

KÉK-ZÖLD TELEPÜLÉSI ZÖLD INFRASTRUKTÚRA
TERVEZÉSI SEGÉDLET
VÍZÉPÍTŐ MÉRNÖKÖK SZÁMÁRA

Készítette:

A Magyar Mérnöki Kamara megbízásából

Dr. Hancz Gabriella

2024.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	3.
1.1. A RENDSZER FORGALOMBAN LÉVŐ ELNEVEZÉSEI	3.
1.2. BELTERÜLET/KÜLTERÜLET; BELTERÜLETEN BELÜL PRIVÁT INGATLAN, KÖZTERÜLET, A VÍZGYŰJTŐ TERÜLET FELÜLETE, MÉRETE, KAPCSOLÓDÁS A MEGLÉVŐ VÍZELVEZETŐ RENDSZERHEZ	5.
1.2.1. megelőzés tervezéssel	
1.2.2. lefolyásszabályozás a keletkezés helyén	
1.2.3. lefolyásszabályozás a keletkezés helyéhez legközelebb	
1.2.4. lefolyásszabályozás kis részvízgyűjtő szintjén	
1.2.5. települési és vízgyűjtő szintű lefolyásszabályozás	
1.3. MITŐL RENDSZER?	8.
2. A VÁLASZTÁST SEGÍTŐ SZEMPONTOK	10.
2.1. MELYIK KZI ELEMET VÁLASZTJUK, MIT VÁRUNK TŐLE	10.
2.2. KIZÁRÓ OKOK	17.
3. KÉK-ZÖLD INFRASTRUKTÚRA ELEMOK TERVEZÉSI SZEMPONTJAI, MÉRETEZÉSÜK, BEÉPÍTETT ANYAGOK, BEVEZETÉS, ELVEZETÉS	18.
3.1. ESŐKERTEK	18.
a) a legegyszerűbb változat az esőkert	
b) a továbbfejlesztett változatok: bio vízvisszatartó KZI elemek	
3.2. BIOVÁPÁK	28.
3.3. ZÖLDLDTETŐK	47.
3.4. ESŐVÍZBETAKARÍTÁS	55.
a) A kertben/udvarban történő hasznosítás	
b) Az épületben történő hasznosítás	
3.5.VÍZÁTERESZTŐ SZILÁRD BURKOLATOK	66.
4. A KZI ELEMOK FENNTARTÁSI IGÉNYEI	74.
5. HIVATKOZOTT FORRÁSOK	77.

1. BEVEZETÉS

1.1. A RENDSZER FORGALOMBAN LÉVŐ ELNEVEZÉSEI

A világ különböző térségeiben, országaiban más- és más elnevezéseket használnak a csapadékvíz gazdálkodásnak ugyanarra a megközelítésére. Az alábbi rövid bekezdések bemutatják ezek jelentését és láthatjuk, hogy céljaik megegyeznek. Az önmagában egy tanulmány lenne kigyűjteni mindezek fogalomhasználatát és a definíció

- Az Észak-Amerikában és Új-Zélandon az 1970-es évek óta használt „**kis hatású fejlesztés**” (angolul: *Low Impact Development* - **LID**) elnevezés arra utal, hogy a fejlesztésekhez kapcsolódó csapadékvíz gazdálkodás választott megoldásai a természetre a lehető legkisebb negatív hatással vannak. Ez egyaránt kiterjed az új fejlesztésű területekre és a már beépített területek csapadékvíz rendszerének fejlesztésére. Az eredeti cél a fejlesztésre szánt területeken a fejlesztés előtti vízgazdálkodási viszonyok helyreállítása volt.
- Az Ausztráliában az 1970-es évek óta használt „**vízérzékeny várostervezés**” (angolul: *Water Sensitive Urban Design* - **WSUD**) célja a vízkörforgás egyensúlyának-, a vízminőségnek-, valamint a vízzel összefüggő környezeti- és rekreációs lehetőségeknek a helyreállítása és fenntartása. A vízérzékeny várostervezésen belül a csapadékvíz gazdálkodás csak egy részterülete. Olyan várostervezési stratégiát fogalmaz meg, ami a vízi infrastruktúra megválasztása révén maximálisan korlátozza a fejlesztések hidrológiai hatását.
- A „**fenntartható csatornázás**” (angolul *Sustainable drainage systems* - **SuDS**) a természetes vízkörforgás folyamatait utánozzák és ezzel minimálisra csökkentik a burkolt felületekről lefolyó víz vízminőségre és vízmennyiségre gyakorolt negatív hatását.
- A városi szintű **kék-zöld infrastruktúra** a városi csatornarendszert tehermentesítő, a város vízháztartását javító, a csapadék helyben tartását, lassú beszivárogtatását, vagy lassított és késleltetett lefolyását elősegítő decentralizált megoldások rendszere. Ezeket a megoldásokat a lehullott csapadék helyéhez minél közelebb célszerű elhelyezni, ezért ezek az ingatlanokon belül és a közterületeken egyaránt helyet kapnak, hogy a tetőkről és a burkolt útfelületekről fogadhassanak csapadékvizet. A szürke infrastruktúrával összehasonlítva minden biológiailag aktív zöld felület, vagy vízfelület is KZI- elemnek tekinthető. A ZI-vel összehasonlítva nincs különbség. A ZI szakmai anyagai sok esetben a zöldfelületek arányait, abszolút méretét, egy főre jutó területét olyan mértékben hangsúlyozzák, hogy a vízgazdálkodás szempontjából fontos egyéb paraméterek jelentősége elvész. A KZI fogalmának bevezetése a vízfelületek jelentőségére hívja fel a figyelmet, amik lehetnek meglévő természetes-, vagy mesterséges víztestek -pl. belvízcsatorna, öntöző csatorna, záportározó, vízfolyás - és lehetnek újonnan létesített KZI elemek, amelyben víz visszatartása és/vagy lassított elvezetés történik – pl. biovápa, esőkert, növényes vályú. Ezek a megoldások az egyszerű zöld felületekhez képest több előnyt, nagyobb számszerűsíthető hasznot jelentenek. A kék-zöld infrastruktúra inkább egy

új elnevezés a zöld infrastruktúrára azzal a céllal, hogy hangsúlyozza a vízgazdálkodásban nagyobb szerepet betöltő elemek fontosságát

- A **természetközeli / természetalapú megoldások** (angolul *Nature based solutions* , **NBS**) a természet által inspirált vagy a természetről másolt intézkedések. A TAM segítségével építhető ki, vagy javítható a kék és a zöld infrastruktúra, amely az éghajlatváltozás mérséklését az ökoszisztémák segítségével valósítja meg, továbbá bizonyos mértékig védőrendszerként szolgál a természeti katasztrófákkal szemben is.
- A megoldások eszköztárát „a csapadékvíz gazdálkodás legjobb gyakorlata” (angolul: *best management practices* - **BMPs**) is tartalmazza, elsősorban a lefolyó záporvíz minőségét javító megoldásokat helyezve előtérbe.

