8-6 melléklet:

Települési csapadékvíz-gazdálkodási útmutató

„A víz élet, gondozzuk közösen!”

VÍZGYŰJTŐ-GAZDÁLKODÁSI TERV - 2015

Települési csapadékvíz-gazdálkodási útmutató
A jó gyakorlat

Készítette:

Buzás Kálmán c. egyetemi tanár
BME, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék

2015. szeptember

Települési csapadékvíz-gazdálkodási útmutató
A jó gyakorlat

TARTALOM

1. BEVEZETÉS 2
2. A TELEPÜLÉSI CSAPADÉKVÍZ-GAZDÁLKODÁS FOGALMA 4
2.1 Az éves vízmérleg alakulása a vízzáró, szilárd felületek függvényében 5
2.2 A vízmérleg alakulása egy csapadékesemény során 9
2.3 Miért jobb a csapadékvíz gazdálkodási rendszer az „egyszerű” elvezetésnél? 12
3. CSAPADÉKVÍZ-GAZDÁLKODÁS VS. CSAPADÉKVÍZ ELVEZETÉS 15
4. A LEFOLYÁS SZABÁLYOZÁS ÉS CSAPADÉKVÍZ GAZDÁLKODÁS STRATÉGIAI ALAPJA 16
5. A JÓ GYAKORLAT: SZÜRKE ÉS ZÖLD CSAPADÉKVÍZ INFRASTRUKTÚRA 18

Készítette:

Buzás Kálmán c. egyetemi tanár
BME, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék

1 Bevezetés

Városaink csapadékvíz elvezetési megoldásai és az azt szolgáló elvezető rendszerek, összevetve a nemzetközi gyakorlattal több évtizedes elmaradásban van. Az elmaradás oka a települési csapadékvízzel kapcsolatos jogi szabályozás hiányos, illetve ellentmondásos jellege, a műszaki szabályozás elmaradottsága és az elvezetés gazdasági hátterének rendezetlensége. Az önkormányzatok ezek miatt is hiányzó ismeretei a korszerűnek tekintett, a változó klímához való adaptációt segítő műszaki megoldások terén teszi teljessé a jelenlegi helyzetet. A következmények a többnyire megalapozatlanul költséges beruházásokban jelentkeznek, melyek „eredményeként" a csapadékvízhez köthető települési problémák többnyire csak részben oldódnak meg, illetve a jövőben újra jelentkezni fognak.

A közvetlen problémák két jellemző csoportja különböztethető meg:

- Az igen heves esők miatt bekövetkező elöntések, melyek minden esetben nagy nyilvánosságot kapnak és jelentős károkkal, a közlekedés erős zavarásával jellemezhetők, és
- A hosszú, forró és száraz időszakokban a köz- és magánterületi városi zöld felületek ivóvízzel való öntözési igényében, annak költségeiben, miközben a lehulló és hasznosítható csapadékvizet ésszerűtlenül igyekszünk „gondosan" eltávolítani a település területéről. Az indokolatlan többletköltségek jelentősen nagyobbá válnak azokon a településeinken, ahol egyesített rendszerű csatornázás van. Ezekben ugyanis az elvezetett csapadékvíz szivattyúzási és szennyvíztisztítási többlet ráfordításokat is okoz.

Miért nem eléggé hatékonyak általában a városok az elöntések elleni védelemben, a megelőzésben?

A csekély hatékonyság több okra vezethető vissza:

- A megoldásokat többnyire csak egy irányban keresik. Például csak a csapadékvíz elvezető rendszer kapacitásának növelésével akarják az elöntéseket megelőzni, illetve előfordulási gyakoriságukat csökkenteni.
- A csapadékcsatornázásban kizárólag hidraulikai megoldásokat, mérnöki műtárgyak kiépítését alkalmazzák, melyekkel az elöntések teljes mértékű szabályozását célozzák meg, ami azonban az esetek döntő többségében irreális célkitűzés.
- A lehetséges környezeti, területhasználati szempontokat, a lakosság felvilágosításával együttes gazdasági és rendeleti lehetőségeket figyelmen kívül hagyják.

Kiemeljük, hogy a mérnöki, nagy beruházás igényű infrastruktúra kizárólagos fejlesztése nem ad fenntartható megoldást a városi elöntések kockázatának csökkentésére. Különösen, ha tekintettel kell lennünk a csapadékviszonyokban a változó klíma miatt alakuló változásokra. Ezek kedvezőtlen jellege időszerűvé, sőt sürgetővé teszi a települési csapadékvíz gazdálkodás fokozatos megvalósításának beemelését a városok klímaadaptációs programjába.

Mi ezzel kapcsolatban a teendő?

- A klímaváltozásra való érzékenység kimutatása a városi elöntések szempontjából.
- A szükséges/lehetséges adaptációs beavatkozások prioritásainak meghatározása.

Melyek a lehetséges adaptációs módszerek?

- Különböző (nem csak szerkezeti) intézkedések és a természetes védekezési beavatkozások elindítása.
- A csapadékvíz gazdálkodást segítő zöld infrastruktúra fokozatos kiépítése.
- Szorosabb együttműködés a klímaváltozással és az elöntésekkel foglalkozó kutatásokban.
- A helyi érdekeltek (lakosság, a közintézmények és a vállalkozások vezetői) részvételének biztosítása.

2 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:

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

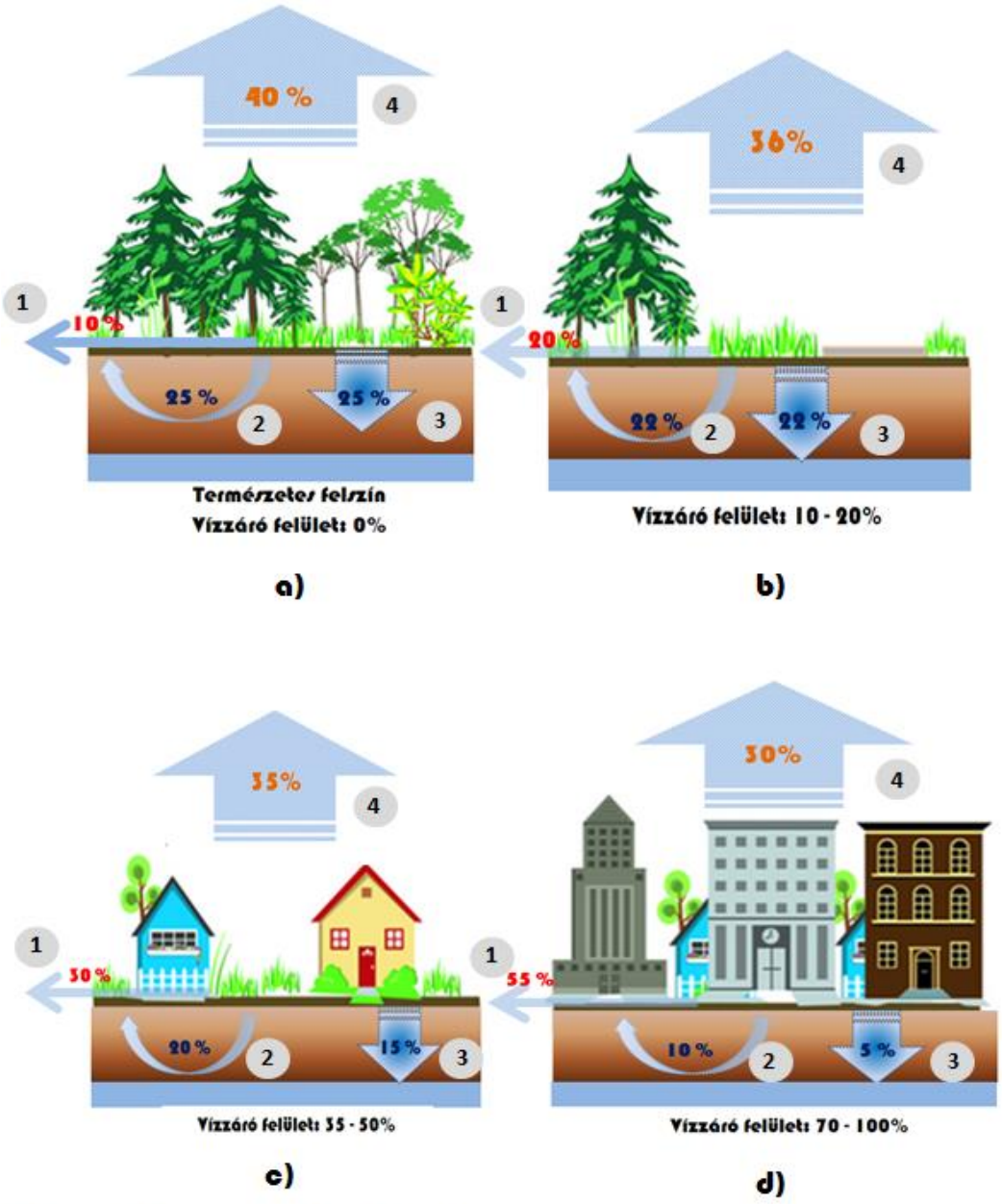
A nem vízzáró, elsősorban zöld felületek arányának növelése mellett, mindkét gazdálkodási irány a víznek legalább időszakos visszatartását igényli a településen. Természetesen emellett fenn kell tartani a nagycsapadékokból keletkező elöntések elleni védelmet, lehetőleg a károk elkerülésével elérhető 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 felszínt 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 éves vízmérleg alakulása a vízzáró, szilárd felületek függvényében



