláló burkolt felület, (m²).

Például 200 m² burkolt felület és napi 15 liter vízigény esetén 1,29 m³-es tározó kapacitás (gyakorlati esetekben az ehhez közeli méretben kapható) érdemes kiépíteni. Ekkora tározóval átlagosan az évente érkező csapadéklefolyások 85-95%-a hasznosítható.

II.) A vegetációs időszakban történő vízfelhasználás esetén alkalmazható összefüggések

A.) A vegetációs, nyári időszakban kivehető vízmennyiség meghatározása

A vegetációs időszakot az április – szeptember közötti 6 hónap jelenti. Ezt az esetet összevetve a teljes évek tározási görbével megállapítható, hogy az elérhető átlagos hatásfok maximálisan a 65%-ot érheti el. A tározó kapacitás nagysága és a vízgyűjtő terület ismeretében a (3) regressziós összefüggéssel meghatározható a vegetációs időszakon belül a naponta átlagosan felhasználható vízmennyiség.

$$V_{ki} = 0,005913 \times T_{\text{tározó}} + 0,048773 \times F_{\text{vízgyűjtő}} \quad (3)$$

ahol

- V_{ki} – a vegetációs időszakban a növényzet, párolgás által naponta hasznosítható víz átlagos mennyisége, (l),
- $T_{\text{tározó}}$ – a tározó kapacitás térfogata, (l),
- $F_{\text{vízgyűjtő}}$ – a lefolyásával a tározót tápláló felület, (m²).

A (3) regressziós kapcsolat tehát abban a helyzetben alkalmazandó, amikor ismert a tározó kapacitásunk, ami részben lehet hagyományos felszíni vagy felszín alatti tározótérfogat, illetve egyéb pl.: talajtározási kapacitás.

Például 100 m²-es vízgyűjtő terület esetén, 1 m³-es (1000 literes) tározótér esetén, a 10,8 liter lehet az átlagosan napi vízfelhasználás a vegetációs időszakban pl. a növényzet számára (V_{ki}).

Ezen ismeret alapján lehet megtervezni az alkalmazandó növénytelepítést, amelynek ezen érték megfelel, azaz ennyi csapadékvízzel lehet számolni maximum 65 %-os valószínűséggel. Ennél nagyobb vízfelhasználás esetén további külső pótlást kell igénybe venni.

B.) A szükséges tározókapacitás meghatározása

Ha ismert a felhasználni kívánt napi vízmennyiség, például a növényzet napi vízigénye és a tározó nyílt felülettel is rendelkezik, akkor figyelembe kell venni a napi párolgást is. Ezen adatok és az adott tározót tápláló vízgyűjtő területméretének ismeretében a szükséges tározótérfogat a (4) regressziós kapcsolat segítségével határozható meg.

$$T_{\text{tározó}} = 148,3056 \times V_{ki} - 5,0327 \times F_{\text{vízgyűjtő}} \quad (4)$$

ahol

- $T_{\text{tározó}}$ – a meghatározni kívánt tározó térfogata, kapacitása, (l),
- V_{ki} – a vegetációs időszakban naponta kivett víz mennyisége, (l),
- $F_{\text{vízgyűjtő}}$ – a lefolyásával a tározót tápláló burkolt felület, (m²).

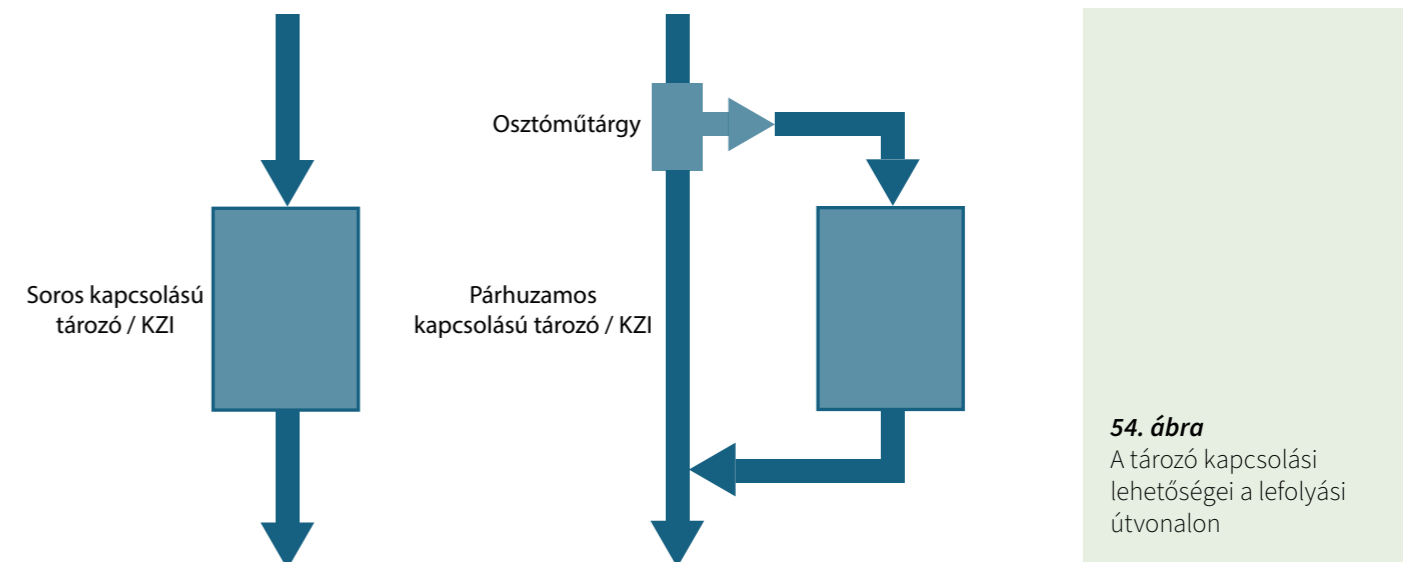
A (4) összefüggésből számított térfogat a csapadékvíz hasznosítása szempontjából az a térfogat, amit az adott esetben a legköltséghatékonyabb térfogatnak lehet tekinteni. A költséghatékonyság egyben azt jelenti, hogy a számított térfogatnál nagyobb tározókapacitás kiépítése már nem fogja lineárisan növelni a növényzet által átlagosan hasznosítható csapadékvíz mennyiségét.

A bemutatott képletek, regressziós kapcsolatok, nem a hagyományos értelemben vett egyenletek. A meghatározásuk mögötti módszertanból következően alkalmazhatósági tartományuk korlátozott, azaz a független változók, az egyenletek jobboldali tagjai nem terjeszthetők ki tetszőleges mértékben.

Ha a tározótérfogat számításánál a burkolt felület (F , m²) és a napi vízkivétel (V , liter) hányadosa meghaladná a 25-öt, akkor az (1)-(4) egyenletekből az adott vízgyűjtőterülethez az 1/25 arányt kielégítő fiktív tározótérfogattal számolt vízkivételt vegyük figyelembe a (2) és a (4) összefüggésekben.

Az összefüggések alkalmazásakor a további feltételekre kell még tekintettel lenni:

- A fenti összefüggések a vízgyűjtő területet homogénnek és burkoltnak tekintik. Ha a vízgyűjtő terület inhomogén, abban áteresztő felületű részvízgyűjtő területek is találhatóak, akkor a lehulló csapadék egy része el sem éri a tározót, előtte elszivárog. Így számos kisebb intenzitású csapadékból nem lesz a vízgyűjtő területtel arányos lefolyó (befolyó) vízmennyiség.
- A tározó a lefolyási útvonalon soros kapcsolású, azaz minden lefolyó víz átfolyik a tározón (**54. ábra**). Párhuzamos kapcsolásnál az osztóműtárgy működése megváltoztatja a tározóba befolyó vízmennyiség és a vízgyűjtő terület közötti kapcsolatot.



Tározó méretezése egyedi csapadékesemények alapján

Ezzel a megközelítéssel az elszivárogató Szivacsváros elemeket méretezhetjük úgy, hogy képesek legyenek adott gyakoriságú csapadékokból keletkező lefolyások betározására annak érdekében, hogy azokból ne keletkezzenek kárt okozó elöntések a területen.

A méretezés a területre jellemző, adott gyakoriságához és időtartamához tartozó csapadékmaximum függvényekből, azaz intenzitás értékből indul ki. Meg kell jegyezni, hogy a tározókhoz nem rendelhető mértékadó csapadék, mert mindig a tározó aktuális töltöttségének függvénye, hogy mennyi a tározó, tározási közeg szabad kapacitása. Az ellentmondás feloldása úgy lehetséges, hogy:

- Első lépésként rögzíteni kell, hogy milyen biztonsággal üzemeljen a rendszer, azaz statisztikai átlagban legfeljebb hány évente engedhető meg, hogy a tározóból, tározási közegből túlfolyás és ebből potenciálisan kiöntés keletkezzen. Ez a gyakoriság, illetve elöntési biztonság eltér(het) az elvezető elemek méretezésekor használt biztonsági értéktől, ezt a méretezés során előre és külön kell meghatározni.
- Második lépésként feltételezzük, hogy a csapadékesemény alkalmával üres, tehát a teljes kapacitásának birtokában van a tározó. Technikailag ezzel válik szükségtelemmé a tározó múltbeli vízforgalmának lekövetése és válik lehetővé az eseményalapú méretezés. Mivel ennek teljesülése nem magától értetődő, a tározó előírt leürülési idejét a tervezés során rögzíteni kell. Ha az altalaj szivárogató képessége ezt nem biztosítja, kiegészítő víztelenítés (pl. drén) tervezése szükséges.

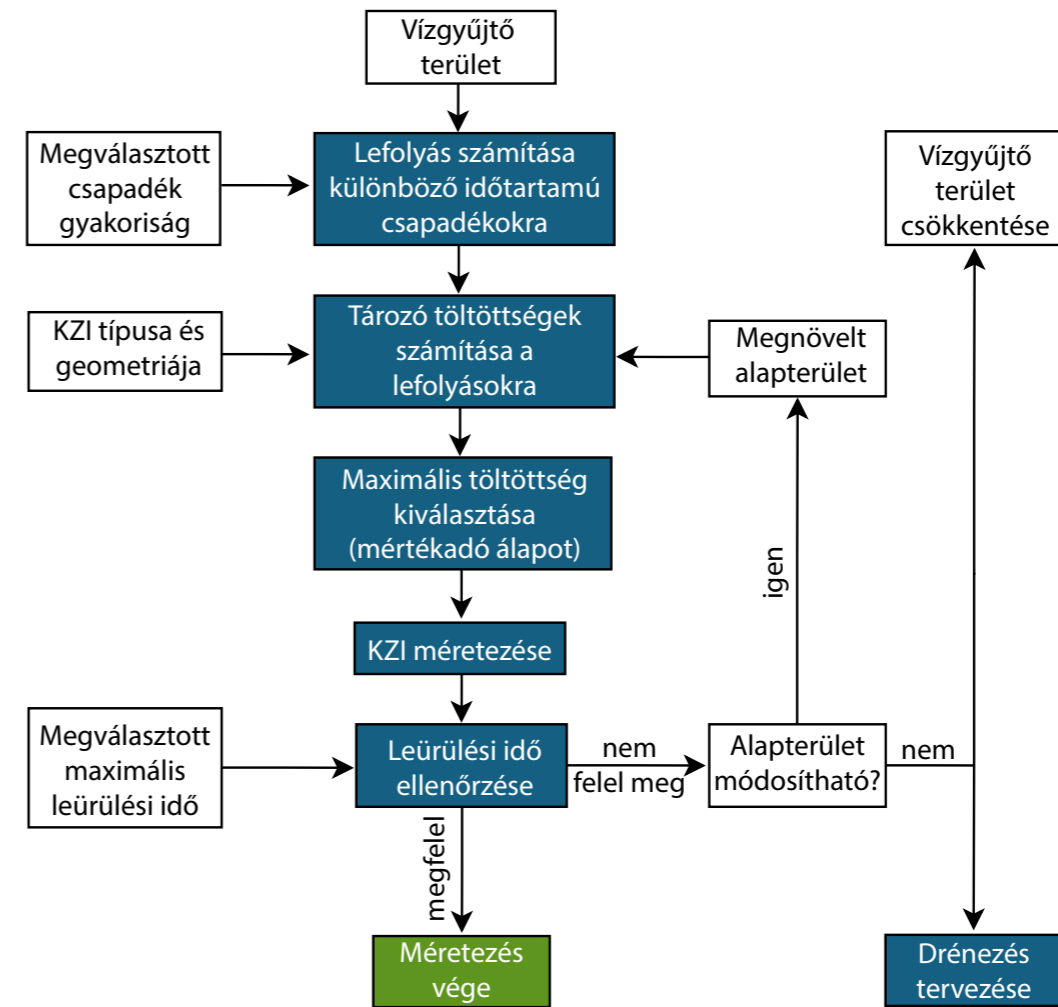
A gyakoriság rögzítése még nem definiálja a nagycsapadékot, ehhez még szükséges a csapadék időtartamának a meghatározása is. A kérdés úgy tehető fel, hogy milyen időtartamú csapadék mellett alakul ki a legnagyobb tározó töltöttség?

Általánosságban elmondható, hogy minél rövidebb időtartamú a csapadék, annál nagyobb az intenzitása, de a lehullott csapadék mennyiségét nézve már fordított a kapcsolat. Nagyobb csapadékösszeg a hosszabb időtartamú, viszont kisebb intenzitású csapadék esetén keletkezik. Ez alapján kézenfekvőnek tűnhet, hogy a hosszú idejű csapadékokat kell vizsgálni, de nem szabad elfelejtenünk, hogy ekkor hosszabb idő áll rendelkezésre a tározóba érkező lefolyás elszivárgására is.

A lefolyás tölti, az elszivárgás üríti a tározót, és a kettő aránya határozza meg, hogy a lefolyás időtartama alatt milyen mértékben töltődik fel a tározó. Ezért nem lehet előre meghatározni, hogy melyik csapadékesemény okozza a legnagyobb tározó töltöttséget. Ezt csak az eredmények elemzése és iterációk segítségével lehet eldönteni. Ennek érdekében több csapadékeseményt is meg kell vizsgálni.

A méretezéshez még meg kell határozni a leürülési időt, azaz, hogy a tározó telítettségét követően mennyi idő alatt válik ismét szabaddá a teljes tározási kapacitás. A leürülési idő meghatározása nem jelenti azt automatikusan, hogy a tározó minden csapadék érkezésekor üres lesz. Főleg a nyári időszakra igaz, hogy egy napon belül akár többször, pár órás szünetekkel is jelentkezhet csapadékesemény. Ehhez igazított leürülés biztosítása szinte minden esetben kiegészítő vízelvezetést, drénezést tesz szükségessé. Elszivárogatás, szikkasztás esetén az egynapos leürülési idő, mint küszöbérték jó vízáteresztő képességű talajoknál már általában tartható, de ehhez hozzátartozik, hogy az előre definiált gyakorisággal remélt biztonságot nem feltétlenül fogja biztosítani a tervezett tározási kapacitás, ha nem történik meg ténylegesen a leürülés. Általánosságban elmondható, hogy minél nagyobb leürülési idő kerül meghatározásra, annál inkább előfordulhat, hogy két csapadékesemény között nem ürül ki a tározó, így csorbul az eredetileg meghatározott biztonság. Mindezeket figyelembe véve egy napban javasolt rögzíteni a leürülési idő maximumát, illetve olyan környezetet kell a tározó kapacitásnak biztosítani, ami biztosítja az egy napon belüli leürülést.

Ha a tározási kapacitás geometriai módosításával vagy az elvezetési, szikkasztási kapacitás növelésével nem biztosítható az egynapos leürülési idő, akkor a vízgyűjtő terület csökkentésével lehet mérsékelni a lefolyó vízhozamot. A változtatások a számítások újrafuttatását teszi szükségessé, vagyis a méretezési folyamat iteratívvá válik (56. ábra).



55. ábra
Eseményalapú méretezés folyamata

A lefolyás számítása

Az egyszerűség kedvéért a csapadékesemény időtartama alatti állandó intenzitású és állandó lefolyású értékkel végezhető a számítás. Ekkor

$$Q_{\text{lefolyás}} = \alpha \cdot \frac{i}{1000 \cdot 60} \cdot F_{\text{vízgyűjtő}}$$

ahol

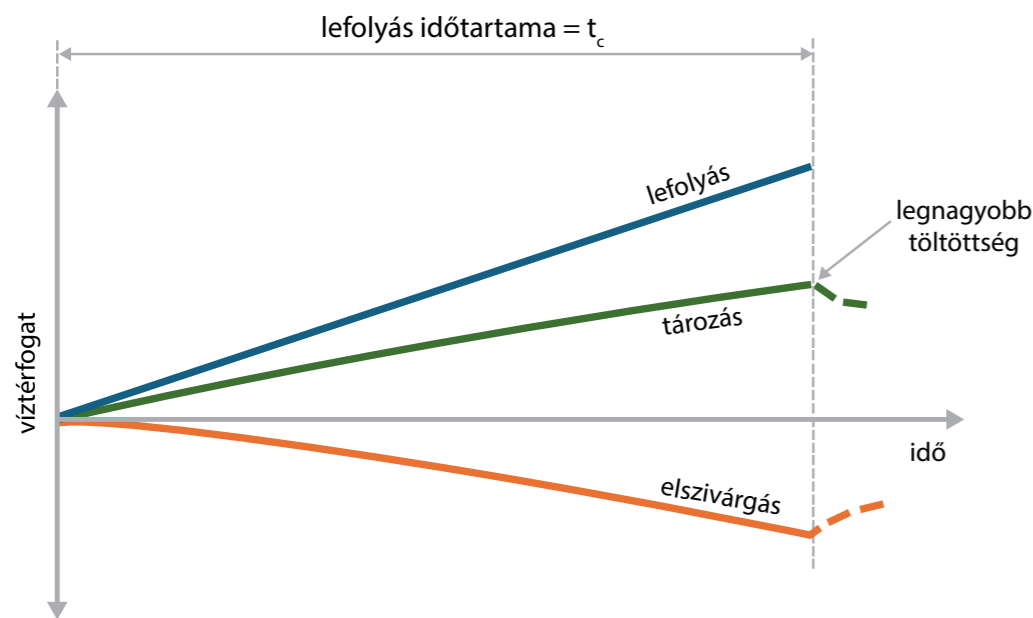
- $Q_{\text{lefolyás}}$ – vízgyűjtőről érkező lefolyás vízhozama, (m³/perc),
- α – lefolyási tényező, (-),
- i – a csapadék intenzitása, (mm/h),
- $F_{\text{vízgyűjtő}}$ – a vízgyűjtő terület nagysága, (m²).

A lefolyást különböző időtartamú csapadékokra kell meghatározni. Ehhez javasolt 10 perctől 1440 percig (egy napig) 10 percenkénti lépéssel számítani az intenzitásokat. Így összesen 144 db $Q_{\text{lefolyás}}$ értéket kapunk.

A tározó töltöttségének számítása

A tározó töltöttségének számítása során a következő feltételezéseket tesszük ki:

1. A tározóba kizárólag a vízgyűjtő területéről származó, konstans vízhozamú lefolyás érkezik, a kiadási oldalon pedig kizárólag az elszívárgás jelenik meg.
2. A lefolyás időtartama megegyezik a csapadék időtartamával (ez nem zárja ki, hogy a lefolyás időben eltolva kezdődjék meg), és ezalatt folyamatos az elszívárgás, elvezetés is.
3. A tározóban a legtöbb víz a lefolyás megszűnésének pillanatában gyűlik össze, ez egyben az adott csapadékeseményhez tartozó mértékadó állapot (**57. ábra**). Ezt követően a tározó elkezd kiürülni.



56. ábra
A lefolyás, az elszívárgás és a tározó töltődésének értelmezése egy csapadékesemény alkalmával

A méretezés fontos része az elvezetés, az elszívárgás, szikkasztás mértékének a meghatározása. A tározótérből a víz elszívárgásának meghatározása a tározótér kialakítása és a környezeti feltételek függvényében összetett és bonyolult matematikai formulák vagy szivárgási modellek használatát igényelheti. Ezek kezelése bonyolult, ilyen esetekben megfelelő szaktudást kell igénybe venni.

Egy egyszerűsített esetre vonatkozóan az alábbiakban határozható meg a tározótérben a lefolyás végén kialakuló vízszint. Az egyszerű eset az alábbi tározó kialakítás esetében áll fenn:

- a tározó alsó síkja vízszintes és ennek területe a tározó teljes vízszintes vetületének legalább 90%-a, és
- a legkisebb vízszintes méretének és magasságának aránya legalább 5.

Ha ezek a feltételek nem teljesülnek, az alábbiakban közölt egyenlettel számított méretek csak tájékoztató adatként vehetők figyelembe.

A méretezésnél célszerű a tározó alapterületét is rögzíteni, így a tározó töltöttsége és a tárolt víz mennyisége a vízszint (h) függvényében határozható meg.

$$h_{t_c} = \frac{100 \cdot t_c \cdot (Q_{\text{lefolyás}} - 60 \cdot k \cdot A)}{n \cdot A}$$

ahol

- h_{t_c} – a tározótérben a lefolyás végén kialakuló vízszint, (m),
- A – a vízszintes alsó sík területe, (m²),
- k – az altalaj vízáteresztő képességi együtthatója, (m/s),
- n – a tározóteret kitöltő anyag porozitása, (%).

