

Települési csapadékvízgazdálkodás A jó gyakorlat

**Tát-Kertváros belterületének csapadékvíz elvezetése
Szemléletformálás**



Tát, 2023.

TARTALOMJEGYZÉK

1. A települési csapadékvíz-gazdálkodás fogalma	3
2. Miért jobb a csapadékvíz gazdálkodási rendszer az „egyszerű” elvezetésnél?	5
3. A lefolyás szabályozás és csapadékvíz gazdálkodás stratégiai alapja	7
4. A szürke és zöld csapadékvíz infrastruktúra	11
5. A csapadékvíz gazdálkodáson alapuló, fenntartható városi csapadékvíz csatornázás	14
6. Egyéb csapadékvíz gazdálkodási megoldások	26
Irodalomjegyzék	35

1. A települési csapadékvíz-gazdálkodás fogalma

A települési csapadékvíz-gazdálkodás a település területére hulló csapadékvizet felhasználható és felhasználandó, megújuló természeti erőforrásnak tekinti.

A csapadékvíz kiaknázása alapvetően két irányban lehetséges:

- (i) *hasznosítással*, ami háztartási és intézményi ivóvízhasználatok egy részének a csapadékvízzel való helyettesítését, és
- (ii) a *hasznosulás* elősegítésével, ami a városi vízgyűjtőn a beszivárgás lehetőségének, és ezzel a talaj vízpótlásának és a talajvíz utánpótlásának növelésével érhető el.

A nem vízzáró, elsősorban zöld felületek arányának növelése mellett, mindkét gazdálkodási irány a víznek legalább időszakos visszatartását igényli a településen. Természetesen emellett fenn kell tartani a nagycsapadékokból keletkező elöntések elleni védelmet, lehetőleg a károk elkerülésével elérhető haszon és a nagy kapacitásokhoz szükséges nagyobb beruházási és üzemeltetési költségek közötti optimális arány figyelembevételével. E két igény az elvezető rendszerrel szemben olyan, egymással ellentétes követelményeket támaszt, amik egyidejűleg a hagyományos csatornázási rendszerekkel nem teljesíthetők.

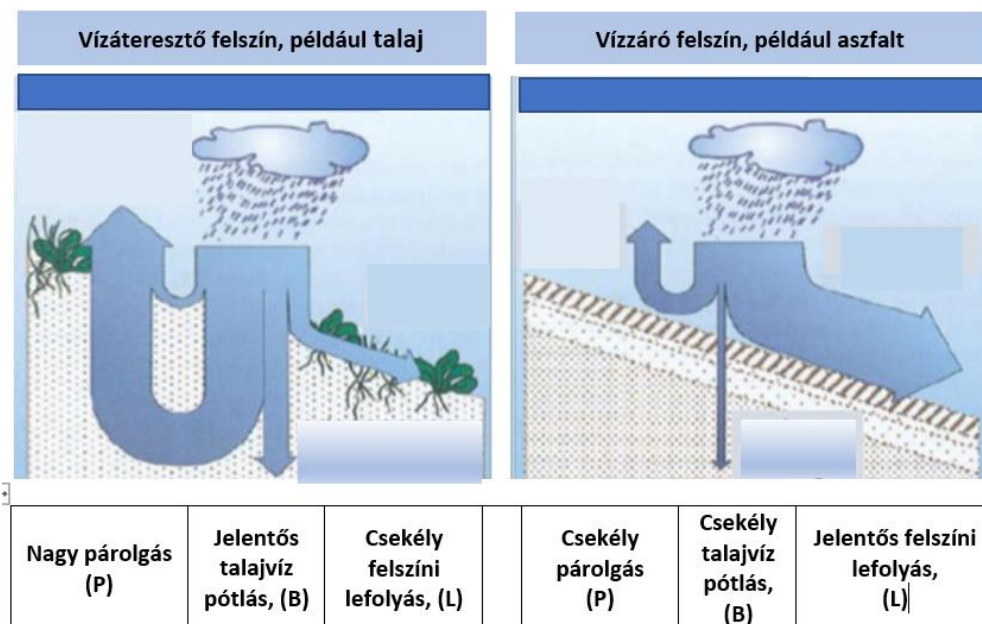
A gazdálkodás megvalósíthatósága műszaki oldalról tehát új csapadékvíz elvezető rendszereket igényel. Rendszer alatt, ellentétben a mai szemlélettel, a teljes hidrológiai-hidraulikai folyamatokat magába foglaló, ezért a csatornahálózat mellett a városiasodott vízgyűjtőt, a lefolyáson kívül a beszivárgást és a párolgást is tartalmazó fizikai környezetet értjük. Ehhez a rendszerszemlélethez új méretezési módszerekre van szükség. Olyanokra, amelyekkel számítani tudjuk a csapadékok, a beszivárgás, a felszíni és a csatornabeli lefolyások térben és időben akár szélsőségesen változó folyamatait.

A hasznosítás/hasznosulás lehetőségéhez hozzátartozik a csapadékvíznek, pontosabban a felszínről lefolyó csapadékvíznek egy bizonyos megkívánt minősége is. Hazai és széleskörű nemzetközi kutatási eredmények igazolják, hogy a települési vízgyűjtőről, különösen az iparosodott és/vagy nagy gépjárműforgalommal rendelkező városok, városrészek vízgyűjtőiről

lefolyó csapadékvíz erősen szennyezett. Az új rendszereknek ezért az elvezetés mellett a kellő mértékű tisztítási megoldásokat is tartalmazniuk kell, ami megköveteli a települési felszín szennyező anyagok lemosódásának számíthatóságát, a szennyezőanyag transzport számítását is a méretezési eljárásokban. A lefolyás szennyezettsége a hasznosulást/hasznosítást nem biztosító, hagyományos csatornarendszereknél is szükségessé válik, amennyiben a város metabolizmusához köthető és a csapadékvízzel szállított szennyezőanyagok veszélyeztetik a befogadók vízminőségét.

Az urbanizáció sokdimenziós, összetett folyamat, amik közül esetünkben csak a jól ismert jellegzetesség, a burkolt, vízzáró felületek arányának növekedésére érdekes. Ez ugyanis meghatározó mértékben befolyásolja, hogy a település területére hulló csapadék (**CS**) további sorsa mi lesz, milyen útvonalon és milyen arányokkal folytatja útját. Ezek a lehetséges útvonalak a párolgás (**P**), a beszivárgás a talajba (**B**) (aminek egy része eléri és táplálja a talajvízteret), és a felszíni lefolyás (**L**). Az egyszerű mérlegegyenlet tehát:

$$CS = P + B + L$$



1. ábra: A lehulló csapadékvíz sorsa természetes és vízzáróan burkolt felületeknél, például egy évre vonatkoztatva

Ha a talajvíz mélyen helyezkedik el, és a talaj felső rétege csekély átteresztő képességű, például iszapos, vagy éppen fordítva, nagy beszivárogtató kapacitású, például homokos kavics, az 1.

ábrán jelzett arányok módosulnak. Ez (is) rámutat a csapadékvízzel kapcsolatos folyamatok erősen helyi körülményektől függő jellegére.

A vízzáró felületi arány változásával (növekedésével/csökkenésével) tehát a jelentős átrendeződés megy végbe a vízháztartási egyenlet egyes tagjai között. A felszíni lefolyás nagymértékű növekedése a beszivárgás és a párolás rovására következik be. A csapadékvíz helyben tartása, ami az elöntéseket okozó felszíni lefolyás csökkentését eredményezheti, vagy a beszivárgás lehetőségének növelésével és/vagy a tározással érhető el. A beszivárgás a burkolatlan felületek arányának növekedésével értelemszerűen emelkedik. A vízzáró felületek arányának csökkentése városi környezetben ugyan korlátozott, de nem lehetetlen.

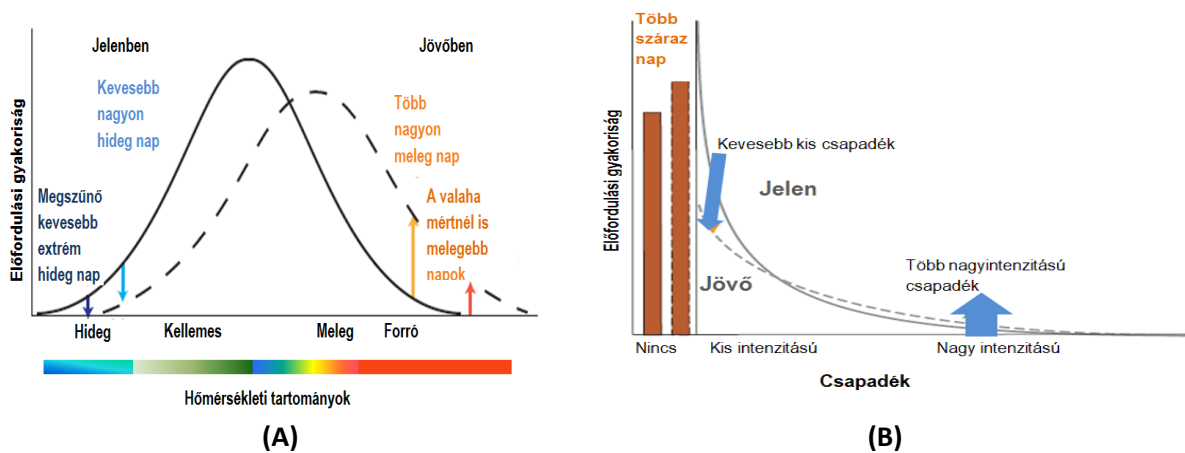
A települési csapadékvíz gazdálkodás, illetve az azt szolgáló műszaki megoldások a városi vízgyűjtőterület hidrológiai viszonyaiban olyan változások elérését szolgálják, amelyekkel részlegesen visszafordíthatjuk a kedvezőtlen folyamatot, közelebb kerülhetünk a természetes állapothoz jellemző helyzethez. Ezzel, egyéb kedvező hatások mellett a városi kisvízfolyások vízminőségének javulását, a jó ökológiai állapot elérését is szolgáljuk.

2. Miért jobb a csapadékvíz gazdálkodási rendszer az „egyszerű” elvezetésnél?

A kérdés megválaszolásához szükségünk van a gazdálkodás lényegének megfogalmazására: A csapadékvíz-gazdálkodást a települések területén jelentkező csapadékvíz elvezetés és helyben tartás ésszerű és célszerű arányainak meghatározásaként értelmezhetjük. Az elvezetés szükségessége nem igényel kifejtést. A városiasodással együtt járó nagy burkolt felületi arány és ennek következtében csekély zöldfelület a lehulló (nagy) csapadékokat fölösleges, a mindennapi életet zavaró, a javakat veszélyeztető tényezővé teszi annak következtében, hogy annak meghatározó hányada felszíni lefolyást okoz.