1 – Felszíni lefolyás, 2 – sekély mélységű infiltráció (nem éri el a talajvizet, valamely felszíni vízfolyás, vagy városias területen a csatornahálózat drénezi, 3 – tározódás a talajvíztérben, 4 – közvetlen és a növényzet által elpárologtatott vízmennyiség (evapotranspiráció)

1. ábra: Vízháztartási jellemzők változása az urbanizálódottság növekedésével

Az ***1.ábrán*** bemutatjuk valamely terület éves vízháztartási jellemzőinek változását az urbanizáció különböző szintjein. 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 /3/ eléri és táplálja a talajvízteret), és a felszíni lefolyás (L). Az egyszerű mérlegegyenlet tehát:

$$CS = P + B + L$$

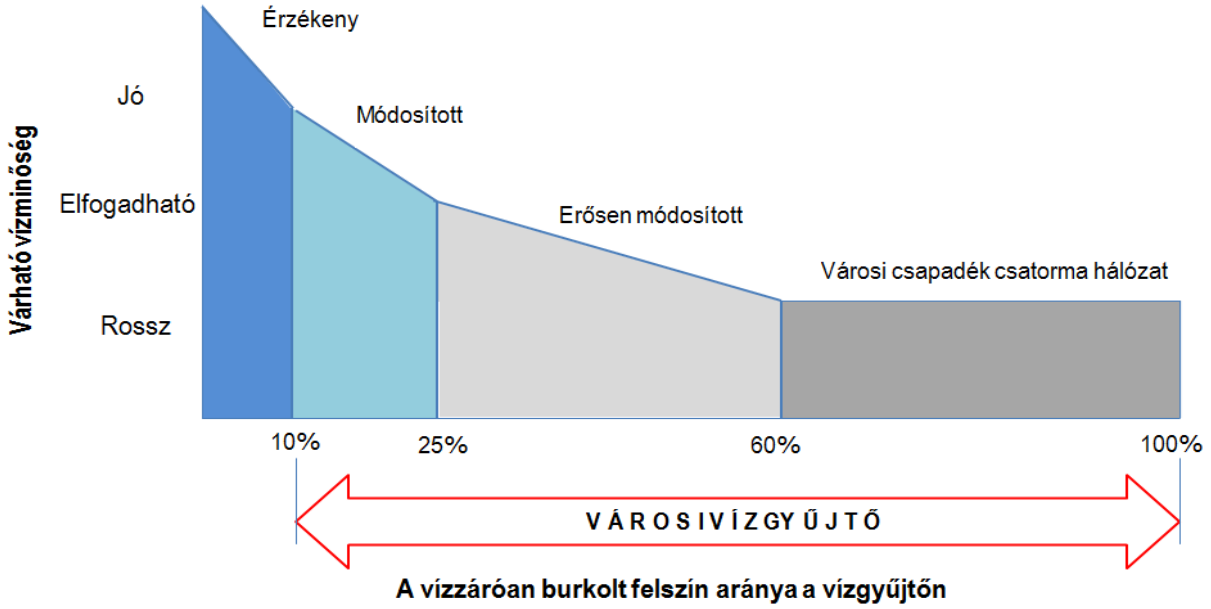
Az ***1. ábrán*** nyomon követhetjük, hogy átlagos esetben az urbanizáltság (a burkolt felületi arány) mértékének növekedésével hogyan változnak a mérlegegyenlet egyes tagjai. Az átlagos jelző elsősorban a talajjal és a talajvízzel kapcsolatos. Például ha a talajvíz mélyen helyezkedik el, ha a talaj felső rétege csekély (például iszapos), vagy fordítva nagy (például homokos kavics) beszivárogtató kapacitású, az 1. ábrán látható arányok módosulnak. Ez (is) rámutat a csapadékvízzel kapcsolatos folyamatok erősen helyi körülményektől függő jellegére.

A vízzáró felületi arány növekedésével a párolgás csekély mértékben csökken, tehát a jelentős átrendeződés, a felszíni lefolyás nagymértékű (példánkban több mint ötszörösére) növekedése a beszivárgás 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 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 állapotra jellemző helyzethez. Ezzel, egyéb kedvező hatások mellett a városi kisvízfolyások vízminőségének javulását, a jó ökológiai állapot elérését is szolgáljuk.

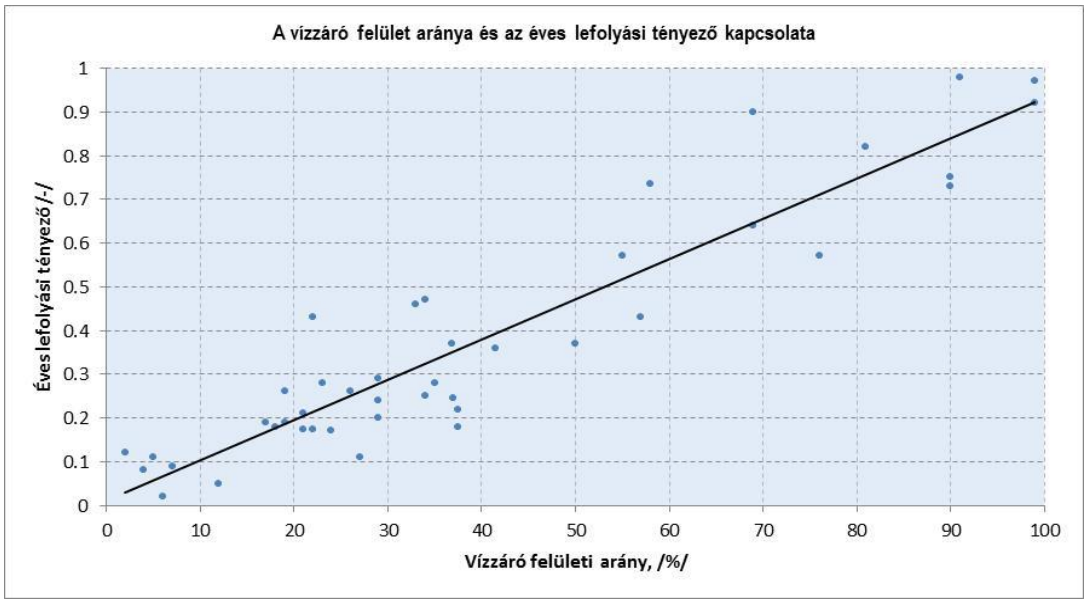
Milyen kedvezőtlen hatások érik a kisvízfolyásokat a városi vízgyűjtőkről bevezetett csapadékvíz miatt?

Városi vízgyűjtőnek azok a településeket/településrészeket tekintjük, ahol a burkolt felület aránya eléri vagy meghaladja a 10%-ot. Ilyen esetekben a ***2. ábrán*** látható, számos nemzetközi kutatás során kimutatott következményekkel számolhatunk.



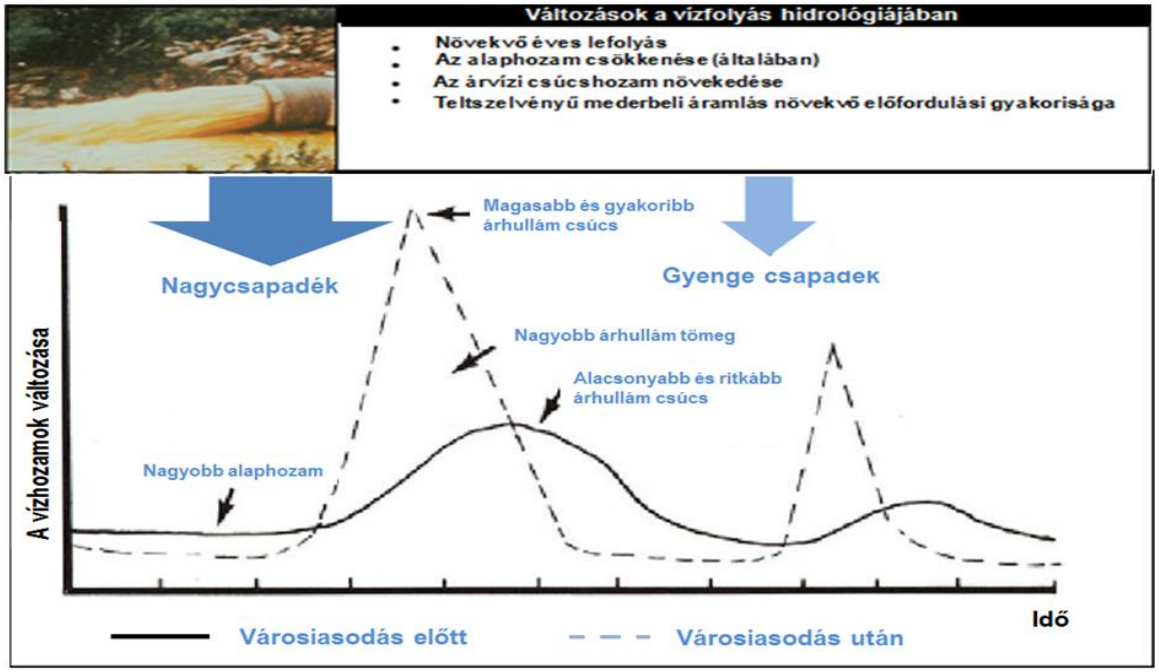
2. ábra: A vízzáró burkolat arányának hatása a befogadó kisvízfolyás vízminőségére

A ***3. ábrán*** csaknem félszáz amerikai vízgyűjtőn végrehajtott méréssorozat eredményét látjuk összegezve. Azt vizsgálták, hogy hogyan változik a lefolyási tényező a vízzáróan burkolt felület arányában. Ez a tényező azt mutatja, hogy az egy év során lehullott csapadékvíz mekkora aránya folyik le a felszínen. A befogadó vízfolyást annál erőteljesebb hatások érik a városból, minél nagyobb ez a lefolyási tényező.