Töltet/talaj nélküli tározóterekben (pl. cellás szikkasztók, elöntési területek) $n = 100$ -nak vehető. 100 %-nak lehet felvenni a porozitás értékét esőkertek esetében is, mert az reális, hogy a túlfolyóig telt esőkert esetében a felszínmélyedésben tárolt víz a leürülési idő alatt elszívárog, de a talajréteg nagy valószínűséggel telítés közeli állapotban marad, ezért a csapadék érkezésekor ezzel a tározótérrel már nem lehet számolni. A favermek, egyéb ültető közegek annyiban speciálisak, hogy a porozitás (n) helyére a leürülési idő alatt ténylegesen felszabaduló pórustérfogatot kell beírni. Ez egynapos leürülési idő esetén jó közelítéssel megegyezik a porozitás (n) és a szabadföldi vízkapacitás (VK) különbségével.

Ha az altalaj fölé mesterséges talajkeverék kerül, akkor k helyére az altalaj és a talajkeverék vízáteresztő képességi együtthatója közül a kisebbet kell beírni.

A fenti számítást minden, választott gyakoriságú és különböző időtartamú csapadékból számított lefolyó vízhozamra el kell végezni. A tározó töltöttségi számítások eredményei közül mértékadó állapot az, amikor h_{t_c} a legnagyobb ($h_{t_c, \max}$). A tározókapacitás magasságát (m) úgy kell megválasztani, hogy $m > h_{t_c, \max}$ teljesüljön.

Leürülési idő

A leürülési idő az az időtartam, ami alatt a vízzel teljesen telt tározó visszanyeri a tározó kapacitásának egészét. Ennek ellenőrzése zöld megoldásoknál a méretezés módjától függetlenül indokolt, mivel az esőkert növényzete a vízborítást csak időszakosan tolerálja és a favermekben sem állhat tartósan a víz, mert az a fa fulladását okozhatja.

Tekintve a párolgás maximális napi értékét (kb. 1 cm/nap meleg nyári napon), a leürülési idő becsülésénél az egyébként párologtató megoldásoknál is célszerű csak az elszívárgással számolni.

A leürülési időt a következő összefüggéssel becsülhetjük:

$$T_{\text{leürülés}} = \frac{n \cdot m}{6000 \cdot k}$$

ahol

- $T_{\text{leürülés}}$ – a leürülési idő, (perc),
- k – az altalaj vízáteresztő képességi együtthatója, (m/s),
- n – a tározóteret kitöltő anyag porozitása, (%),
- m – a KZI tervezett magassága/vastagsága (a méretezés eredménye), (m).

- A számított leürülési időt az előre meghatározotthoz ($T_{\text{leürülés, max}}$) kell viszonyítani:

- ha $T_{\text{leürülés}} \leq T_{\text{leürülés, max}}$, akkor a tározási kapacitás méretei megfelelők,

- ha $T_{\text{leürülés}} > T_{\text{leürülés, max}}$, akkor

- meg kell növelni a tározási kapacitás alapterületét, és az új méretek alapján újra el kell végezni a tározó töltöttségi számításokat, valamint ellenőrizni kell a leürülési időt, vagy
- a vízgyűjtő területet csökkenteni szükséges, és a lefolyás számítás, a töltöttségi számításokat és a leürülési idő ellenőrzését újra el kell végezni, vagy
- intenzívebbé kell tenni az elvezetést, szikkasztást, például drénezéssel, hogy a leürülési idő teljesüljön.

8.3. Hidrodinamikai lefolyás modellezési és térinformatikai szoftverek

A szivacsváros keretrendszerben értelmezett csapadékvíz-gazdálkodási eszközök (és ezek együttese) hidrológiai és hidraulikai szempontból komplex rendszereket alkothatnak, ezért az optimális megoldás megtalálása és a rendszerelemek optimális méretének meghatározása komoly kihívást jelenthet, főleg a csapadékvíz elvezető hálózat elemeinek tervezésénél ismert „kézi” eljárásokkal. Amíg kis vízvezető rendszerek (~200 ha alatt) méretezésére egyszerű tapasztalati eljárások (pl. racionális módszer) is alkalmazhatók, addig nagyobb rendszerek esetén az időbeli dinamizmust kezelni tudó szimulációs modelleket szükséges alkalmazni. Ezekkel a modellekkel a vízvezető és -tározó rendszerekben, illetve ezek vízgyűjtőjén csapadék hatására bekövetkező, időben változó (tranzien) folyamatok (pl. talajok nedvesedése, lefolyás, túlterhelés, visszaduzzasztás) és a rendszer állapotjellemzőik (pl. vízszintek, vízhozamok, tározó telítettség) számíthatók. Összetettebb, nagyobb számítási igényű feladatok (sorba kapcsolt szivacsváros elemek és az azok közötti kapcsolatot megteremtő vízvezető elemek rendszere, befogadó és záporkiömlők mennyiségi és minőségi vizsgálata, elöntési gyakoriság ellenőrzése, valós idejű hálózatellenőrzés) esetén már nem elegendők az egyszerű tapasztalati eljárások. Összességében, **az összetett tervezési feladatoknál** – a tervezési terület mérete, több önálló vízgazdálkodási elem egymásra hatása okán – **elengedhetetlen, hogy a tervezés, méretezés támogatására lefolyásmodell készüljön.**

A modell a valóság absztrakt leképezése, ahol a valóságos rendszer hidrológiai és hidraulikai folyamatait leíró egyenleteket oldja meg egy erre alkalmas szoftver. A valóság helyettesítése modellel azért szükséges, mert egyrészt a valóság pontos mását elkészíti, másrészt a modellel végzett szimulációk lehetőséget adnak többféle megoldás tesztelésére, különböző forgatókönyvek vizsgálatára is. A modell egyszerűsítést is jelent: a modell a valós rendszer adott mérnöki cél szempontjából lényeges, a vizsgált folyamatokat érdemben befolyásoló tulajdonságokkal rendelkezik, a célhoz nem szükséges rendszerjellemzők elhagyhatók. Természetesen elvárás a modellel szemben, hogy a rendszer működését kellő részletességgel és pontossággal legyen képes leírni.

A csapadékvíz-gazdálkodási rendszerek modellezésére változatos elérhetőségű és különböző felhasználói felületű szimulációs programok állnak rendelkezésre. Ezek a használhatóságban természetesen különbözhetnek, de az alapvető matematikai és hidrodinamikai hátterük nagyon hasonló.

A modellek felépítése, adatokkal való feltöltése és az eredmények kinyerése, megjelenítése általában jelentős erőforrást igénylő, kritikus része a modellezésnek. Az adatfeldolgozás – a bemenő és eredmény adatok térképes jellege miatt – célszerűen térinformatikai alkalmazások használatát jelenti, adott esetben makrózasi, programozási lehetőségek kihasználásával.

A modellek adatigénye az egyes lefolyásszimulációs szoftverek esetén különböző. Az adatok minősége és pontossága nagyban meghatározza a modellel végzett szimulációs vizsgálatok pontosságát. A különböző modellezési feladatokhoz különböző adatrészletességet lehet rendelni, részben az adatok rendelkezésre állása, részben az elérni kívánt mérnöki cél alapján. A pontossági cél is meghatározó a modell elkészítésekor, ennek alapján lehet meghatározni a modell részletezettségét és a hozzá tartozó számítástechnikai hátteret.

Digitális terepmodell beszerzése, előállítás általában elkerülhetetlen. Az elvárt térbeli felbontás (részletesség) a városi viszonyok miatt általában 1-2 m (de pl. árkok, útszegély esetén lényegesen finomabb adatra lehet szükség), a pontosság magassági értelemben pár cm-en belül elfogadható. A vízgyűjtő terület felszínborítási és fedettségi adatainak beszerzése vagy előállítás is szükséges, hogy legalább a vízzáró és zöld felületek elkülöníthetők legyenek, de általában több felszínborítási kategóriát célszerű definiálni (tető, járda, úttest, egyéb burkolt, gyepes, cserjés, fás területek). A talajtani és talajvízszint adatok lehetnek pontszerűek. Nagyobb felületű szikkasztók esetén a pontszerű feltárásokkal nyert adatok interpolációval területileg kiterjeszthetők, amihez szintén térinformatikai szoftverek használata javasolt. A meteorológiai adatok és azok részletessége, pontossága a modellezett folyamatokhoz (záporterhelés, beszivárgás, evapotranszspiráció stb.) igazodik. A vízhasznosítási igények (pl. növények öntözéséhez, burkolt felületek tisztításához) a szivacsváros elemek speciális adatigényét jelentik.

A modell hitelességét, pontosságát kalibrálással (a rendszer állapotjellemzőinek mért, valós értékeinek és a modellel számított értékeknek a szisztematikus összehasonlításával) lehet beállítani, ellenőrizni. Meglevő csapadékvíz-gazdálkodási rendszer átalakítása, fejlesztése esetén csak indokolt esetben lehet a mérés és a kalibrációt elhagyni, mert ezzel a pontosság jelentősen csökken. Új rendszer tervezése esetén a modell szabad paramétereit (pl. talajok vízáteresztő képessége, felület érdessége) szakirodalmi adatok alapján célszerű felvenni, ugyanakkor javasolt a paraméterek realiztikus tartományán belül megválasztott több értékkel is elvégezni a számításokat (ekkor az eredmény nem konkrét érték vagy annak idősora, hanem értéktartomány).

A méretezéskor hosszú idejű, folyamatos szimulációt kell végezni a tervezett infrastruktúra elemek hatásosságának vizsgálatához, amihez meteorológiai (csapadék, párolgás) idősorok szükségesek.

A feladat összetettsége alapján alkalmazható egy-, két- és ma már akár háromdimenziós modell is. Az egydimenziós elsődlegesen az elvezető hálózatban történő lefolyás szimulációjára alkalmas, a kétdimenziós modellek már képesek a felületeken (felszínen) történő lefolyások, elöntések számítására is. A háromdimenziós modellek már a teljes térbeli folyamatokat képesek kezelni, adott esetben szennyezőanyagok vízben történő mozgásának számításával együtt. A két- és háromdimenziós modellek alkalmazhatóságának korlátot szabhat a nagy adat- és számítási kapacitásigényük.

A szivacsváros koncepcióhoz tartozó elemeket is tartalmazó csapadékvíz-gazdálkodási rendszerek méretezéséhez alapvetően ugyanazok a hidrodinamikai modellek használhatók, mint általában a csapadékvíz-elvezető hálózatokhoz, de ehhez adott esetben speciális, dedikáltan a kéz-zöld infrastruktúra eszközök szimulálására fejlesztett modellobjektumokat kell használni.

Szoftver neve	Alkalmazási lehetőségei	Előnyök/Erősségek	Hátrányok/korlátok
EPA SWMM	városi vízvezetés (felszíni lefolyás és 1D vezetékben áramlás); felszíni és felszín alatti vízvezetés összekapcsolása	ingyenes, nyilvános kód, ami szabadon módosítható; korlátlan elemszám; folyamatos fejlesztés, kapcsolat a fejlesztővel, fórum; világszerte használt, egyszerű (ezért is gyors), párhuzamos futtatás lehetősége; beépített szivacsváros eszközök	egyszerűsített felhasználói felület; egyszerűsített vízminőségszámítás; nincs automatikus kalibrálás
PCSWMM	városi vízvezetés (felszíni lefolyás és 1D vezetékben áramlás); városi és folyami 2D elöntésmodellezés; vízminőség	SWMM kompatibilitás; automatikus érzékenység vizsgálat és kalibráció; kiváló megjelenítés; nyitott forráskód; nincs elemkorlát; támogatásban kiváló; térinformatikai felület; „minden” adatformátummal kompatibilis; csapadékradar statisztika; beépített szivacsváros eszközök	éves licenc költség
Mike Urban	városi vízvezetés; 2D elöntés; vízminőség	térinformatikai jellegű felhasználói felület, átjárhatóság ArcGIS felé; SWMM vagy MOUSE számítási motor	éves licenc költség, licenc korlátok (hálózat mérete)
Mike+	Mike Urban utódja. városi vízvezetés + természetes vízfolyások + városi és folyami árvizek	különböző modellek összekapcsolása	éves licenc költség, licenc korlátok (felhasználók száma, felhőben számítás, párhuzamos futtatás); zárt kód
QGIS	térinformatikai adatfeldolgozás, adatkonverzió; megjelenítés, prezentáció	Ingyenes; nagyon sok plugin minden gyakrabban előforduló feladatra; fórum, leírások; programozható (Python)	néha instabil
ArcMap	térinformatikai adatfeldolgozás, adatkonverzió; megjelenítés, prezentáció	gyors, letisztult; sok megírt kiterjesztés; programozható (Python)	licenc költség

7. táblázat: Hidrodinamikai lefolyás modellezési és térinformatikai szoftverek összehasonlítása

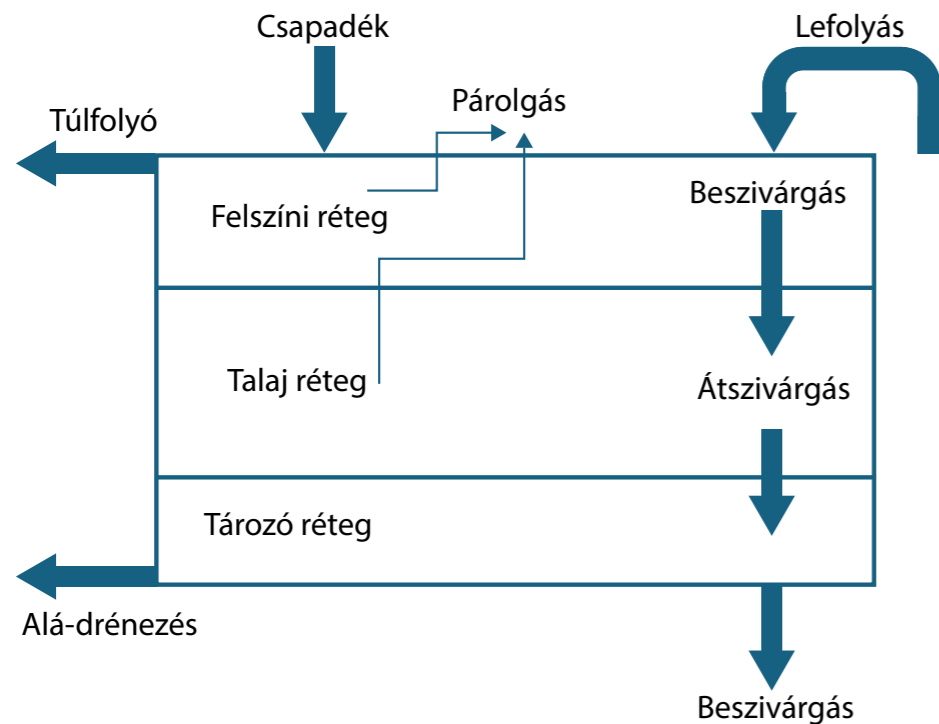
Példaképpen az EPA SWMM hidrodinamikai modellbe beépített Low Impact Development (LID) objektumokon keresztül mutatjuk be a szivacsáros koncepció tervezésekor alkalmazandó modellezés módszerét és lehetőségeit.

A LID objektumok csökkentik a felszíni lefolyást a tározás, a beszivárgás és a párolgás különféle kombinációjával. A modellezés során használható LID objektum típusok:

- **Esőkert** (Bio-retention Cell): kialakított felszíni mélyedés, melyben kavics drénagy fölé helyezett mesterséges talajban gyökerezik a növényzet. Tározás, beszivárgás, párolgás, közvetlen csapadékterhelés és a környező területekről érkező lefolyási folyamatokat írja le az eszköz modellje. A szűken értelmezett esőkert (Rain Garden) esetén nincs drénagy.
- **Zöldtető** (Green Roof): az esőkerthez hasonló kialakítású, de a talajréteget egy speciális vízelvezető anyagra terítik, mely a fölős, átszivárgott csapadékot elvezeti a tetőről.
- **Szikasztó árok** (Infiltration Trench): kavicssal feltöltött keskeny árok, mely a vízgyűjtőről (jellemzően útfelületek felszínéről) érkező lefolyást fogja meg, tározza és szivároztatja az altalajba.
- **Vízáteresztő burkolat** (Continuous Permeable Pavement): kavics alapréteg (tározó réteg) porózus betonnal vagy aszfalt keverékkel burkolva. A térköves rendszerek felső rétege vízáteresztő elemekből áll (vagy csak a hézagkitöltő anyag áteresztő), melyeket homok- vagy kavicsagyazat és alatta kavicsos tározó réteg követ.
- **Csapadékvíz tároló hordók, ciszternák** (Rain Barrels, Cisterns): a tetőről lefolyó csapadékot tárolják. A csapadékvizet le lehet eresztetni vagy hasznosítani lehet a csapadékmentes időszakokban.
- **Tetővíz szivároztatás** (Rooftop Disconnection): a tető lefolyók vizét vízáteresztő, tájépítészeti szempontok szerint kialakított vagy gyepes területre vezetik. A teljes lefolyás, vagy csak a csapadéksatornába való túlfolyás is modellezhető.
- **Zöld árok** (Vegetative Swales): füvesített vagy egyéb növényzettel fedett rézsűvel rendelkező sekély árok vagy mélyedés. A felszínről érkező lefolyást tározza és elszivároztatja a termett altalajba.

Bármely LID objektum vertikálisan egymásra épülő rétegek kombinációjából áll, melyek paramétereit területegységre vonatkoztatott, fajlagos értékekkel lehet megadni. Így ugyanolyan felépítésű LID típust a tervezési terület több helyén (a modell több pontján) is el lehet helyezni, melyek csak tényleges területükben különböznek. A LID objektumok szimulációja vízmérleg alapján történik, ahol a mozgó és tározott víz mennyiségét a modell minden rétegre külön-külön számolja.

Példaképpen a következő ábrán az esőkert LID rétegei és vízforgalma látható:



57. ábra
LID rétegei és vízforgalma

A következő táblázat azt mutatja, hogy a különböző LID típusok esetén milyen rétegeket kell (✘) vagy lehet (○) megadni:

LID típus	Felszíni réteg	Burkolat	Talaj réteg	Tározó réteg	Drén	Vízelvezető réteg
Esőkert drénezéssel	✘		✘	✘	○	
Esőkert	✘		✘			
Zöldtető	✘		✘			✘
Szikasztó árok	✘			✘	○	
Vízáteresztő burkolat	✘	✘	○	✘	○	
Esővíz tároló				✘	✘	
Tetővíz szivároztatás	✘				✘	
Zöld árok	✘					

8. táblázat: LID típusok paramétereit a modellezés során

A LID típusától függő rétegek paramétereit lehetnek a réteg vastagsága, a közeg porozitása és vízáteresztő képességei együttthatója, szivárgási karakterisztika stb. Az adott LID típusra a hidrodinamikai modellben elhelyezett egyes objektumok kívánt mérete (vagy %-os területaránya) is megadható.

Egy részvízgyűjtő területre elhelyezett LID objektum hatásossága értékelhető a részvízgyűjtő területre elkészíthető kimutatások (teljes lefolyás, beszivárgás és párolgás) alapján. A modellek összesített kimutatásai általában tartalmaznak egy „LID hatásosság” című fejezetet is, amely minden egyes vízgyűjtő terület minden egyes LID objektumára egy teljes vízmérleget tartalmaz. A vízmérleg összetevői: teljes befolyás, beszivárgás, párolgás, felszíni lefolyás, drén kifolyás, kezdeti és végső tározott víztérfogatok mm mértékegységben kifejezve a LID teljes területére számolva, tetszőlegesen magadható időlépcsőben.

A modellek által számolt eredmények, a részvízgyűjtő területek LID objektumára számolt vízhozam és vízmagasság idősorai általában exportálhatók, így egyszerűen meg lehet jeleníteni az eredményeket pl. Excelben.

8.4. Méretezési példák

Példák vízigény alapú méretezéshez tározószámítási egyenletekkel

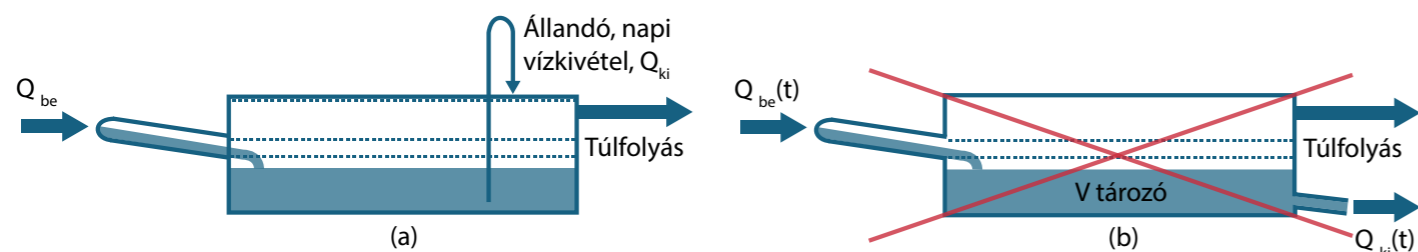
Esővíz tározó elemek méretezése

A méretezés egyaránt alkalmazható földfelszín fölött és alatt kialakított tározóterekre, függetlenül azok anyagától és geometriájától. Ide sorolhatók tehát a csapadékvízgyűjtő hordók, tartályok és ciszternák. A tározó a be- és kifolyó, illetve a túlfolyó nyílásait leszámítva zárt, elszívárgás és párolgás nincs a tározóból.