A lefolyó hányad a csapadék intenzitásának növekedésével emelkedik, mivel az egyre inkább meghaladja a burkolatlan felületek talajának beszivárgási intenzitását. A klímaváltozás becsült hatásai a csapadékvízviszonyok változását is érintik. A változás a városi vízgyűjtőkön (is) kedvezőtlen, amennyiben valószínűsíthetően módosul a csapadék évszakos megoszlása, a téli félév csapadékosabbá válásával és növekszik az extrém csapadékesemények előfordulási gyakorisága. Utóbbi a városi területek vízmérlegének további romlását vetíti előre. Ha ehhez

még figyelembe vesszük, hogy a hőmérsékleti szélsőségek gyakoriságának növekedése is várható, ami a nyári időszakban egyre több és hosszabb aszályos időszakot eredményez, a következmények még súlyosabbak (2. ábra).



2. ábra: Az éghajlatváltozás hatása a hőmérséklet eloszlásra (A) és a csapadékviszonyokra (B)

A városi növényzet (mind a közterületi, mind pedig a magánterületi, benne haszonnövények is) meleg időszaki vízigénye jelentősen emelkedik, miközben a talajban tovább csökken a talajvíz szintje, a hozzáférhető víz. A városi növényzet életben tartása csak öntözéssel lesz lehetséges, sőt sok településen már ma is így van. Ha elengedjük a területről a csapadékvizet, öntözni ivóvízzel, vagy talajvízzel lehet.

A hagyományos csapadékcsatornázás alapvető céljának, a károk elkerülésének és/vagy csökkentésének megtartása mellett, a csapadék hasznosítását/hasznosulását is lehetővé tevő rendszerek tervezése, kiépítése és üzemeltetése képezi a gazdálkodás technikai hátterét. A két cél látszólag egymásnak ellentmondó igényeket támaszt a tervezővel és üzemeltetővel szemben. Valójában az ellentmondás csak látszólagos.

A múlt és a jelen hazai csapadékcsatornázási tervezési gyakorlata azon alapul, hogy valamely adott paraméterekkel rendelkező városi vízgyűjtőről, a mértékadó csapadékból lefolyó vízhozam elvezetésére alkalmas csatornaszelvény méretét meghatározzuk. Lényeges jellemző, hogy a városi felszínt (városi vízgyűjtőt) adottságnak tekintik. Más megállapítással: az nem képezi a tervezés tárgyát.

A csapadékvíz gazdálkodást szolgáló tervezés folyamatában a csatornahálózat tervezéssel megegyező fontosságú a vízgyűjtő célszerű átalakításának megtervezése is. A vízgyűjtő átalakítása a helyi feltételek által megengedett, lokális beavatkozások tervezését jelenti. Általános megfogalmazással ez a megközelítés megfeleltethető a környezetvédelem számos területén leghatékonyabb beavatkozásnak tekintett forráskontrollnak. A lokalitást esetünkben az ingatlan szint képviseli, a forrás pedig az ingatlanról lefolyó csapadékvizet, illetve az abban található szennyezőanyagokat.

Ha nem gyűjtünk össze nagyobb területekről lefolyó csapadékvizeket a bennük lévő szennyezőanyagokkal, hanem ezek mérséklésére a keletkezésük helyén (az ingatlanokon) teszünk beavatkozásokat, költséghatékonyság szempontjából lényegesen kedvezőbb állapotot érhetünk el, sőt az így kialakított, a városi vízgyűjtőt és az elvezető hálózatot magába foglaló rendszer növeli a változó klímához való alkalmazkodás lehetőségét is, miközben a jelentős energia megtakarítás hozzájárul az ország széndioxid kibocsátásának csökkentéséhez is.

A beavatkozások eredményeként kevesebb összes lefolyó vízmennyiség, kisebb árhullám csúcsok jelentkeznek, így a szükséges csatornaméretek is csökkenthetők. Végeredményben az egyre nagyobb vízmennyiségeket koncentráló hagyományos csatornázás megközelítése helyett decentralizált települési vízgyűjtő gazdálkodást valósítunk meg

A jelenlegi csapadékcatornázásban a lefolyó víz szennyezettsége érdemben nem módosul. A tervezési szempontok között a szennyezettség, illetve annak csökkentése nem (kedvező esetben is csak igen korlátozottan) jelenik meg. A csapadékvíz gazdálkodás létesítményei ezzel ellentétben jelentős szennyezőanyag visszatartás tesznek lehetővé. Sőt, sok esetben a beavatkozásnak éppen ez az elsődleges célja, nem elsősorban a lefolyás csökkentése.

3. A lefolyás szabályozás és csapadékvíz gazdálkodás stratégiai alapja

A korszerű városi csapadékcatornázási rendszereknek az egyre szélsőségesebb terheléseket (csapadékokat) fogadni képes önszabályozónak, illetve szabályozhatónak kell lenniük. Röviden: alkalmazkodniuk kell az éghajlatváltozás következtében módosuló feltételekhez. A

korszerű csapadékcsatornázásban a hagyományos mérnöki (szürke) megoldások és a kék-zöld infrastruktúra elemei egyaránt szerepet kapnak.

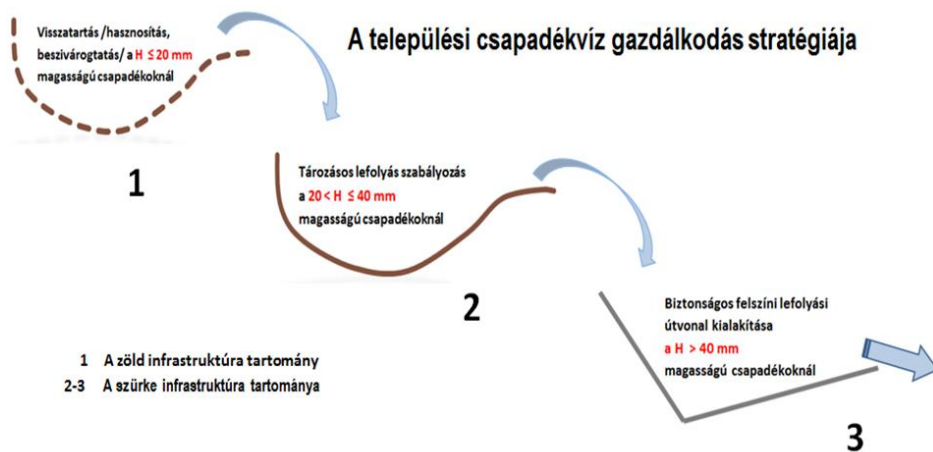
A változtatás kényszere nem csak magukra a rendszerekre, hanem az azok tervezésének és működtetésének módszereire is vonatkozik. A nagyobb településeken már nálunk is rendelkezésre álló, bár a legtöbb esetben hiányos térinformatikai adatbázis és a korszerű szimulációs szoftverek alkalmazásával lehetővé vált a városi vízgyűjtőkön és a csatornahálózatban lefolyó csapadékvíz időben és térben változó folyamatainak számítása, beleértve az elvezető rendszerbe illesztett különféle hidraulikai tulajdonságú műtárgyak hatásainak számítását is. Beruházások megalapozásaként modellezni tudjuk a teljes, a vízgyűjtőt és a hálózatot, sőt adott esetben a befogadó vízfolyást is magába foglaló rendszer viselkedését, működését különféle csapadékterhelési esetekben.

Lehetőség van a városi felszín elöntési területeinek bevonására is a modellezés, amivel kimutathatók a szélsőséges csapadékesemények következtében víz alá kerülő területek. Ily módon részletes hidrológiai és hidraulikai számításokkal megalapozott beruházások valósíthatók meg.

A fentieknél még erősebb megállapítás is tehető: a szimulációs módszer alkalmazása nélkül a tározást, beszivárogtatást és tisztítást megvalósító, jó hatásfokú és költségek szempontjából kedvező rendszerek nem tervezhetők meg.

A szimuláció lehetővé teszi a beruházó önkormányzatnak és a megbízott tervezőmérnöknek, hogy „mi lenne, ha” típusú kérdések feltevésével, különböző műszaki beavatkozások hatásait, hasznosságát és az egyes megoldásokhoz tartozó költségeket összehasonlítva kiválassza a legkedvezőbb változatot.

Az alkalmazkodó csapadékcsatornázás stratégiájának ki kell terjednie a gazdálkodás lehetőségeinek megteremtésére is. A 3. ábrán egy célszerű stratégia alapparamétereit foglaljuk össze.



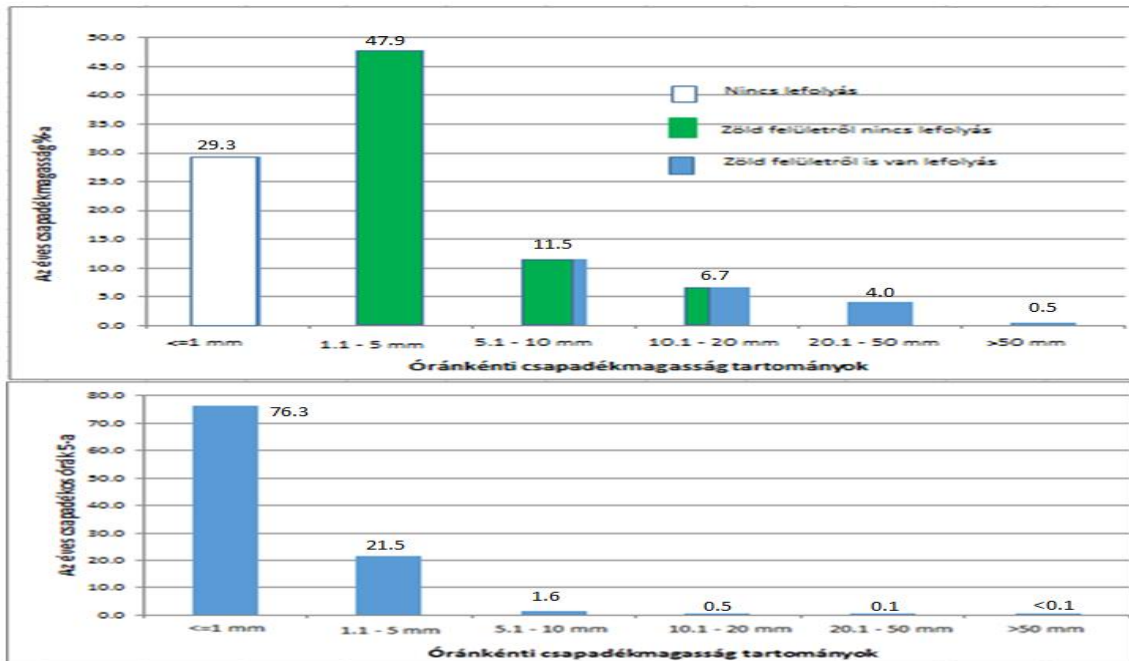
3.ábra: A települési csapadékvíz gazdálkodás stratégiája

A 3. ábrán azt látjuk, hogy a jelentkező csapadékokat mm/h dimenzióban három csoportra bontjuk. Az 1. csoportot a kisebb csapadékok alkotják, amelyek vizét a település területén tartjuk, például a talajvíz/talajnedvesség pótlására. Ezt a „zöld” infrastruktúra kiépítésével érhetjük el. Jelen példában a csoport felső határát a 20 mm/h intenzitású csapadékok jelentik.