3. ábra: A lefolyási tényező változása a vízzáró burkolati arány függvényében

A romló vízminőség két hatás következtében jelentkezik: (i) az egyre nagyobb mértékben vízzáróan burkolt felület drámaian módosuló hidrológiai választ eredményez, és (ii) egyre több, a városi felszínen kirakódó szennyezőanyagot képes a befogadóba transzportálni. A ***3. ábrán*** az látható, hogy a növekvő árhullám csúcsok és csökkenő alaphozam jellemzi az ilyen vízgyűjtőjű vízfolyásokat.



4. ábra: Megváltozott áramlási viszonyok a befogadó vízfolyásban

5. ábra: A városi vízgyűjtő kedvezőtlen hatásai a befogadó állapotára

A vízmérleg alakulása egy csapadékesemény során

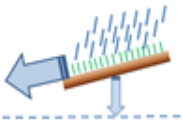
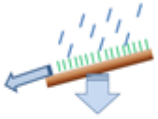
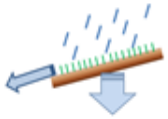
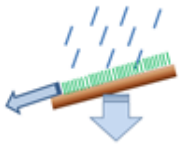
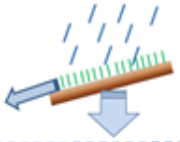
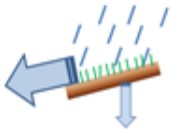
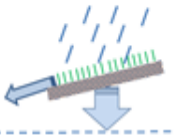
A lehulló csapadékvíz sorsára nagy hatással van egy, a fenti éves vízmérleg ábrán nem bemutatható rejtett folyamat, ami a csapadékosság dinamikájához kötődik. Másképpen: különös jelentősége van annak, hogy a Magyarországon évente átlagosan lehulló 500-550 mm magasságú csapadék milyen intenzitású esőkből tevődik össze. Az eső intenzitását az időegység alatt, egységnyi felületre lehulló csapadék magasságával jellemezzük (mm/óra). A felszíni víz talajba történő beszivárgásának dimenzióját is mm/óra értékkel adjuk meg.

Könnyen belátható, hogy amíg a csapadék intenzitása kisebb/egyenlő a beszivárgáséval, az eső teljes mértékben be tud szivárogni a talajba, nem keletkezik felszíni lefolyás. Ebből az következik, hogy a lehetséges esőintenzitások egy tartománya a város burkolatlan felületei alatti talaj-/talajvíztérben helyben marad. A beszivárgás intenzitásánál nagyobb csapadékokból azonban a burkolatlan felületeken is keletkezik lefolyás.

Száraz talaj esetében a beszivárgás intenzitása időben változik. A porózus és száraz talaj kétfázisú, a talajszemcsék közötti tereket levegő tölti ki. Ezt a levegőt fogja a beszivárgó víz kiszorítani. Amikor ez a csere megtörténik ugyancsak kétfázisú, de most már talaj és víz térről beszélünk. A száraz talajnál nem beszivárgás, hanem víznyelés történik, aminek az intenzitása nagyobb, többnyire sokkal nagyobb, mint a vízzel telített talaj szivárogtató képessége. Műszaki szempontból az utóbbinak van nagyobb jelentősége.

Tekintsünk egy burkolatlan felületrészt a városi vízgyűjtőn! A fentiekből már érzékelhető, hogy ugyanakkora burkolatlan felületen, ugyanannyi csapadékból (mm csapadékmagasságból) más-más arányokat kapunk a mérlegegyenlet jobboldali tagjaira attól függően, hogy az adott eső milyen heves volt, azaz mekkora volt az intenzitása. Ha egy heves, rövid időtartamú záporról van szó, a felszíni lefolyás még burkolatlan felületeknél is elérheti a leesett mennyiség 80-90%-át. Míg ha csendes, hosszantartó eső formájában hullik le ugyanakkora mennyiségű esővíz, a lefolyó hányad közel nulla is lehet, tehát szinte minden víz a talajba tud szivárogni.

A csapadék intenzitása és a talaj beszivárgási jellemzője mellett további paraméterek is szerepet játszanak ennek az aránynak az alakulásában. A befolyásoló tényezőket, melyek a felszíni lefolyás és a beszivárgás arányára hatnak, most már nem egy teljes évre, hanem valamely csapadékesemény időtartamára vonatkozóan, a .. ábrán foglaljuk össze, ahol mindig csak egy hatótényezőt módosítottunk. Mint látható, a csapadék intenzitása és a talaj beszivárogtató képessége mellett szerepet kap a felszín lejtése, a növényborítás sűrűsége és a lefolyási út hossza is. A lefolyó hányad növekedését eredményezi a nagy csapadékintenzitás, a nagy felszínlejtés, a gyérebb növényzettel való borítottság is (***6. ábra***).

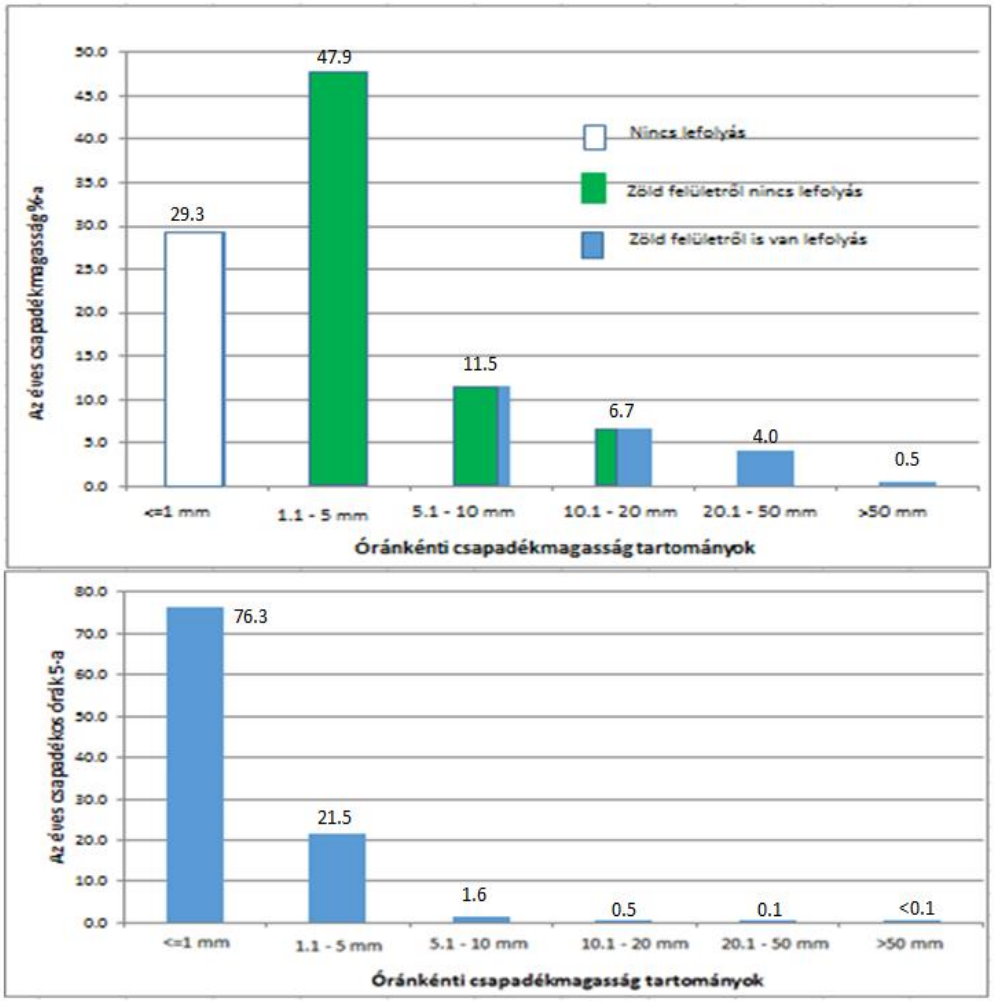
Csapadék intenzitás	Felszín lejtés	A növényzet sűrűsége	Lefolyási úthossz	Talaj áteresztő képesség	
NAGY	egyforma	egyforma	egyforma	egyforma	
kicsi	egyforma	egyforma	egyforma	egyforma	
egyforma	**kisebb**	egyforma	egyforma	egyforma	
egyforma	**NAGYOBB**	egyforma	egyforma	egyforma	
egyforma	egyforma	**NAGYOBB**	egyforma	egyforma	
egyforma	egyforma	**kisebb**	egyforma	egyforma	
egyforma	egyforma	egyforma	**NAGYOBB**	egyforma	
egyforma	egyforma	egyforma	**kisebb**	egyforma	
egyforma	egyforma	egyforma	egyforma	**NAGYOBB**	
egyforma	egyforma	egyforma	egyforma	**kisebb**	