1.2. BELTERÜLET/KÜLTERÜLET; BELTERÜLETEN BELÜL PRIVÁT INGATLAN, KÖZTERÜLET, A VÍZGYÚJTÓ TERÜLET FELÜLETE, MÉRETE, KAPCSOLÓDÁS A MEGLÉVŐ VÍZELVEZETŐ RENDSZERHEZ

A területfejlesztésnek a vízgyűjtők természetes vízkörforgására gyakorolt negatív hatásait - a vízszennyezést, a lefolyó víz megnövekedett hozamát és -sebességét - azzal csökkenthetjük, hogy a fejlesztések tervezési területein a fejlesztés előtti lefolyási viszonyokat lehetőség szerint megőrizzük, vagy utánozzuk KZI elemek - **zöld tetők, esőkertek, biovápák, esővízbetakarítás, vízáteresztő burkolatok** - betervezésével. A hatékonyság érdekében a csapadék keletkezésének a helyén, vagy, ahol ez nem lehetséges, ahhoz a lehető legközelebb kell a KZI elemeket alkalmazni. A tervezési területen elsődleges célok közé tartozik:

- a záporvíznek a keletkezés helyéhez legközelebbi kezelése mind mennyiségi-, mind minőségi szempontból
- a káros hatások enyhítése helyett és előtt a lehetőség szerinti megelőzés az elsődleges
- a szerkezeti megoldások helyett lehetőség szerint a gyakran olcsóbb és kisebb karbantartási igényt támasztó egyszerű-, nem szerkezeti megoldások alkalmazása
- a jól megválasztott KZI megoldások a következő előnyöket nyújthatják:
- csökkentett építési költség
- megnövekedett ingatlanérték
- nagyobb szabad terület
- gyalogosbarátabb fejlesztés
- esztétikusabb és természetesen vonzó környezet
- a biodiverzitás és élőhelytámogatás megvalósulása
- újrahasznosítható esővízkészlet

A fenntartható csatornázás technikáinak sorban, egymást követően történő alkalmazása fokozatosan csökkenti a területfejlesztéseknek a vizek természetes körforgását negatívan befolyásoló hatásait: a vízszennyezést, a lefolyó víz megnövekedett hozamát és -sebességét. A sorban alkalmazott KZI elemeknek a megválasztását és sorrendjét az alábbi szempontok határozzák meg:

1.2.1. megelőzés tervezéssel

Új fejlesztések alkalmával, a tervezés fázisában hatékonyabban lehet megvalósítani a KZI elemeket, mint utólagos átalakítással, ezért a megelőzés lehetőségét mindig ki kell használni, ez elsődleges a további -2.,3.,4., 5. – megoldásokkal szemben. Az ingatlanok jó tervezésével majd fenntartásával a negatív hatások egy része hatékonyan megelőzhető. A jó tervezés szempontjai:

- a meglévő növényzet és topográfiai sajátosságok, pl. mélyedések, vízerek megőrzése
- a porózus talajok nyújtotta lehetőségek kihasználása
- burkolt utak hosszának és szélességének a szükséges minimálisra csökkentése
- az épületek területének a szükséges minimálisra csökkentése

- zöld tetők betervezése
- az építési helyen belül az épületet az úthoz lehető legközelebbre történő elhelyezése
- az elkerülhetetlenül vízzáró burkolattal ellátott utakról lefolyó csapadékvíz füvesített biovápákba történő elvezetése
- a kocsibeállók és parkolók ellátása vízáteresztő burkolattal
- járda építése az útnak csak az egyik oldalán

1.2.2. lefolyásszabályozás a keletkezés helyén

A burkolt felületek okoznak változást a természetes vízkörforgásban és ezt nem lehet teljes mértékben megelőzni. A csapadék lefolyás szabályozását az ingatlanokon belül és közterületen a keletkezésének helyén (ahová a lehullik: tetőfelület, burkolt út, parkoló) valósítjuk meg zöld tetők, vízáteresztő burkolatok és az esővíz betakarítás technikáinak alkalmazásával, illetve bevezetésével a korábbi fejlesztések területein. Ezzel elkerülhető a lefolyó esővíz összegyűjtése és elvezetése, így előnyt élvez a további – 3.,4.,5. - megoldásokkal szemben (**1.ábra**).

1.2.3. lefolyásszabályozás a keletkezés helyéhez legközelebb

A csapadék lefolyás szabályozását a keletkezés helyéhez a lehető legközelebb valósítjuk meg **esőkertek, biovápák** alkalmazásával, illetve felújítás, átalakítás alkalmával történő bevezetésével a korábbi fejlesztések területein. Ezekhez a lehető legrövidebb útvonalon vezetjük el a keletkező esővizet, miáltal elkerülhető a lefolyó esővíz nagyobb mennyiségének összegyűjtése és távolabb történő kezelése, így előnyt élvez a további megoldásokkal - 4.,5. – szemben (**1.ábra**).

1.2.4. lefolyásszabályozás kis részvízgyűjtő szintjén

A csapadék lefolyás szabályozását **esőkertek/beszivárogtató medencék, vízáteresztő burkolatok** alkalmazásával valósítjuk meg a közterületi ingatlanok és a háztömbök szintjén alkalmazva (angol *eredetiből tükörfordítással: site: helyszín, neighborhood: utca, szomszédság, helyi közösség*) akár új, akár meglévő fejlesztések felújítása, átalakítása alkalmával (**1.ábra**).

1.2.5. települési és vízgyűjtő szintű lefolyásszabályozás

A csapadék lefolyás szabályozását egy vagy több helyszínről, tömbök vízgyűjtőterületeiről csatornán érkező záporvíz kiegyenlítő tározásával valósítjuk meg jellemzően **ideiglenes, vagy állandó tóval**, illetve **wetlanddel**. Ezek nem zöld-infrastruktúra elemek, mert a keletkezés helyétől távolabb, a vízgyűjtő alján alkalmazott úgynevezett csővégi (end-of pipe) megoldásoknak számítanak. Ugyanakkor a KZI mint rendszer optimális működésében szerepet kapnak ezek a zöld- és vízfelületek is. A keletkezés helyén alkalmazott elemek és ezek sorba kapcsolt rendszerei irányából is érkezhetnek túlfolyó vizek a kapacitásukat meghaladó csapadékok idején, így ezeknek a megoldásoknak is megvan a létjogosultságuk, de nem KZI elemek. Továbbá lehetnek a keletkezés helyén történő alkalmazásnak kizáró okai, ami szintén

alátámasztja a települési és térségi-, nagyobb vízgyűjtő szintjén alkalmazott megoldások létjogosultságát. Végső alapelv, hogy csak azt a vizet vezetjük el a keletkezés helyéről, amelyet nem tudunk helyben kezelni (**1.ábra**).



1. **ábra**: a KZI-tervezés és alkalmazás léptéke, a megoldások rangsora

1.3. MITŐL RENDSZER?

A kék-zöld infrastruktúra nevében hordozza, hogy egy rendszer, aminek az optimális működését a stabilitása biztosítja. Sok éves tudományos kutatás igazolja, hogy milyen mértékű ökoszisztéma szolgáltatások – környezetjavító hatások - várhatók egy optimálisan működő KZI rendszertől. A rendszer sajátossága, hogy fokozatos létrehozásra van lehetőség, nem szükséges egyszerre megvalósítani, így rugalmasan, jól alkalmazkodik az adottságokhoz térben és időben. Az is bebizonyosodott, hogy a vízminőségjavítás és lefolyásszabályozás terén sokkal költséghatékonyabb beavatkozást jelent, mint a szürke infrastruktúra, ráadásul esztétikai- és egyéb értéknövelő hatásai is vannak. Ez a segédlet az egyes KZI elemek tervezéséhez nyújt útmutatót, de ezeken kívül minden -már meglévő - zöldfelület és vízfelület része a rendszernek, ami biológiailag aktív felületek hálózata. Ahogy az egyes KZI elemeknek, úgy a rendszernek is vannak paraméterei, tulajdonságai, amiket meghatározva leírhatjuk és értékelhetjük a rendszerünk aktuális állapotát és ez alapján a helyzetértékelés alapján megtervezhetjük, hogy milyen irányban kell továbbfejlesztenünk a hálózatot. A rendszerszintű tervezést a **MÓDSZERTANI ÚTMUTATÓ A ZÖLD INFRASTRUKTÚRA FEJLESZTÉSI ÉS FENNTARTÁSI AKCIÓTERV KÉSZÍTÉSÉHEZ** c. kiadványban leírtak szerint végezhetjük, melyhez célszerű térinformatikai rendszert létrehozni. A hivatkozott útmutató az egyes KZI elemek tervezésére nem tér ki, ezért jelen útmutató hiánypótló szerepet kap. Egy példán keresztül lehet rámutatni, mi a különbség egy egyszerű zöld felület és egy megtervezett KZI elem között. Bármely zöld felület a rendszer részét képezi, mert biológiailag aktív felület, de nem tölti be a következő fejezetekben ismertetett KZI elemek szerepét, pl. az esőkert szerepét. Az alábbi két képen (**1.kép**) egy utcafronti-, zárt sorú beépítésű városi utcaképet látunk, ahol a járda felé lejtő tetőfelületekről a járdára vezetik a lefolyó esővizet. A járda a mellette lévő széles – legalább ötszörös szélességű – füvesített terület felé lejt, a lefolyó csapadékvíz mégsem tud a füves területre folyni, hanem pocsolókat képez a járdán. Ahol a zöld felületen gépkocsik parkolnak, ott helyi mélyedések keletkeznek, melyekben a növényzet kipusztult és amelyek alatt tömörödött-, ettől csökkent vízáteresztő képességű talaj található. Ez a felület tehát a KZI része, de nem egy hatékony KZI elem. Ezen a területen esőkerteket és a parkolásra szánt részterületeken vízáteresztő burkolatokat lehet létrehozni, így ugyanazon a területen sokkal nagyobb eredményt lehet elérni a víz körforgás javítása terén, miközben nem igényel többlet területet, sem csatornaépítést. További fonákja a jelen megoldásnak a csapadékvízgazdálkodás szempontjából, hogy a füvesített területen csapadékvíznyelő aknákat helyeztek el, hogy, ha a járda felől mégis odáig lefolyik a víz, akkor ezeken keresztül el lehessen vezetni a csatornába.