A 2. csoportba azok a csapadékok tartoznak, amelyek lefolyását a vízgyűjtőn kialakított szabályozó elemekkel, célszerűen állandó vízborítású, vagy ideiglenes elöntésű felszíni, vagy a felszín alatt a csatornahálózatban kialakított tározóterekkel szabályozzuk.

Végül a 3. csoportot az extrém csapadékesemények képezik, amelyeket sehol a világon nem lehet a zöld infrastruktúra elemeivel kezelni. Ezeknél olyan ideiglenes elárasztási területeket jelölünk ki, ahol az elöntések lényegesen kisebb károkkal járnak, mint a város egyéb területein. Ezeknél a felszín átalakításával olyan helyeket hozunk létre, amelyeknél a hálózat a méretezésit jelentősen meghaladó, tehát kiöntéseket okozó eseményei irányított elöntések formájában jönnek létre. Kiemeljük, hogy az első két csoporthoz szisztematikusan és helyesen alkalmazott változtatások jelentősen csökkenteni képesek az ilyen típusú kiöntések gyakoriságát.

A továbbiakban főként az első csoportba tartozó csapadékokhoz ismertetjük a jó gyakorlatot képviselő műszaki megoldásokat. A 4. ábrán látható, hogy ebbe a tartományba sorolhatók, 19 év budapesti csapadékeseményeinek átlagát véve figyelembe, az éves csapadékos időtartam meghatározó része.



4. ábra: A csapadékok megoszlása intenzitás tartományonként, az éves csapadékmagasság százalékában és a tartományok időtartama a teljes, éves csapadékos órák százalékában (Budapest, 1996-2013-as évek átlaga)

A feldolgozott adatsorok az óránként lehullott csapadékok magasságait tartalmazzák. Ebből kimutatható, hogy egy év alatt átlagosan hány csapadékos óra volt, és ezek során óránként hány mm csapadék keletkezett. Ezt mutatja a 4. ábra felső diagramja. A felső ábrarészből kitűnik, hogy az átlagos, éves csapadék közel 30%-a kis intenzitású, nem haladja meg az 1 mm-t óránként, további 47.9 %-a pedig az 5 mm-t. Ezek összesen az éves csapadékmagasság 77.2%-át teszik ki. A jelentősebb, 10 mm/órát meghaladó intenzitású csapadékok valamivel több, mint az éves csapadékmagasság tizedét teszik ki, az intenzitás növekedésével egyre csökkenő arányban.

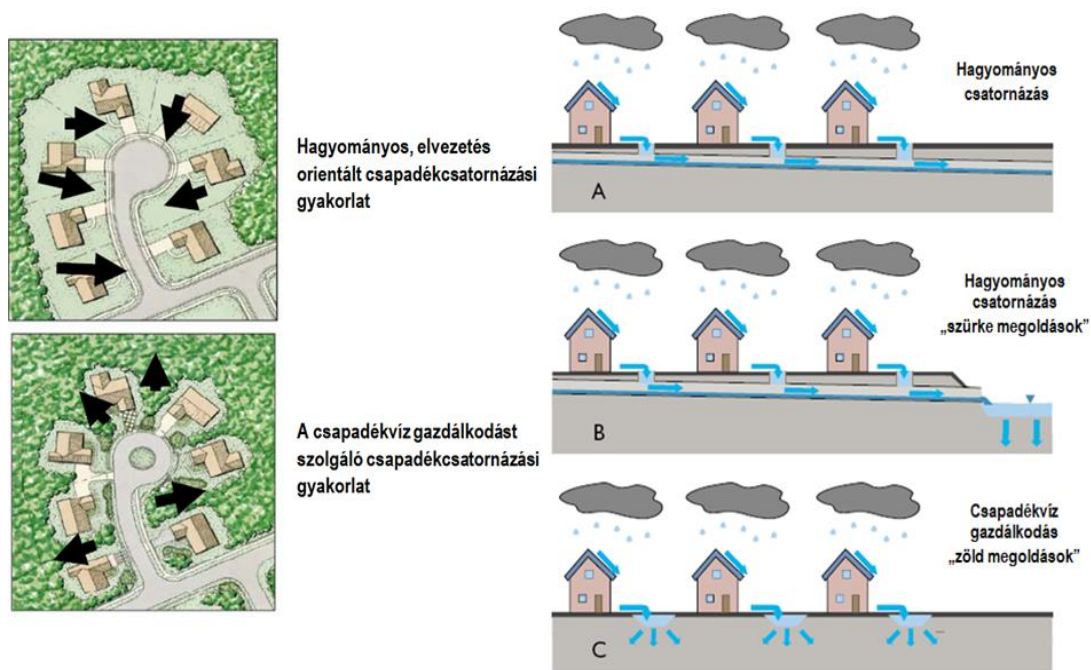
Az 1mm alatti tartomány kiemelését az indokolja, hogy nem keletkezik belőle érdemi lefolyás, többnyire még a vízzáró, burkolt felületekről sem. Ennek egy eddig nem tárgyalt jelenség, a nedvesítési és depressziós veszteség az oka. A lehulló eső egy része kezdetben a száraz, poros felületeken azok benedvesítésére fordítódik mind a növényzettel, mind pedig a vízzáró anyaggal (aszfalt, beton, égetett agyag stb.) borított felületen. Az ezt követő vízmennyiség kitölti a felszín mikro és makro mélyedéseit, és ott tárolódik. A makro mélyedések a burkolt felületen könnyen megfigyelhetők, az egyenetlen útfelület tócsásodásában, a repedezett burkolat megjelenésében, és sok esetben a rosszul kiépített vízvezetés miatt akár nagyobb

útfelület elöntésében. A lefolyás csak ezek feltöltődését követően indul meg. Kiemelendő, hogy az éves csapadékos órák több mint háromnegyedében ilyen kicsapadékok fordulnak elő. Ez arra enged következtetni, hogy a zöld, lokális beavatkozásokkal az éves csapadék jelentős részét helyben tudjuk tartani és hasznosítani.

4. A szürke és zöld csapadékvíz infrastruktúra

A műszaki megoldások tehát a városi vízgyűjtőn a kisebb intenzitású és magasságú csapadékok felszíni lefolyásának megakadályozását, illetve szabályozását foglalják magukba. A lefolyás szabályozása történhet a városi vízgyűjtő felületén, az elvezető árok- vagy csőhálózatban, illetve mindkettőben, egymás hatásait kiegészítve. Ennek megfelelően beszélhetünk:

- (i) a *szürke*, vagy tisztán mérnöki szerkezeti elemekkel elérhető szabályozási módszerekről, illetve az ezekhez alkalmazható műtárgyakról,
- (ii) a *zöld* szabályozási módszerekről, és
- (iii) a *hibrid rendszerek* kiépítéséről, melyekben mindkét módszer megjelenik (5. ábra).



5. ábra: Elvi ábra a szürke és zöld műszaki megoldások jellemzőiről

Az 5. ábrán a szürke és a zöld csapadékvíz infrastruktúra elemeinek az elhelyezési különbözőségét mutatjuk be. Mint látható, utóbbi jellemzően decentralizált, a lefolyás és a szennyezőanyag áram keletkezési helyén történő beavatkozások összessége, elsősorban a víznek az elvezető rendszerbe jutását megelőzően.

Ha összevetjük a zöld és a szürke infrastruktúrával elérhető előnyöket azt tapasztalhatjuk, hogy a városi környezet csekély átalakítását igénylő, kis beruházási költséggel megvalósítható zöld megoldások rugalmasan és fokozatosan építhetők ki, az elérhető előnyök a teljes kiépítés után meghaladják a tisztán szürke megoldásokét.

A *zöld csapadékvíz szabályozás elnevezés*, elsősorban az angolszász szakirodalomban és gyakorlatban az alábbi, részben eltérő, részben egymást átfedő megoldásokat takar:

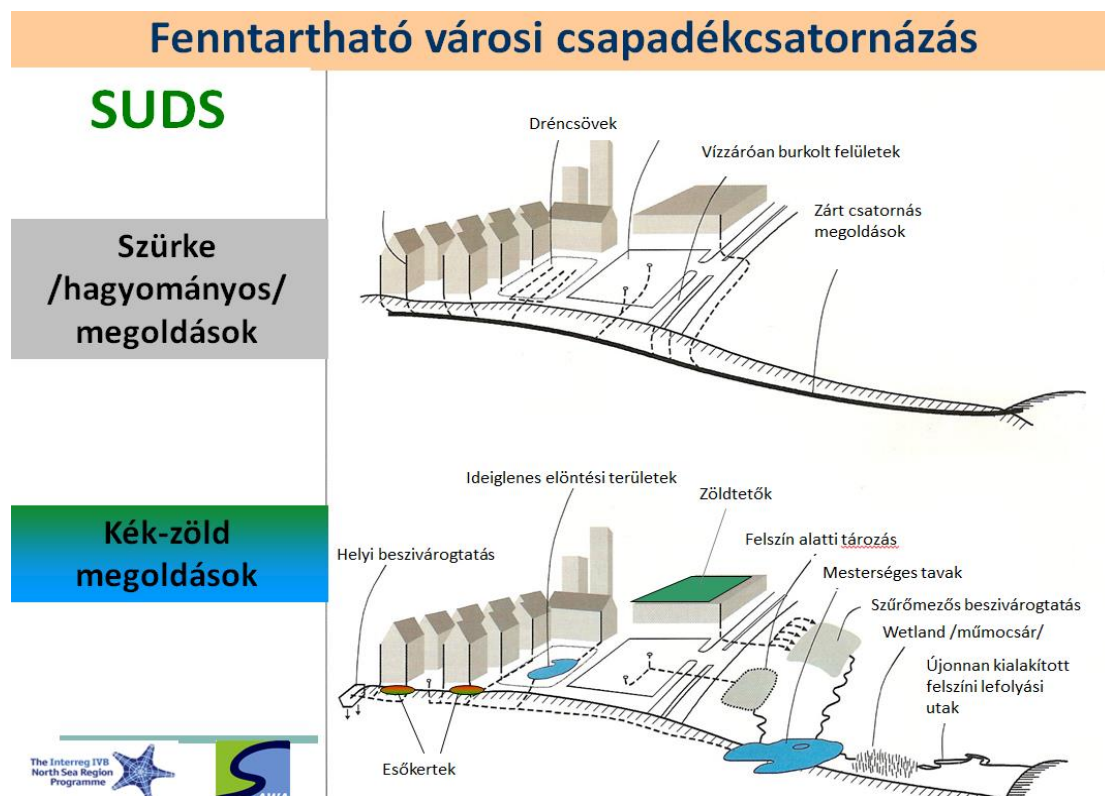
- **Rainwater Harvesting, RH** /csapadékvíz gyűjtés/
- **Green Water Infrastructure, GWI** /zöld vízi infrastruktúra/ és
- **Low Impact Development, LID** /csekély beavatkozásokkal járó fejlesztések/.
- **Sustainable Urban Water Drainage Systems, SUDS**/ fenntartható városi csapadékcatornázási rendszerek.