6. ábra: A felszíni lefolyás és a beszivárgás arányát befolyásoló tényezők burkolatlan felületen

(A nyilak vastagsága jelzi, hogy melyik felszíni jellemző okozza a nagyobb lefolyási hányadot)

Nézzük meg, hogy a fenti megállapításokkal mit tudunk kezdeni példaként vett valós, mért csapadékok ismeretében! Az OMSz Budapest-Pestszentlőrinc állomásán, az 1996-2013 közötti 18 évben mért csapadékokból, különböző intenzitás *tartományokra bontott, átlagos éves csapadékossági adatsort állítottunk elő.*

Az adatsorok az óránként lehullott csapadék magasságát tartalmazzák. Ebből kimutatható, hogy egy év alatt átlagosan hány csapadékos óra volt, és ezek során óránként hány mm csapadék keletkezett. Ezt mutatja a ***7. ábra*** felső diagramja.



7. ábra: A csapadékok intenzitás tartományonkénti megoszlása az éves csapadékmagasság százalékában és a tartományok időtartama a teljes, éves csapadékos órák százalékában

(Budapest, 1996-2013-as évek átlaga)

A felső ábrarészből kitűnik, hogy az 537.2 mm átlagos, éves csapadék jelentős hányada kis intenzitású eső. 29.3 %-a nem haladja meg az óránkénti 1 mm-t, további 47.9 %-a pedig az 5 mm-t. Ezek összesen az éves csapadékmagasság 77.2%-át teszik ki. A jelentősebb, 10

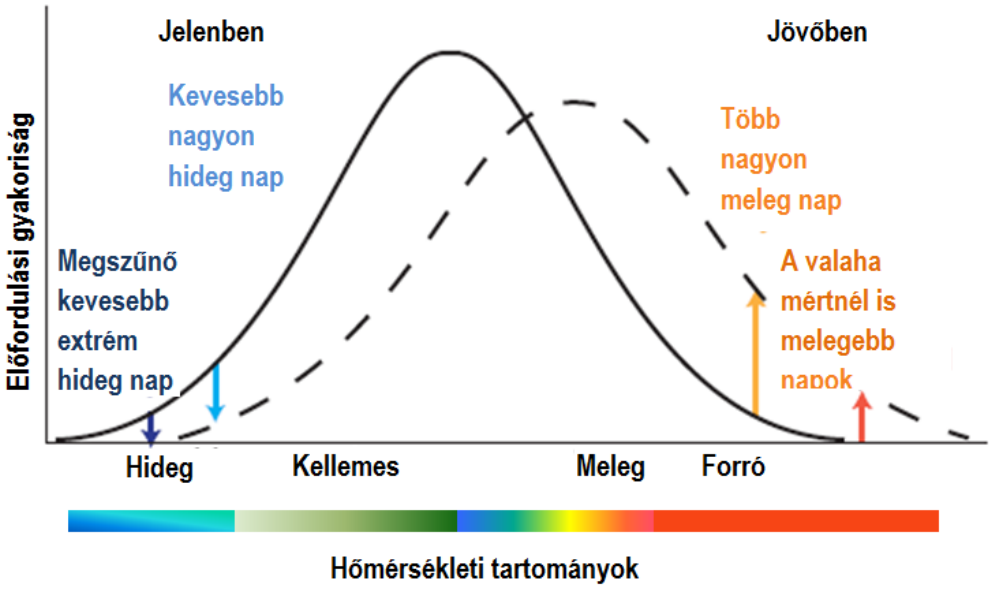
mm/órát meghaladó intenzitású csapadékok valamivel több, mint az éves csapadékmagasság tizedét teszik ki, az intenzitás növekedésével egyre csökkenő arányban.

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 vízelvezetés miatt akár nagyobb útfelület elöntésében. A lefolyás csak ezek feltöltődését követően indul meg. Ezek a folyamatok természetesen minden csapadéknál előfordulnak, ha nem volt megelőző eső, ami ezt a nedvesítési feltöltési folyamatot már elvégezte. Kiemelendő, hogy az éves csapadékos órák több mint háromnegyedében ilyen kiscsapadékok fordulnak elő.

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

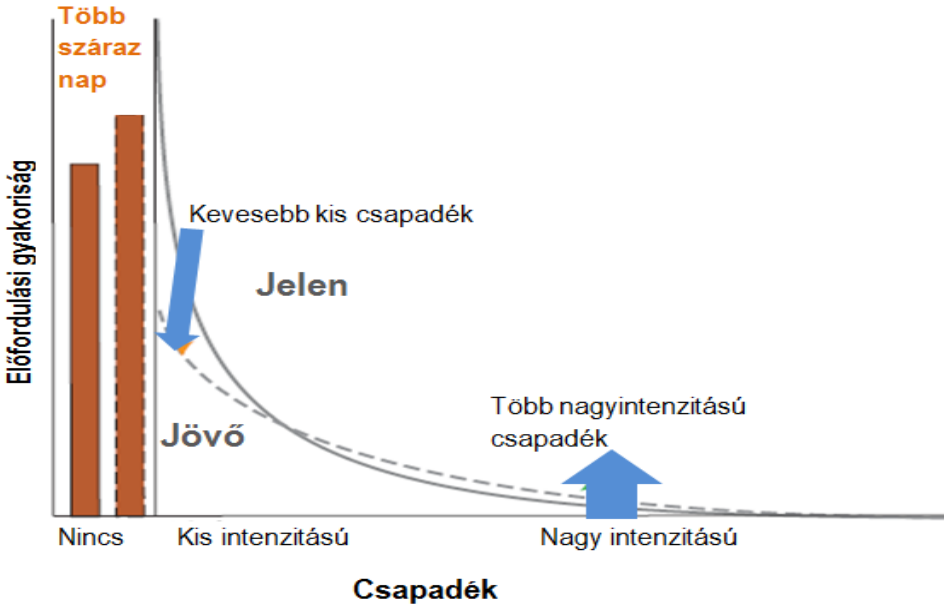
A kérdés megválaszolásához szükségünk van a gazdálkodás lényegének megfogalmazására: A csapadékvíz-gazdálkodást a települések területén jelentkező csapadékvíz elvezetés és helyben tartás ésszerű és célszerű arányainak meghatározásaként értelmezhetjük. Az elvezetés szükségessége nem igényel kifejtést. 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 csapadékviszonyok 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 (*8. ábra*).



8. ábra: A hőmérsékleti viszonyok becsült változása a klíma módosulása következtében

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 (*9. ábra*).



9. ábra: A klímaváltozás hatása a jövő csapadékviszonyaira

Előbbi drága és bár látszólag a vízmű számára bevételnövelést jelent, valójában növekvő évszakos vízhasználati egyenlőtlenség okozva üzemeltetési problémákhoz, költségnövekedéshez is vezet. Az év nagyobb részében a fölöslegesen nagy szállítási kapacitású vezetékekben csökken az áramlási sebesség, megnövekszik a víz tartózkodási ideje a hálózatban, ami fokozza a másodlagos, a hálózatban bekövetkező vízminőség romlás lehetőségét, mértékét. A hálózati átemelők ugyancsak fölöslegesen nagy kapacitása pedig a lekötött villamos energia után fizetendő járulék mértékét növeli. Az előttünk álló kiterjedt vízellátó hálózati rekonstrukciós programban különös jelentősége van/lesz a klíma változásával gerjesztett évszakos egyenlőtlenség mérsékléséhez hozzájáruló csapadékvíz hasznosításának, a hálózati rendszerek és részrendszerek jövőbeni kapacitásának meghatározásában.

A talajvíz kitermelése pedig növekvő energiafelhasználási költségek mellett a talajvízszint további süllyedését okozza. Ez a pozitív visszacsatolás előreláthatóan fokozódó károkat és költségeket fog a városi lakosság és a városüzemeltetés számára okozni.

A problémát, mint néhány évtized múlva kiteljesedőt akár félre is tehetnénk, ha a hazai éghajlat kutatások nem mutatták volna ki már a mögöttünk hagyott 30-35 évre is a fenti változások megjelenését. A változás tehát már tart, bár a helyzet romlásának várható mértéke még bizonytalan. Jelentős kockázati tényező az éghajlati rendszer erős nem-linearitása, ami a fokozatos változás helyett a hirtelen változás előfordulási valószínűségét vetíti előre.