(1. kép) ez a füves terület KZI, vagy nem? a KZI része, de nem KZI elem

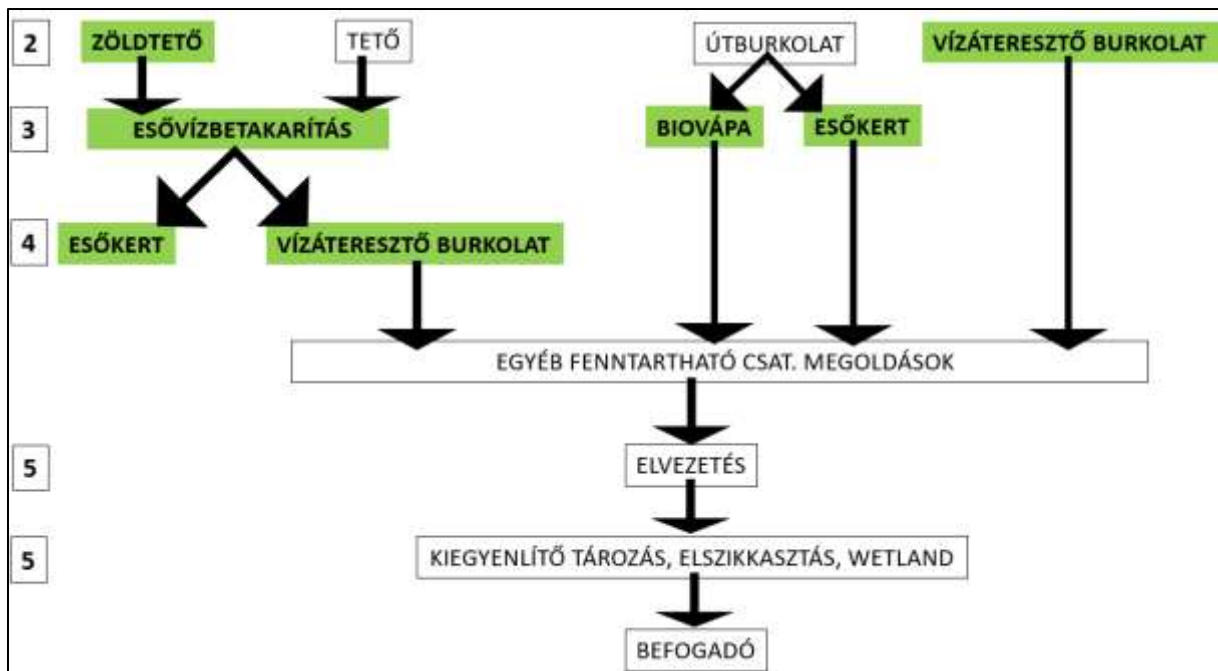
2. A VÁLASZTÁST SEGÍTŐ SZEMPONTOK

2.1. MELYIK KZI ELEMET VÁLASZTJUK, MIT VÁRUNK TŐLE

A felsorolt KZI elemek - **zöld tetők, esőkertek, biovápák, esővízbetakarítás, vízáteresztő burkolatok** - sorba kapcsolhatók, egymással és a vízelvezető rendszer egyéb elemeivel kombinálhatók (**2. ábra**). Az egyik KZI elemből túlfolyó esővíznek a következő KZI elem lehet a befogadója, végül természetes befogadóba vezethetjük egy wetland közbeiktatásával, vagy csatornába vezethetjük, amelyen akár több off-line tározó is elhelyezhető. A tározók és wetlandek nem KZI elemek, viszont a KZI-nek mint rendszernek fontos részét képezik. A felsorolt KZI elemek között nincs rangsor, egyenértékű megoldások és az alkalmazás helyének adottságai döntenek el, melyiket alkalmazzuk és melyik másikkal kombináljuk.

A tervezés további lépéseit segítő információk - adatigény, méretezés, túlfolyó megoldások, alkalmazott anyagok, növényzet – szintén a következő fejezet tartalmazza, példákkal együtt. A vízügyi tervezés során más szakmák képviselőivel is összhangban kell a megoldásokat kidolgozni, de a segédlet nem foglalja magába ezeket az ismereteket. Például a megfelelő növényzet megválasztására csak utal a segédlet, ahogy a zöldtetők esetében a tetőszerkezet statikai méretezésére, a tűzvédelemre, a biovápák esetében az úttervezésre, a talajmechanikai szakvélemény tartalmára is csak utalás történik.

A méretezéshez kapcsolódóan itt előre bocsátjuk, hogy két szinten méretezzük a KZI elemeket, egyrészt a vízminőségjavítást elősegítő mennyiségre, mely csak egy részét foglalja el a létesítményeknek és amely megtisztítva jut tovább a talajba, vagy a következő, lejjebb elhelyezett KZI elembe. A segédlet céljából ezt a mennyiséget elnevezzük kezelendő vízmennyiségnek. V_{min} célja minden várható csapadék első, szennyezett hullámának visszatartása és tisztítása. Nagysága függ a hely hidrológiai tulajdonságaitól, a talajtípustól, a vízáteresztő képességtől. Számítások szerint ez 10÷15 mm csapadékmagasságnak felel meg, melyet mindig csak a burkolt felületekre számítunk ki. A hidraulikai méretezés célja, hogy a KZI elemeknek olyan geometriai méreteket határozzunk meg, amelyek lehetővé teszik, a mértékadó csapadékból lefolyó vízmennyiség befogadását. A mértékadó csapadék általában a 10 évenként egyszer előforduló csapadék.



2. ábra. a KZI elemek sorban történő alkalmazása és kapcsolatuk a vízelvezető csatornarendszer többi eleméhez; a számok a megoldások rangsorában elfoglalt helyüket jelölik

A következő három táblázatban a segédlet ismerteti mindegyik KZI elem előnyeit, hátrányait, a hátrányok közül kiemelve a kizáró és korlátozó tényezőket, a vízminőségjavítás és a vízviasszatartás terén várható teljesítményüket, az alkalmazhatóságukat - milyen területen alkalmazható és átalakítás során is választható megoldást jelent-e. Ezek a szempontok fontosak lesznek a választás alkalmával.