A csapadékvíz gyűjtése és felhasználása (RH) egy részterületre, a tetővizek gyűjtésének ősrégi alkalmazását tárgyalja modern települési környezetben, míg a zöld vízi infrastruktúra (GWI) tájépítészeti, városképi, ám azok szokásos tervezési elveibe a csapadéklefolyás szempontjait is beemelő megoldásokkal foglalkozik. Ezért a szakirodalomban a kék-zöld vízi infrastruktúra (Blue-Green Water Infrastructure) elnevezés is szokásos.

A mérnöki technikák és technológiák a fenntartható városi csapadékvíz rendszerek és a csekély beavatkozást jelentő műszaki fejlesztések (LID és a SUDS) tárgykörébe sorolhatók. Mindkettőnek részét képezi a csapadékvíz gyűjtése is. Jellemző, hogy nem csak hidrológiai-hidraulikai tervezési és számítási módszereket tartalmaznak, de a tervezési kritériumok között megjelenik a városi vízgyűjtőkről származó szennyezőanyag transzport és a szennyezők visszatartása is.

A fenntartható városi csapadécsatornázási rendszer alkalmazásának fő célja a lefolyó csapadékvíz mennyiségének fenntartható módon való szabályozása, az egyébként jelentkező kedvezőtlen környezeti hatások mérséklésével és a meglévő csapadécsatorna hálózati kapacitáskorlátok költséghatékony megszüntetése:

A hagyományos és a fenntartható csapadécsatornázási rendszerek kialakításának lényegi különbségei a 6. ábrán láthatók.



6. ábra: A fenntartható, kék-zöld megoldásokat is magába foglaló csapadécsatornázás

A 6. ábrán azt láthatjuk, hogy a *szürke szabályozással* az elvezető rendszerbe illesztünk árhullám módosító műtárgyakat, célszerűen felszín alatti tározóttereket és/vagy ideiglenes elöntésű felszíni tározóttereket a hozzájuk rendelhető hidraulikai szerkezetekkel. Tervezésüknél nem a csapadékvíz helyben tartása a fő szempont. Olyan műtárgyak alkalmazására kerül sor, amelyek a csatornahálózaton lefutó árhullámokat módosítják oly módon, hogy annak átépítése nélkül a rendszeres kiöntések elkerülhetők legyenek. Ide

tartoznak a városi lefolyás részleges tisztítását szolgáló műtárgyak is, mint az ülepitést és/vagy úszó szennyeződések (például olaj) visszatartani képes tározóterek, valamint a biológiai tisztításra is képes műmocsarak, az ún. wetland-ek. A néhány pontba összegyűjtött városi lefolyás nagy vízmennyisége miatt ezek a létesítmények nagy térfogat, illetve területigényűek. A városiasodott környezetben sokszor nem, vagy csak jelentős beruházási költségek mellett építhetők ki, különösen, ha csak felszín alatti műtárgyként helyezhetők el. A kék-zöld megoldások beillesztése a városi vízgyűjtőt is magába foglaló rendszerbe éppen a fenti problémák megszüntetését szolgálja.

5. A csapadékvíz gazdálkodáson alapuló, fenntartható városi csapadékvíz csatornázás

Tekintsük át, hogy milyen folyamatokat tudunk szabályozni a lehulló csapadék sorsát illetően a városi vízgyűjtőn:

- A) Beszivárogtatás:** A beszivárgás lehetőségeinek megteremtése általában a legcélszerűbb beavatkozás a felszíni lefolyás csökkentéséhez, mivel általa kerülhetünk közelebb a városiasodás előtti, természetes állapothoz és növelhetjük a talajvíz pótlás mértékét, ami a vízfolyások alaphozamának növekedésével jár.
- B) A lefolyási útvonal megszakítása:** A burkolt felületekről lefolyó vizeket nem vezetjük közvetlenül a csatornába, hanem közbe iktatunk a beszivárgást lehetővé tevő burkolatlan (zöld), vagy vízáteresztő burkolattal ellátott felületeket.
- C) Visszatartás:** A felszíni és az árkokban, csatornacsövekben keletkező lefolyások, késleltetése. A műszaki megoldásokat a lefolyási útvonalakban elhelyezendő felszíni és/vagy felszín alatti tározóterek, továbbá ezen műtárgyak megfelelően méretezett kifolyási szerkezetei jelentik. A tározók működhetnek ideiglenes elöntési területekként, vagy valamely állandó vízborítású tó fölötti tározótérként, A lefutó árhullámok ellapítása, a csúcshozamok csökkentése mellett a beszivárogtatást is szolgálhatják.
- D) Átvezetések:** Az árkokkal és/vagy csövekkel történő átvezetés egyik pontból a másikba, és végül pontszerű kitorkollásként a környezetbe, szabályozás nélkül nem tekinthető fenntartható megoldásnak. A szabályozott átvezetések az egyes (SUDS) műtárgyak közötti kapcsolatokat testesítik meg.

E) Csapadékvíz gyűjtés: Az elnevezés a csapadékvíznek a keletkezés helyén történő visszatartása tározással. Az így felfogott vizet azután ivóvízminőséget nem igénylő háztartási vízhasználatokhoz, magánkertek és közterületi zöld területek öntözésére fordíthatjuk.

A fenntartható városi csapadékcsatornázás kialakításának sikerességét abban mérhetjük, hogy milyen mértékben tudtuk a természetes vízgyűjtő lefolyási viszonyait megközelíteni a lefolyó összes vízmennyiség, a lefolyás csúcshozama és a lemosott szennyezőanyagok visszatartása tekintetében.

A fenti beavatkozások alkalmazásánál a prioritást a beavatkozások mértékének és költségének minimalizálása szerint vehetjük fel. Ez általánosságban azt jelenti, hogy a minél kisebb (célszerűen ingatlan méretű) vízgyűjtőknél, decentralizáltan alkalmazható megoldásokkal kell kezdeni, ahelyett, hogy nagyobb területek gyorsan növekvő vízmennyiségeinek szabályozását akarnánk megvalósítani.

A fenti kritériumnak a GWI és a LID technikákra egyaránt megfelelnek, hiszen az erősen urbanizálódott városrészen elősegítik a beszivárgás és párolgás természetes folyamatainak legalább részbeni visszaállítását. Ez a lefolyás és az ahhoz köthető szennyezőanyag transzport módosítása mellett levegőminőség, mikroklíma és városkép javító hatást is kifejtenek.

A LID lefolyásszabályozási megoldások alaptípusai a következők:

- 1) *A lefolyási útvonalak célszerű megváltoztatása*, alaphelyzetben a burkolt felületekről lefolyó vizek rávezetése burkolatlanokra. Ehhez lehetőség esetén a vízgyűjtő területhasználatának módosítása, például a áteresztő szilárd burkolatok fektetése a korábbi vízzáró helyett. A csekély beruházási költséggel jellemezhető beavatkozással, a terület talajának típusa és a talajvíz szintje függvényében az éves csapadékok akár 70%-a is visszatartható.
- 2) *Beszivárogtató létesítmények kialakítása*, amelyek alkalmasak nem csak a lefolyó csapadék mennyiségének, de az árhullám csúcsoknak is a csökkentésére.

- 3) *Tározó létesítmények telepítése*, amelyek egyaránt lehetnek egyszerű tárolótartályok, ideiglenes elöntési területek, vagy állandó vízborítású vizes élőhelyek.

- 4) *Szivárogtató létesítmények*, melyeknél a szennyezett lefolyást speciális anyagú szűrőrétegen vezetjük át a csatornahálózat, vagy a talaj-talajvíz felé. A tisztítás mellett ezek a megoldások lassítják a lefolyás sebességét, csökkentik a lefolyó vízmennyiséget és a lefolyási csúcsokat is.

- 5) Csekély beavatkozást igénylő *tájépítészeti megoldások*, ahol szerepet kapnak a helyi szárszágtűrő növények telepítése, fásítás, hosszabb fűvel borított lefolyási pályák kialakítása. Ezek a megoldások a lefolyás csökkentése mellett, javítják a városi környezet esztétikai megjelenését, és hosszú élettartamuk mellett csekély fenntartási munkákat igényelnek.

Lefolyásszabályozási beavatkozások magáningatlanokon

A lefolyásszabályozási megoldások alkalmazása függ az ingatlan méretétől, a beépítés jellemzőitől és mértékétől, a talaj és a talajvíz paramétereitől és a növényzettel való borítottságtól. Külön kiemelendő a burkolt és a burkolatlan felületek aránya. Minél nagyobb a beépítettség (burkolt felületi arány), annál több víz elhelyezése válik szükségessé a hatékony szabályozás eléréséhez.

A talaj szerepe ugyancsak meghatározó. Minél kisebb annak a beszivárogtató képessége, annál nagyobb a szabályozó létesítmény helyigénye és/vagy a tározási térfogat igény. Egyes talajok nem teszik lehetővé az ingatlanon való beszivárogtatást akkor sem, ha szivárgási tényező elegendően magas. A lösz talaj kedvezőtlen tulajdonsága, hogy az egyébként kellően szilárd talajszerkezet, ha átázik összeomolhat, beroskad, elveszti teherbíró képességét. Az ilyen talajú ingatlanon tilos a beszivárogtatás, amit a helyi építési szabályzat (HÉSZ) általában tilt is. Külön figyelmet igényel dombvidéki településrészekben a talaj rétegtrendje is. Ha a felszín borító talaj paraméterei kedvezőek a beszivárogtatáshoz, de alatta agyagréteg húzódik, fennáll a talajcsúszás veszélye. Az átáztatott agyagréteg ugyanis csúszólapként viselkedik. A fölötte lévő talajtömeg a rajta található építményekkel együtt a domboldali lejtőn

lecsúszhat. (Hasonló jelenségek tragikus következményeit rendszeresen láthatjuk a TV híradásokban, amik különböző országokban bekövetkezett hosszan tartó, nagy esőzéseket követő földcsuszamlásokról számolnak be.)

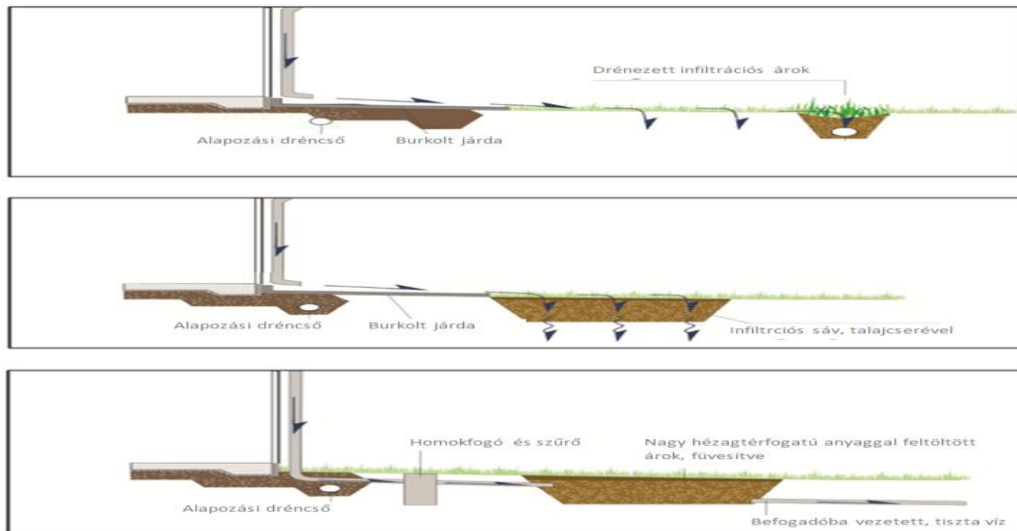
Végezetül a beszivárogtató létesítmény elhelyezésénél célszerű elkerülni a épület felszín alatti helyiségeinél a falak eláztatását is, ami az elégtelen szigetelés miatt áll elő. Ökölszabályként: a beszivárogtatás épülethez legközelebbi széle legalább 3 m-re legyen. Erre mutat megoldási példát a 7. és 8. ábra.