A cselekvés megkezdését azonban ezen kívül még más tényezők is indokolják:

- Néhány kivételtől eltekintve településeink csapadékcsatornázása, ha rendszerként egyáltalán létezik, nagyon elhanyagolt, szakszerű fenntartás és üzemeltetés nélküli.
- A települések fejlődése, fejlesztése nem számol kellően a városi vízgyűjtő lefolyási viszonyaiban keletkező változások következményeivel.
- Az extrém csapadékok növekvő gyakorisága mellett ismeretlenné vált a rendszerek elvezetési biztonsága, vagy más megközelítésben, a méretezési csapadékfüggvények érvényessége megkérdőjelezhető. Komoly jogi problémát okozna annak a bizonyítása, hogy az adott csapadék meghaladta a méretezési csapadék intenzitását, ha a károsultak beperelnék a tulajdonos és „üzemeltető” önkormányzatot.
- A túlterhelésekből, kiöntésekből keletkező károk mértéke eseményenként is növekvő, mert a veszélyeztetett terekben nagyobb értékeket tárolnak (például tüzelőanyag helyett kazánok, gépkocsik stb.
- A kiépítetlen és/vagy rosszul kiépített rendszerek növelik a lakossági hajlandóságot az ingatlan csapadékvizeinek a szennyvízcsatorna hálózatba való bevezetésére, tetemes többletköltségeket okozva az üzemeltetőnek (átemelések, szennyvíztelep) és egyúttal időszakosan rontva a szennyvíztisztítás hatásfokát is.
- Végül, de egyáltalán nem utolsósorban, a változásokhoz való alkalmazkodás csak lassan, fokozatosan ki(át)alakítható műszaki, szabályozási és szociális rendszereket érint, ami nyomatékosítja az azonnali, átgondolt cselekvés elkezdését.

3 Csapadékvíz-gazdálkodás vs. csapadékvíz elvezetés

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.

A csapadékvíz gazdálkodást szolgáló tervezés folyamatában a csatornahálózat tervezéssel megegyező fontosságú a vízgyűjtő célszerű átalakításának megtervezése. A vízgyűjtő átalakítása a helyi feltételek által megengedett, lokális beavatkozások tervezését jelenti. Általános megfogalmazással ez a megközelítés megfeleltethető a számos területen leghatékonyabb beavatkozásnak tekintett forráskontrollnak. Korántsem az egyetlen, de jellemző, és jól működő példája ennek az ipari üzemek szennyvizével (is) kibocsátott szennyezőanyagokra vonatkozó integrált szennyezés megelőzési és csökkentési irányelv (**I**ntegrated **P**ollution **P**revention and **C**ontrol, **IPPC**). Ez először 96/61/EK kóddal jelent meg, napjainkban pedig az 2010/75/EU Irányelv van érvényben.

Az integrált megközelítés érvényre juttatását a jogszabály által előírt elérhető legjobb technika (**B**est **A**vailable **T**echniques, **BAT**) alkalmazása biztosítja, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy a kibocsátásoknak már eleve a forrásnál történő csökkentésére és a természeti erőforrások hatékony felhasználására kell törekedni. A szennyező hatást szélesebb körben vizsgálja, nemcsak egy egyedi technológiai folyamat vagy tevékenység, hanem az egész létesítmény környezetre gyakorolt hatása képezi a szabályozás tárgyát (ippc.kormany.hu).

Az analógia elég egyszerűen felállítható: az ipari üzemnek megfeleltethető a városi vízgyűjtő egy-egy felületegysége, például egy ingatlan, vagy azon belül a tetőfelület. A kialakítástól és mérettől függően ezekhez a vízkibocsátás és a szennyezőanyagok emissziója hozzárendelhető. Előbbi megfelel a felszíni lefolyásnak, ami egyúttal az utóbbi transzportját is okozza. Ha nem gyűjtünk össze nagyobb területekről lefolyó csapadékvizeket a bennük lévő szennyezőanyagokkal, hanem ezek mérséklésére a keletkezésük helyén teszünk beavatkozásokat, költséghatékonyság szempontjából akár 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 megközelítés helyett decentralizált települési vízgyűjtő gazdálkodást valósítunk meg

A jelenlegi csapadékcsatornázásban a lefolyó víz szennyezettsége érdemben nem módosul. A tervezési szempontok között a szennyezettség, illetve annak csökkentése nem (kedvező esetben csak 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.

4 A lefolyás szabályozás és csapadékvíz gazdálkodás stratégiai alapja

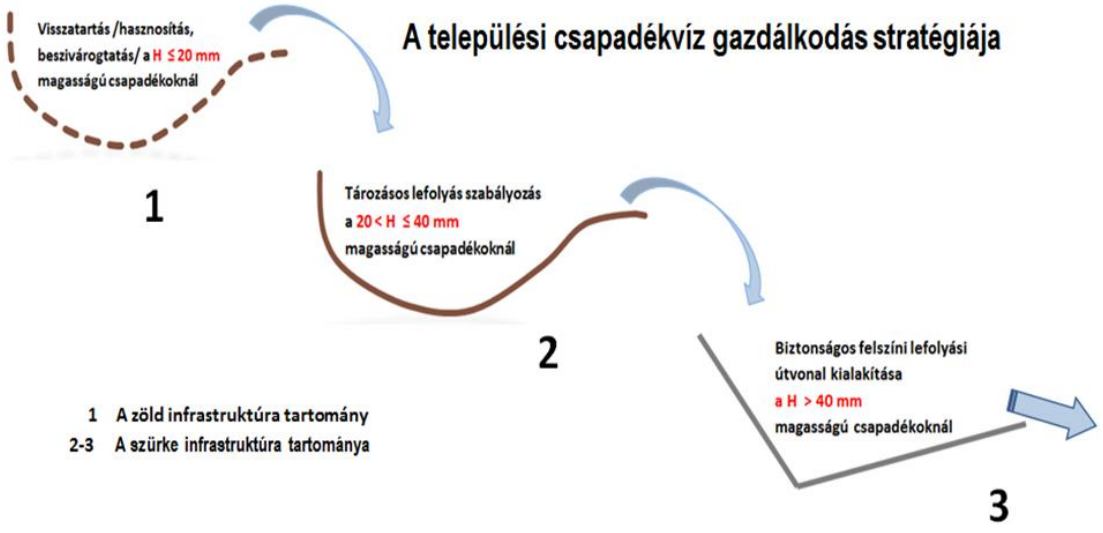
A korszerű, a klímaadaptációt megvalósítani képes városi csapadékcsatornázási rendszereknek az egyre szélsőségesebb terheléseket (csapadékokat) fogadni képes önszabályozónak, illetve szabályozhatónak kell lenniük.

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. Ugyancsak lehetőség van a városi felszín elöntési területeinek bevonására a modellezésben, amivel kimutathatók a szélsőséges csapadékesemények következtében víz alá kerülő területek is. 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 ***10. ábrán*** egy célszerű stratégia alapparamétereit foglaljuk össze.



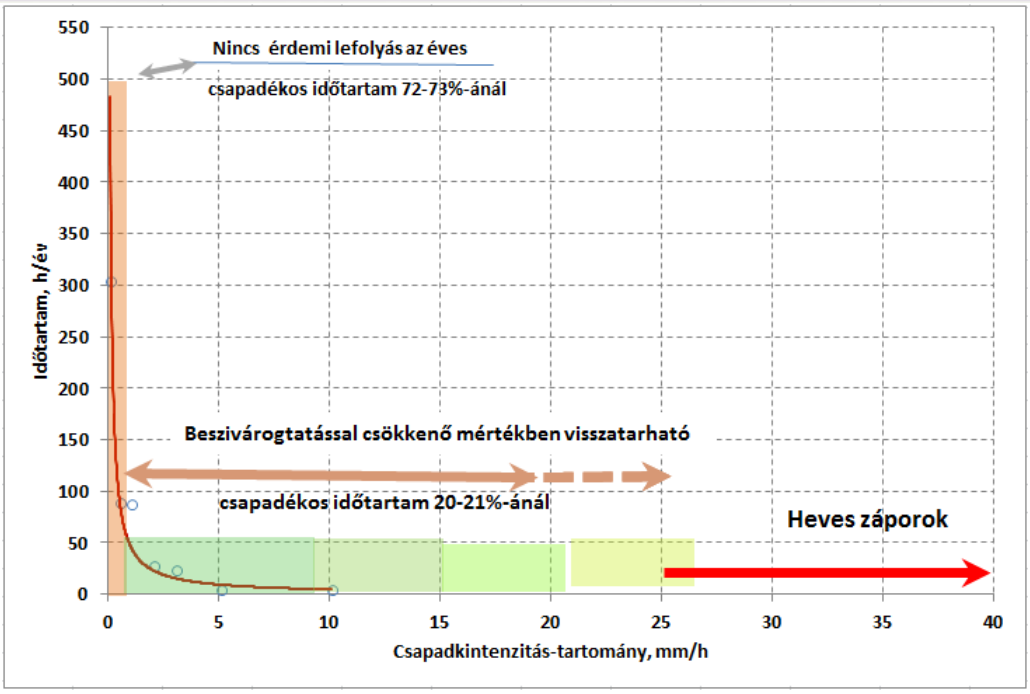
10. ábra: A települési csapadékvíz gazdálkodás stratégiai alapja

A ***10. 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 az ún. 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, esetenként a csatornahálózatban, a felszín alatt kialakított tározóterekkel szabályozzuk.