1. **táblázat:** előnyök és hátrányok táblázata

KZI	ELŐNYÖK	HÁTRÁNYOK
ZÖLDTETŐK	• az épület területén a fejlesztés előtti állapotot utánozza a vízkörforgás szempontjából • jó hatásfokkal távolítja el a városi területek légszennyező anyagait • sűrű beépítésű területeken is alkalmazható • esetenként átalakítással is bevezethető • ökológiai-, esztétikai és jóléti előnyök • nincs további területigény • javítja a levegőminőséget • növeli a városi területek levegőjének páratartalmát • hőszigetelő hatást biztosít az épületeknek a szélsőséges léghőmérsékletek időszakában • csökkenti a tetőmembránok hőtágulását • hangelnyelő hatás	• magasabb költség a hagyományos vízelvezetéshez viszonyítva • meredek tetőkön nem alkalmazható • az átalakítással történő bevezetését korlátozhatja a tetőgeometria és statikai terhelhetőség • a tető növényzetének ápolására lehet szükség • a víz helyben tartása miatt a vízzáró szigetelés sérülése nagyobb kockázatot jelent
ESŐVÍZ-BETAKARÍTÁS	• záporvíz kezelés a keletkezés helyén • csökkenti a vezetékes víz iránti igényt	• egészségügyi kockázat • komplex és költséges rendszer • esztétikailag kedvezőtlen a feszín fölötti tartály

ESŐKERTEK	• csökkenti a vízgyűjtőtől távozó vízmennyiséget • nagyon hatékony lehet a szennyező anyagok eltávolításában a talajszűrés révén hozzájárul a felszín alatti vizek utánpótlásához és az alapvízhozam növeléséhez • egyszerűen és költséghatékonyan létesíthető • a teljesítmény változás könnyen megállapítható	• potenciálisan magas meghibásodási arány a helytelen elhelyezés, a rossz tervezés és a karbantartás hiánya miatt, különösen, ha nem alkalmaznak megfelelő előkezelést • a beszivárgásra való alkalmasság megerősítéséhez szükséges a talajmechanikai vizsgálat • nem alkalmazható szennyezett területeken, vagy onnan érkező lefolyás kezelésére • nagy, sík területet igényel
BIOVÁPÁK	• jól tájbailleszthető • magas szennyezőanyageltávolítás • csökkenti a lefolyás hozamát és mennyiségét • alacsony beruházási költség • a fenntartás az általános parkfenntartással összeegyeztethető • a szennyezés és eltömődés könnyen felfedezhető és javítható	• meredek terepen nem alkalmazható • útszéli parkolás akadályt jelent • korlátozza a fák telepítését • a kapcsolódó vízelvezető rendszer eltömődését okozhatja

VÍZÁTERESZTŐ BURKOLATOK	• magas szennyezőanyageltávolítás • szigeteléssel alkalmazható, ahol a beszivárogtatásnak akadálya van • jelentősen csökkenti a lefolyás hozamát és mennyiségét • sűrű beépítésű területeken is alkalmazható • az átalakítással történő bevezetésre is jól alkalmazható • nincs további helyigénye, multifunkcionális helykihasználást tesz lehetővé • alacsony karbantartási igény • a víznyelő aknák ürítést igényelnek • csökkenti a jegesedés és tócsaképződés mértékét • magas a társadalmi elfogadottsága	• nem alkalmazható olyan helyen, ahová nagy mennyiségű üledék érkezik a lefolyó csapadékvízzel • nagy forgalmú és nagy megengedett sebességű utakon nem alkalmazható • nem megfelelő karbantartás hosszú távon gyomosodást és eltömődést okozhat
-------------------------	--	--

2.Táblázat a döntéselőkészítéshez

KZI ELEMÉK→	ZÖLDTETŐ	ESŐVÍZ-BE-TAKARÍTÁS	ESŐKERT	BIOVÁPA	VÍZ-ÁTERESZTŐ BURKOLAT
TELJESÍTMÉNY					
csúcs vízhozam csökkentése	közepes	magas	közepes	közepes	jó
lefolyás mennyiségének csökkentése	közepes	magas	jó	közepes	jó
vízminőség javítás	jó	alacsony	jó	jó	jó
kellemesség, kényelem növelése	jó	alacsony	jó	közepes	alacsony
ökológiai hatás	jó	alacsony	jó	közepes	alacsony
HELYE A RANGSORBAN, a tervezés léptéke	lefolyás szabályozás a keletkezés helyén (1.)	lefolyás szabályozás a keletkezés helyén (1.)	lefolyás szabályozás a keletkezés helyéhez közel (2.)	lefolyás szabályozás a keletkezés helyén (1.) és ahhoz közel (2.) elvezetés (5.)	lefolyás szabályozás a keletkezés helyén (1.) és ahhoz közel (2.)
A TERVEZÉSI TERÜLET ALKALMASSÁGA					
átalakítással bevezethető	+	+	-	korlátozott	+
lakóövezet	+	+	+	+	+
ipari/keresk. övezet	+	+	+	+	+
sűrű beépítésű terület	+	+	-	korlátozott	+
szennyezett terület	+	+	-	+ szigeteléssel	+ szigeteléssel
sérülékeny vízbázis fölött	+	+	-	+ szigeteléssel	+ szigeteléssel
KÖLTSÉG-TÉNYEZŐK					
helyfoglalás	nincs	nincs	magas	magas	alacsony

beruházás költsége	alacsony ÷ magas (tető méretének, típusának, terhelhetősé- gének függvénye)	magas	alacsony	alacsony	közepes
fenntartási igény	közepes	közepes	alacsony	közepes	alacsony
SZENNYEZŐ ANYAG ELTÁVOLÍTÁS					
összes lebegőanyag	magas	magas	magas	magas	magas
növényi tápanyagok	alacsony	alacsony	közepes	alacsony	magas
nehézfémek	közepes	közepes	magas	közepes	magas

2.2. KIZÁRÓ OKOK

3. táblázat

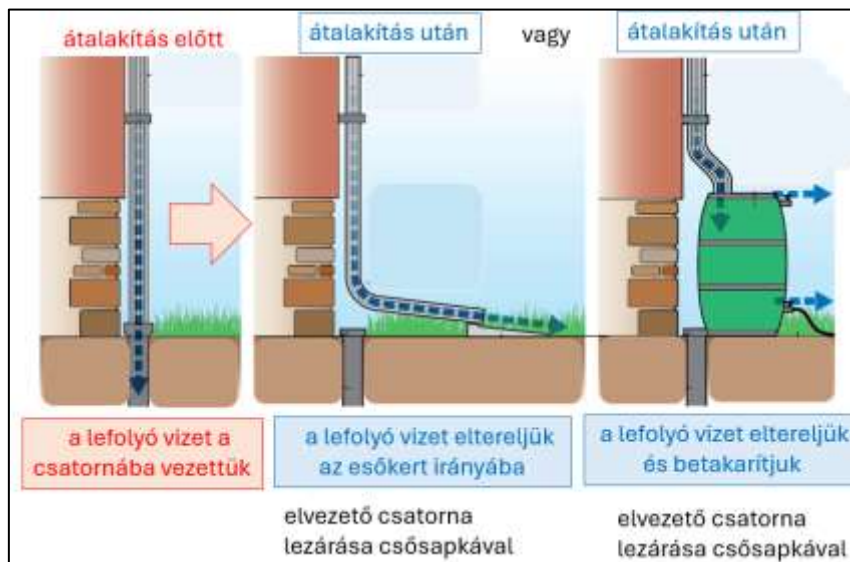
	KORLÁTOZÓ TÉNYEZŐK, KIZÁRÓ OKOK
ZÖLDTETŐK	• meredek tetőkön nem alkalmazható • az átalakítással történő bevezetését korlátozhatja a tetőgeometria és a statikai terhelhetőség
ESŐVÍZBETAKARÍTÁS	• gazdaságosság
ESŐKERT	• a beszivárgásra való alkalmasság megerősítéséhez szükséges a talajmechanikai vizsgálat • nem alkalmazható szennyezett területeken, vagy onnan érkező lefolyás kezelésére
BIOVÁPA	• meredek terepen nem alkalmazható • útszéli parkolás akadályt jelent
VÍZÁTERESZTŐ BURKOLAT	• nem alkalmazható olyan helyen, ahová nagy mennyiségű üledék érkezik a lefolyó csapadékvízzel • nagy forgalmú és nagy megengedett sebességű utakon nem alkalmazható