7. ábra: A tetővíz levezetési útvonalánál megszakítása

Látható, hogy a tetővíz közvetlen csatornahálózati bekötése helyett kihasználjuk a kertfelület beszivárogtató képességét. Technikai értelemben a beszivárogtatási megoldásokat a 8. ábrán mutatjuk be.

A felső részán a szikkasztást egy drénezett fűborítású árokkal oldották meg. A közterületi csatornába a csapadékvíz az árok alatti dréncsatornán keresztül jut. Ez olyan esetekben célszerű, ha a talaj beszivárogtató képessége korlátozott, a füves területen a hevesebb esőket nem tudja a kert visszatartani, és/vagy a talajvíz szintje viszonylag magasan van.



8. ábra: A beszivárogtatás helyes kialakításai

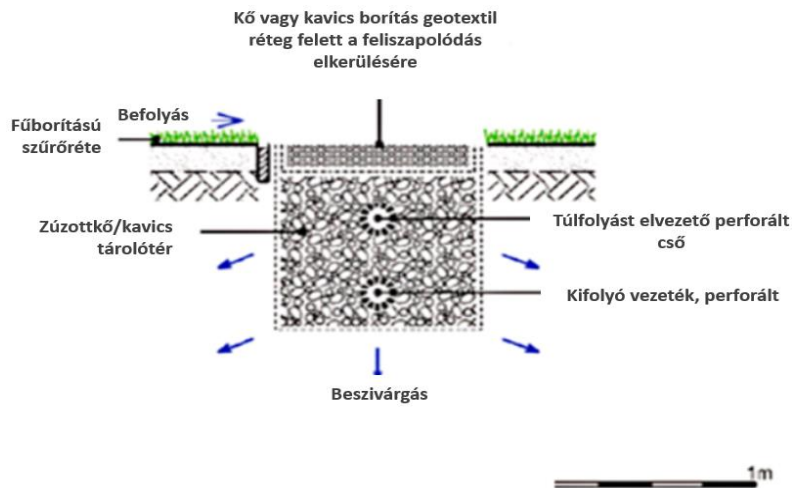
A középső részásra arra a helyzetre ad példát, amikor jó szikkasztóképeségű a talaj (például homok), és a csapadékokat nagyrészt helyben tudjuk tartani a lefolyási útvonalba beiktatott szikkasztó (infiltrációs) árokkal. Az árok töltőanyagának hézagterefogata nagy, magába tudja fogadni a vizet, amíg az be nem szívárog a talajba (9. ábra).



9. ábra: Kavicssal töltött szivárogtató árok

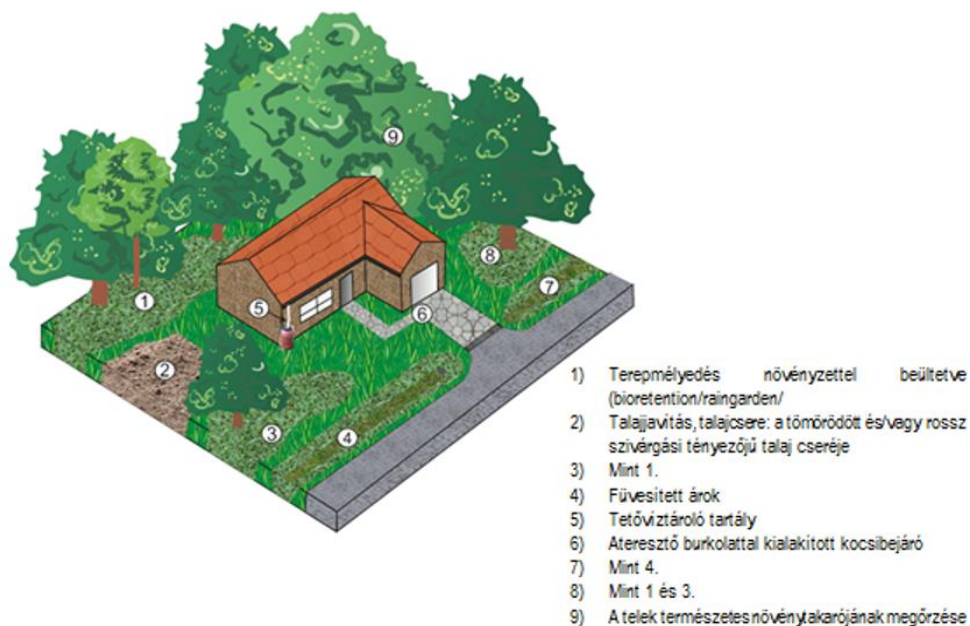
Amennyiben a talajvíz minőségének védelme megkívánja, a beszivárogtatás előtt egy homokszűrő is közbeiktatható (8. ábra alsó részábrája).

A kavics/zúzottkő szivárogtató árok keresztmetszetén (10. ábra) arra az esetre is láthatunk megoldást, amikor az ingatlan talajának beszivárogtató képessége korlátozott és fennáll az árok túlterhelése nagyobb csapadékok idején. Ilyen helyzetekben az árokba fektetett dréncsőveken keresztül vezethetjük a többletvizeket a közterületi csatornába.

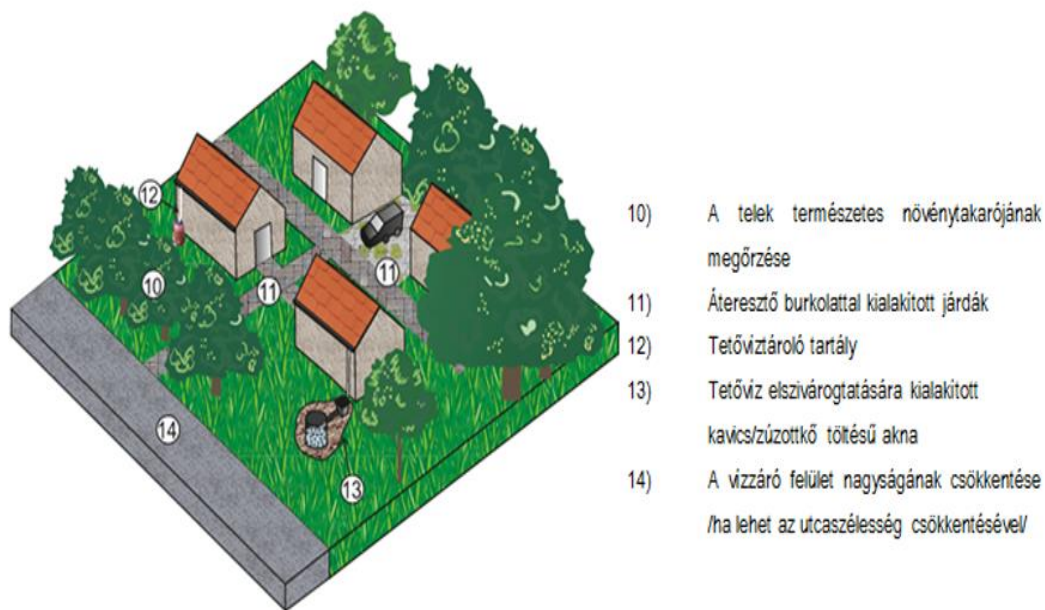


10. ábra: Kavicsárok keresztmetszete

A lefolyásszabályozás egyes alaptípusainak általános elhelyezését mutatják be magánigatlanok esetében a 11-12. ábrák.



11. ábra: A lefolyásszabályozási megoldások elhelyezése tágas telekkiosztás esetén



12. ábra: A lefolyásszabályozási megoldások elhelyezése sűrű telekkiosztás esetén

A hatékonyság növelése érdekében tehát javasolt:

- A növényzettel beültetett terepmélyedést az ingatlanon helyezük el, hogy a beszivárgás során megszűrődő víz pótolja a talajnedvességet/talajvizet,
- A tetővizet közvetlenül is beköthetők a terepmélyedésekbe,
- A tartályban visszatartott vizet használjuk az ingatlanon belül (öntözés, egyéb, nem ivóvíz minőséget igénylő vízhasználatok),
- Az út menti folyóka helyettesíthető a növényzettel beültetett terepmélyedések és a füvesített árkok kombinációjával,
- Minden járdához és kocsibeállóhoz alkalmazzunk áteresztő szilárd burkolatot.

Az ingatlanokról történő helyes csapadékvíz helyben nem tartható részének kivezetése mellett példákat mutatunk be a helytelen megoldásokra is (13-15. ábrák). A kivezetések műszaki megoldásáról az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997.(XII.20.) Kormányrendelet (OTÉK) 47. § (8) és (9) bekezdése úgy rendelkezik, hogy a telek, terület csapadékvíz-elvezetési rendszerét úgy kell kialakítani, hogy a víz a terepen és az építményekben, továbbá a szomszédos telkeken és építményekben, valamint a közterületen kárt (átázást, kimosódást, korróziót stb.) ne okozzon, és a rendeltetésszerű használatot ne

akadályozza. A csapadékvíz a telken belül elszívárgtatható, ha az a telek és a szomszédos telkek, továbbá építmények állékonyságát és rendeltetésszerű használatát nem veszélyezteti.



13. ábra: Helytelen csapadékvíz kivezetés 1.



14. ábra: Helytelen csapadékvíz kivezetés 2.

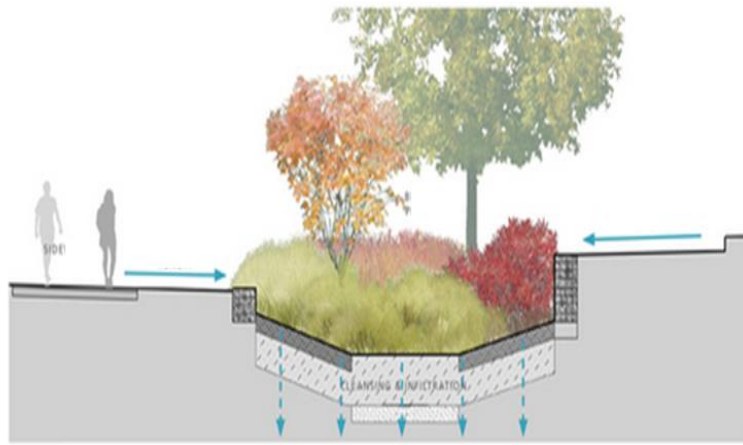
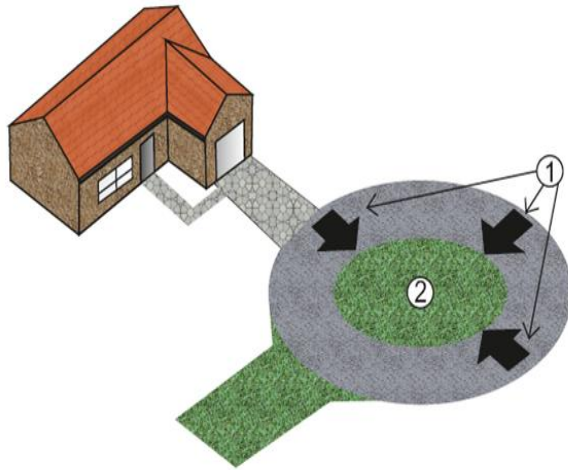


15. ábra: Műszakilag helyes, de a csapadékvíz gazdálkodást mellőző kivezetés.