Végül a 3. csoportot az extrém csapadékesemények képezik, ahol korábban elöntések jelentkeztek. Az első két csoporthoz szisztematikusan és helyesen alkalmazott változtatások jelentősen csökkenteni képesek a kiöntések gyakoriságát. Ezen felül a felszín átalakításával kialakíthatunk olyan helyzeteket, amelyeknél a hálózat a méretezésit jelentősen meghaladó, tehát kiöntéseket okozó eseményei irányított elöntések formájában jönnek létre.

A továbbiakban főként az első csoportba tartozó csapadékokhoz ismertetjük a jó gyakorlatot képviselő műszaki megoldásokat. A ***11. ábrán*** látható, hogy ebbe a tartományba sorolhatók (19 év budapesti csapadékeseményeinek átlagát véve figyelembe az éves csapadékos időtartam meghatározó része.



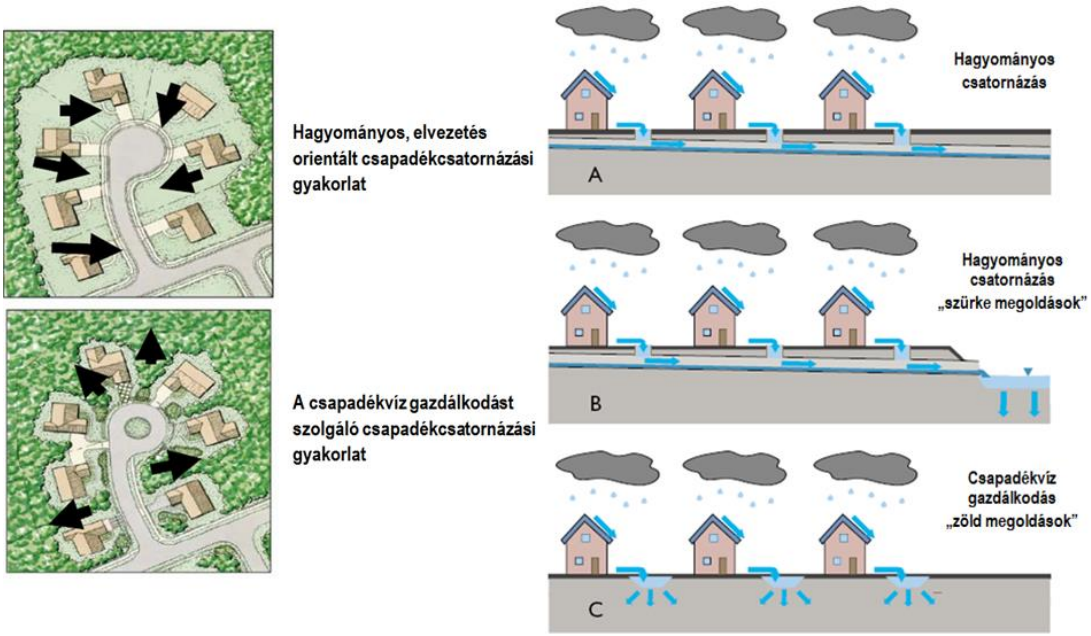
11. ábra: A csapadékintenzitások átlagos éves megoszlása

Tehát valóban visszatartható és hasznosítható a csapadékok nagy hányada.

5 A jó gyakorlat: Szürke és zöld csapadékvíz infrastruktúra

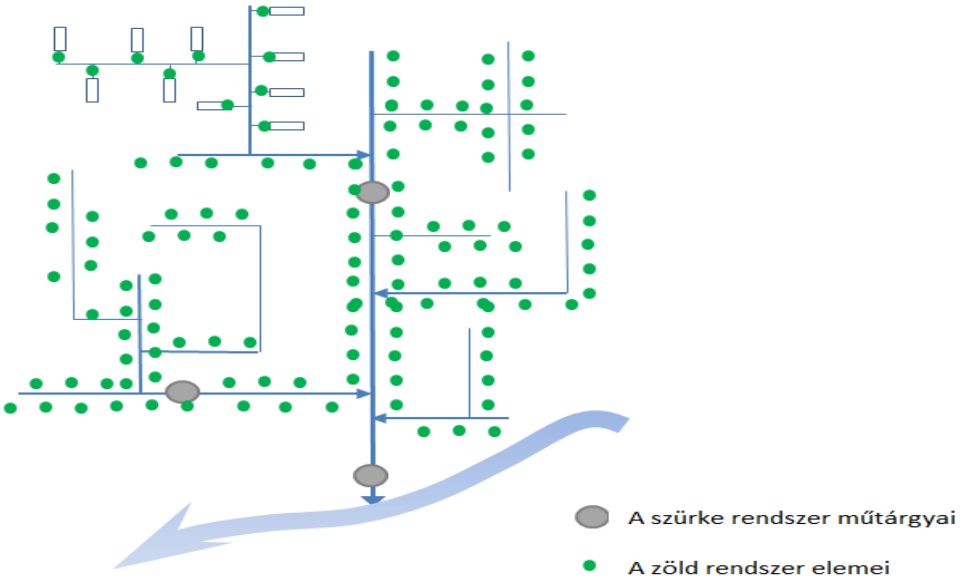
A műszaki megoldások tehát lényegében a célszerű lefolyás szabályozás meghatározását foglalják magukba, ahol a lefolyás szabályozása történhet a városi vízgyűjtő felületén, az elvezető árok- vagy csőhálózatban, illetve mindkettőben, egymás hatásait kiegészítve. Ennek megfelelően beszélhetünk:

- a szürke, vagy tisztán mérnöki szerkezeti elemekkel elérhető szabályozási módszerekről, illetve az ezekhez alkalmazható műtárgyakról,
- a zöld szabályozási módszerekről (*12. ábra*) és
- a hibrid rendszerek kiépítéséről, melyekben mindkét módszer megjelenik (*13. ábra*).



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

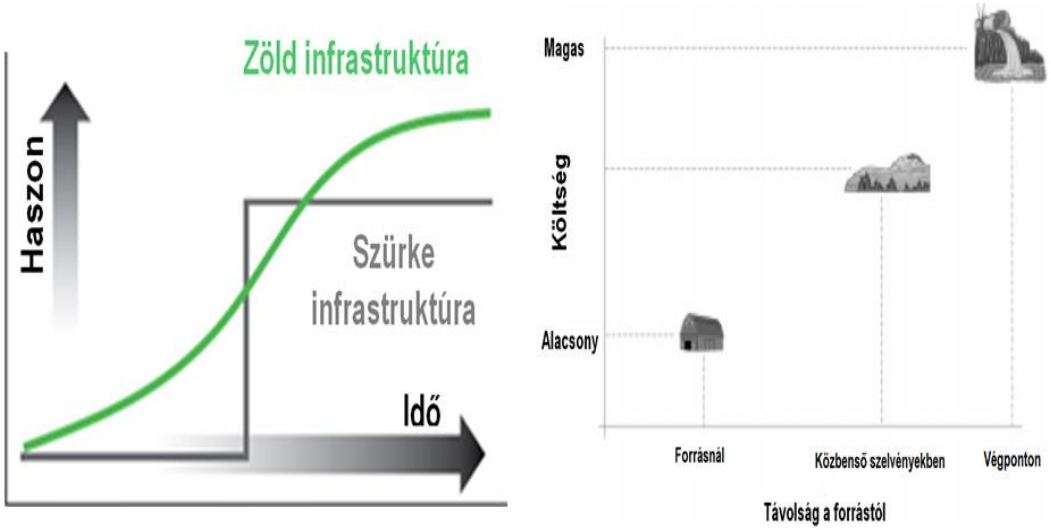
A ***13. ábrán*** a szürke és a zöld csapadékvíz infrastruktúra elemeinek az elhelyezési különbözőségét mutatjuk be. Mint látható, utóbbi jellemzően decentralizált, a lefolyás és a keletkező szennyezőanyag áram helyén történő beavatkozások összessége, alapvetően a víznek az elvezető rendszerbe jutását megelőzően.



13. ábra: A szürke és a zöld csapadékvíz infrastruktúra létesítményeinek hibrid elhelyezése a városi vízgyűjtőn

A ***szürke szabályozással*** az elvezető rendszerbe illesztünk árhullám módosító műtárgyakat, célszerűen felszín alatti tározótereket és/vagy ideiglenes elöntésű felszíni tározótereket 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 ülepítést és/vagy úszó szennyeződéseket (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.

Ha összevetjük a zöld és a szürke infrastruktúrával elérhető előnyöket, hasznot azt látjuk, 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 szürke megoldásokét (***14. ábra***).