A tározó vízforgalma egyszerű, a csapadékból keletkező, a felszínről lefolyó víz jelenti az inputot, a vízhasználat pedig az outputot. A tározó kapacitását meghaladó lefolyás a túlfolyón túlfolyik. Amennyiben a tető ereszcsona ejtőcsövébe „vízlopót” illesztnek, a tározási egyenletek nem alkalmazhatók, mert a vízlopó osztóműnek tekinthető, azaz részben a tározóba juttatja, részben továbbvezeti a vizet és ennek az aránya nem tekinthető fix értéknek.

Vízgazdálkodási oldalról a vízgyűjtő területről származó lefolyás és a hasznosíthatósági arány ismeretében a visszatartott csapadékvíz mennyisége becsülhető, ezzel a tározó vízforgalomra gyakorolt hatása számszerűsíthető. A nem hasznosított vízmennyiség a túlfolyón keresztül távozik, vagyis legfeljebb késleltetésként, ideiglenes visszatartásként könyvelhető el.

Az 58. (b). ábra szerinti kialakításnál nem alkalmazhatók az alábbi méretezési képletek, mert ebben az esetben a vízkivétel a mindenkori tározóbeli vízszint függvénye lesz, nem pedig egy napi állandó érték, amit az egyenletekben feltételeztünk.



58. ábra: A hordó (ciszterna) működési modellje

Szerkezeti/geometriai paraméterek

h_{max}	A túlfolyó szintje.
$V_{bruttó}$	A h_{max} alatti térrész térfogata, (l).
$n_{töltet}$	Ha van töltet, annak a porozitása, (%).
$V_{hasznos}$	Hasznos térfogat: a vízhasználatra potenciálisan (teljesen feltöltött tározó esetén) rendelkezésre álló víztérfogat, (l).

Tervezési/hatékonyság-értékelési paraméterek (tározási görbe használatához)

V_{ki}	Vízigény, (l/nap). Mivel a tározóból nincs párolgás és elszívárgás, ezért a tervezett vízhasználat éven vagy vegetációs időszakon belüli átlagos napi értékével egyenlő.
$F_{vízgyűjtő}$	Burkolt vízgyűjtő terület nagysága, (m ²).
$T_{tározó}$	A méretezésnél figyelembe veendő térfogat, (l).

9. táblázat

A csapadékvíz tározó méretezéséhez szükséges paraméterek

Példa

Alapadatok

Egy 150 m² tetőfelületű családi ház tetővizét felszín alatti ciszternában tervezik gyűjteni. Az összegyűjtött vizet toalett öblítésre használják, ami a kétfős család átlagos, napi 240 literes vízhasználatának harmadát teszi ki, vagyis 80 l/nap. A vízigény az év minden napján jelentkezik és időben közel állandónak tekinthető.

Tehát

- $F_{vízgyűjtő} = 150 \text{ m}^2$
- $V_{ki} = 80 \text{ l/nap}$

Kérdésként fogalmazható meg, hogy a költség-haszon relációt tekintve mekkora tározótérfogatú ciszterna tekinthető optimálisnak. Illetve kérdés, hogy ha az optimális térfogatú ciszterna kialakítására nincs lehetőség, akkor mekkora a nagy biztonsággal kivethető napi vízmennyiség egy kisebb tározótér esetén.

Számítás

Az 2) regressziós összefüggés alapján:

$$T_{tározó} = 210,81 \times V_{ki} - 9,3842 \times F_{vízgyűjtő} = 210,81 \times 80 - 9,3842 \times 150 = 15457 \text{ l} \sim 15 \text{ m}^3$$

Amennyiben egyéb korlátok miatt ekkora tározó kialakítására nincs elegendő hely, és a maximálisan megépíthető ciszterna 8 m³ térfogatú, akkor kérdés, hogy ez az eset mekkora vízkivételt tesz átlagosan lehetővé.

Az 1) regressziós összefüggés alapján:

$$V_{ki} = 0,00464 \times T_{tározó} + 0,04298 \times F_{vízgyűjtő} = 0,00464 \times 8000 + 0,04298 \times 150 = 43,6 \text{ l/nap},$$

ami sokéves átlagban 85-95 %-os valószínűséggel elégíthető ki.

Esőkert tározó méretezése

Vízforgalmukat tekintve az esőkertek a legkomplexebb megoldások, még abban az esetben is, ha nincsenek más megoldásokkal vagy a vízelvezető rendszer elemeivel összekötve. Az esőkertbe bevezetett víz tározódhat:

- az esőkert mesterségesen létrehozott talajában, ami „száraz” (kavicsos) és „nedves” (komposztos) esőkerteknél jelentősen eltérő tározó kapacitást és vízáteresztő képességet jelent, és
- a talaj fölötti és a túlfolyó alatti „szabad” térrészben egyaránt.

Általános esetben az esőkertben tárolt víz elpárolog, valamint az altalajba szivárog, de a kiöntés elkerülése érdekében túlfolyót, illetve gyenge vízáteresztő képességű altalaj esetén kiegészítő víztelenítést (drénezést) kell kialakítani.

Elsősorban az esőkert talajának és az altalajnak a hidraulikai jellemzői fogják meghatározni, hogy az elszívárgás vagy a párolgás/párolgotatás dominál majd a vízmérleg kiadási oldalán, miközben mindkét jelenség függ a talaj nedvességtartalmától. Erdemi elszívárgás akkor történik, amikor a talaj nedvességtartalma eléri az ún. szabadföldi vízkapacitásnak megfelelő nedvességtartalmat. Eközben növényi párolgotatással akkor lehet számolni, amikor a talaj nedvességtartalma meghaladja az ún. hervadásponthoz tartozó értéket. Az esőkert geometriájának és a vízbevezetés módjának függvényében a különböző szinteken eltérő lesz a talaj nedvessége, a peremeknél a legszárazabb, a mélyponton a legnedvesebb, vagyis az elszívárgás és a párolgás/párolgotatás nem csak időben, hanem az esőkerten belül, térben is változik.

A fenti megfontolásokat figyelembe véve az esőkertek vízháztartását olyan számításokkal (modellekkel) lehet leírni, amik a releváns folyamatokat (a szivárgást, a talaj nedvességtartalmának változását úgymint nedvesedés és kiszáradás, valamint a párolgást), illetve az ezek közötti kapcsolatokat is képesek kezelni. Összetett esőkertek esetében ezért a méretezést külön kell kiértékelni és elemezni.

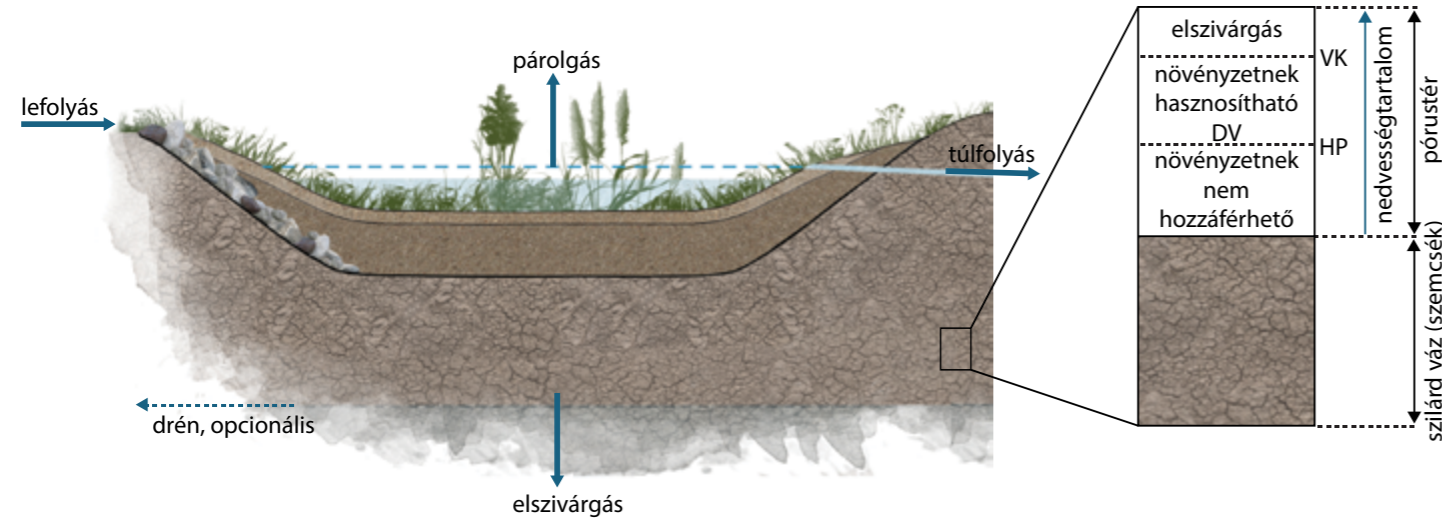
Egyszerűbb esetekben – a tározási görbékből levezetett összefüggésekkel – lehetőség van adott (tervezett) méretű és talajú esőkert esetén a növényi párolgotatásra átlagosan rendelkezésre álló napi vízmennyiség becslésére, és így a számítások elvégzésére. A növényi vízfelvétel, mint vízhasználat szempontjából releváns tározótérnek az esőkert talajának hézagrendszerét tekinthetjük, de nem az egészet. A talaj víztartóképesége fölötti nedvességtartalom az altalajba fog szivárogni, mielőtt a növény elpárologtatná, feltéve, hogy az altalaj vízáteresztő képessége ezt lehetővé teszi. Ugyanez igaz a talaj fölötti felszínmélyedésben időszakosan megjelenő többletvízre, ami párollog ugyan, de döntő része elszivárog. Ugyancsak nem hasznosítható a növényzet számára a talaj hervadásponthoz alatti nedvességtartalma.

Hatékony tározótér valójában a talaj hervadásponti nedvességtartalma és a szabadföldi vízkapacitás értékek közötti pórustérfogat, és a növény számára az ebben tárolt víz lesz hasznosítható (diszponibilis víz).

Az 1) regressziós összefüggés alapján:

$$T_{\text{tározó}} = V_{\text{talaj}} \times (VK - HP) / 100 = V_{\text{talaj}} \times DV / 100$$
 helyettesítendő, ahol

- V_{talaj} – az esőkert mesterséges vagy szervesanyaggal dúsított talajának térfogata, (l),
- VK – az esőkert talajának szabadföldi vízkapacitás értéke, (térfogat %),
- HP – az esőkert talajának hervadásponti nedvességtartalma, (térfogat %),
- DV = VK-HP – diszponibilis (hasznosítható) víz, (térfogat %).



59. ábra: Az esőkert hidraulikai modellje

Szerkezeti/geometriai paraméterek	
$F_{\text{esőkert}}$	Az esőkert felülete, (m ²).
m_{talaj}	Esőkert talajának vastagsága, (m): az esőkert felszíne (vagy a mulcsréteg alja) és altalaj távolsága.
V_{talaj}	Az esőkert talajának térfogata, (l).
VK	$V_{\text{talaj}} = A_{\text{esőkert}} \times m_{\text{talaj}} \times 1000$.
HP	A talaj szabadföldi vízkapacitása, (%): az a nedvességtartalom, ami mellett a talajból történő elszivárgás minimális.
DV	A talaj hervadásponthoz tartozó nedvességtartalma, (%): száraz talaj azon nedvességtartalma, ami mellett a növény már éppen nem képes vizet felvenni, és tartós hervadás mutatkozik.
Tervezési/hatékonyág-értékelési paraméterek (tározási görbe használatához)	
V_{ki}	Vegetáció ökológiai vízigénye, (l/nap). Ha a fajlagos érték (ÖVI (mm/nap)) ismert, akkor $V_{\text{ki}} = A_{\text{esőkert}} \times \text{ÖVI}$.
$F_{\text{vízgyűjtő}}$	Burkolt vízgyűjtő terület nagysága, (m ²).
$T_{\text{tározó}}$	A méretezésnél figyelembe veendő térfogat, (l). Megegyezik a talaj teljes térfogatának azon részével, ami a diszponibilis vizet tározni tudja. $T_{\text{tározó}} = V_{\text{talaj}} \times DV / 100$.

10. táblázat
esőkert méretezése szempontjából releváns paraméterek

Példa

Alapadatok

Egy térre tervezett 20 m² felületű esőkert, ami 100 m²-nyi burkolt járdáról lefolyó csapadékvizet fogad. Az esőkert növényzetének becsült, átlagos vízigénye a vegetációs időszakban 1,2 mm/nap. Az esőkert komposzttal dúsított talaja 30 cm vastagságú, szabadföldi vízkapacitása 40 %, hervadásponti nedvességtartalma 15 %.

Ezek alapján:

- $F_{\text{esőkert}} = 20 \text{ m}^2$
- $F_{\text{vízgyűjtő}} = 100 \text{ m}^2$
- ÖVI = 1,2 mm/nap
- $m_{\text{talaj}} = 0,3 \text{ m}$
- VK = 40 %
- HP = 15 %

Méretezés

Az esőkert talajának összes térfogata: $V_{\text{talaj}} = F_{\text{esőkert}} \times m_{\text{talaj}} = 20 \times 0,3 = 6 \text{ m}^3$, vagyis 6000 l.

A talaj diszponibilis víztartalma: DV = VK – HP = 25 %.

A regressziós összefüggésbe beírandó tározó térfogat: $T_{\text{tározó}} = V_{\text{talaj}} \times DV = 6000 \times 25/100 = 1500 \text{ l}$.

Ekkor a (3) egyenletet felhasználva a vegetációs időszakban naponta átlagosan az esőkert növényzete számára 60-65 %-os biztonsággal rendelkezésre álló vízmennyiség:

$$V_{\text{ki}} = 0,005913 \times T_{\text{tározó}} + 0,048773 \times F_{\text{vízgyűjtő}} = 0,005913 \times 1.500 \times DV + 0,048773 \times 100 = 13,7 \text{ l/nap.}$$

Ez az esőkert egységnyi felületére vonatkoztatva: 13,7 / 20 = 0,7 l/m², nap (mm/nap).

Ebből látható, hogy ez nem felel meg a növényzet vízigényének.

A vízellátottság többféleképpen javítható:

- kisebb felületű esőkertet létesítünk, és bár ekkor az összes hasznosítható vízmennyiség térfogata (l/nap) növekszik, mert kevesebb lesz a túlfolyás, de a fajlagosan, egységnyi felületre rendelkezésre álló víz mennyisége (mm/nap) csökkenni fog;
- további burkolt felületet kapcsolunk rá az esőkertre, vagyis növeljük a vízgyűjtő területet;
- nagyobb vastagságú talajréteget alkalmazunk, ami több vizet képes visszatartani.

Tegyük fel, hogy az esőkert felületét egyéb szempontok miatt nem lehet megváltoztatni, de további 100 m² burkolt felülettel növelhető a vízgyűjtő. Ebben az esetben:

$$V_{\text{ki}} = 0,005913 \times T_{\text{tározó}} + 0,048773 \times F_{\text{vízgyűjtő}} = 0,005913 \times 1500 \times DV + 0,048773 \times 200 = 18,6 \text{ l/nap,}$$

ami a 20 m²-es felületen 0,9 mm vízigény biztosítását jelenti naponta, ami a megduplázott vízgyűjtő terület ellenére csak 35%-kal több, mint amit a 100 m²-es vízgyűjtő esetén kaptunk, és még mindig elmarad az igényelt mennyiségtől.

Fordítsuk meg a számítást, és nézzük meg, hogy a vízigényhez mekkora tározótérre lenne szükség. A 20 m²-en a 1,2 mm/nap vízigény (V_{ki}) 24 liter vizet jelent naponta. Ezt a (4) egyenletbe beírva a következőt kapjuk:

$$T_{\text{tározó}} = 1483056 \times V_{\text{ki}} - 50327 \times F_{\text{vízgyűjtő}} = 148,3056 \times 24 - 5,0327 \times 200 = 2600 \text{ l.}$$

Tehát, ekkora kell, hogy legyen a talaj hasznosítható víztartalma ahhoz, hogy a vízigénynek megfelelő vízmennyiség átlagosan 60-65%-ban elérhető legyen a vegetációnak. Ebből a talaj szükséges térfogata

$$V_{\text{talaj}} = T_{\text{tározó}} / DV = 2600 / (25/100) = 10400 \text{ l} = 10,4 \text{ m}^3.$$

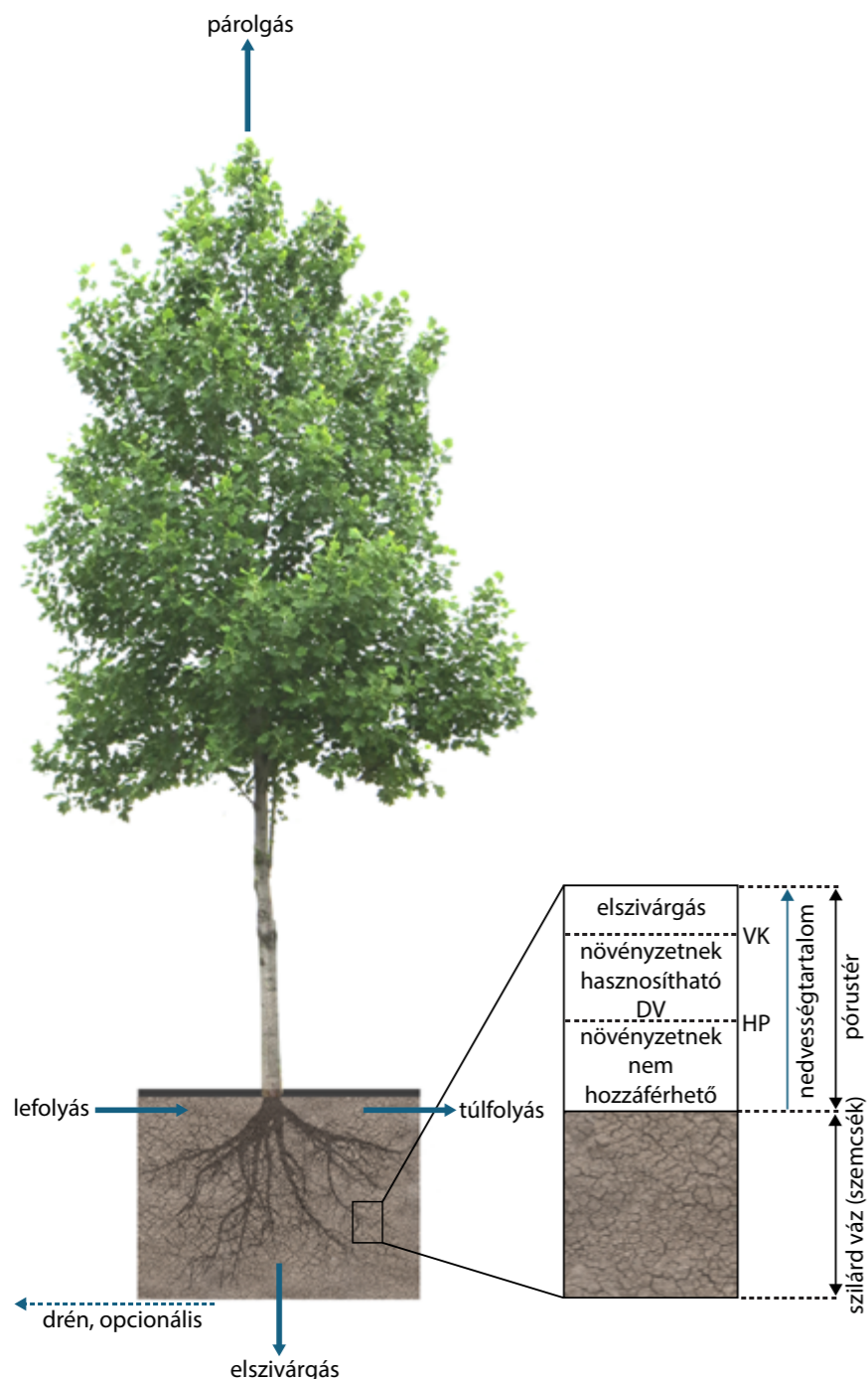
Ez a 20 m²-es esőkertben kb. 50 cm vastagságú talajt jelent.

Favermek tározó méretezése

Ide sorolhatók a konvencionális, a gyökércellás és a szerkezeti talajú (pl. SFR) favermek. Hidraulikai jellemzőit tekintve az esőkertnél lértak nagy része ezeknél a megoldásoknál is érvényes.

Az esőkertekhez képest különbséget jelent a favermek esetében az, hogy nincs szabad vízfelszín, a vízgyűjtő területről lefolyó vizek a megoldástól függően eltérő útvonalakon, de végül a fa gyökérzetének teret adó termőközegbe (SFR megoldásnál a szerkezeti talajba) jutnak. Ennek a vízigény alapú méretezés elvét tekintve nincs jelentősége, mert a fa számára potenciálisan hasznosítható nedvességet az esőkerthez hasonlóan a termőközeg szabadföldi vízkapacitása és a hervadásponti nedvességtartalma közötti diszponibilis víztartalom jelenti, de csapadékvíz-gazdálkodási szempontból hasznos tározótérfogatként – ellentétben az esőkertek felszíni mélyedésével – csak a talaj hézagrendszere vehető figyelembe.