3. KÉK-ZÖLD INFRASTRUKTÚRA ELEMÉK TERVEZÉSI SZEMPONTJAI, MÉRETEZÉSÜK, BEÉPÍTETT ANYAGOK, BEVEZETÉS, ELVEZETÉS

3.1. ESŐKERTEK

a) a legegyszerűbb változat az esőkert

Az esőkertekbe vezetjük a közeli tetőfelületről, autóbeálló burkolt felületéről, zöld felületről lefolyó záporvizet (2., 3. kép). Az esőkert egy mélyedés, amelyet a mértékadó zápor idején érkező víz befogadására alkalmas térfogattal és biztonsági magassággal alakítjuk ki és vizet kedvelő, valamint szárazságot tűrő növényeket ültetünk bele. A tető ereszcatornájának lefolyócsövét le kell választani az elvezető csatornáról, hogy a lefolyó esővizet a lehető legközelebb kialakított esőkertbe irányíthassuk (3. ábra, 1. kép)).



3. ábra: ereszcatorna leválasztás és a víz elterelése KZI elembe

Az esőkertek átlagos kertnek látszanak, de beszivárogtató-, vízvisszatartó képességük a kb. 15 cm-es mélyedés miatt az átlagosnál jóval nagyobbak (4. ábra). Olyan helyet kell számára választani, ami eredetileg is mélyebben van a környezetéhez képest, így ez majd megkönnyíti a víz odaterelését. Utólag is kivitelezhető és a lakók tetszése szerint alakítható megoldások. Bokrokat, virágokat, fűvet telepíthetünk bele. Átgondolt megoldással kevés gondozást igényel. Az első két évben a növényzet megerősödéséig öntözést igényelhet. Ezt követően időszakos gyomláláson kívül nem kell gondozni.



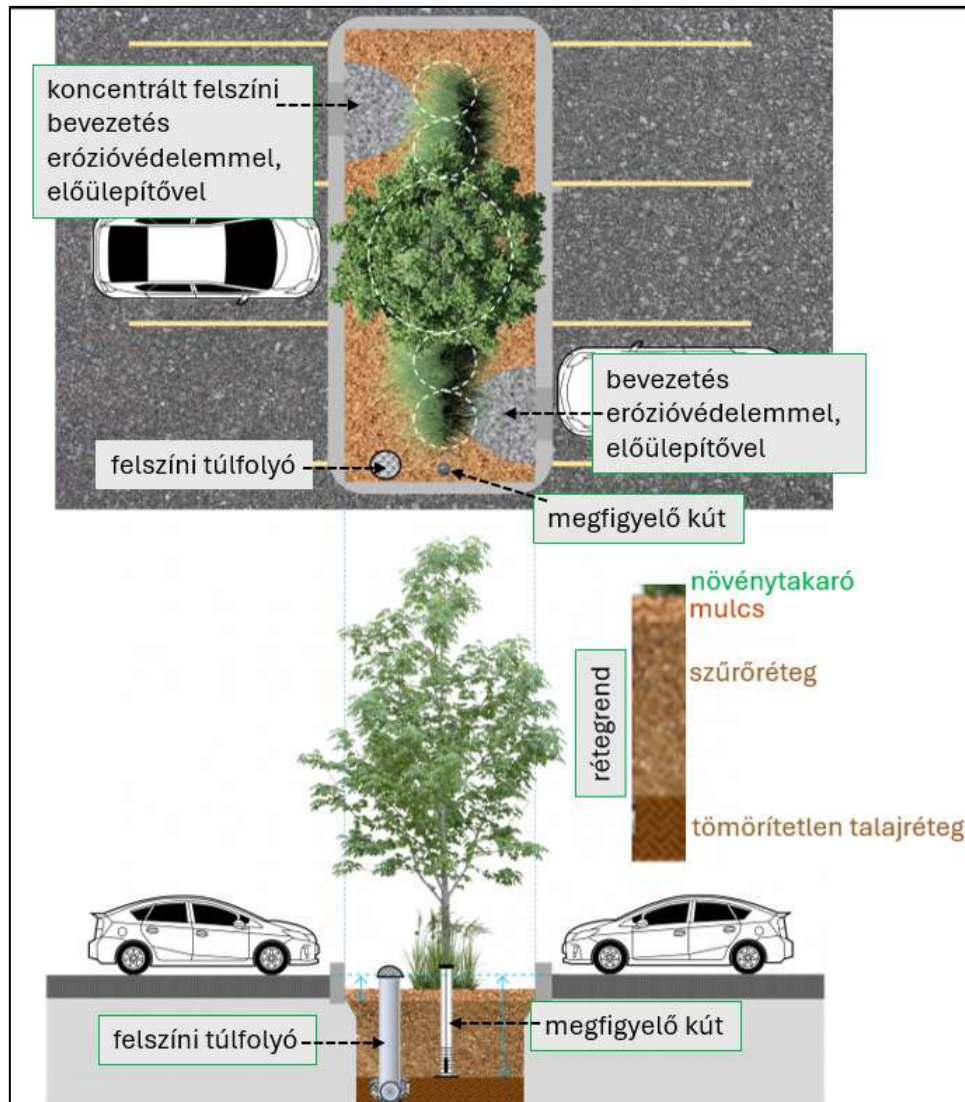
4. ábra: egyszerű esőkert a tetőről lefolyó víz befogadására és beszivárogtatására

b) a továbbfejlesztett változatok: bio vízvisszatartó KZI elemek

Ma már csak a fent leírt legegyszerűbb megoldást nevezzük esőkertnek. A továbbfejlesztett változatait bio vízvisszatartó KZI elemeknek nevezzük. A továbbfejlesztés irányai

- Talajcserével javított esőkert: a meglévő talajt jó vízelvezető tulajdonságú és szervesanyag tartalmú megtervezett talajkeverékre cseréljük, ami akár az összes víz beszivárogtatását lehetővé teszi (**5. ábra**). A V_{min} bevezetett vízmennyiség a 3. ábrán látható rétegrenden átjutva a tömörítetlen altalajba szivárog. A túlfolyón keresztül a V_{min} -t meghaladó bevezetett vízmennyiséget a túlfolyón keresztül vezetjük csatornába, vagy egy lejjebb kiépített KZI elembe, vagy valamilyen más fenntartható csatorna elembe.
- Drén-rendszerrel és talajcserével javított esőkert: a felszínről beszivárgó víz egészének, vagy egy részének elvezetésére szolgáló drénrendszer (részleges beszivárogtatás)(**6. ábra**)
- Bioszűrés és elvezetés: az összes felszínről bevezetett víz bioszűrésre, majd elvezetésre kerül; nincs beszivárogtatás a talajba, csak szűrés (**8. ábra**). Ide tartoznak a növényes vályúk, amik a sűrű beépítésű belvárosi területeken alkalmazott kisebb helyigényű

megoldások (. Ezeknek épített függőleges oldalai vannak, emiatt kisebb a helyigényük (5.,6. kép).



5. ábra: talajcserével javított, drénrendszer nélkül működtetett esőkert

részleges beszivárogtatásra alkalmas bio vízvisszatartó KZI elemek

A KZI rendszer szempontjából elvárt minimális V_{min} visszatartására, helyben tartására kialakított kismélységű, növényekkel betelepített KZI elemek (6. ábra). A fenék alatt tervezett talajkeveréket kell elhelyezni, ami szennyezőanyag eltávolítás – bioszűrés - és vízfelvétel, párologtatás tekintetében egyaránt a legnagyobb hatásfokkal működteti a KZI elemet és lehetővé teszi a vizes és száraz időszakok váltakozása között a pórustérfogat megőrzését egészséges növénytakaró fenntartása mellett.