14. ábra: A zöld infrastruktúra előnyei a hagyományos mérnöki (szürke) megoldásokkal szemben

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

- **R**ainwater **H**arvesting, **RH** /csapadékvíz gyűjtés/
- **G**reen **W**ater **I**nfrastructure, **GWI** /zöld vízi infrastruktúra/ és
- **L**ow **I**mpact **D**evelopment, **LID** /csekély beavatkozokkal járó fejlesztések/.

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

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.

Mind a GWI és SUDS, mind pedig a LID technikákra jellemző, hogy az erősen urbanizálódott városrészen elősegíti 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:

- 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.
- ***Beszivárogtató létesítmények kialakítása***, amelyek alkalmasak nem csak a lefolyó csapadék mennyiségének, de az árhullám csúcsoknak is a csökkentésére.
- ***Tározó létesítmények telepítése***, amelyek egyaránt lehetnek egyszerű tárolótartályok, ideiglenes elöntési területek, vagy állandó vízborítású vizes élőhelyek.
- ***Szivárogtató létesítmények***, melyeknél a szennyezett lefolyást speciális anyagú szűrőrétegen vezetjük át a csatornahálózat, vagy a talaj-talajvíz felé. A tisztítás mellet ezek a megoldások lassítják a lefolyás sebességét, csökkentik a lefolyó vízmennyiséget és a lefolyási csúcsokat is.
- ***Csekély beavatkozást igénylő tájépítészeti megoldások***, ahol szerepet kapnak a helyi szárzságtűrő növények telepítése, fásítás, hosszabb fűvel borított efolyási pályák kialakítása. Ezek a megoldások a lefolyás csökkentése mellett, javítják a városi környezet esztétikai megjelenését, és hosszú élettartamuk mellett csekély fenntartási munkákat igényelnek.

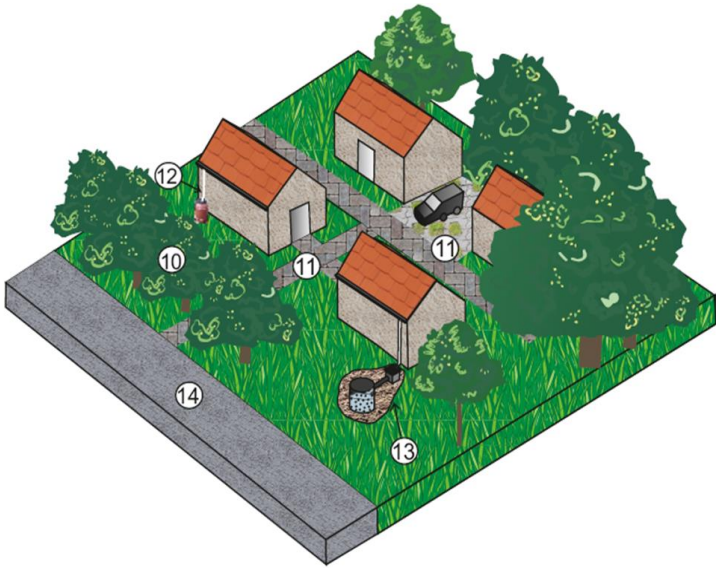
5.1 Alkalmazás családi házas területen

1) Terepmélyedés növényzettel beültetve (bioretention/raingarden/
2) Talajjavítás, talajcsere: a tömörödött és/vagy rossz szivárgási tényezőjű talaj cseréje
3) Mint 1.
4) Füvesített árok
5) Tetővíztároló tartály
6) Áteresztő burkolattal kialakított kocsibejáró
7) Mint 4.
8) Mint 1 és 3.
9) A telek természetes növénytakarójának megőrzése

Az esőkert mesterségesen kialakított és növényzettel beültetett mélyfelületek természetes helyi talajjal. Korlátozott kiterjedésű burkolt felületek lefolyó vizeit fogadja. Beszivárogtat és párologtat. A hozzárendelt vízgyűjtő méretétől függően lehet drénezett is.

15. ábra: Laza beépítésű, vagy egyedülálló házak esetén

5.2 Alkalmazás sűrű telekkiosztás esetén



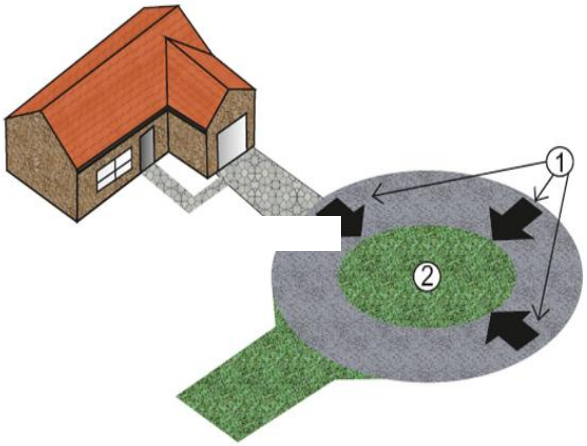
10) A telek természetes növénytakarójának megőrzése
11) Áteresztő burkolattal kialakított járdák
12) Tetővíztároló tartály
13) Tetővíz elszivárogtatására kialakított kavics/zúzottkő töltésű akna
14) A vízzáró felület nagyságának csökkentése /ha lehet az utcaszélesség csökkentésével/

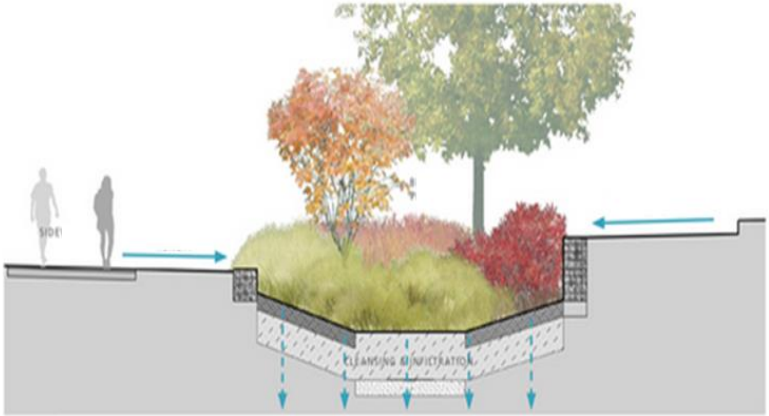
16. ábra: Sűrű telekkiosztás esetén

A hatékonyság növelése érdekében javasolt:

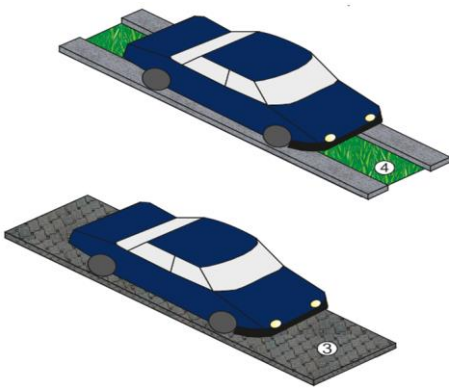
- A növényzettel beültetett terepmélyedést az ingatlanon helyezzük el, hogy a beszivárgás során megszűrődő víz pótolja a talajnedvességet/talajvizet,
- A tetővizek közvetlenül is beköthetők a terepmélyedésekbe,
- A tartályban visszatartott vizet használjuk az ingatlanon belül (öntözés, egyéb, nem ivóvíz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