Fontos azonban, hogy a termőközeg porozitása és szabadföldi vízkapacitása tág tartományban mozog attól függően, hogy van-e teherhordó szerkezet és ha igen, akkor az gyökércella vagy szerkezeti talaj. A Stockholm rendszerben kialakított favermek szerkezeti talajának tömegét adó zúzottkő porozitása 30-35% körüli, víztartó képessége viszont gyakorlatilag nulla. Nedvességet a kövek közé bemosott bioszén és magas minőségű humuszkomposzt keverék képes visszatartani, vagyis a szabadföldi vízkapacitás legfeljebb 25-30% lehet, ellentétben az organikus termőközegű (komposztos) esőkertek talajával, ahol a porozitás akár a 70-80%-ot is elérheti és szabadföldi vízkapacitása is gyakran 50% fölötti.



60. ábra
Favermek hidraulikai modellje

Szerkezeti/geometriai paraméterek

F_{faverm}	A favermek alapterülete, (m ²). Egymással hidraulikai értelemben összekapcsolt favermek esetén a teljes alapterület.
m_{talaj}	A favermek termőrétegének (szerkezeti talajának) vastagsága, (m).
V_{talaj}	A favermek talajának térfogata, (l). $V_{\text{talaj}} = F_{\text{faverm}} \times m_{\text{talaj}} \times 1000.$
VK	A termőközeg szabadföldi vízkapacitása, (%): az a nedvességtartalom, ami mellett a talajból gravitációsan már nem történik elszívógás. A növények által hasznosítható talajnedvesség készlet felső határa.
HP	A termőközeg hervadásponthoz tartozó nedvességtartalma, (%): a talaj azon nedvességtartalma, ami mellett a növény már éppen nem képes vizet felvenni, és tartós hervadás mutatkozik. Fontos megjegyezni, hogy ez nem feltétlenül jelent száraz talajt.
DV	Diszponibilis víztartalom, (%): a növényi vízfelvétel számára potenciálisan rendelkezésre álló talajnedvesség. $DV = VK - HP$

Tervezési/hatékonyág-értékelési paraméterek (tározási görbe használatához)

V_{ki}	A fa ökológiai vízigénye, (l/nap). Egymással hidraulikai értelemben összekapcsolt favermek esetén a fák vízigényének összege.
$F_{\text{vízgyűjtő}}$	Burkolt vízgyűjtő terület nagysága, (m ²).
$T_{\text{tározó}}$	A méretezésnél figyelembe veendő térfogat, (l). Megegyezik a talaj teljes térfogatának azon részével, ami a diszponibilis vizet tározni tudja. $T_{\text{tározó}} = V_{\text{talaj}} \times DV / 100.$

10. táblázat
Favermek méretezése szempontjából releváns paraméterek

Példa

Alapadatok

Egy Stockholm rendszerben ültetendő fa napi átlagos vízigénye a vegetációs időszakban 30 liter. A szerkezeti talajjal feltöltött tározótér 60 cm vastagságú, alapterülete $5 \times 8 = 40 \text{ m}^2$. A szerkezeti talaj szabadföldi vízkapacitása 25%, hervadásponti nedvességtartalma 12%. A fentiek alapján tehát:

- $F_{\text{faverm}} = 40 \text{ m}^2$
- $V_{\text{ki}} = 30 \text{ l/nap}$
- $m_{\text{talaj}} = 0,6 \text{ m}$
- $VK = 25 \%$
- $HP = 12 \%$

Kérdés, hogy mekkora vízgyűjtő terület vizét kell a favermekbe vezetni ahhoz, hogy a fa vízigénye a vegetációs időszak nagy részében teljesüljön.

Számítás

A favermek talajának összes térfogata:

$$V_{\text{talaj}} = F_{\text{faverm}} \times m_{\text{talaj}} = 40 \times 0,6 = 24 \text{ m}^3, \text{ vagyis } 24000 \text{ l.}$$

A talaj diszponibilis víztartalma:

$$DV = VK - HP = 25 \% - 12 \% = 13 \%.$$

A regressziós összefüggésbe beírandó tározó térfogat:

$$T_{\text{tározó}} = V_{\text{talaj}} \times DV = 24000 \times 13/100 = 3120 \text{ l.}$$

Ekkor a (3) egyenletet felhasználva, és $F_{\text{vízgyűjtő}}$ -re rendezve:

$$V_{\text{ki}} = 0,005913 \times T_{\text{tározó}} + 0,048773 \times F_{\text{vízgyűjtő}} \rightarrow F_{\text{vízgyűjtő}} = (V_{\text{ki}} - 0,005913 \times T_{\text{tározó}}) / 0,048773$$

A szükséges vízgyűjtő felülete:

$$F_{\text{vízgyűjtő}} = (V_{\text{ki}} - 0,005913 \times T_{\text{tározó}}) / 0,048773 = (30 - 0,005913 \times 3120) / 0,048773 = 237 \text{ m}^2.$$

A $T_{\text{tározó}} / F_{\text{vízgyűjtő}} \approx 13,16 < 25$ feltétel teljesül, tehát a regressziós összefüggés érvényességi tartományában történt a számítás.

Példák tározó méretezésére egyedi csapadékesemények alapján

Példa vízáteresztő burkolat alapréteg méretezésére

Alapadatok

Városi lakóterület egy játszótérének burkolatát vízáteresztő burkolatra cserélik. Az új burkolat alapterülete 250 m², legkisebb szélessége 4 m. A szivárogtató felület megegyezik az alapterülettel. A burkolatra a játszótér melletti kereskedelmi és kiszolgáló épületek tetővizét is rávezetik. A tetők vízszintes vetülete összesen 220 m², lefolyási tényezője 0.9. A burkolat alaprétege kavics, aminek porozitása 0.3. Az altalaj iszapos finomhomok, vízáteresztő képessége együtthatója $1,3 \times 10^{-6}$ m/s. A burkolat tározó alaprétegeből túlfolyó vizeket csapadékvíz csatornába vezetik. A csatorna üzemeltetőjével folytatott egyeztetés alapján a burkolatnak a 4 éves visszatérési idejű (p) csapadékokat be kell tudni tároznia, az ennél ritkábban (tehát kisebb gyakorisággal) jelentkező csapadékok túlfolyása megengedett. A klímaváltozás biztonsági szorzót (b) az OVF 1/2021. Főigazgatói utasítása szerint 1.1-nek vesszük fel (megjegyezzük, hogy a lefolyás számítása itt nem racionális módszerrel történik, ezért utasításban foglaltak alkalmazása nem kötelező). A leürülési idő maximuma 1 nap.

Tehát

$$A = 250 \text{ m}^2$$

$$F_{\text{vízgyűjtő}} = A_{\text{burkolat}} + A_{\text{tető}} = 250 + 120 = 370 \text{ m}^2$$

$$\alpha_{\text{tető}} = 0,9$$

$$n = 30 \%$$

$$k = 1,3 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

$$p = 4 \text{ év}$$

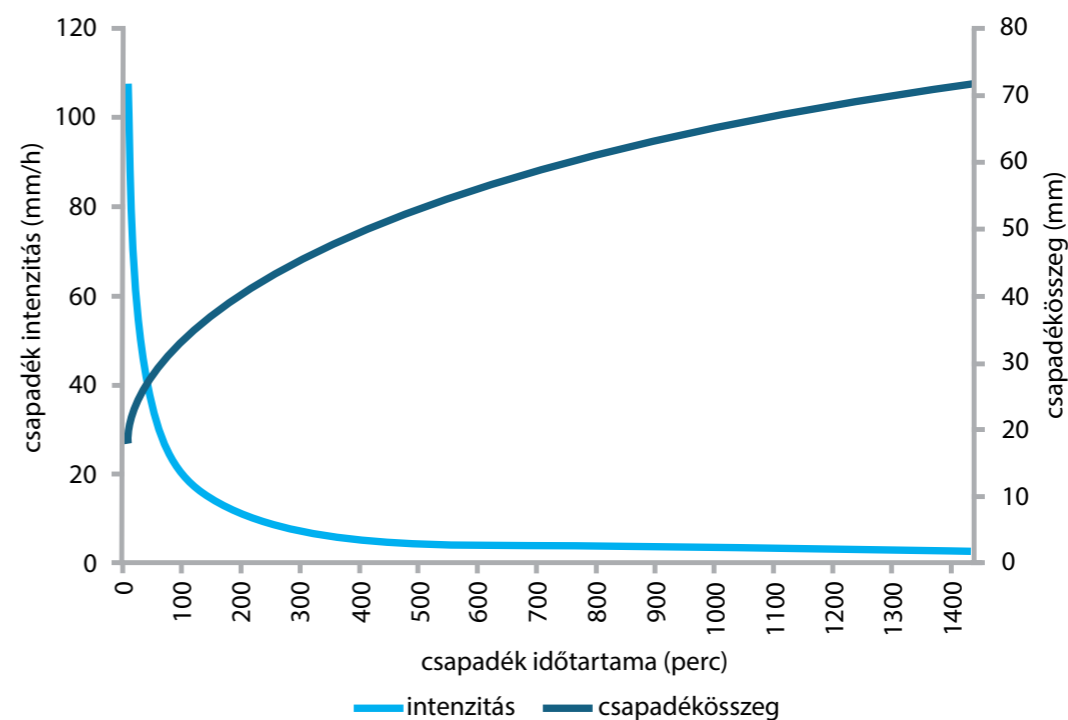
$$b = 1,1$$

$$T_{\text{leürülés,max}} = 1440 \text{ perc.}$$

Kérdés: mekkora legyen a burkolat tározó alaprétegének minimális vastagsága?

Számítás

Az OMSZ-től a csapadék intenzitás értékeket $t_c = 10$ perctől $t_c = 1440$ percig 10 perces osztásközökkel kaptuk meg (**17. ábra**). Az ábrán érdekességképpen feltüntettük a csapadékösszegeket is, ami a számított és a klímaváltozási biztonsági szorzóval korrigált intenzitások és csapadék időtartamok szorzataként adódik.



61. ábra
4 éves visszatérési idejű, különböző időtartamú csapadékok intenzitása és csapadékösszege a klímaváltozás biztonsági szorzóval korrigálva

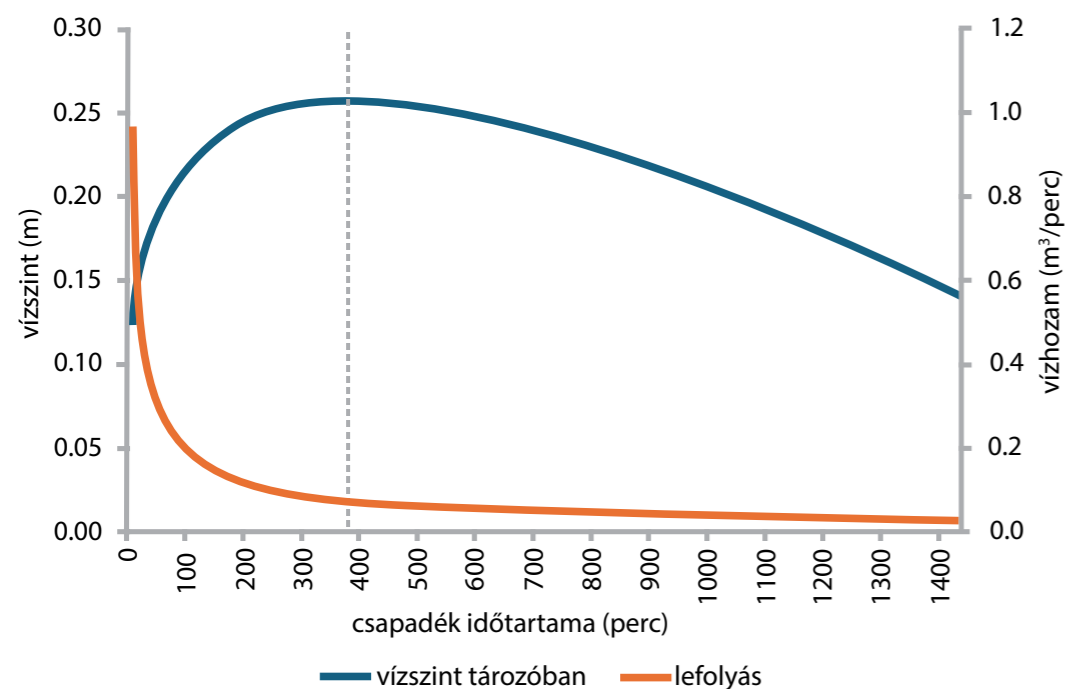
A lefolyás számításánál figyelembe vesszük, hogy a tető lefolyási tényezője 0.9 és feltételezzük, hogy a burkolatra hulló csapadék maradéktalanul be tudna szivárogni. Így

$$Q_{\text{lefolyás}} = \alpha \cdot \frac{i}{1000 \cdot 60} \cdot F_{\text{vizgyűjtő}} = \frac{A_{\text{tető}} \cdot \alpha_{\text{tető}} + A_{\text{burkolat}} \cdot 1}{F_{\text{vizgyűjtő}}} \cdot \frac{i}{1000 \cdot 60} \cdot F_{\text{vizgyűjtő}}$$

A tározó töltöttségét minden csapadék időtartamra kapott lefolyó vízhozammal számítva kapjuk, hogy a mértékadó állapot a 380 perces csapadék tartozik, és ekkor a tározórétegben a vízszint

$$h_{t_c=380 \text{ perc}} = \frac{100 \cdot t_c \cdot (Q_{\text{lefolyás}} - 60 \cdot k \cdot A)}{n \cdot A} = \frac{100 \cdot 380 \cdot (0.0697 - 60 \cdot 1.3 \cdot 10^{-6} \cdot 250)}{30 \cdot 250} = 0.254$$

Vagyis a legnagyobb kialakuló vízszint 25,4 cm.



62. ábra
Különböző időtartamú csapadékesemények alkalmával burkolatot terhelő lefolyás, és a burkolat tározó alaprétegében kialakuló legmagasabb vízszintek

A tározóréteg vastagsága ez alapján $m = 26$ cm. A burkolat legkisebb vízszintes mérete 4 m, ezért a töltöttség és leürülési idő számításához használt összefüggés alkalmazható, mert $4 / 0.26 > 5$ feltétel teljesül (lásd 1.2.3 fejezetet).

A leürülési idő:

$$T_{\text{leürítés}} = \frac{n \cdot m}{6000 \cdot k} = \frac{30 \cdot 0.26}{6000 \cdot 1.3 \cdot 10^{-6}} = 1000$$

Ez kisebb, mint az előírt 1440 perc, így a tározóréteg vastagsága megfelel.

Példa vízigény alapján méretezett faverem túlfolyás vizsgálatára

A 2.5 fejezet példájában bemutatott Stockholm rendszerben ültetendő fa vízigénye alapján meghatározott vízgyűjtő területe 237 m², lefolyási tényezője 0,9. A szerkezeti talaj porozitása 0,3. Az altalaj kavicsos, sittes durva homok, vízáteresztő képességi együtthatója 4×10^{-4} m/s.

Tehát

$$\begin{aligned} F_{\text{vizgyűjtő}} &= 237 \text{ m}^2 \\ \alpha &= 0.9 \\ A &= 40 \text{ m}^2 \\ m_{\text{talaj}} &= 0.6 \text{ m} \\ VK &= 0.25 \\ n &= 30 \% \\ k &= 4 \times 10^{-4} \text{ m/s} \end{aligned}$$

Kérdés: keletkezik-e túlfolyás a szerkezeti rétegből 10 éves visszatérési idejű csapadékokból?

Számítás

Mivel az altalaj nagyon jó vízáteresztő képességű, élhetünk a gyanúval, hogy a szerkezeti talajból gravitációsan leszivárgó vizet maradéktalanul el tudja vezetni. Nézzük meg a maximális vízszint számításához használandó összefüggést:

$$h_{t_c} = \frac{100 \cdot t_c \cdot (Q_{\text{lefolyás}} - 60 \cdot k \cdot A)}{n \cdot A}$$

Ha a $60 \cdot k \cdot A > Q_{\text{lefolyás}}$ reláció teljesülne, akkor h_{t_c} negatív lenne, ami azt jelenti, hogy a lefolyás mellett nem alakulna ki összefüggő vízréteg a szerkezeti talajban. A legnagyobb lefolyó vízhozamot a legrövidebb, 10 perces csapadéknál kapjuk. Az OMSZ által közzétett adatok alapján ennek értéke a tervezési területen 94.5 mm/h, vagyis

$$Q_{\text{lefolyás}, t_c=10 \text{ perc}} = \alpha \cdot \frac{i}{1000 \cdot 60} \cdot F_{\text{vizgyűjtő}} = 0.9 \cdot \frac{94.5}{1000 \cdot 60} \cdot 237 = 0.34 \frac{\text{m}^3}{\text{perc}}$$

Az elszivárgó vízhozam pedig

$$60 \cdot k \cdot A = 60 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 237 = 0.96 \frac{\text{m}^3}{\text{perc}}$$

Mivel $0.96 > 0.34$, vagyis a talaj szivárgató képessége jelentősen meghaladja a 10 éves visszatérési idejű csapadékok legnagyobb lefolyását, ezért további számítások nélkül is kijelenthető, hogy 10 éves csapadékból nem keletkezik túlfolyás.

9. Hazai és nemzetközi példák

Koppenhága – szivacs város a koncepciótól a megvalósulásig

Koppenhága a fenntartható csapadékvíz-kezelés egyik éllovasa Európában. A kezdő lökést, mint sok esetben, itt is egy katasztrófa adta. 2011-ben 135,4 mm csapadék zúdult Koppenhágára, amely elöntötte az egész várost és hatalmas károkat okozott. Csúpn két évvel később, a katasztrófa megismétlődött, egy 100 éves gyakoriságú csapadékkal. A városvezetés tudta, hogy ha az elöntések gyakorivá válnak, a biztosítók nem fedezik többé az azok által okozott károkat, és ez a földszinti funkciók halálát is jelentheti a belvárosban.

Városi tervezési szint

A város eldöntötte, hogy a 2011-ben kiadott Klímaadaptációs Akcióterv részeként elkészíti egy Cloudburst Management Plan-t, azaz egy „Felhőszakadás kezelési tervet” is, mely kifejezetten a növekvő intenzitású csapadékok veszélyeire készíti fel a várost a következő száz év távlatában.¹

A tervezési folyamatban egy több szakterületet képviselő érintettek csoportja - egyetemek, tervező irodák, és különböző városi szervezeti egységei - vettek részt. A város két, tisztán megfogalmazott tervezési célt tűzött ki maga elé:

- a jövőben épületekbe nem juthat be csapadékvíz;
- ha el is borítja a víz az utcát, a vízmagasság nem haladhatja meg a 12 cm-t, így a járdák használhatóak maradnak.

Elsőként egy számos adatbázis rétegzésével készült probléma analízis, mely tartalmazta:

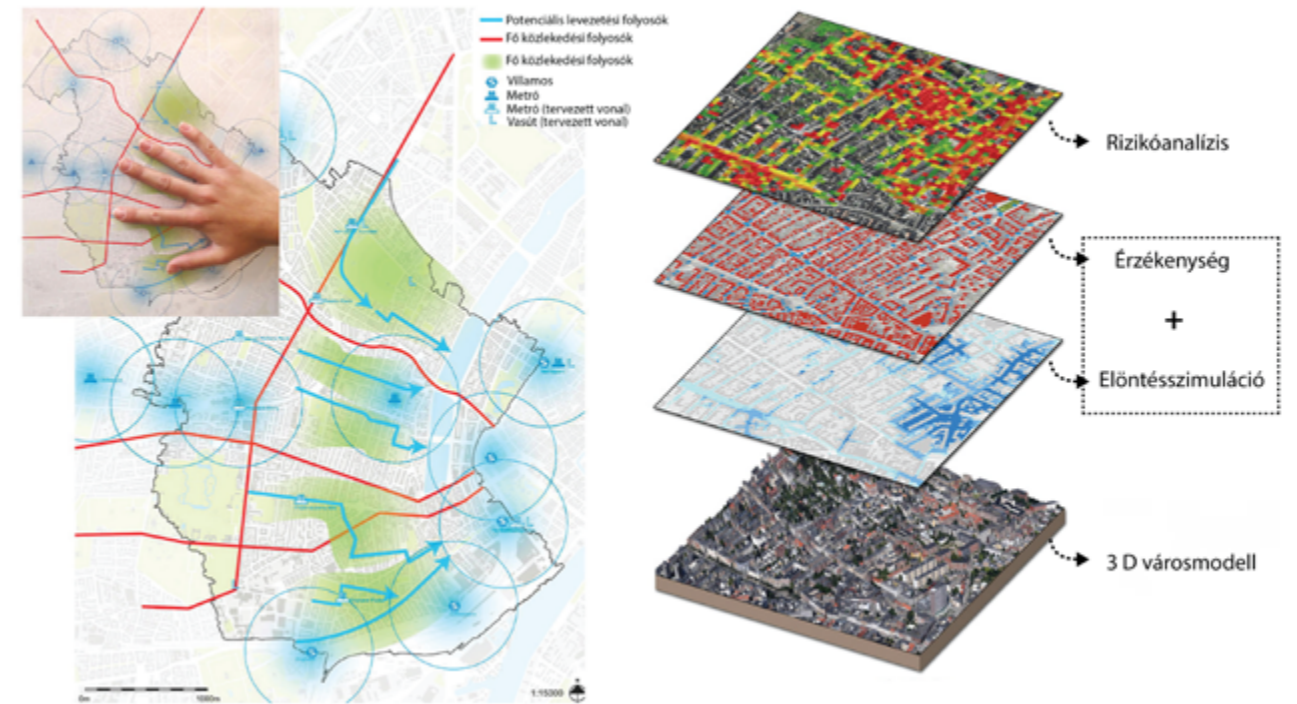
- A város digitális 3D terepmodelljét;
- Az épületállomány adatait (pl. kor, funkció);
- A csatornarendszer 3D modelljét;
- A város 2100-ra prognosztizált klímamodelljét;
- A közlekedési rendszert.