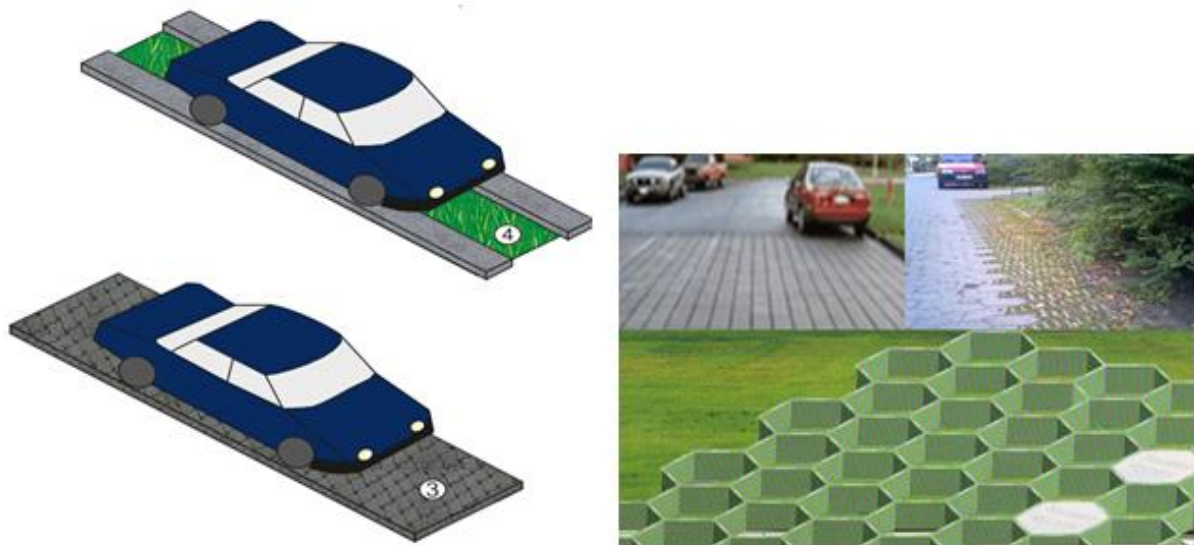
A 13-14. képeken látható megoldások semmilyen tekintetben sem felelnek meg a vonatkozó előírásoknak. A 15. kép szerinti megoldás egyetlen szempontból kifogásolható: nem alkalmazta az ingatlantulajdonos a csapadékvíz gazdálkodás által megkívánt visszatartást az épület melletti/mögötti burkolatlan ingatlan területen. Ehelyett minden tetővíz lefolyást azonnal a közcsatornába vezet.

Lefolyásszabályozási megoldások közterületeken

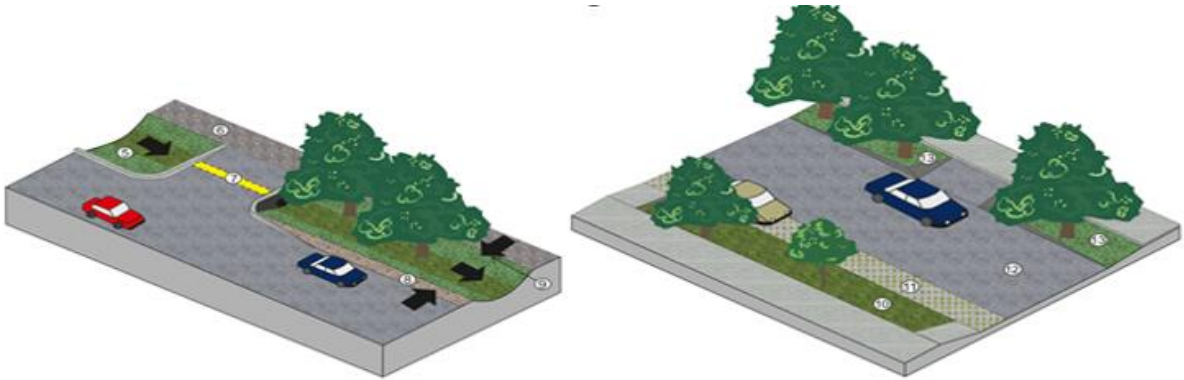
A lakóingatlanokon történő csapadékvíz elhelyezésen kívül lehetőség van a közterületi megoldásokra is, ahol az utak és parkolók felszíni lefolyásának visszatartása a cél. Ezeket foglalják össze a 16-19. ábrák.



16. ábra: Burkolt bekötőútról lefolyó csapadékvíz elszikkasztása esőkertben
(a számok jelentése megegyezik a 10-11. ábrákon ismertettekkel)

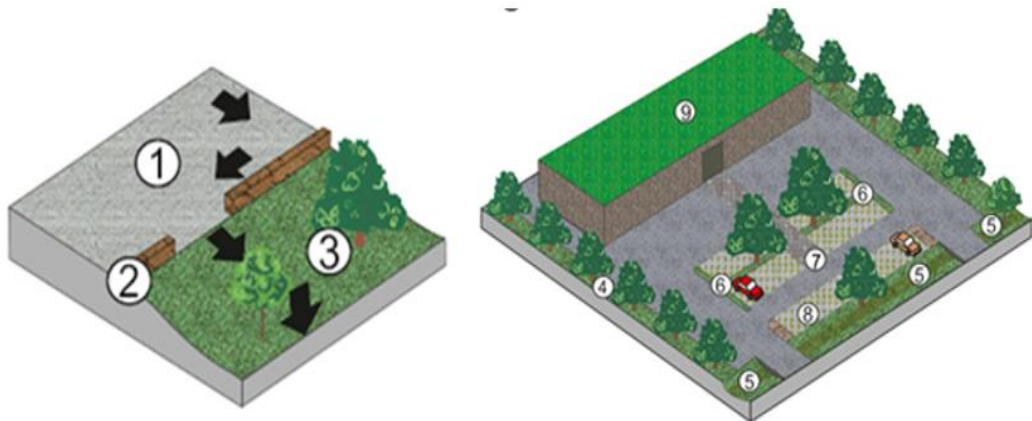


17. ábra: Kocsibeállók és parkolók burkolása beszivárgtatást lehetővé tevő megoldásokkal
(a számok jelentése megegyezik a 10-11. ábrákon ismertettekkel)



18. ábra: Kisforgalmú utak és parkolók vizének elszikkasztása füvesített árokkal, illetve faárokkal

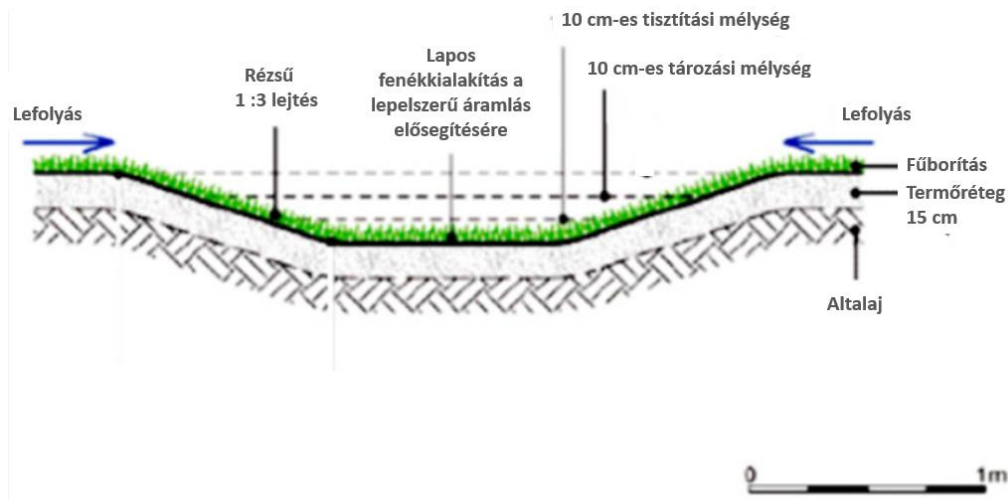
(a számok jelentése megegyezik a 10-11. ábrákon ismertettekkel)



19. ábra: Kisforgalmú utak és parkolók vizének elszikkasztása füvesített árokkal, illetve faárokkal (az árokba ültetett fákkal, a párologtatás fokozása érdekében)

(a számok jelentése megegyezik a 10-11. ábrákon ismertettekkel)

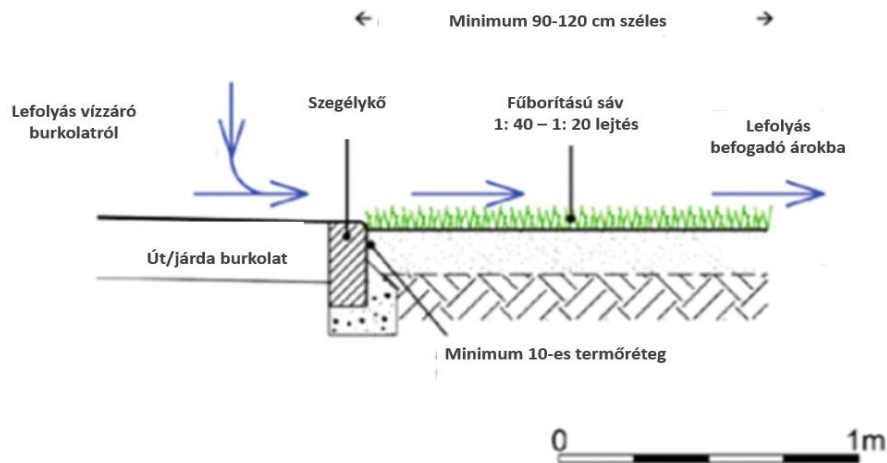
A füvesített árkok jellemző keresztmetszelyét a 20. ábra mutatja be.



20. ábra: A fűvesített árok tipikus szelvénye

A közterületi, utak és parkolók felszíni lefolyásainak visszatartásánál kritikus tényező lehet a lefolyás szennyezettsége, ami kizárhatja a talajba való közvetlen szikkasztást. Ez elsősorban a parkolók esetében korlátozó tényező, ahol a parkoló járművekből elcsöpögő motorolaj és a hidraulika folyadék a felszínről könnyen lemosható. Védelem nélkül, hosszabb idő alatt a talajtér és a talajvíz olajjal szennyeződhet. Ez ellen úgy védekezhetünk, ha a beszivárgás előtt olajfogót építünk be a lefolyási útvonalba. Ezt többnyire a hatóság elő is írja. Ha szennyezésveszély a nagyforgalmú utak mentén is előáll, ahol az olajfogás ugyancsak szükséges.