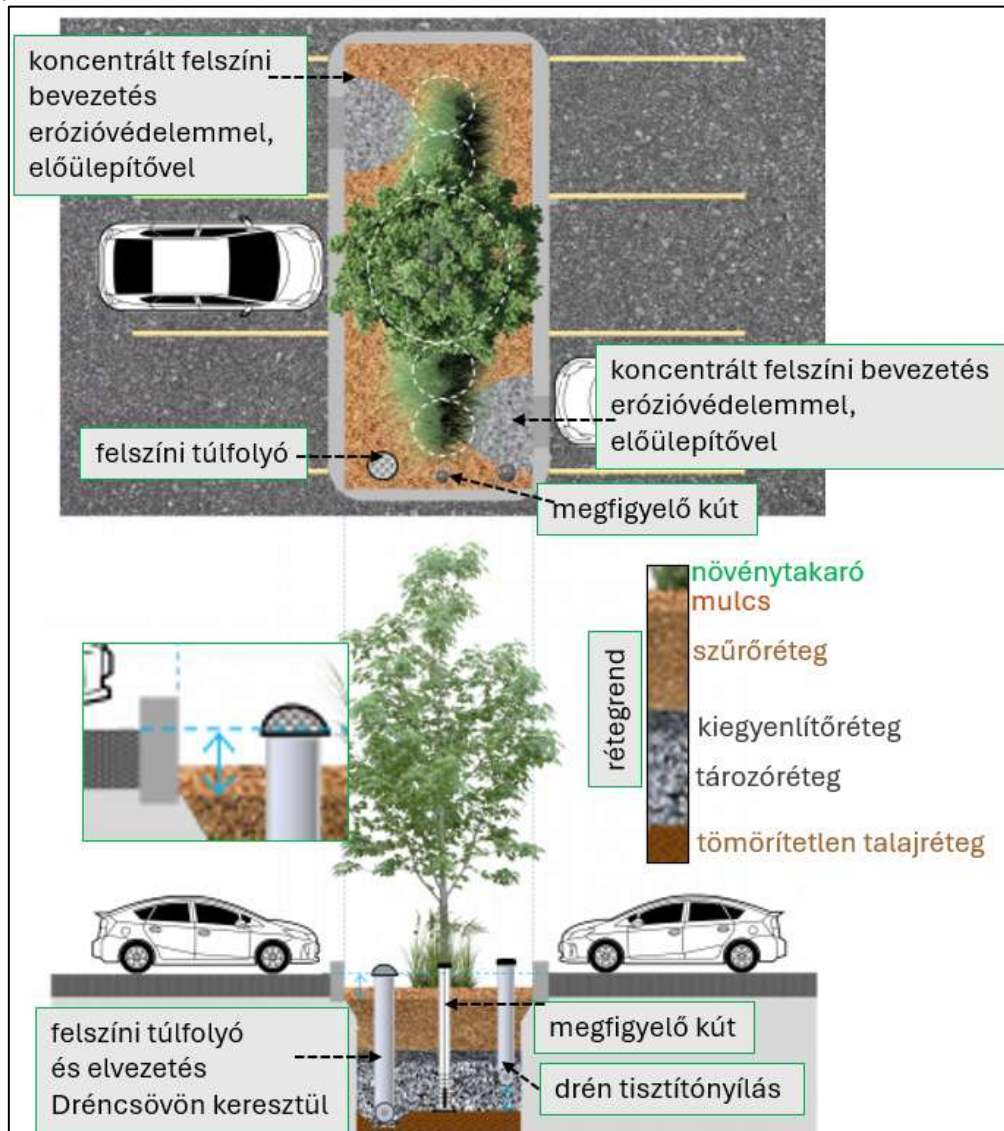
Ha az altalaj vízáteresztő képessége kisebb, mint 15 mm/h, szükséges a fölösleges víz elvezetéséről gondoskodni.

A V_{min} bevezetett vízmennyiség a 6. ábrán látható rétegrenden átjutva a tömörítetlen altalajba szivárog. A drénrendszer alatt nincs vízzáró fólia, tehát a beszivárgás lehetséges.

A V_{min} -t meghaladó bevezetett vízmennyiség egy részét a túlfolyón majd a drén-rendszeren keresztül vezetjük csatornába, vagy egy lejjebb kiépített KZI elembe, vagy valamilyen más

fenntartható csatorna elembe. A túlfolyó szintje nem lehet a környező terület felszínénél magasabban (6. ábra).

A V_{min} -t meghaladó bevezetett vízmennyiség másik részét a szűrést követően a drén-rendszeren keresztül tovább vezetjük csatornába, vagy egy lejjebb kiépített KZI elembe, vagy valamilyen más fenntartható csatorna elembe. Az elvezetés egy kavicságyba fektetett dréncsővön keresztül történik. A kavicsréteg egyben tározóréteggént funkcionál, amelynek optimális működését a dréncsőkivezetés szintjének megfelelő beállításával biztosíthatjuk (7. ábra).



6. ábra: drén-rendszerrel és talajcserével javított esőkert

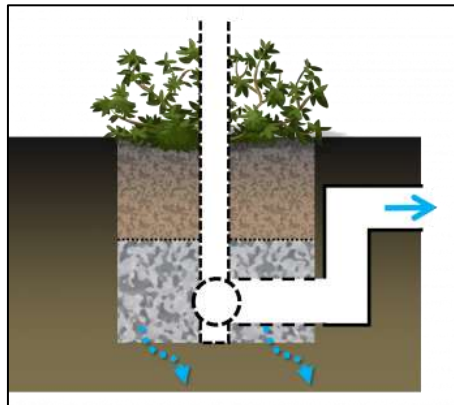
tervezési szempontok

A tervezéskor szem előtt kell tartani, hogy

- talajvizsgálati jelentés korlátozhatja az alkalmazását
- A vízzáró vízgyűjtőterület mérete 4 ezer ÷ 20 ezer m².
- A vízzáró vízgyűjtő területnek kb 10%-át célszerű KZI elemek elhelyezésére fenntartani. Sok kis KZI elem nagyobb hatásfokot eredményez, mint kevés nagyobb, ezért javasolt egy

egységhez legfeljebb 0,8 ha területről vezetni vizet. A KZI elve szerint a keletkezés helyéhez legközelebb kell megoldani a beszivárogtatást.

- A vízzáró felületek, ahonnan vizet fogad a KZI elem, magasabban helyezkedjenek el, mint a KZI elem partéle.
- a vízzáró felületeken, ahonnan vizet fogad a KZI elem, ne halmozódhasson fel hulladék, szemcsés szennyezőanyag, amely később eltömítheti a bioszűrő egységet
- a környezet maximum 5% eséssel lejtson a KZI elem irányába
- Ha a vízzáró felületeken, ahonnan vizet fogad a KZI elem, eróziós folyamatok, vagy talajfelhordás várható, a KZI elem eltömődése érdekében előtisztítást - előülepítő megoldást – kell kialakítani. A felszínről koncentrált módon történő bevezetésekor ez egyben a vízhozam egyenletessé tételét, elosztását is biztosítja (**9.ábra**), ami a megoldás hatásfokát növeli. Az előülepítő medence térfogata $0,1 \div 0,2 V_{min}$. Az előülepítőt fémlemez, vagy betonlemez, vagy földgát választja el a medence többi részétől. Az előülepítő célja a lebegőanyag visszatartása. A könnyebb tisztítás érdekében betonozott fenékkal láthatjuk el.
- célszerű energiacsökkentéssel bevezetni a vizet, főleg, ha magasról, pl. tetőről érkezik
- a koncentrált bevezetés helyett lehetőség szerint vízhozamkiegyenlítő megoldást javasolt alkalmazni (**7.,8. kép**)
- $15 \div 30$ cm vízmélység a mederfenéktől számítva
- $5 \div 8$ cm mulcsréteg
- a tervezett talajkeverék javasolt vastagsága legalább 60 cm, legjobb, ha 90 cm
- 15 cm szűrőréteg javasolt (**4.kép**). Tulajdonságok: $25 \div 250$ mm/h; porozitás 35%;
- $40 \div 80$ cm vastag kavicsréteg, ami egyben tározókapacitást jelent
- D150 mm dréncső