Ezekből készült el a lefolyási modell (lásd: **64. ábra**), mely megmutatta a lefolyási útvonalakat és a várható elöntési területeket. A kockázatelemzés a területek elöntési gyakoriságát vetette össze az elöntött objektumokban okozható kár mértékével a **63. ábrán** látható mátrix alapján (pl. egy kórház elöntése sokkal nagyobb problémát okoz, mint egy parké). Így alakult ki egy térkép, mely alapján meghatározhatóak voltak a legfontosabb cselekvési területek.

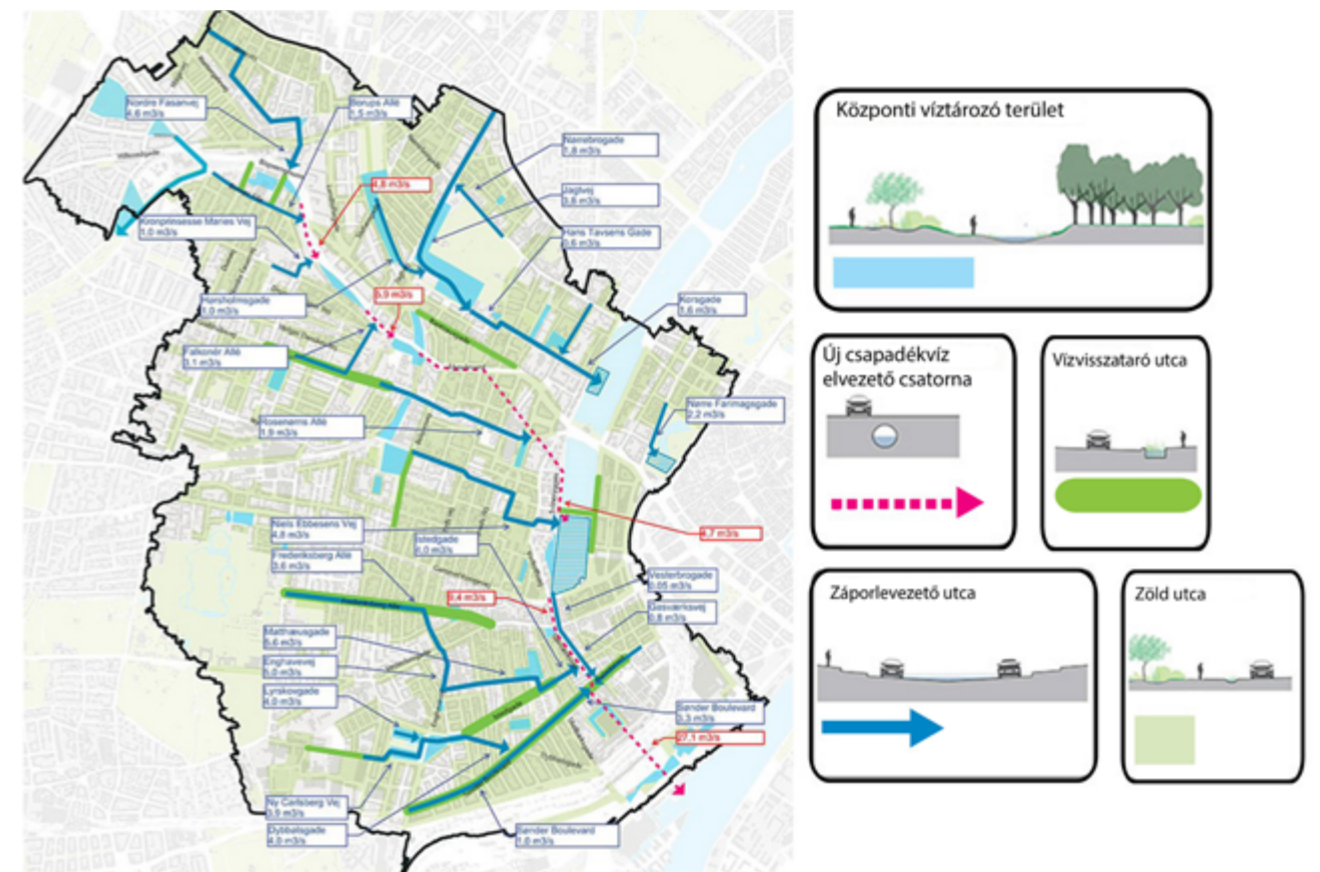
Valószínűség \ Kár	Veszély mértéke			
	Alacsony	Közepes	Magas	
Kevésbé valószínű	Elfogadható	Elfogadható	Mérsékelt	
Valószínű	Elfogadható	Mérsékelt	Tolerálhatatlan	
Nagyon valószínű	Mérsékelt	Tolerálhatatlan	Tolerálhatatlan	

63. ábra: Sérülékenység vizsgálat kategóriáinak elve a Klímaadaptációs Akciótervben.
Forrás: COWI et al., 2011, p. 10, fordítás: Csizmadia D.

A terv készítésébe bevont tervezőirodák elemezték, milyen lehetőségek adódnak a víz lefolyási nyomvonal mentén annak visszatartására, lassítására, és extrém vízmennyiség esetén a minél előbbi levezetésére is. A tervezők különböző városi szabadtér típusokat definiáltak és ezekhez társítottak kialakítási javaslatokat (65. ábra). Ahol rendelkezésre állt zöldfelület, annak lesüllyesztésével hoztak létre szikkasztó zónákat, ez azonban önmagában nem volt elégséges megoldás a sűrű belvárosban.



64. ábra: Alapadatok és az ezekre épülő vázlatos koncepció.
Forrás: Ramboll és Ramboll Studio Dreiseitl, fordítás: Csizmadia D.



65. ábra: Koppenhága tervezett hatvan kék-zöld folyosója és négy új csapadékvíz elvezető csatornája
Forrás: Ramboll and Ramboll Studio Dreiseitl, 2016.

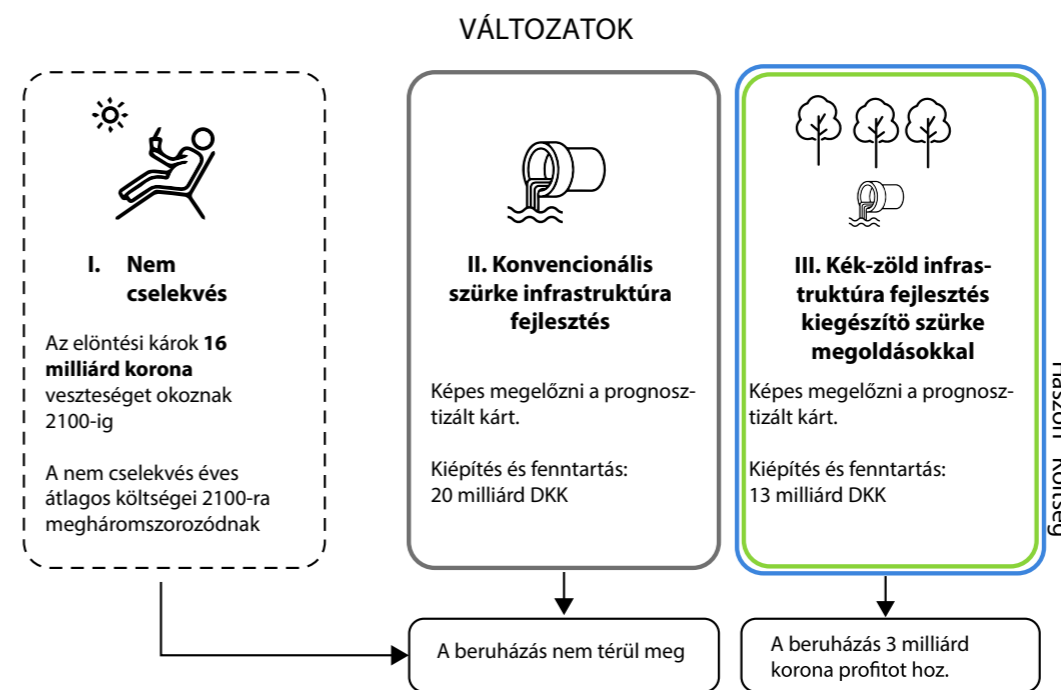
¹ Ebből is látható, hogy a szivacs város koncepciójának lehetnek különböző súlypontjai tervezési területtől függően. Míg Budapest melegebb és szárazabb klímája miatt a fő hangsúly a város hűtésén és a növényzet vízellátásán van, addig az északi városokban gyakran a csapadékcúcs csökkentése a fő cél. A csapadékvíz visszatartása mindezen problémákra megoldásul szolgál.

A magas burkoltság miatt a koncepciónak radikálisan új szemlélettel kellett helyet teremteni a víznek a városi szabadtereken. Egy felhőszakadás esetén egyes utcák sekély, de nagy területű vízgyűjtőkké alakulnak. Az útburkolatok vízborítása csak rövid ideig tart, és maximum 12 centiméter magas, így a járművek szükség esetén át tudnak hajtani a vízben, a járdák pedig mindig szárazon maradnak (66. ábra). Ezeket a megoldásokat a szükséges helyeken csatornafejlesztés egészíti ki, ami vészhelyzetben a felszíni rendszer túlfolyóin keresztül el tudja vezetni a nagy intenzitású csapadék maradék részét.



66. ábra
Egy javasolt megoldás egy tipikus belvárosi utcára.
Forrás: Ramboll and Ramboll Studio Dreiseitl, 2016.

A tervek validására Kopenhagen különböző pénzügyi számításokat végzett, melyek eredményét az e. ábra foglalja össze. Bár mind a szürke infrastruktúra bővítésére alapozó konvencionális, mind a kék-zöld változat képes elhárítani a károkat, csak a kék-zöld infrastruktúra alkalmazása bizonyult kifizetődőnek annak alacsonyabb beruházási költségei miatt. Megjegyzendő, hogy a szivacs város eszközök számos pozitív hatása nehezen fejezhető ki pénzeszközben, mint például a parkban töltött idő jótékony hatása a pszichére vagy az egészségi állapotra, így a teljes nyereség valószínűleg magasabb, mint a becsült érték. A stratégia indulásakor a kivitelezési költségek természetesen nehezen számíthatóak, hiszen még nincs elégséges mintaprojekt. Ezért az elkészülő projektek állandó monitorozásával a stratégia évente felülvizsgálásra kerül és tovább finomodik.



67. ábra
A koppenhágai csapadékvíz stratégia egyes változatainak összehasonlítása
Forrás: Csizmadia Dóra

A város 350 kisebb projektre bontotta le a stratégia megvalósítását, melyek a terv szerint, évente átlagosan 15 átadott projekttel 2033-ra készülnének el. A stratégia megvalósítására részletes költségkalkuláció készült. A projektek megvalósítási sorrendjénél négy fő szempont játszik szerepet:

- a magas sérülékenyséű területek mielőbbi védelme,
- az egyszerű megvalósíthatóság,
- az integrálhatóság az éppen zajló más projektekbe és
- együttműködés/összekapcsolás lehetősége más városi funkciókkal.

A város nagyban támaszkodik a helyi közösség és vállalkozások ötleteire és részvételére is és intenzíven kommunikálja a készülő projekteket.

Az építési költségeket nagyrészt a csapadék-elvezetési díj fedezi. Ki kellett építeni a kék-zöld eszközök pénzügyi támogatásának jogi rendszerét is: korábban például a városi útkezelő kizárólag útfejlesztésre, a csatornázási művek csupán csatornaépítésre költötte a kapott támogatásokat, így a meglévő rendszerben kék-zöld eszközök megvalósításához egyik cégnél sem lehetett forrást rendelni.

Østerbro Klimakvarter – Koppenhága

Helyszín: Koppenhága, Dánia; **Beruházó:** Copenhagen Municipality at the Center for Parks and Nature, Area renewal Skt. Kjelds Kvarter, Københavns Gårdhaver, København Energi and Miljøpunkt Østerbro; **Építés éve:** 2011-2016

A koppenhágai Østerbro városrész 105 hektáros projektterülete Dánia első klímaadaptációs városmegújítási projektje. A Klimakvarter projekt fő célja a csatornarendszert túlterhelő lefolyás csökkentése, elsősorban a csapadékvíz helyben való, felszíni kezelésével. A víz helyben tartására a projektek változatos, látványos megoldásokat használnak, amik nem elrejtik, hanem bemutatják a vízkörforgás folyamatát és a természet változékonyságát. A projekt az alábbi négy projekt típusra fókuszál: utcák, terek, udvarok és épületek. Az alábbiakban az első három kategória kerül bemutatásra.



68. ábra
Østerbro Klimakvarter
terve
Forrás: klimakvarter.dk

Utcák

A meglévő utcák átalakításakor a két fő cél egy zöldőbb, élhetőbb környezet létrehozása és a nagy esőzések esetére a lefolyási út szabadbá tétele.

Azokon az utakon, ahol a járda szükségtelenül széles, annak egy része zöldsávvá alakítható. A járdák, parkolósávok és közlekedési „hulladékterületek” racionalizálásával így a burkolt felületek 20%-a, mintegy felszabadíthatóvá vált: az így nyert új zöldfelületeken buja növényzet segíti a víz szikkasztását, a város hűtését, a városi életminőség javítását és a környező ingatlanok értékének emelését.

A közlekedési felületek áttervezésekor eltávolításra kerülnek az úttestről olyan akadályok, amelyek a vizet egy nagy eső esetén a járdára és az épületek felé vezethetik, pl. fekvő rendőrök vagy felemelt útszakaszok.

Sankt Kjelds tér

Helyszín: Koppenhága, Dánia; **Beruházó:** Koppenhága városa; **Tervező:** SLA Architects; **Építés éve:** 2015 — 2019

A Sankt Kjelds tér egyben közlekedési csomópont és park, ahol az útfelületek újragondolásával nyertek helyet új zöldfelületek létrehozásához. A leérkező csapadékvíz 30%-a a növényfelületeken szikkad el, a nagy csapadékok pedig a zápor levezető utakon vagy a csatornarendszeren keresztül érik el a befogadót. Az utak jégtelenítésére káliumformiátot használnak a növényzet védelmére.

A projekt esztétikája és növényalkalmazása már a tájépítészet új hullámát képviseli. A tervező beviszi a természetet a városba, a növényzet sűrű és magas diverzitású, a területen 586 fa és 46 különböző honos fajfaj került alkalmazásra. A növényhasználat egyszerre támogatja a helyi biodiverzitást és a klímaadaptációt, hiszen a nagyobb lombtömeggel rendelkező, diverz vegetáció ellenállóbb a szárazsággal szemben, de több vizet is vesz fel, és intenzívebben hűti a környezetet.



50. fotó A Sankt Kjelds tér egyben közlekedési csomópont és közpark



69. ábra A csomópont az átépítés előtt és után (azonos képkivágat) Forrás: www.sla.dk/cases/sankt-kjelds-square-and-bryggervangen



51. fotó A szikkasztó árkok hálózata és az út mentén kialakított „mini wetland”-ek a legintenzívebb felhőszakadásokat is kezelik

Terek

Terek esetében több hely adódik nagyobb mennyiségű csapadék tározására is. A koppenhágai projektek esetében általános cél, hogy a városrekonstrukció minél nagyobb zöldfelületi arányt hozzon létre, és ne csupán az útfelületek, de a környező tetőfelületek csapadék-vize is ide kerüljön.

Taasinge tér

Helyszín: Koppenhága, Dánia; **Beruházó:** Copenhagen Municipality at the Center for Parks and Nature, Area renewal Skt. Kjelds Kvarter, Københavns Gårdhaver, København Energi and Miljøpunkt Østerbro; **Tervező:** GHB Landscape Architects; **Építés éve:** 2013 -2015

A park tervezőinek fő célja az intenzív esőzések lefolyásának visszatartása és a fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás játékos bemutatása és oktatása. A tér ciszternái és zöldfelületei a környező 6000 m²-es burkolt felület és a szomszédos tetőfelületek 7000 m³-nyi lefolyásának visszatartásáról és szikkasztásáról gondoskodnak.

Esőben a tetőről lefolyó víz csapadék tisztítás után egy földalatti ciszternába kerül. A tér közepén fordított esernyő alakú szobrok gyűjtik a csapadékot, mely szintén a ciszternába kerül. A burkolat egyes köveire lépve a felszínre pumpálhatjuk a vizet, amely a vízcsepp alakú szobrok alól a téren végigfolyva a három összekötött, süllyesztett szikkasztózóna felé folyik. Ha a ciszterna megtelik, a víz külső beavatkozás nélkül is, gravitációsan a szikkasztófelületekre kerül. A csapadékvíz elsőként a nyugati ágyba jut be, majd ha ez megtelt, egy túlfolyón keresztül átbukik a második, majd harmadik ágyásba.

A növényalkalmazás figyelembe veszi, hogy a három szikkasztózóna az eltérő elöntési gyakoriságú, és olyan fajokat alkalmaz, amelyek élőhelyül és táplálékul szolgálhatnak a honos fajok számára.

A szikkasztófelület egyéves gyakoriságú csapadék esetén 10%-ig, 25 éves gyakoriságú csapadék esetén 30%-ig, 100 éves gyakoriságú csapadék esetén pedig 40%-ig telik meg. Az utolsó ágyás túlfolyója egy közeli patakba továbbítja a már nem tározható vízmennyiséget.



52. fotó Esernyő alakú vízgyűjtők és csepp alakú víztározók



53. fotó A támfalban lévő átereszekon keresztül a víz a második kazettába juthat



54. fotó Süllyesztett zöldterület előntéstűrő növényzettel



55. fotó A lépcsős szegélykialakítás biztosítja a zöldfelület megközelíthetőségét

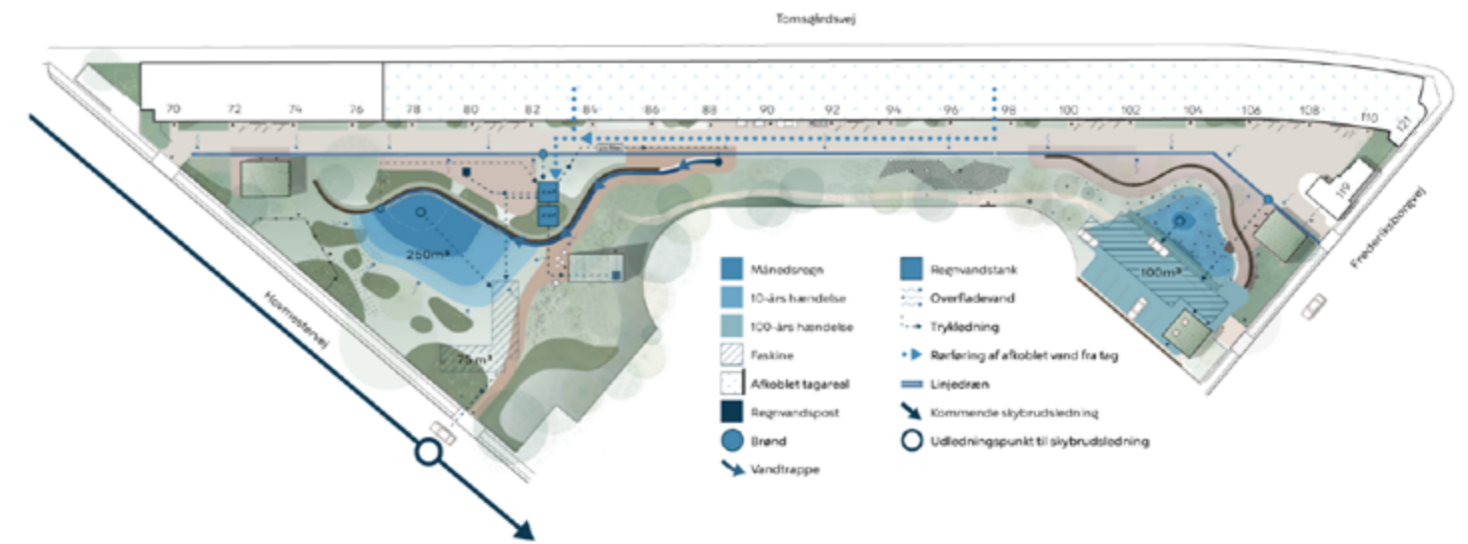
Udvarok

A keretes beépítés kisebb-nagyobb belső kerteket definiál, amelyek esetében a csapadékvíz-visszatartás egyik fő célja egy ellenállóbb, bujább, természetesebb vegetációval rendelkező, izgalmas szabadter kialakítása, amely segíti az erős lakóközösség kialakulását és helyet teremt a gyerekek számára a természet felfedezésére. A programban több „Jövő udvarai”-nak nevezett modellprojekt készül, ezek közül az egyik első Tomsgårdsvej.

Tomsgårdsvej

Helyszín: Koppenhága, Dánia; **Beruházó:** Koppenhága városa, a HOFOR (Koppenhágai Vízművek) társfinanszírozásával, AB Storgården; **Tervező:** SLA Tájépítész Iroda; **Építés éve:** 2018 - 2022

A belső udvar legmeghatározóbb eleme a két teresedésen végighúzódnó döngölt vályogfal, melyek elválasztják a kert két legnagyobb vízgyűjtő területét az épülettől. A felszíni tározófelületeket felszín alattiak egészítik ki, ennek köszönhetően a park mind a tetőfelületek, mind a burkolatok vizét képes tározni. A két fő kertrészt egy 450 méter hosszú kalandösvény köti össze, a 80 m hosszú „vízlépcső” felszíne pedig úgy került kialakításra, hogy a csobogó víz hangja segítsen elnyomni a forgalom zaját. A kert főbb elemei, mint az új télikert vagy a kerítés, mind újrahasznosított építőanyagokból készültek.