Ha a településrész csapadékvíz elvezetésénél burkolt árkokra van szükség és egyúttal a közúti forgalomból származó szennyezések ellen a befogadó vízfolyást védeni kell, hatékony megoldást nyújt a fűvel borított útpadka, melynek általános kialakítását a 21. ábra mutatja be. A fűborítás feladata az útról lefolyó víz lebegőanyag tartalmának visszatartása. Ehhez azonban legalább 1 m széles sávra van szükség.



21. ábra: vízminőségvédelmi célú útpadka kialakítás

6. Egyéb csapadékvíz gazdálkodási megoldások

Az eddig bemutatott megoldások elsősorban a magán- és közterületi ingatlanok csapadékvizének elszikkasztási lehetőségeit fedik le. Kétségtelenül, a talaj-talajvíz tér a legnagyobb befogadó tér a településeken, de nem az egyetlen. A további lehetőségek az következők:

Zöld tetők

A lapos, vagy legfeljebb csekély lejtésű tetőkön kialakíthatók talaj és növény borítások, közös elnevezéssel zöld tetők. A zöldtetőknek két alaptípusa létezik: (i) az extenzív és az (ii) intenzív zöld tető. A kettő között a különbségek a talajtakaró vastagságában és az ültetett növények fajtájában jelentkeznek. Általánosságban négy kritériumnak kell megfelelniük: (a) Megfelelő növényzet megválasztása a zöldtető típusához és a helyi körülményekhez illeszkedve, (b) A növényfajokhoz igazodó ültetőközeg összetételének és ideális vastagsága. (c) Az ültetőközeg kimosódásának megakadályozása, és (d) a vegetáció számára optimális csapadék visszatartása, a felesleges pangóvíz kialakulásának megakadályozása, gyors elvezetése a szivárgó rétegben.

Az intenzív zöldtetők (tetőkertek)

Az átlagos termőréteg vastagsága 20-100 cm. Az épület tetőszerkezetére nagy terhelést jelent. Például a 30 cm termőréteg vastagság négyzetméterenként 350-400 kg súlyú. Az intenzív zöldtetők a

tető kertek legértékesebb típusai. Ugyanolyan sokoldalúan hasznosíthatók, mint a talajszinti kertek, azonban fenntartásuk intenzív ápolással jár. Elnevezésük – intenzív – is a gyakori, rendszeres gondozási igényre utal. A hazai éghajlaton fenntartása csak automata öntözőrendszerrel lehetséges. Szerkezetét a 22. ábra mutatja. Csapadékvíz gazdálkodási szempontból drága, de hatékony módja a tetővizek visszatartásának.

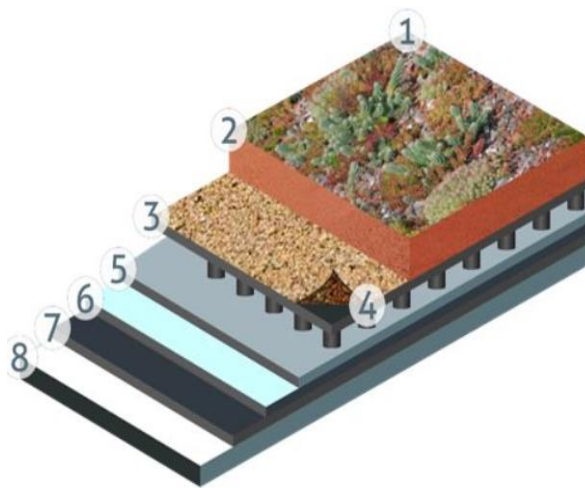


1	Növényzet	Gyep, évelők, cserjék, fák
2	Ültetőközeg	Flóra Tect intenzív talajkeverék 20cm <
3	Szűrőréteg	Szűrőfátyol FV 125
4	Víztároló-és drénréteg	Drén- és víztároló elem DSE 60 /burkolat alatt is átnyúló/
5	Védőréteg	Szigetelést védő geotextília SV 300

22. ábra: Az intenzív zöldtető (tetőkert) általános rétegrendje

Az extenzív zöldtetők

Az extenzív tetőknél a termőréteg vastagsága 5-15 cm. Ez miközben csekély súlyú, erősen korlátozza az ültethető növények körét. Ennél a vékony rétegű zöldtetőnél csak szárazságtűrő és csekély ápolást igénylő növények ültethetők. Az extenzív zöldtetők az úgynevezett nem járható zöldtető kategóriába tartoznak. Ez azt jelenti, hogy a szükséges ápolási munkákon kívül nem tartózkodhatnak rajta, mivel a vegetáció nem bírja a tartós taposást. Az extenzív zöldtetők csapadékvíz visszatartási potenciálja lényegesen kisebb, mint az intenzívéké



1. Növényzet: *varjúhájfélék /Sedumok/*
2. Extenzív ültetőközeg: *Fito Tect szubsztrát*
3. Szűrőréteg: *FV 125* vagy *FL 150 tűnemezelt, nem szőtt geotextília*
4. Szivárgóréteg: *DSE 20* vagy *SedumDrain 25 drénlemez*
5. Vízszigetelés: *gyökérálló PVC* vagy *bitumen*
6. Hőszigetelés
7. Párazáró réteg
8. Tetőfödém

23. ábra: Az extenzív zöldtető általános rétegrendje

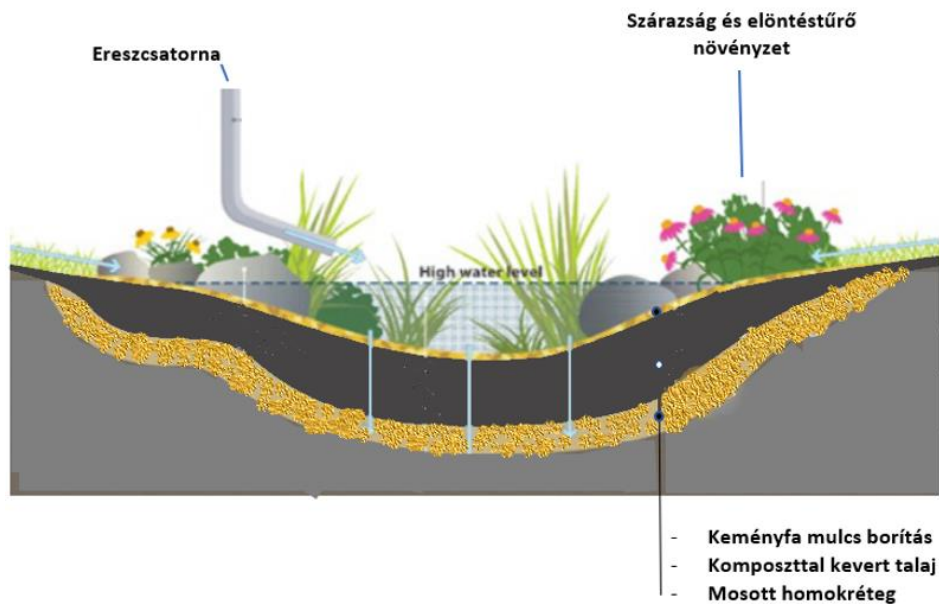


24. ábra: Extenzív és intenzív zöldtetők

A 24. ábra felső képei az extenzív zöldtetőkre mutatnak példát. A baloldali egy lejtős, a jobboldaliak lapostetőkre jellemzők. Az alsó képek tetőkertet (intenzív zöldtető) ábrázolnak, amiken cserjéket és fákat is elhelyeztek.

Esőkertek

Az esőkertek általában kis területű, növényzettel beültetett felületek. A növényeknek mind a szárazságot, mind pedig a rövid idejű elöntéseket bírniuk kell. A 25. ábra tipikus esőkert szelvényt, a 26. ábra pedig egy ingatlanon kiépített kertet mutat be.



25. ábra: Az esőkert tipikus szerkezeti felépítése

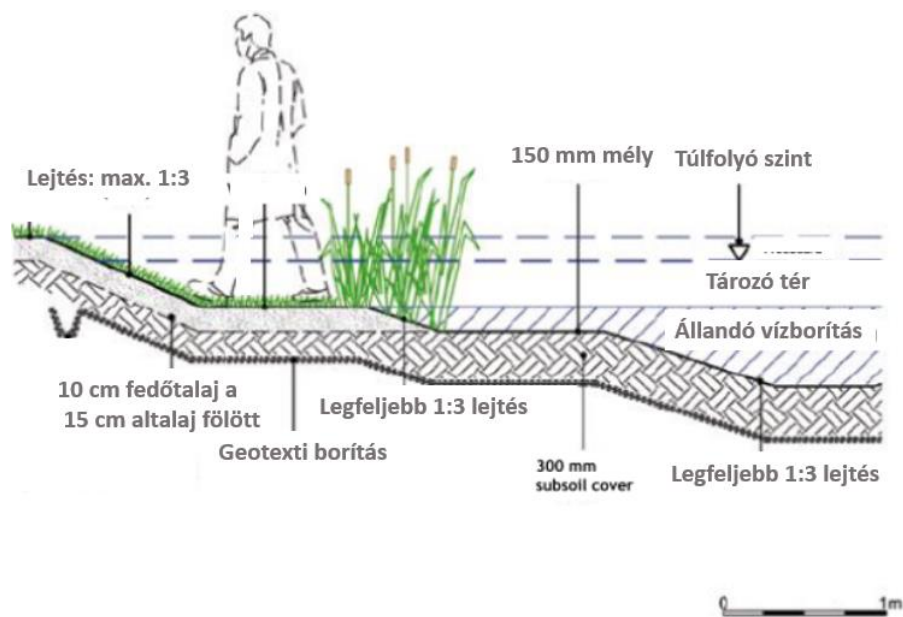


26. ábra: Ingatlanon kiépített esőkert

Kerti tó- állandó vízborítású tó

A kerti tavak hatékonyan használhatók, elsősorban a tetővizek visszatartására, Tájképző elemek, amik vízforgalmát a párolgás befolyásolja. Hosszú, száraz időszakokban az állandó

vízborítás fenntartásához ingatlanon belül a mesterséges vízpótlás lehetőségét célszerű biztosítani. Ez kisebb tavak esetén egyszerű locsolótömlővel is lehetséges. A 27. ábra a tó medrének kialakításához nyújt segítséget, melynél az átlagos vízmélység mellett a rézsűk kialakítása a legfontosabb. Ökológiai szempontból vizes élőhelyként funkcionálhat nagyobb közterületeken (28. ábra). Ez különösen olyan helyzetekben lényeges, ahol kisgyerekek is lehetnek a környékén (29. ábra).