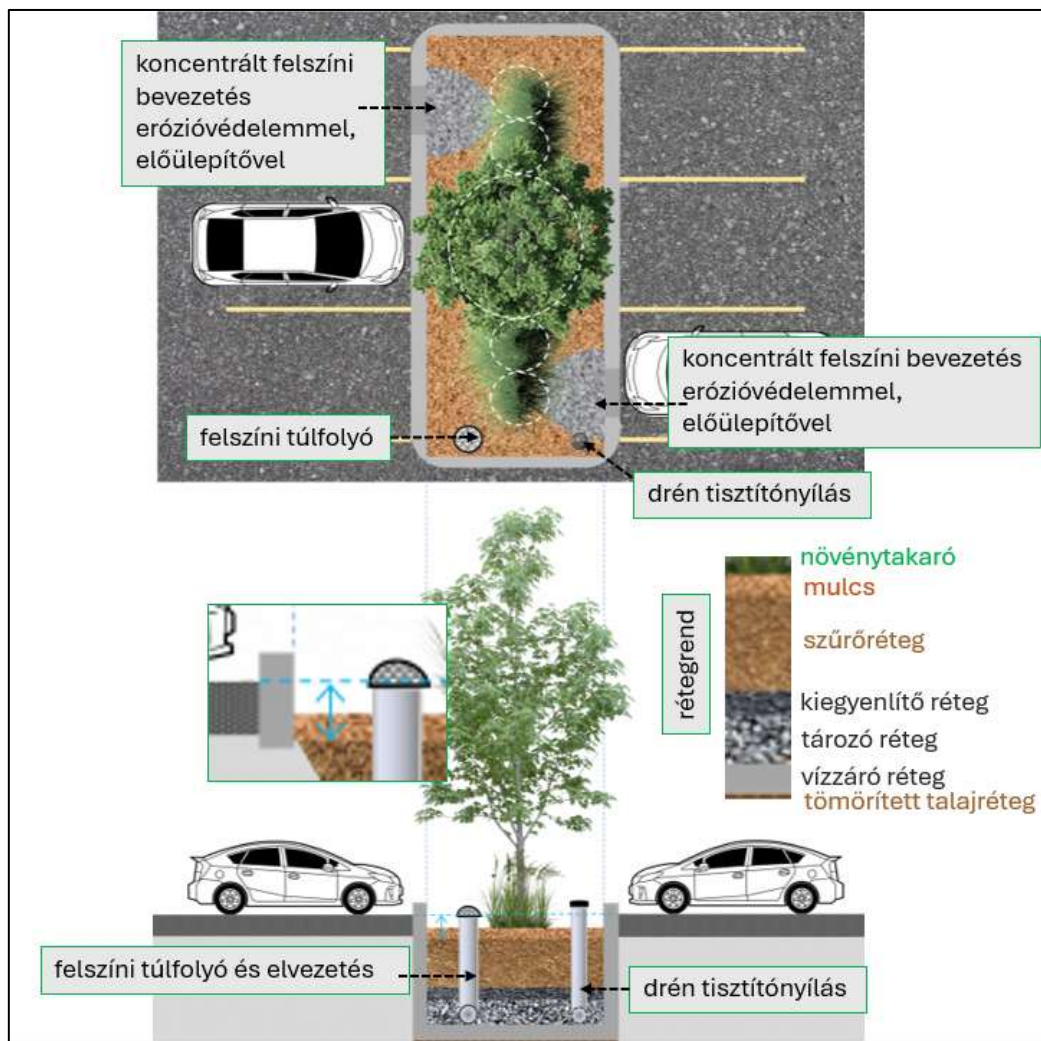
7. ábra: az elvezetés szintje tartós vízállást

Bioszűrés és elvezetés:

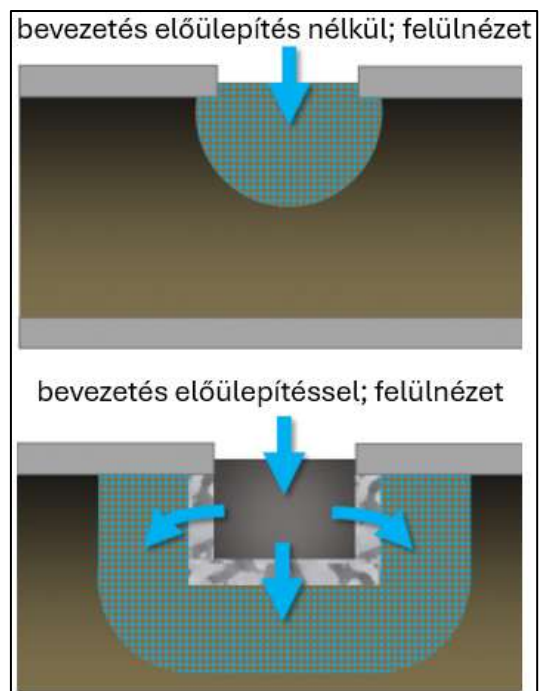
A beszivárogtatás elmarad helyi adottságok miatt- a mértékadó talajvíz 1m-en belül megközelítené a szivárgási síkot, vagy szennyezett víz befogadása és szűrése történik, vagy sérülékeny vízbázis fölött helyezkedik el a létesítmény. A vízzárást betonszerkezet, vagy HDPE fóliából kialakított medence biztosítja. A vízzáró HDPE fólia védelme érdekében homokréteg kerül a kavics tározóréteg alá.

A betonmedencében működtetett, - növényes vályúknak nevezhető - megoldás is ide tartozik (**5.,6. kép**). A **10. ábrán** látható megoldásban a növényes vályúból túlfolyó vizet a drénrendszeren keresztül vízáteresztő burkolatra vezetik, ami a KZI elemek sorba kapcsolására jó

példa. A **5. képen** a járda felől megszakított szegélykövet alkalmaztak, az út felől víznyelő aknából vezetik a lefolyó záporvizet a növényes vályúba.