70. ábra Az udvar vízgazdálkodási koncepciója. Forrás: SLA, Jon Bjarni Hjartarson, Denmark



56. fotó Felszíni tározó felület

Trabrennbahn lakónegyed



Helyszín: Hamburg, Németország; **Beruházó:** Trabrennbahn Hamburg Farmsen GbR;
Tervező: Kontor Landschaftsarchitekten; **Építés éve:** 1996-2000

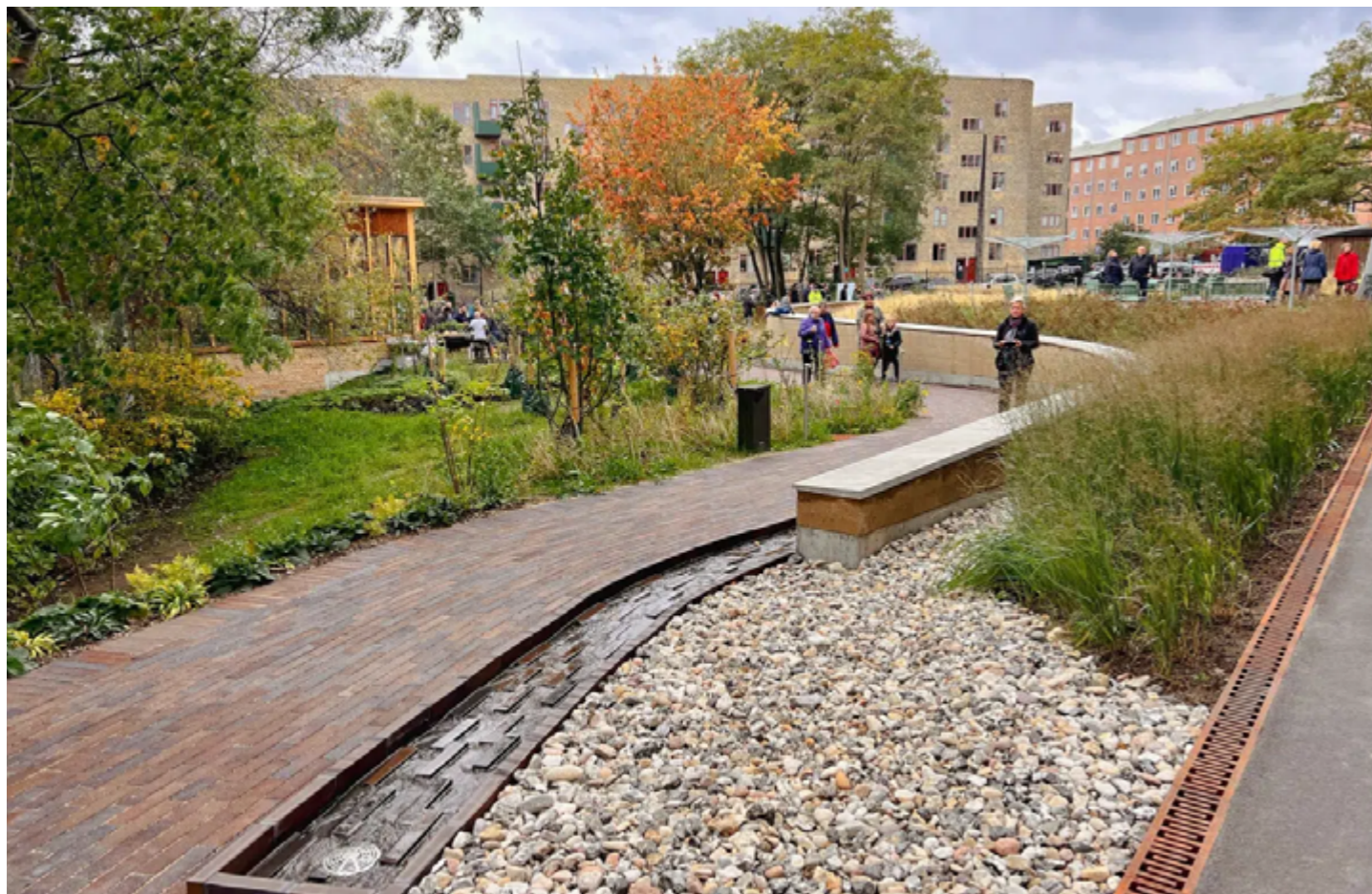
Ahogy a név is utal rá, a lakópark egy egykori hamburgi lóversenypálya helyére épült. A tervezés legfőbb kihívása a magas talajvíz és az agyagos, vízzáró talaj volt, melyhez társul a város csapadékos klímája. Az 1160 lakásos lakóterület és az ezt kiszolgáló óvoda, iskola és idősgondozó az egykori pálya vonalára épültek, középen pedig megtartásra került a zöldfelület és az egykori agyagbányászatból visszamaradt kis tavak. A területen nyílt csapadékvíz-elvezetést alakítottak ki. A nyílt vízvezetés különösen ajánlott, ha a szikkasztás nem lehetséges, mert nagy vízmennyiség képes párolgás útján „kijutni” a területről. A házakról lefolyó csapadékot ideiglenes vízborítású terméskő vápák és nyílt gyepek árkok gyűjtik össze és vezetik tovább. A vizet a két ovális épületsor közötti, állandó vízborítású, több ponton visszaduzzasztott, lassú folyású csatorna gyűjti össze. A csatorna kialakítása a központi sétány felől mesterséges, lépcsős kialakítású, így a vizet meg lehet közelíteni. Az épületek felőli oldala egy természetes tópartra hasonlít, melynek növényzete szűri és tisztítja a csapadékvizet. A víz végül a csatornából a központi bányatavakba jut. Innen a víz túlfolyón keresztül a közeli patakba kerül.



57. fotó Döngölt vályogfal választja el a kert vízgyűjtő területeit az épülettől



59. fotó A lakóterület csapadékvizét befogadó egykori bányatavak egyike



58. fotó A kertrészeket összekötő „kalandösvény” mellett húzódó vízlépcső



60. fotó Parkolófelület csapadékvizének gyűjtése



61. fotó A víz a vápákon keresztül a fő csatornába kerül

Lakónegyed a rummelsburgi öböl mellett



Helyszín: Berlin, Németország; **Beruházó:** Wasserstadt GmbH Berlin;
Tervező: Sieker GmbH (csapadékvíz-gazdálkodás); **Építés éve:** 1994-

A Kelet-Berlinben található Spree-öböl három fontos csapadékvíz-csatorna befogadója. Az 1990-es évek első felében született döntés a kelet-berlini Spree-öböl körüli rozsdamezős terület lakó- és irodanegyeddé alakításáról. A tervezést megelőző környezeti hatásvizsgálatból kiderült, hogy a 41 km²-es terület csapadékvizét befogadó öböl vízminősége nem kielégítő. Az új negyednél ezért alapelv volt a további terhelés megakadályozására a csapadékvíz teljes helybentartása és egyben tisztítása is. Az öböl mentén egy 5,5 km-es zöldfolyosó létesült, mely egyben a lakóterület fontos gyalogos és kerékpáros tengelye is. A vízparti területek élővilágának megtartása, ökológiai értékének további növelése is a projekt fontos célja volt, melyet az öböl vízminőségének javításával, új élőhelyek kialakításával és háborítatlan vízparti területek kijelölésével is elősegítettek.

Az épületek jelentős részét extenzív tetőkert fedi, innen a víz az intenzív tetőkertként kialakított mélygarázs födémre jut. Az utak mentén a forgalom mértékétől függően egyszerű szikkasztóárkok, illetve egyedülálló, hálózatba kötött, valamint alulról szigetelt drénezett szikkasztóárkok kerültek kialakításra. A csapadékvíz vezetése és kezelése a szabadterek arculatának meghatározó eleme.



62. fotó Az épületek közötti gyalogos sétány és a csapadékvizet összegyűjtő mesterséges vízfolyás



64. fotó Áttört szegély vezeti a csapadékvizet az útburkolatról a gyepes szikkasztóárkokba



63. fotó A lakónegyed külső karéjának csapadékvizét nyílt gyepes árok gyűjtí és köti be a központi vízfolyásba



65. fotó Gyepes kerékpártárolók és szikkasztóárkok



66. fotó Vízáteresztő burkolatok és szikkasztó zöldfelület



67. fotó Az utak esővizét gyűjtő süllyesztett zöldfelület, mely kisebb eső idején szikkasztóárokként, felhőszakadás esetén ideiglenes víztározóként működik.



68. fotó Többszintes zöldfelület és játszótér vízáteresztő burkolattal. Az enyhén visszafelé lejtő teraszok tárolják és szikkasztják a csapadékot.

Blaha Lujza tér megújítása

Helyszín: Budapest: VIII. kerület; **Beruházó:** Budapest Főváros Önkormányzata; **Tervező:** Lépték-Terv Tájépítész Iroda;
Kivitelező: Strabag STR Mély-és Magasépítő Kft.; **Építés éve:** 2021-2022

A Blaha Lujza tér megújítása során egyedülálló kiterjedésben, mintegy 2400 m² alapterületen került alkalmazásra a Stockholm Faültetési Rendszer. A megújult téren 1000 négyzetméter új zöldfelület jött létre, és 80 új fa került elültetésre. Az új fák egyik része egybefüggő zöldfelületbe, a másik része pedig a burkolatba került, teljes talajcserével és talajszint alatti öntözőrendszerrel. Eközben a Blaha Lujza teret korábban zölddé tevő értékes fák is megmaradtak, köztük az a két koros tölgy, amelyet 1969-ben ültettek át a térre a Tabánból, már akkor is koros állapotukban.



69. fotó Megújult Blaha Lujza tér kiterjedt Stockholm Faültetési Rendszer alkalmazásával

Esőkertek kialakítása Budapesten

Helyszín: Budapest I. és III. kerület; **Beruházó:** Budapest Főváros Önkormányzata; **Tervező:** BKM Nonprofit Zrt. FŐKERT Kertészeti Divízió; **Kivitelező:** BKM Nonprofit Zrt. FŐKERT Kertészeti Divízió; **Építés éve:** 2022-2023

Pünkösdfürdő parkban kialakított esőkertek

A többszörösen díjazott, III. kerületi Pünkösdfürdő parkban kialakításra került három esőkert, ugyanis a területen évek óta megoldatlan volt a csapadék elvezetése, a sódypálya alján esőzések után a víz megállt, jelentős közlekedési problémákat generálva. A kialakított esőkert-rendszer ezt a problémát orvosolta.

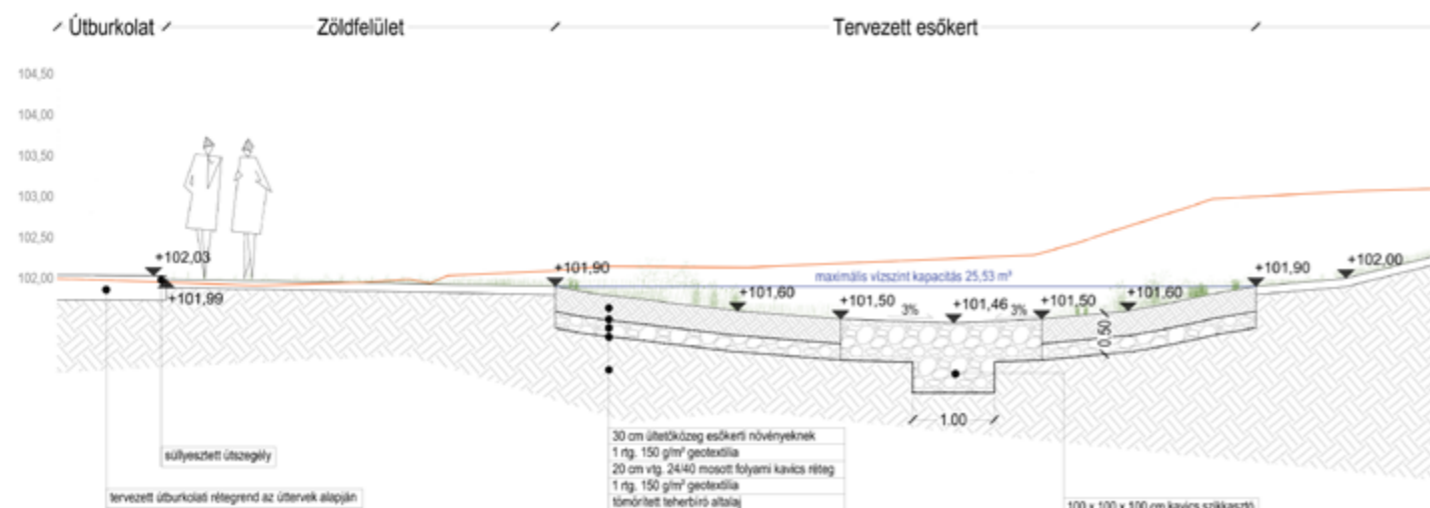
A tervezett esőkertek kapacitástervezése során a zöldfelületről érkező, valamint a tervezett aszfaltburkolatról érkező csapadékmennyiség is figyelembevételre került az alábbiak szerint.

Helyszín	Összesen szükséges	Tervezett kapacitás
Északi esőkert	35,88 m ³	36,11 m ³
Déli esőkert	25,48 m ³	25,53 m ³

12. táblázat
Esőkertek vízbefogadó képessége (Pünkösdfürdő)

Az esőkertek rétegtrendjét – növénybeültetés esetén – a **71. ábra** mutatja. Az esőkertek mélypontján egy-egy kiegészítő szikkasztó tervezett, 1x1m-es alapterületen további 50 cm mélységgel.

Az esőkertek jelentős részén olyan speciális vegyes növényfelületek kerültek kiültetésre, melyek túrik az időszakos vízborítottságot – változó vízmélységben –, a magasabb térszinteken pedig vízparti vagy vízimitátor növények kerültek alkalmazásra.



71. ábra Pünkösdfürdő park – déli esőkert terepmetszete (részlet)

Vérmező területén kialakított esőkertek

A Vérmező parkterület mélypontján kialakított esőkert-rendszer többféle karakterű esőkertet foglal magába. A négy esőkert egymástól független rendszerű, alaprajzi kialakításuk a meglévő fák favédelmi zónáinak figyelembevételével alakult ki. A benapozottság és az időszakos vízborítottság mértéke határozta meg az alkalmazott növényanyagot. A klasszikus esőkert rétegtrendi alkalmazás mellett kísérleti jelleggel kialakításra került egy ún. Seattle-módszert követő, talajcserével és komposztfeltöltéssel működő elem, melybe vízparti fák [enyves éger (*Alnus glutinosa*), kecskefűz (*Salix caprea*) és törékeny fűz (*Salix fragilis*), valamint vénic szil (*Ulmus laevis*)] és a vizes környezethez alkalmazkodó cserjék is kerültek az évelők mellett.



70. fotó Esőkert a Vérmezőn (I. kerület)



71. fotó Esőkert a Pünkösdfürdő parkban (III. kerület)

Bakáts tér, Bakáts utca rekonstrukciója

Helyszín: Budapest IX. kerület; **Beruházó:** Budapest Főváros IX. kerületi Ferencváros önkormányzata; **Tervező:** Garten Stúdió Kft.; **Kivitelező:** Penta Kft. és Vianova 87 Kft.; **Építés éve:** 2021

A Tájépítészeti Nívódíjas Bakáts tér / Bakáts utca projektben a korábbi 225 m² helyett összesen 1730 m² zöldfelületet hoztak létre. Stockholm-módszerrel (SFR) ültettek fákat és vízbefogadó tereket hoztak létre, az országban elsőként pedig már meglévő fák életterét alakították át Stockholm-módszerrel a Bakáts utcában. Összesen 740 m³ szerkezeti talaj biztosítja a fák életterét, amely egyúttal 2490 m² vízgyűjtő felületről egy időben 222 m³ csapadékot képesek befogadni.

Az SFR technológián túl megjelennek a csapadék minél egyszerűbb közlekedését segítő süllyesztett szegélyek, vápák, széles fugás (10 mm) vízáteresztő burkolatok. A fák vegyesen kerültek zárt burkolatba és nyitott, cserjés-évelős szabadföldi ágyásokba. A szabadföldi ágyásokban a vizet könnyebben befogadó, iszapolódásra nem hajlamos zúzott téglás ültetőközeget is használtak.

A tér déli hosszanti oldalán és a Bakáts utca első szakaszán számos meglévő fát rehabilitáltak Stockholm-módszerrel. A fák törzsétől 2-2 méter szélességben – benyúlva a járda és a parkoló alá – hosszanti feltárással kiszedték a tömörödött, antropogén talajt a fák gyökérzete közül, majd 60 cm vastagságban SFR szerkezeti talajjal töltötték fel.



72. fotó Bakáts utca: feltárást követően a fák gyökereit takarni és nedvesíteni kell



74. fotó Bakáts tér: nagy kiterjedésű SFR



73. fotó Bakáts utca: 60 cm SFR szerkezeti talajjal és 20 cm drain réteggel visszatöltött gyökérzóna, amely már tömöríthető, stabil alépítmény a járda és az úttest számára



75. fotó Bakáts tér: SFR alapot változatos felszíni kialakítás takarja

Csengery utca megújítása

Helyszín: Budapest VI. kerület; **Beruházó:** Budapest Főváros VI. kerület Terézváros Önkormányzata; **Tervező:** BFVT Kft.; **Kivitelező:** HE-DO Építő Zrt.; **Építés éve:** 2024

A VI. kerületi Csengery utca Aradi és Szondi utca közötti, kb. 250 m hosszú szakasza a Terézváros 2030 program keretében faltól-falig megújításra került. Ennek keretében új európai platán (Platanus x hispanica 'Tahi Oszlop') fasort telepítettek Stockholm faültetési módszerrel. A parkolási sáv vonalában kialakított szerkezeti talajba az ereszcatornák csapadékvize is bevezetésre került, ugyanis a Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. nem járult hozzá a csapadékvíz rákötésekhez (csapadékvíz elvezető rendszer terheltsége miatt). Az épületek tetejéről lefolyó csapadékvíz D 160-as vezetékkel kerül bevezetésre a parkolósávban kialakításra kerülő, szerkezeti talajba telepített D 250-es befogadó műtárgyba, majd onnan – tisztítás után – egy 20 cm vastagságú kavics drénrétegbe ágyazott D 110-es perforált dréncsővel kerül elszívóztatásra az ültetőgödör teljes hosszán.