5.3 Alkalmazás közlekedési felületeknél

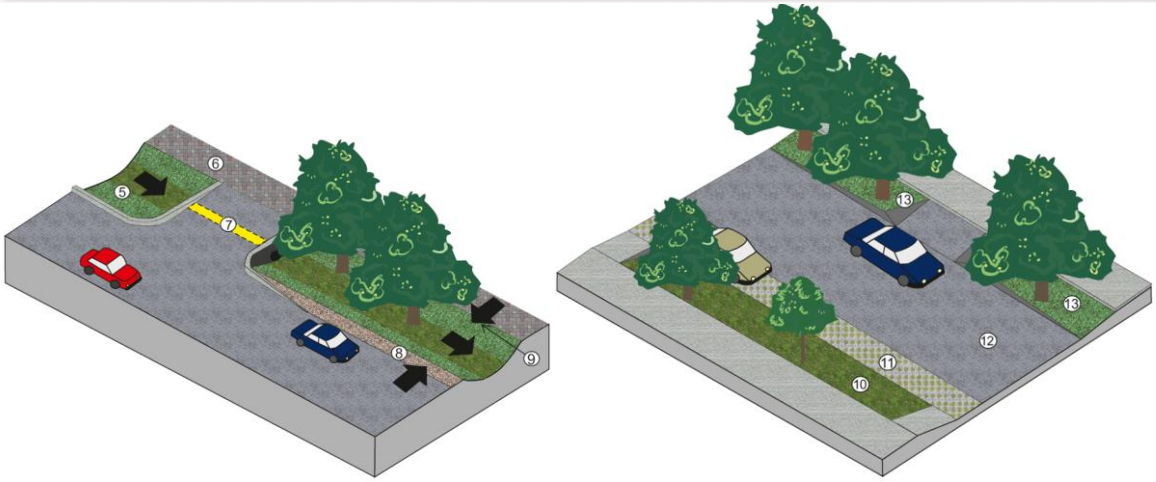




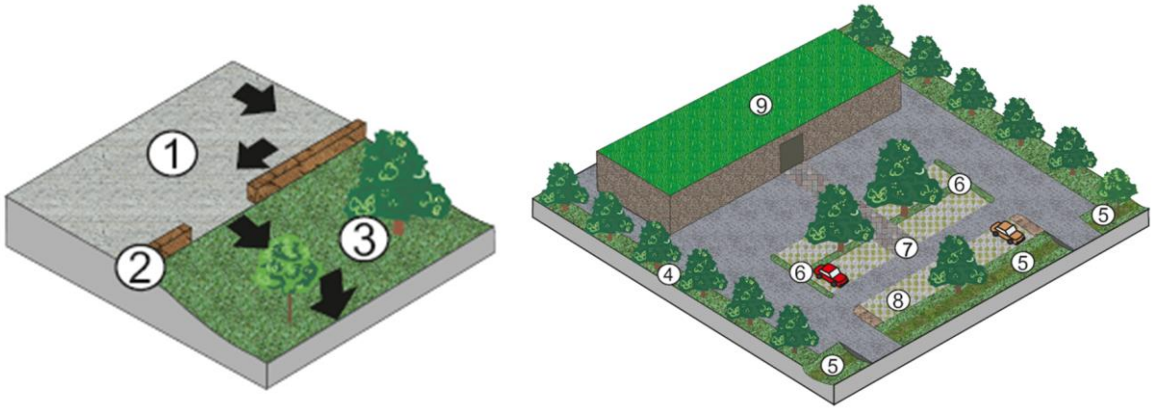
17. ábra: A vízzáró közlekedési felületek vizének elszikkasztása helyben



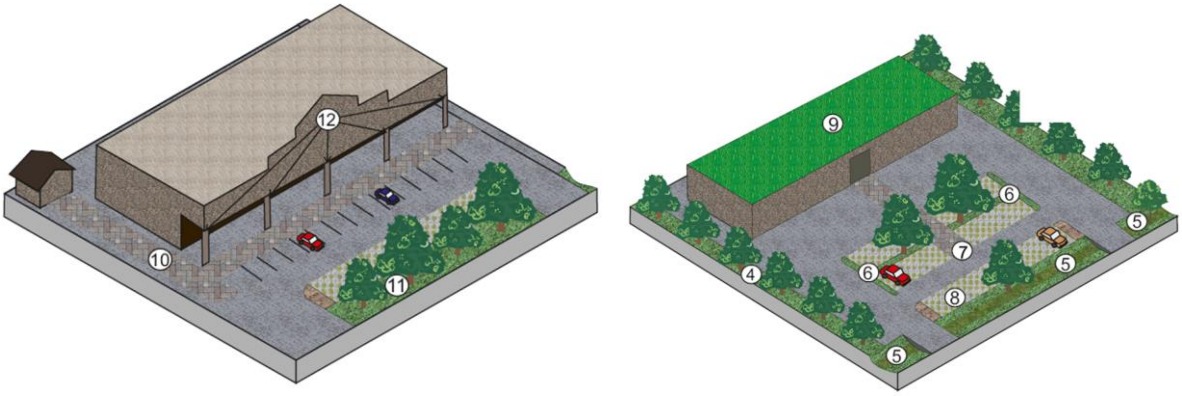
18. ábra: A parkolók vízáteresztő felületű kialakítása

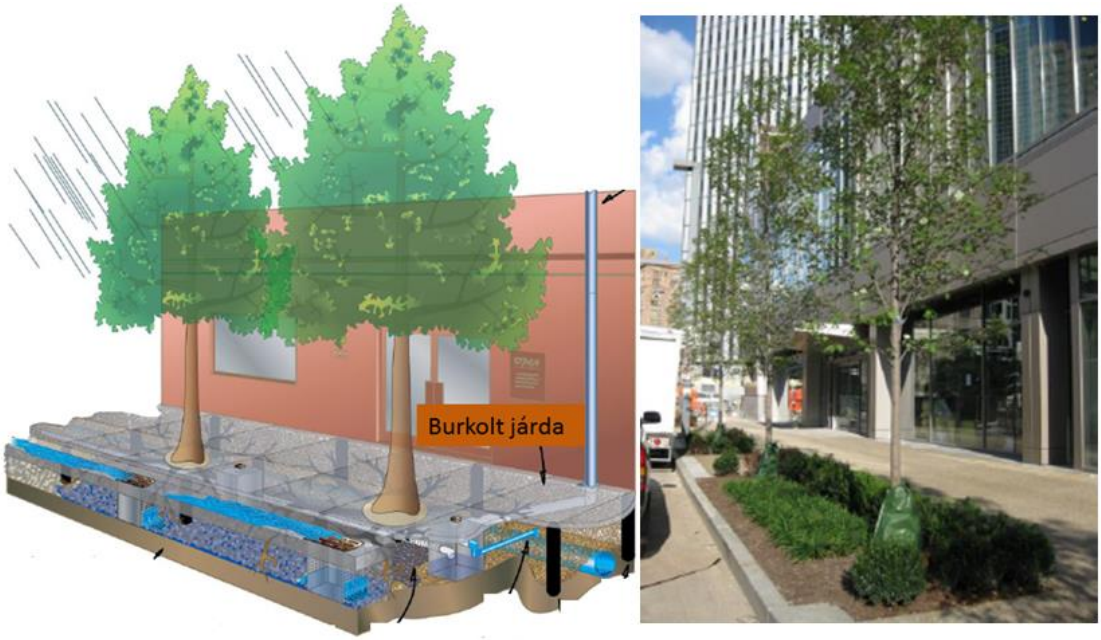


19. ábra: Az utcáról és a járdáról lefolyó vizek rávezetése burkolatlan, füvesített árokba (egy- és kétoldali)



20. ábra: Parkolók lefolyásának bevezetése füvesített vagy kavicstöltésű szivárogtató árkokba





21. ábra: Parkoló és útfelület lefolyásának szikkasztása fásított szikkasztórendszerrel

5.4 További, a városi vízgyűjtő felszínét alakító, nem decentralizált módosítások

Ideiglenes elöntési területek

A lefolyó árhullámok csúcshozamainak csökkentése, beszivárgási többlet elérése. Vannak példák egészen extrém területek ideiglenes elöntésre való alkalmazására. Például kispályás focipályák, műanyag borítású teniszpályák stb., melyek használata nagy esőzések idején egyébként sem szokásos. A leürülési időt általában 2-3 órára választva a területhasználat tényleges zavarása elhanyagolható.

Állandó vízborítású felületek

Vizes élőhelyek tószerű, vagy műmocsár jelleggel kialakítva. A lefolyás szabályozása mellett tájképző elemként, rekreációs vagy látvány tóként is a városi tájképbe illeszthetők.

Zöldtetők

A beszivárogtató cellák mintájára, de a tetőkön kialakított felületek. A talaj vastagsága és a telepített növényzet jellege szerint intenzív és extenzív zöldtetők lehetnek. A tetőfelületekről származó lefolyások mennyiségének és a lefolyó csúcshozamnak a csökkentését szolgálják.

Egyéb járulékos hasznuk a lokális klíma, a levegőminőség és az épületek hőszigetelésének jelentős javításában jelentkeznek.

Tetővíz és burkolt felületi lefolyások visszatartása felszín alatti tárolókkal

Az ilyen tárolók kialakításuktól függően a csapadékvíz nem ivóvíz minőséget igénylő hasznosítását teszik lehetővé, és/vagy beszivárogtatással segítik a talajvíz utánpótlódását. A lefolyás szabályozása mellett lehetőséget nyújtanak a felszín szabad, például parkolásos hasznosítására is.

A bemutatott műszaki megoldások nem tartalmaznak bonyolult betonműtárgyakat. Egyedi megtervezésük és kivitelezésük viszonylag egyszerű. Jellemzőjük, hogy az alkalmazás célszerűsége erősen függ a lokális környezeti (talaj, talajvíz és lejtésviszonyok), a területhasználati körülményektől. Ebből következően a szokásos csatornázási tervezéseknél nagyobb az adatigényük és a sikeres beavatkozás tervezői intuíciót és legalább két szakterület együttműködését igényli, nevezetesen az építőmérnök mellett a tájépítészét.

Jellemző továbbá, hogy ha csak egy-egy helyszínen avatkozunk be, a csatornahálózatra és a vízháztartásra is csak korlátozott hatást tudunk gyakorolni. Ha azonban egy nagyobb települési térségre következetesen alkalmazzuk, például a tetővizek tározását és helybeni hasznosítását vagy beszivárogtatását jelentősen mérsékelhető az elvezető rendszer hidraulikai terhelése és például elkerülhető a többnyire jóval drágább csatornarekonstrukció.

További előny, hogy az ilyen típusú beavatkozások a települési, csapadékvízzel szállított szennyezőanyag áramokat mérséklik és növelik a település klímaváltozáshoz való alkalmazkodási képességét.