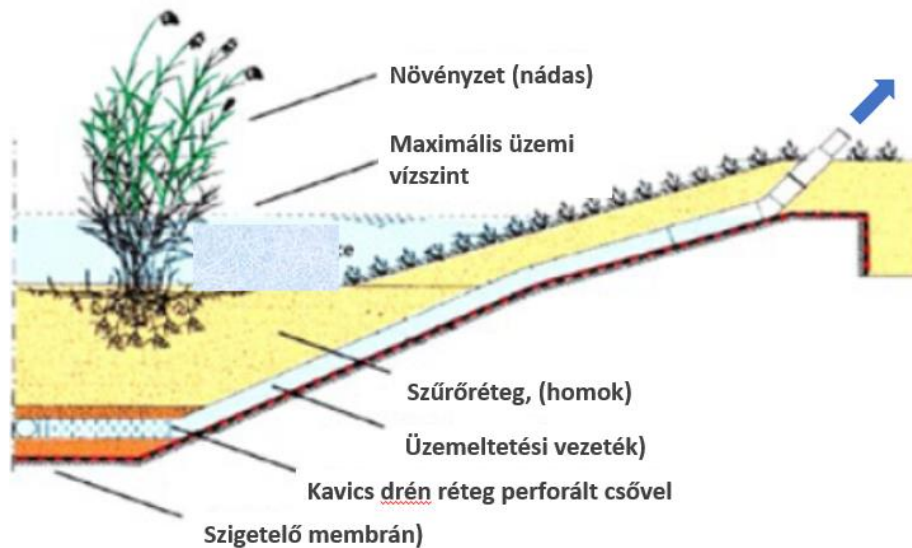
27. ábra: Állandó vízborítású tó jellemző partvonal kialakítása



28-29. ábra: Állandó vízborítású tó közterületen és ingatlanon

Állandó vízborítású tó tisztító funkcióval kombinálva

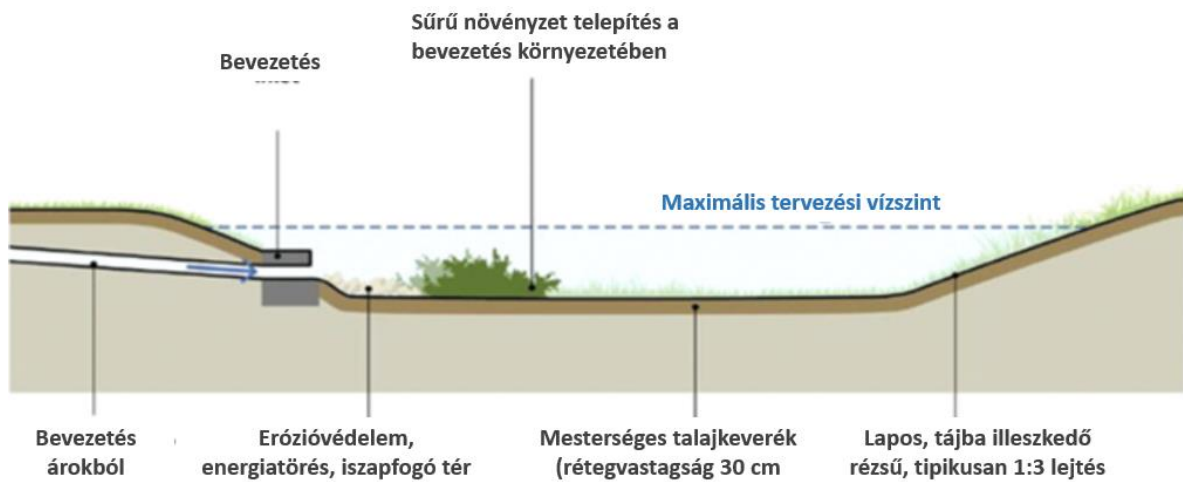
A tavakat felhasználhatjuk a visszatartott víz tisztítására is. Ilyenkor a tófenék homokszűrőként működik, fenntartva a vizes élőhely funkciókat is. A kinyerhető víz lényegesen tisztább a tetővíznél is. Fenntartás nélkül felhasználható például mosásra is. A jellemző szelvényt a 30. ábra mutatja.



30. ábra: Szűrőréteggel kiegészített tó rétegendje

Beszivárogtató tó

Felszínvíz befogadó hiányában, ha a talaj szivárgási jellemzői lehetővé teszik, az összegyűjtött vizet a talajba szikkaszthatjuk. Mivel a beszivárgás intenzitása a hevesebb csapadékokénál kisebb, a vizet tárolni szükséges. Erre mutat példát a 31. és 32. ábra. Különösen fontos a szivárogtatási képesség hosszú idejű fenntartásához, hogy a bevezetés környezetében alakuljon ki a befolyó víz lebegőanyagainak kiülepedése.



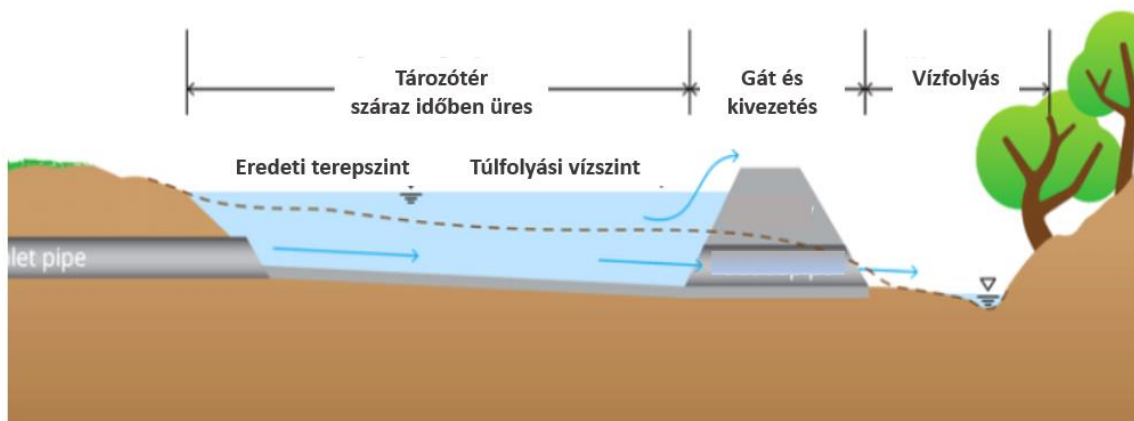
31. ábra: A beszivárogtató tó szelvényének jellemző metszete



32. ábra: Beszivárogtató tó száraz és nedves állapotban

Árhullámcsökkentő (ideiglenes elöntésű) tó

Az ilyen tavak létrehozásának elsőrendű célja a városi területről hirtelen nagy hozamú árhullámok elleni védelem. Ezek az árhullámok erodálhatják, kimoshatják a patakok medrét, ezért a bevezetés előtt a vízhozamot csökkenteni kell. Erre szolgálnak ezek az ideiglenes elöntésű terek, amelyekből a kivezetett vízhozamot a megengedhető szintre korlátozzuk. Ezek a tavak a csapadékok után idővel leürülnek. A kialakítás elvi megoldását a 33. ábra, míg egy valós tározót a 34. ábra mutatja.



33. ábra: Az ideiglenes elöntésű tározó keresztmetszetének elvi kialakítása

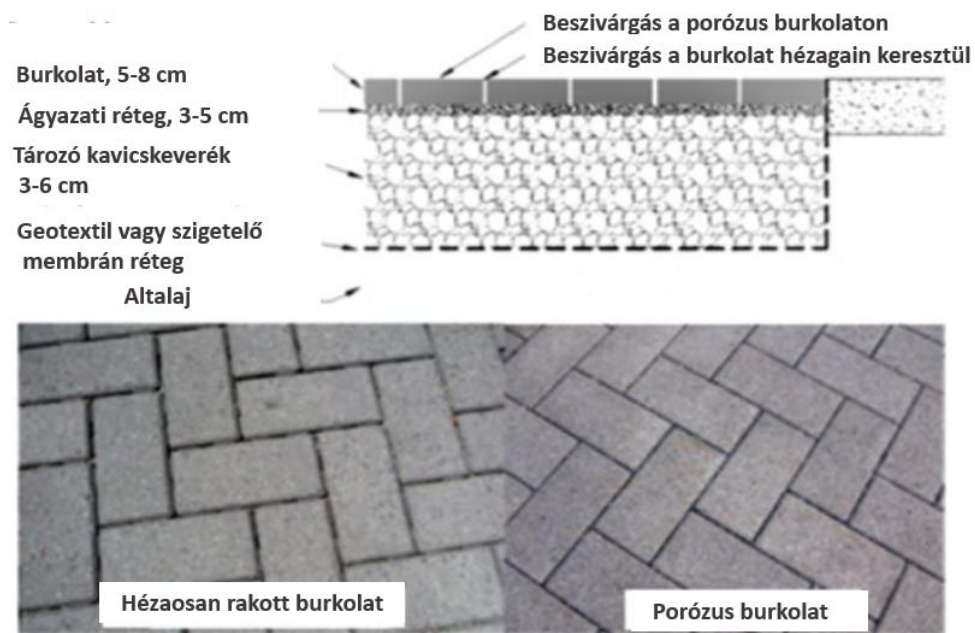


34. ábra: Ideiglenes elöntésű tározó képe

Áteresztő burkolatok

A csapadékvíz ingatlanon tartásának mértékét növelhetjük, ha a szilárd burkolatot igénylő felületeken áteresztő burkolatokat alkalmazunk. Ezek, miközben a burkolat jellege szilárd marad, bizonyos mértékben lehetővé teszik a lehulló (ráfolyó) csapadékvíz talajba juttatását is. Ehhez porózus szerkezetű burkolóanyagokat és tömör, de hézagosan rakott burkolatokat (térköveket) használhatunk. Előbbiek készülhetnek betonból és aszfaltból is. Áteresztőképességük lehetővé teszik még az igen nagy intenzitású csapadékok elnyelését is. A hatékonyság szempontjából az alatta lévő rétegek áteresztő képessége lesz kritikus. Ha a

termett talaj kevésbé átteresztő, az fogja meghatározni az eredő beszivárogtatást. Ilyen esetekben a burkolat alá nagy hézagterfogatú ágyazóréteg kerül, ami felfogja és a lassúbb szivárgásra időt hagy. Tömör térkőelemek alkalmazása esetén a kellő szélességű hézaggal rakott megoldás biztosítja a víznyelést. Tipikus rétegrendet mutat be a 35. ábra.



35. ábra: Áteresztő szilárd térkő burkolatok

Egyéb átteresztő felületek



Kavicsgyep	Zúzottkő	Fűbeton
Humusz, kavics és fű keveréke, a felszínen elterítve és tömörítve	Egyforma szemcseméretű zúzottkő vagy kavics, átteresztő felületen terítve	Nagyméretű nyílások, a füves felület aránya több mint 40%

36. ábra: Egyéb szilárd, átteresztő burkolat

Felhasznált irodalom

- 1) Buzás K.: Víz a városban, 3C for Cities, 2015
- 2) City Water Cycles, Transnational online Handbook on circular urban water management and use, Interreg Central Europe, 2021
- 2) Csizmadia D. et al., Zöld infrastruktúra füzetek 3. Vízérzékeny tervezés a városi szabadtereken, Budapest, 2018