76. fotó Kivitelezés közben – a faltól-falig megújítás következtében az utcában lehetőség nyílt új zöldfelületek kialakítására, melyek tagolják a parkolósávokat



77. fotó SFR módszerrel telepített platán fasor, ahova a tetőkről lefolyó csapadékvizek bevezetésre kerülnek

10. Mellékletek

M-1. Főbb szabványok, műszaki előírások és egyéb útmutatók a csapadékvíz-gazdálkodással összefüggésben

Szabvány / Ütügyi Műszaki Előírás jelzet	Cím	Érvényes	Nyelv	Alkalmazási terület (MSZ és UME esetén) / Téma (MI, ME, VMS esetén)	Megjegyzés
MSZ EN 16941-1:2024	Nem iható víz helyi szállítórendszerei. 1. rész: Rendszerek a csapadékvíz felhasználására	✓	angol	olyan minimumkövetelményeket és ajánlásokat határoz meg, amelyek a csapadékvíz-gyűjtő rendszerek tervezéséhez, méretezéséhez, telepítéséhez, üzembe helyezéséhez és karbantartásához szükségesek a helyszínen történő, nem ivóvízként való felhasználás céljából	a szabvány nem foglalkozik csapadékvíz lefolyás szabályozással, beszívárogatással
MSZ 7487: 2021	Közművezetékek elrendezése	✓	magyar	közterületen, külterületen és közforgalom számára megnyitott magánterületen térszín alatt vagy fölött elhelyezésre, felújításra vagy átépítésre kerülő közcélú vezetékekre vonatkozik, közöttük a csapadék- és szennyvízelvezetés létesítményeire	a szabvány foglalkozik az épített közművek és a közterületen lévő fásszárú növényzet kapcsolatával
MSZ EN 476:2022	A csapadékvíz- és szennyvízelvezetési rendszerek elemeinek általános követelményei	✓	angol	meghatározza a termék-szabványokban betartandó általános követelményeket a csapadékvíz elvezetés létesítményeinek egyes elemeire vonatkozóan	
MSZ EN 16933-1:2022	Települések csapadékvíz- és szennyvízelvezető rendszerei. Kialakítás. 1. rész: Elrendezési alapelvek	✓	angol	A közterületen létesítendő csatornarendszerek tervezésére vonatkozó követelményeket határozza meg	
MSZ EN 14654:2021 sorozat (1-4)	Települések csapadékvíz- és szennyvízelvezető rendszerei. A tevékenységek irányítása és ellenőrzése 1-4.	✓	angol	az épületeken kívüli lefolyó- és csatornarendszerekben végzett tevékenységek irányítására és ellenőrzésére, a munkaprogramok kidolgozására és végrehajtására, valamint a technikák kiválasztására vonatkozó követelményeket határozza meg	csapadékvíz elvezetésére vonatkozó követelményeket fogalmaznak meg, a csapadékvíz visszatartás nem tárgyak
MSZ EN 752:2017	Települések vízelvezető és csatornarendszerei. Csatornarendszer-menedzsment	✓	angol	meghatározza az épületeken kívüli lefolyó- és csatornarendszerek célkitűzéseit, valamint e célok eléréséhez szükséges funkcionális követelményeket, valamint a tervezéssel, tervezéssel, telepítéssel, üzemeltetéssel, karbantartással és rehabilitációval kapcsolatos stratégiai és szakpolitikai tevékenységek elveit	
MSZ EN 16933-2:2018	Települések vízelvezető és csatornarendszerei. Tervezés. 2. rész: Hidraulikai tervezés	✓	angol	lefolyó- és csatornarendszerek hidraulikai tervezésére, valamint a meglévő vízelvezető- és csatornarendszerek kapacitásának felmérésére vonatkozó követelményeket határozza meg	
MSZ EN 12056-3:2001	Gravitációs vízelvezető rendszerek épületen belül. 3. rész: Csapadékvíz-elvezetés, kialakítás és számítás	✓	angol	módszert határoz meg a nem szifonos tetővízelvezető rendszerek hidraulikai megfelelőségének kiszámítására, és teljesítménykövetelményeket ad meg a szifonos tetővízelvezető rendszerekre vonatkozóan	tetővíz elvezetését célozza, nem foglalkozik a tetőről származó csapadékvíz hasznosításával

Szabvány / Ütügyi Műszaki Előírás jelzet	Cím	Érvényes	Nyelv	Alkalmazási terület (MSZ és UME esetén) / Téma (MI, ME, VMS esetén)	Megjegyzés
e-UT 06.03.43:2022	Kiselemes burkolatok	✓	magyar	közforgalom számára megnyitott közlekedési funkciójú burkolatokra vonatkozik, mint: járdák, terek, utak, parkolók, autóbuszöblök, ahol kiselemes burkolat felhasználására kerül sor; meghatározza a tervezésre, építésre, minőségi követelményekre, fenntartásra vonatkozó előírásokat	foglalkozik a vízáteresztő burkolatok tervezésével, beleértve a hidrológiai méretezést is
e-UT 03.07.12	Közutak víztelenítésének tervezése	✓	magyar	országos és helyi közutakra, közforgalom elől el nem zárt magánutakra vonatkozik; meghatározza a víztelenítési tervre vonatkozó követelményeket (a csapadékvíz szabályozott összegyűjtésére, elvezetésére, időszakos tározására vonatkozó előírásokat, beleértve a létesítmények méretezését)	tározásra, szikkasztásra vonatkozó kereteket, vízfolyás keresztesésekre vonatkozó előírásokat és egyéb környezetvédelmi szempontokat is tartalmaz
MI-10-451-1988	Síkvidéki vízgyűjtők mértékadó fajlagos vízhozamának meghatározása	X	magyar	vízgyűjtő-szintű tervezés	
MI-10-455/1-1988	Belterületi vízrendezés: Általános követelmények	X	magyar	belterületi vízrendezés tervezése	csapadékvíz elvezetésére (illetve ennek tervezéséhez szükséges alapadatok előállítására) vonatkozó követelményeket fogalmaznak meg, a csapadékvíz visszatartás nem tárgyak
MI-10-455/2-1988	Belterületi vízrendezés: Csapadékvíz elvezető hálózat hidraulikai méretezése	X	magyar		
MI-10-455/4-1988	Belterületi vízrendezés: Záportárolók	X	magyar		
ME-10-167-1 (1994)	Közcsatornák tervezése: A csatornázás rendszere és kialakítása	X	magyar	közcsatornák tervezése	csapadékvíz elvezetésére (illetve ennek tervezéséhez szükséges alapadatok előállítására) vonatkozó követelményeket fogalmaznak meg, a csapadékvíz visszatartás nem tárgyak
MI-10-167/2 (1987)	Közcsatornák tervezése: A hálózatot terhelő fajlagos vízmennyiségek	X	magyar		
MI-10-167/3-87 (1987)	Közcsatornák tervezése: Hidraulikai méretezés	X	magyar		
VMS 201/1 (1977)	Rövid idejű (10-180 perces) csapadékok meghatározása	X	magyar	tervezéshez szükséges alapadatok (csapadékok) meghatározása	
VMS 201/2 (1978)	A 3-24 óra időtartamú csapadékok meghatározása	X	magyar		

Latin név	Fényigény	Élőhely kód	Vízmelegtartó réteg						
			ásványi		szervesanyag			szerkezeti talaj	
			Zóna1	Zóna2	Zóna1	Zóna2	Zóna3	Zóna1	Zóna2
Fényigényes évelők									
<i>Iris barbata</i>	☼/o							x	x
<i>Iris pallida</i> – fajta (alapfaj védett)	☼	Fr1-2	x	x				x	x
<i>Iris sibirica</i>	☼	B2-3/Fr3		x	x	x	x		
<i>Knautia macedonica</i>	☼	Fr/GR1-2	x	x	x	x		x	x
<i>Liatris spicata</i>	☼	B/Fr2			x	x			x
<i>Linum flavum</i>	☼								x
<i>Lythrum salicaria</i>	☼/o	Fr/B2-3/WR4				x	x		
<i>Mentha suaveolens</i>	☼	Fr3/WR4				x	x		
<i>Miscanthus sinensis</i> 'Adagio'	☼	Fr/B2		x	x				
<i>Nepeta × faassenii</i> 'Six Hill's Giant'	☼	B/Fr1-2	x	x	x			x	x
<i>Nepeta racemosa</i> fajták	☼						x		x
<i>Oenothera fruticosa</i>	☼/o							x	x
<i>Panicum virgatum</i>	☼	Fr/GR/B2		x	x	x		x	x
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	☼	Fr2b		x	x				
<i>Perovskia atriplicifolia</i>	☼	Fr1	x	x					x
<i>Phalaris arundinaceae</i> fajták	☼				x	x	x	x	x
<i>Platycodon grandiflorum</i>	☼/o							x	x
<i>Salvia nemorosa</i>	☼	Fr/B1-2		x	x	x			x
<i>Satureja montana</i>	☼	St/FS/SF/Fr1	x	x					
<i>Sedum telephium</i> 'Herbstfreude'	☼	Fr1/St/FS/B1-2	x	x	x				x
<i>Sedum floriferum</i> 'Weihenstephaner Gold'	☼								x
<i>Sedum hybridum</i> 'Immergrünchen'	☼								x
<i>Solidago × hybrida</i> 'Strahlenkrone'	☼	B/Fr2			x	x			
<i>Sporobolus heterolepis</i> 'Cloud'	☼	Fr1-3	x	x	x	x	x		x
<i>Stipa calamagrostis</i> 'Algäu'	☼	Fr/B/St1-2	x	x					
<i>Thymus</i> sp.	☼								x
<i>Tradescantia × andersoniana</i> 'Innocence'	☼	Fr2-3b/WR4			x	x	x		
<i>Verbascum bombyciferum</i>	☼	Fr1b	x	x					
<i>Veronica austriaca</i> subsp. <i>teucrium</i> (syn. <i>Veronica teucrium</i>)	☼/o						x	x	x
<i>Veronicastrum virginicum</i> 'Diana'	☼/o	Fr/GR2-3b			x	x	x		
<i>Yucca filamentosa</i>	☼	B/Fr/St/FS1	x	x	x				x

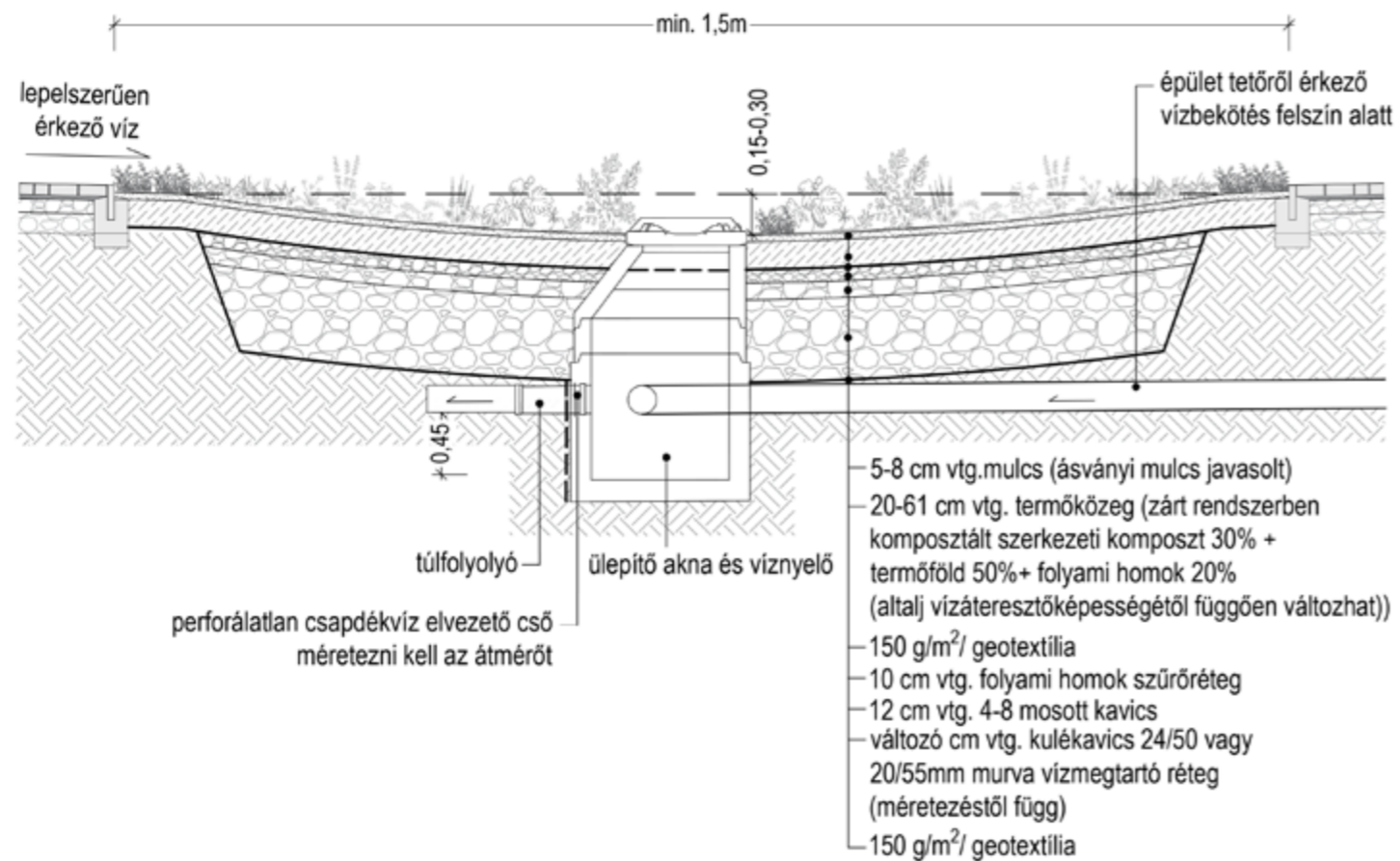
Latin név	Fényigény	Élőhely kód	Vízmelegtartó réteg						
			ásványi		szervesanyag			szerkezeti talaj	
			Zóna1	Zóna2	Zóna1	Zóna2	Zóna3	Zóna1	Zóna2
Félárnyékos évelők									
<i>Ajuga reptans</i>	☼/o	GR/Fr2-3		x	x	x			
<i>Alchemilla mollis</i>	☼/o	Fr/GR2-3			x	x			
<i>Anemone × hybrida</i> 'Honorine Jobert'	☼/o	GR/Fr/B2			x	x			
<i>Athyrium filix-femina</i>	o/●	G/GR2			x	x			
<i>Aster ageratoides</i> 'Asran'	☼/o	GR/Fr1-2	x	x	x	x		x	x
<i>Aster divaricatus</i>	☼/o	GR/G/Fr1-2	x	x	x	x			x
<i>Bergenia × hybrida</i>	☼/o	GR/St/Fr1-2		x	x			x	x
<i>Brunnera macrophylla</i>	☼/o	GR2b		x	x	x			
<i>Carex morrowii</i>	o/●	G/GR2			x	x		x	x
<i>Carex muskingumensis</i>	☼/o	Fr3/GR2-3			x	x	x		
<i>Chelone obliqua</i>	☼/o	GR/Fr/G2-3			x	x	x		
<i>Deschampsia caespitosa</i>	☼/o	GR/Fr2-3		x	x	x	x	x	x
<i>Eupatorium maculatum</i>	☼/o	Fr/GR2-3b/WR4				x	x		
<i>Euphorbia amygdaloides</i> var. <i>robbiae</i>	☼/o	GR1-2/G2							
<i>Euphorbia polychroma</i>	☼/o								x
<i>Geranium macrorrhizum</i>	☼/o	GR/Fr/FS1	x	x	x			x	x
<i>Geranium samobor</i>	☼/o	Fr/GR2	x	x	x	x			
<i>Helleborus foetidus</i>	☼/o	GR/Fr/G1-2	x	x	x	x		x	x
<i>Helleborus orientalis</i> hibridek	☼/o	B/Fr/GR2	x	x	x	x			
<i>Hemerocallis fulva</i>	☼/o	Fr/GR1-2			x	x			
<i>Heuchera</i> 'Palace Purple'	☼/o	GR/Fr/St2b		x	x	x			
<i>Ligularia dentata</i> 'Desdemona'	☼/o	GR/Fr2-3b/WR4				x	x		
<i>Lysimachia ciliata</i> 'Firecracker'	☼/o	Fr3/WR4				x	x		
<i>Mentha</i> species	☼/o	Fr2-3			x	x	x		
<i>Miscanthus sinensis</i> 'Morning Light'	☼/o	Fr/B2	x	x	x	x			
<i>Molinia arundinacea</i> 'Fountain'	☼/o	Fr2-3/GR2			x	x	x	x	x
<i>Polygonatum</i> sp.	o/●							x	x
<i>Rosa</i> 'Innocencia'® Kordes	☼/o							x	x
<i>Rudbeckia fulgida</i> 'Goldsturm'	☼/o	B/Fr/GR2-3			x	x	x		
<i>Sanguisorba officinalis</i> 'Tanna'	☼/o	Fr2-3b	x	x	x	x	x		

Latin név	Fényigény	Élőhely kód	Vízmeztartó réteg						
			ásványi		szervesanyag			szerkezeti talaj	
			Zóna1	Zóna2	Zóna1	Zóna2	Zóna3	Zóna1	Zóna2
Árnyéktűrő évelők									
<i>Aegopodium podagraria</i>	o/●	G/GR2	x	x	x	x			
<i>Asarum europaeum</i>	o/●	G/GR2		x	x	x			
<i>Carex morrowii</i>	o/●	G/GR2		x	x	x		x	x
<i>Convallaria majalis</i>	o/●	G/GR2		x	x	x			
<i>Dryopteris filix-mas</i>	o/●	G/GR2	x	x	x	x			
<i>Epimedium grandiflorum</i>	o/●	G/GR2-3			x	x	x		
<i>Epimedium x versicolor</i>	o/●							x	x
<i>Hosta x hybrida</i>	o/●	GR/G2		x	x	x			
<i>Lamium maculatum</i>	o/●	G/GR1-2		x	x	x			
<i>Liriope muscari</i>	o/●	GR/St2b		x	x	x		x	x
<i>Luzula sylvatica</i>	o/●	G/GR2			x	x		x	x
<i>Tellima grandiflora</i>	o/●	G/GR2			x	x	x		
<i>Vinca minor</i>	o/●	G/GR2	x	x	x	x			
<i>Waldsteinia geoides</i>	o/●	G/GR2	x	x	x	x			
<i>Waldsteinia ternata</i>	o/●	G2/GR1-2	x	x	x	x			
Cserjefajok									
<i>Amelanchier spp.</i>					x	x	x	x	x
<i>Aronia melanocarpa</i>					x	x		x	x
<i>Cornus sanguinea</i>			x	x	x	x	x	x	x
<i>Cornus sericea</i>					x	x	x	x	x
<i>Corylus avellana</i>					x	x	x	x	x
<i>Crataegus monogyna</i>					x	x		x	x
<i>Deutzia gracilis 'Nikko'</i>				x	x				
<i>Diervilla sessilifolia</i>			x	x	x	x			
<i>Euonymus europaeus</i>				x	x	x	x	x	x
<i>Hydrangea arborescens</i>				x	x	x	x	x	x
<i>Hydrangea paniculata</i>					x	x	x	x	x
<i>Hydrangea quercifolia</i>						x	x	x	x
<i>Hypericum x inodorum</i>					x	x	x	x	x
<i>Kerria japonica</i>					x	x	x	x	x
<i>Ligustrum vulgare</i>				x	x	x	x	x	x
<i>Physocarpus opulifolius</i>					x	x	x	x	x
<i>Potentilla fruticosa</i>					x	x	x	x	x
<i>Ribes rubrum</i>					x	x		x	x
<i>Ribes sanguineum</i>					x	x	x		
<i>Rubus fruticosus</i>					x	x	x	x	x
<i>Salix caprea 'Silberglanz'</i>					x	x	x	x	x
<i>Salix purpurea 'Gracilis'</i>					x	x	x	x	x

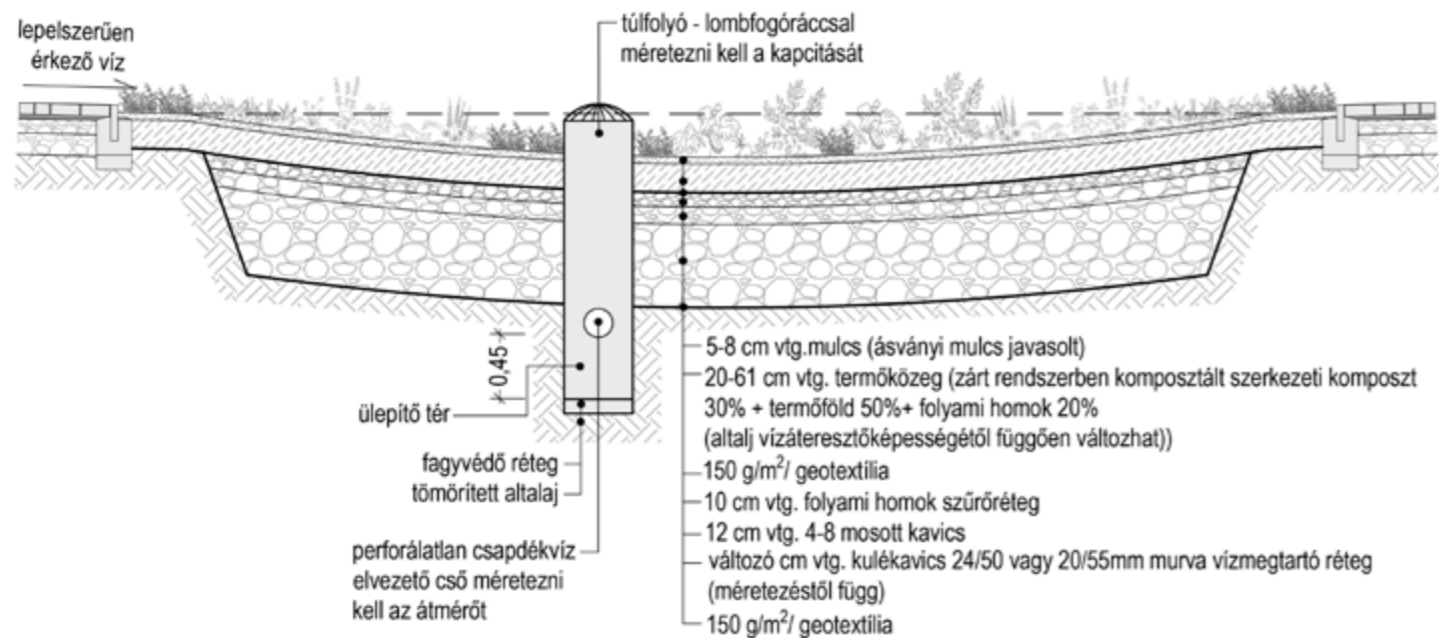
Latin név	Fényigény	Élőhely kód	Vízmeztartó réteg						
			ásványi		szervesanyag			szerkezeti talaj	
			Zóna1	Zóna2	Zóna1	Zóna2	Zóna3	Zóna1	Zóna2
Cserjefajok									
<i>Sambucus nigra</i>				x	x	x	x		
<i>Symphoricarpos fajták</i>					x	x	x	x	x
<i>Sorbaria sorbifolia</i>					x	x	x		
<i>Spiraea spp.</i>						x	x	x	x
<i>Viburnum lantana</i>						x	x	x	x
<i>Viburnum opulus 'Compactum'</i>					x	x	x	x	x
<i>Vimurnum opulus</i>					x	x	x	x	x
<i>Viburnum pragensense</i>						x	x	x	x
Fafajok									
<i>Acer buergerianum</i>						x	x	x	x
<i>Acer campestre</i>				x	x	x	x	x	x
<i>Acer pseudoplatanus</i>					x	x	x	x	x
<i>Acer tataricum</i>				x	x	x	x	x	x
<i>Alnus sp.</i>					x	x	x	x	x
<i>Alnus*spaethii</i>				x	x	x	x	x	x
<i>Betula pendula</i>					x	x	x	x	x
<i>Carpinus betulus</i>					x	x	x	x	x
<i>Crataegus x lavalleyi</i>						x	x	x	x
<i>Fraxinus angustifolia</i>				x	x	x	x	x	x
<i>Fraxinus excelsior</i>				x	x	x	x	x	x
<i>Juglans regia</i>						x	x	x	x
<i>Liquidambar styraciflua</i>						x	x	x	x
<i>Liriodendron tulipifera</i>				x	x	x	x	x	x
<i>Malus sylvestris</i>				x	x	x	x	x	x
<i>Parrotia persica</i>						x	x	x	x
<i>Prunus cerasifera</i>				x	x	x	x	x	x
<i>Prunus padus</i>						x	x	x	x
<i>Pyrus calleryana 'Chanticleer'</i>				x	x	x	x	x	x
<i>Quercus robur</i>						x	x	x	x
<i>Salix fragilis</i>						x	x	x	x
<i>Tilia cordata</i>				x	x	x	x	x	x
Fenyőfélék									
<i>Larix decidua</i>						x	x	x	x
<i>Picea abies</i>						x	x	x	x
<i>Pinus sylvestris</i>						x	x	x	x
<i>Pinus mugo</i>							x	x	x

M-6. Esőkert keresztmetszetek

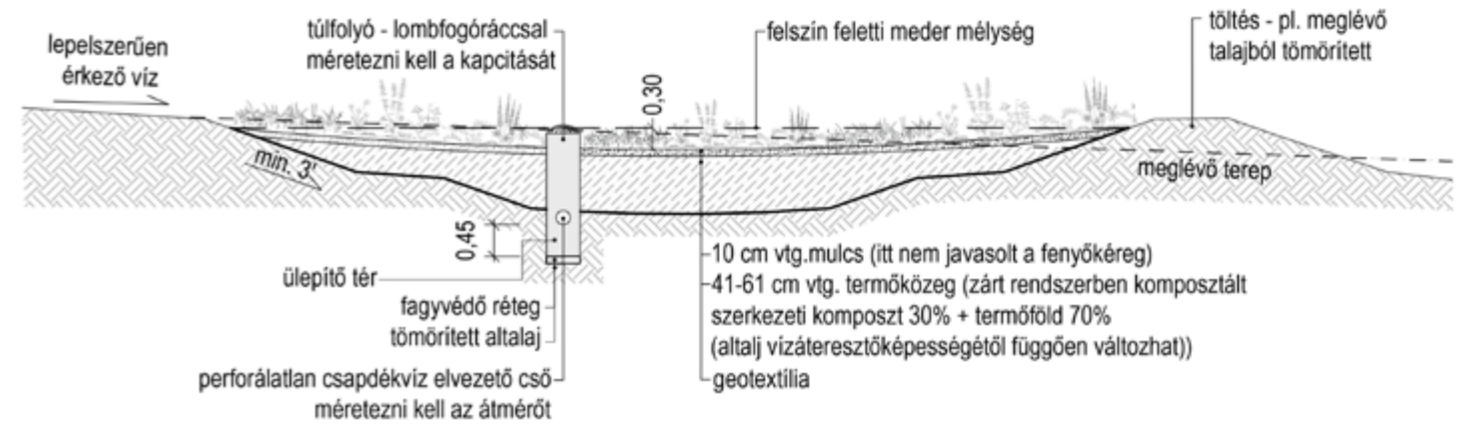
Ásványi vízmegtartó rétegű esőkert oldalsó túlfolyóval



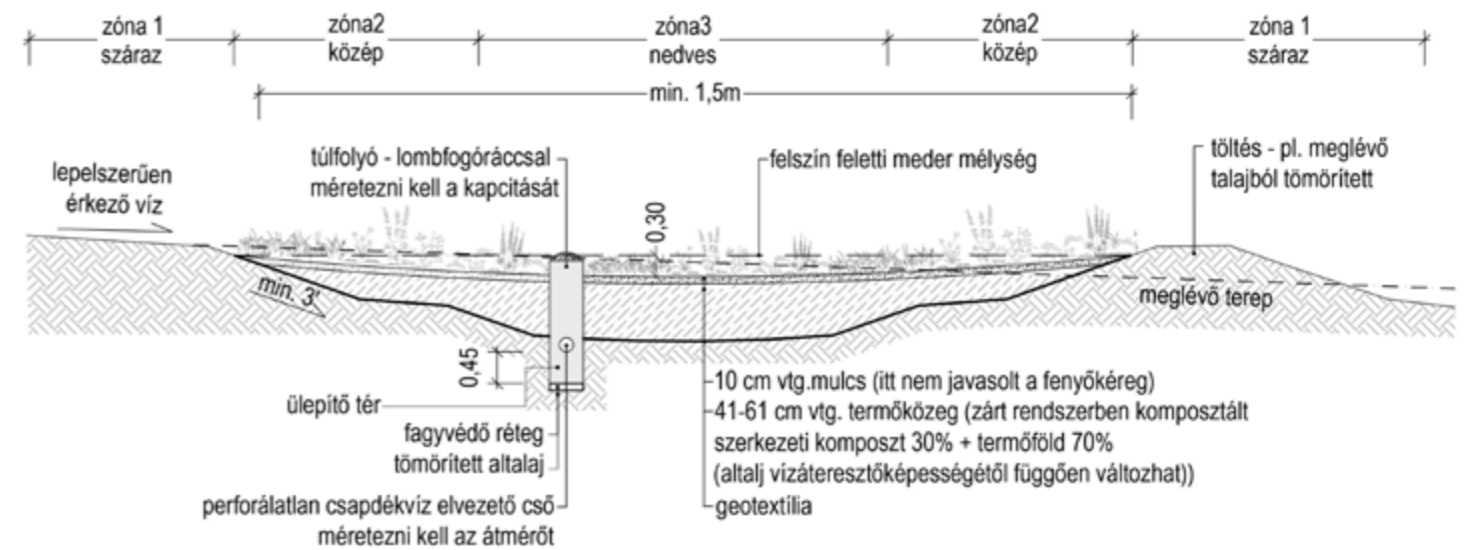
Ásványi vízmegtartó rétegű esőkert függőleges túlfolyóval



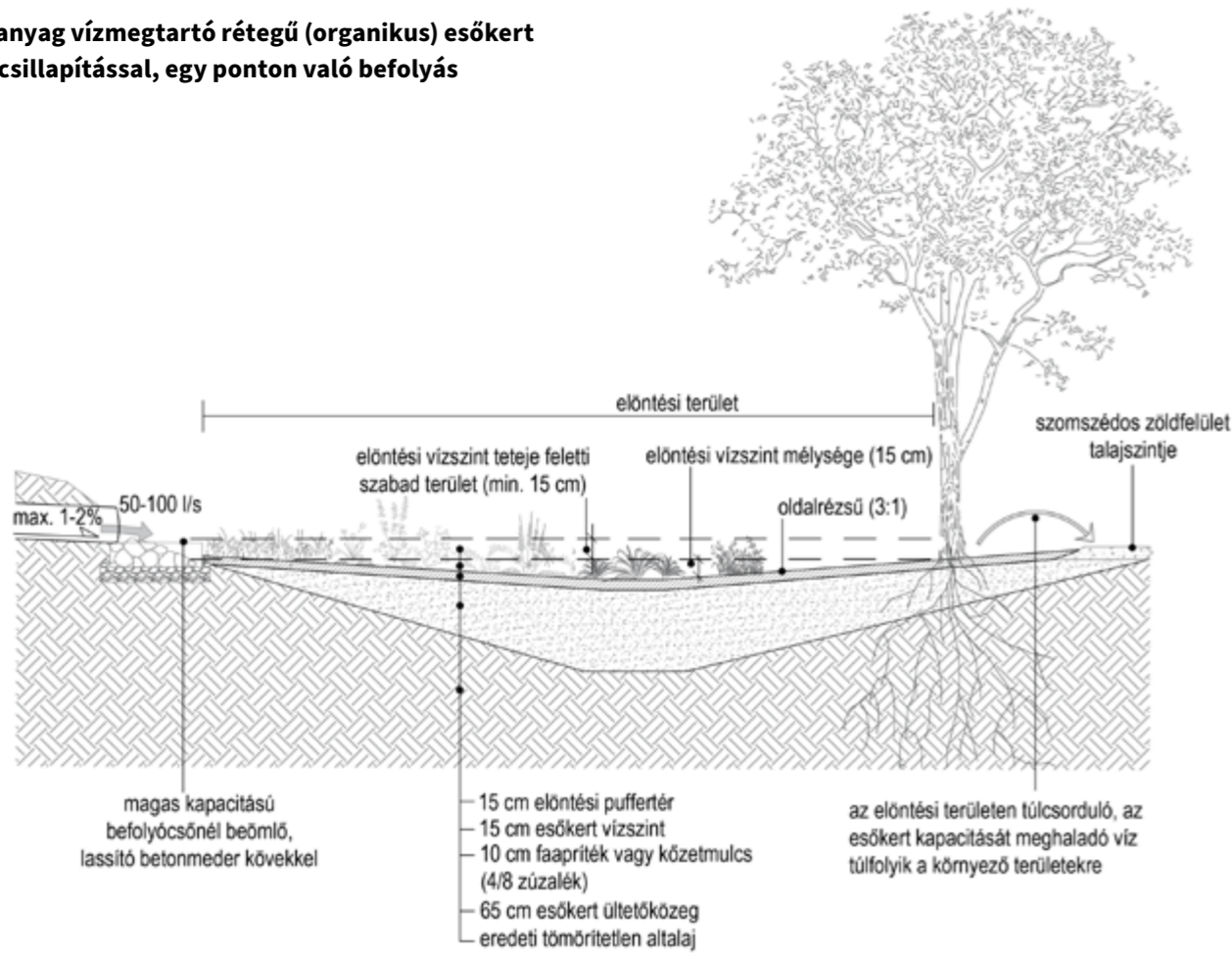
Szervesanyag vízmegtartó rétegű (organikus) esőkert függőleges túlfolyóval



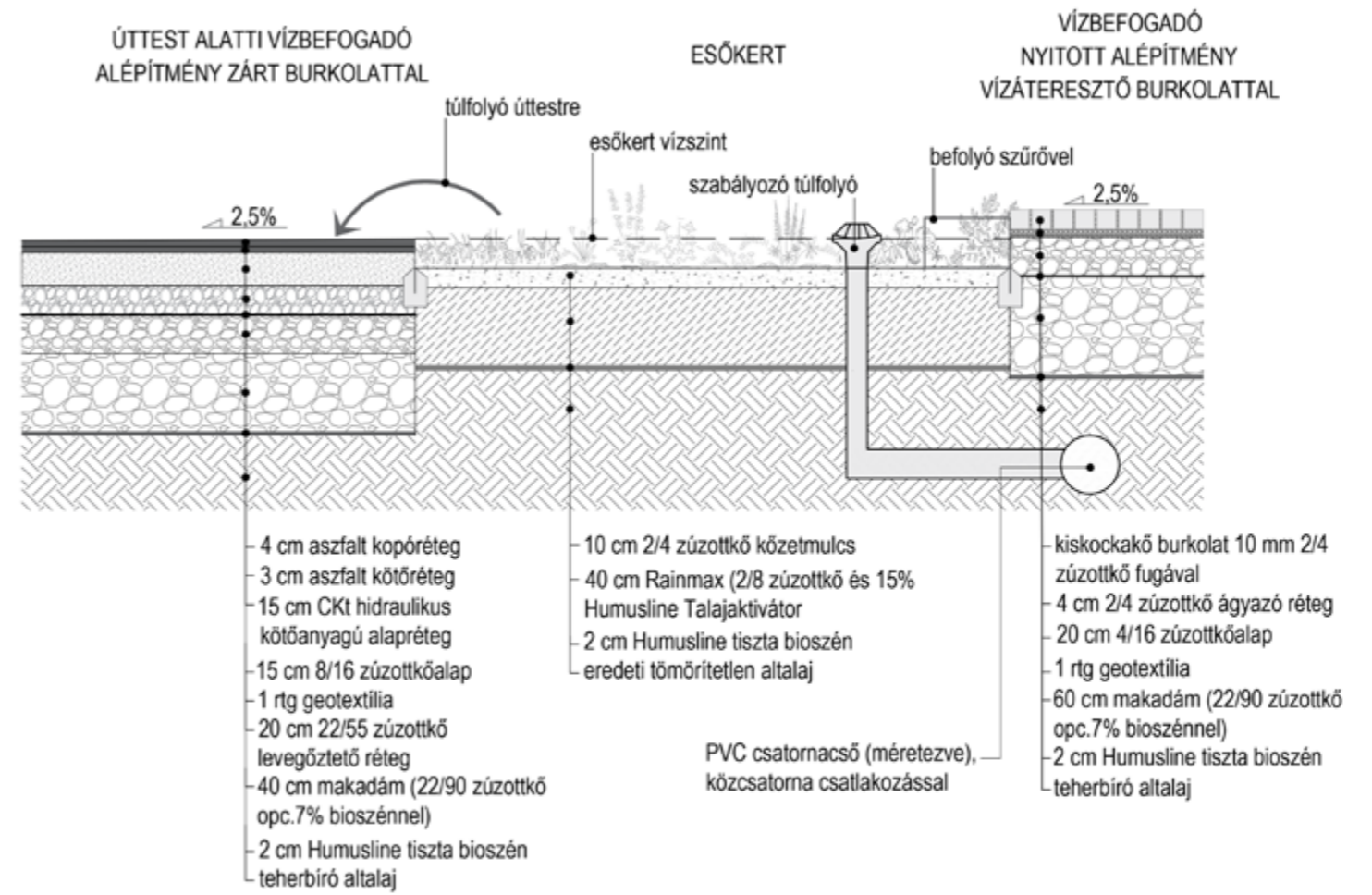
Szervesanyag vízmegtartó rétegű (organikus) esőkert függőleges túlfolyóval, növénytelepítési zónákkal



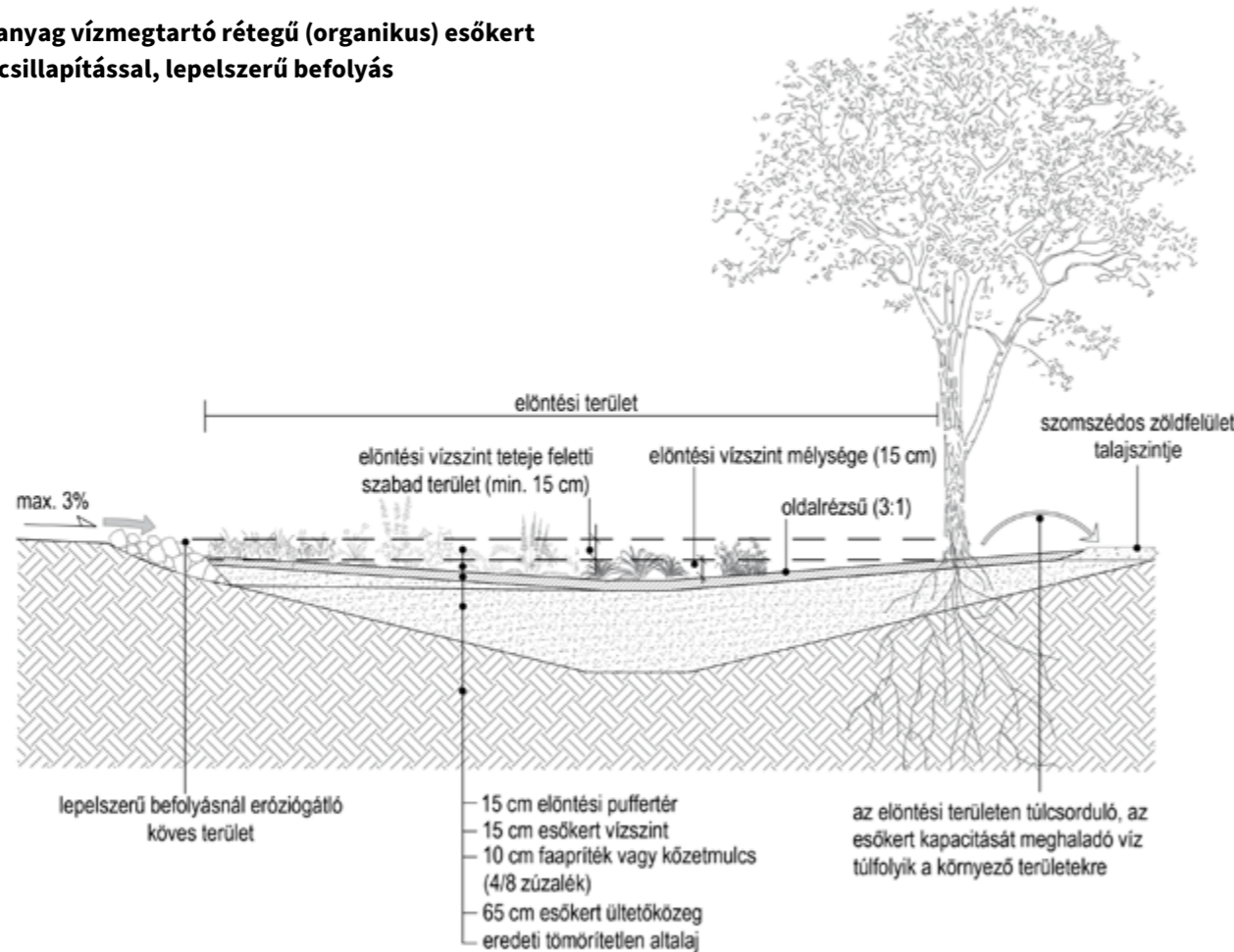
Szervesanyag vízmegtartó rétegű (organikus) esőkert befolyó csillapítással, egy ponton való befolyás



Szerkezeti talaj vízmegtartó rétegű esőkert függőleges túlfolyóval



Szervesanyag vízmegtartó rétegű (organikus) esőkert befolyó csillapítással, lepelszerű befolyás



Impresszum

Megbízó:	Budapesti Fővárosi Önkormányzat
Szakmai irányító:	Budapesti Fővárosi Főpolgármesteri Hivatal, Klíma- és Környezetügyi Főosztály, Klímaalkalmazkodási Osztály Barsi Orsolya főosztályvezető Tóthné Berényi Katalin osztályvezető
Kiadó:	Budapesti Fővárosi Főpolgármesteri Hivatal 1052 Budapest, Városház utca 9-11.
web:	www.budapest.hu

ISBN 978-963-9669-82-6	Szivacsváros – Csapadékvíz visszatartása városi környezetben – Ács Tamás et al. – Városháza Kiadó
ISBN 978-963-9669-83-3	Szivacsváros – Csapadékvíz visszatartása városi környezetben (pdf) – Ács Tamás et al. – Városháza Kiadó
ISSN 2560-1237	Zöldinfrastruktúra füzetek

Szerzők, közreműködők, szakmai lektor:

Felelős szerkesztő: Tatai Zsombor

Szerkesztők: Budapest Főváros Városépítési Tervező Kft.
1061 Budapest, Andrásy út 10.
Web: http://www.bfvt.hu/

Balogh Ábris
Ludvigh Bertalan
dr. Mészáros Szilvia

Szerzők: Ács Tamás
dr. Buzás Kálmán
dr. Csizmadia Dóra
Horváth-Varga Laura
Jancsó Béla
dr. Knolmár Marcell
Ludvigh Bertalan
dr. Mészáros Szilvia
Nagy Eszter
Pápai Veronika
Szabó Krisztián
Szöllősi Gábor
Tatai Zsombor

Szakmai lektor: dr. Csizmadia Dóra

Képek forrása

Aaron Volkening, flickr.com	48, 49
ACO Magyarország Kft.	21, 40
Atelier Dreiseitl	31, 46
AxelHH, flickr.com	43
Budapest Főváros Városépítési Tervező Kft., Balogh Ábris	1, 9-12, 15, 18, 37-38, 71
Berliner Wasserbetriebe	30
Brett VA, flickr.com	36
Csizmadia Dóra	2, 6-8, 14, 16-17, 19-20, 27, 29, 32-33, 35, 44-45, 52-55, 59-63, 65-68
Főpolgármesteri Hivatal	3-5, 25, 34, 64, 69-70
Gardenfutura	47, 72-75
Glázár Attila	24
Hauraton Kft.	42
palyazat.gov.hu	23
Philadelphia Water Department, flickr.com	39
Pureco Kft.	22, 41
SLA / Jon Bjarni Hjartarson	56-58
SLA / Mikkel Eye	50-51
Terraway Kft.	13
Tsungam, Wikimedia Commons	23
VJiří Komárek, Wikimedia	28
VI. kerület Önkormányzata	76-77

Ábrák forrása

Brown et al. (Csizmadia Dóra fordítása)	8
Budapest Főváros Városépítési Tervező Kft. (BFVT Kft.)	1, 12, 13-16, 18, 22, 30, 37-39, 42, 46, 59, 60
Budapesti Műszaki Egyetem	4, 6, 10, 58
Copernicus Land Monitoring Service (BFVT Kft. szerkesztés)	7
COWI et al. (Csizmadia Dóra fordítása)	63
Csizmadia Dóra	11, 17, 19, 20-21, 67
Főpolgármesteri Hivatal	71
Gardenfutura	36
HungaroMet	2-3
Mézőkamara Nonprofit Kft.	41, 43-45, 48-5, 61-62
Klimakvarter.dk	68
Lépték-terv Tájépítész Iroda Kft.	5, 9, 23-29, 31-35, 40, 47
Ramboll és Ramboll Studio Dreiseitl	64-66
SLA / Jon Bjarni Hjartarson	70
SLA / Mikkel Eye	69