8. ábra: beszivárgtatás nélkül működtetett bio szűrő- és vízvisszatartó rendszer



9. ábra: bevezetés előülepítéssel és anélkül



10. ábra: növényes vályú és vízáteresztő burkolat kombinációja

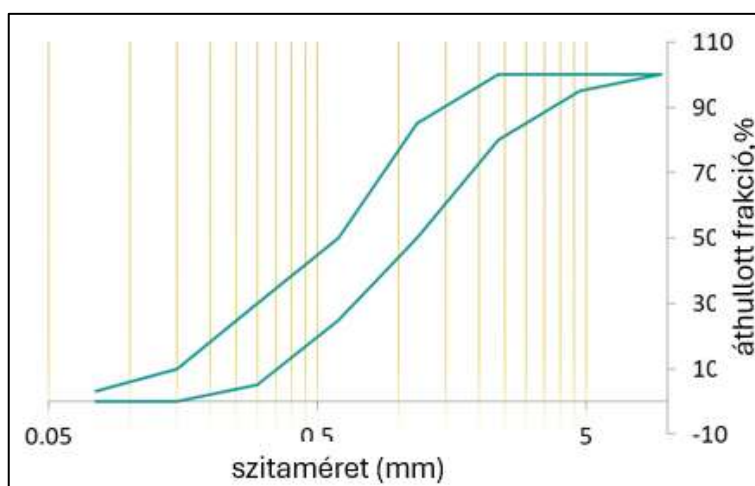
KÉPEK



2.kép: esővíz levezető cső leválasztása, az esővíz esőkertbe irányítása



3.kép: kocsibeállóról esőkertbe vezetett víz



4.kép: szűrőréteg javasolt szemcsemérete



5.kép: növényes vályú



6. kép növényes vályú



7.kép: vízhozamkiegyenlítést biztosító megoldás



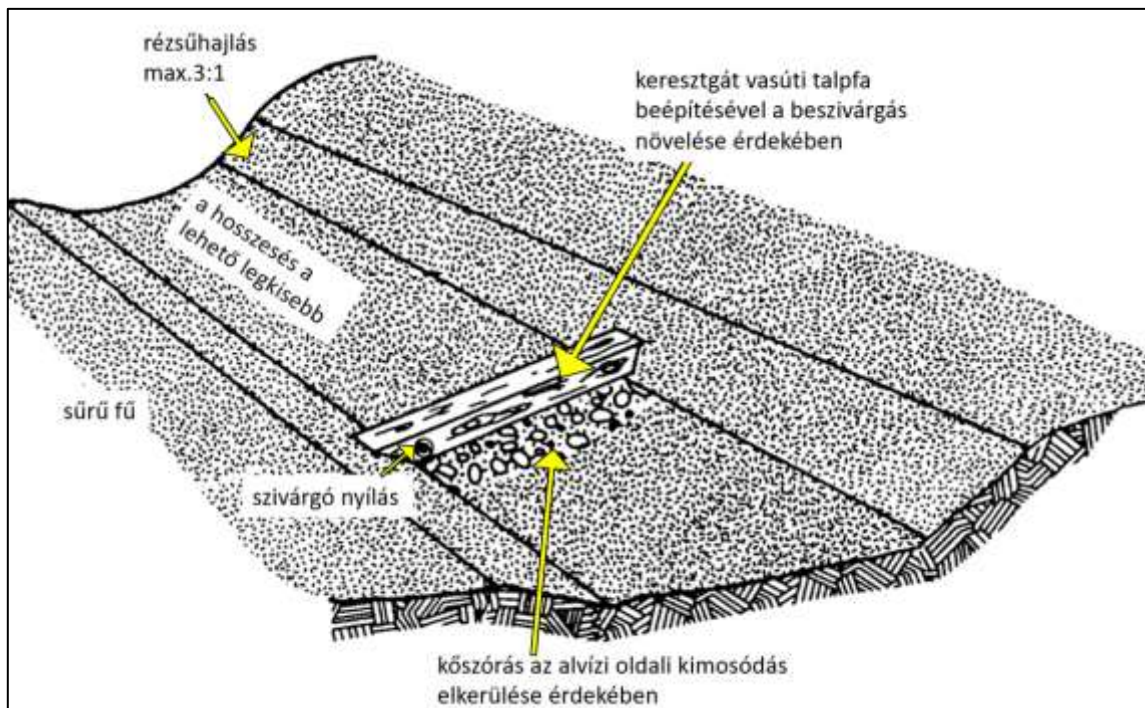
8. kép: vízhozamkiegyenlítést és energiacsökkentést biztosító megoldás

3.2. BIOVÁPÁK

leírás

A biovápák a csapadékvíz tisztítására, átmeneti tárolására és beszivárogtatására, vagy lassú elvezetésére szolgáló-, növényekkel betelepített vonalas létesítmények. Tervezhetjük úgy, hogy a víz beszivároghasson a talajba, ahol ez lehetséges. A lefolyó csapadékvíz lebegő szilárdanyagtartalmának minél nagyobb arányban történő kiülepedése érdekében csak lassú vízáramlást engedhetünk meg a biovápákban. Az útmenti biovápák helyettesíthetik a hagyományos csapadékvíznyelő aknákat.

A biovápa növényekkel- általában fűvel – betelepített meder felületeket foglal magába, amelyekben a víz áramlását és szennyezőanyagtartalmát csökkentjük, a beszivárgó mennyiséget növeljük. Enyhe rézsűhajlással alakítjuk ki a keresztmetszelvényt. Szükség szerint keresztgátakkal csökkentjük a hosszesést és ezáltal a lefolyásra kerülő vízhozamot és ezzel növeljük a beszivárgó vízmennyiséget. Új fejlesztés alkalmával szegélykő és víznyelő akna helyett, átalakítás során pedig ezek helyett alkalmazzuk. Másik alkalmazás a nagykiterjedésű parkolók mentén jellemző. Arid térségekben a biovápa öntözésére is szükség lehet. Egy tipikus kialakítást mutat az **11.ábra**.



11.ábra: biovápa általános kialakítása alacsony keresztgáttal

vízminőségjavító hatás

Csökkenti az üledékmennyiséget és a tipikusan ezekhez kötődő szennyezők – pl. fémek - koncentrációit. A fűben bioszűrés, a lassú áramlású szakaszokon ülepedés folyamata játszódik le. A bioszűrés az oldott szennyezők koncentrációit csökkenti, ha elegendő tartózkodási idő áll rendelkezésre és a mértékadó vízmélység nem túl magas a növényzethez viszonyítva.

Összességében alacsony ÷ közepes teljesítményként értékelhető a szennyezőanyag eltávolítási képessége. Alkalmazás esetén – megfelelő hely választással és tervezéssel - maximálisan ki kell használni az ebben rejlő lehetőséget.

tervezési szempontok

- A vízhozam ne legyen több $0,14 \div 0,28 \text{ m}^3/\text{s}$ -nál.
- A sebesség $0,6 \text{ m/s}$ -nál ne legyen nagyobb.
- Az oldalrészük 3:1-nél ne legyenek nagyobbak.
- A hosszesés 4%-on belül maradjon. Ha a terepadottságok miatt 2%-nál kisebb esést tudunk csak biztosítani, drénezésre is szükség lehet.
- A biovápa a maximális vízminőségjavító hatás elérése érdekében legyen legalább 30 m hosszú.
- Az árokszélesség/mélység aránya legalább 6 legyen.
- Földből, betonból, gabionból kialakított eséscsökkentő gátak alkalmazására lehet szükség, ha a 4% hosszesést meghaladja a terepesés.
- A gátak mögött feltorlódnó vízmennyiségnek általában 2÷3 nap alatt el kell tudni szikkadni.
- A legalább $0,76 \text{ cm/óra}$ szikkasztóképesség számít kedvező adottságnak.
- A gátak magassága ne legyen több 45 cm-nél. Ahol közlekedésbiztonsági okokból nem alkalmazhatók eséscsökkentő gátak, ott javasolt a gátmagasság minimálisra csökkentése és felszín alatti eséscsökkentő megoldások alkalmazása.
- Lúgos kémhatású talajok kifejezetten alkalmasak fémszennyezők visszatartására. A talaj fölötti szerves anyag terítéssel növelhető a fémszennyezők eltávolításának határfoka. Olyan növényeket kell választani, amelyek a legjobban bírják/kedvelik a helyi körülményeket, nem igényelnek rendszeres öntözést. Évente egyszer szükséges lehet az öntözés és tápanyagutánpótlás az egészséges - ezáltal maximális bioszűrő hatást biztosító – növénytakaró fenntartása érdekében. A tervezési vízszint alatti felületet erózióvédelmi takaróval és a kiválasztott bioszűrő keverékkel bevetett 10 cm talajjal kell kialakítani. A tervezési vízszint fölötti felületet erózióvédelemre alkalmas magkeverékkel vetjük be, vagy gypszőnyeget terítünk le.
- A talajtípustól függően $1 \div 2 \text{ m/s}$ között tartsuk az áramlási sebességet a mértékadó vízhozam idején az erózió elkerülése érdekében.
- Gyakori csapadékesemények idején a növénymagasság - jellemzően 10 cm - alatt maradjon a vízszint.
- Legkisebb fenékszélesség 0,5 m

általános jellemzés

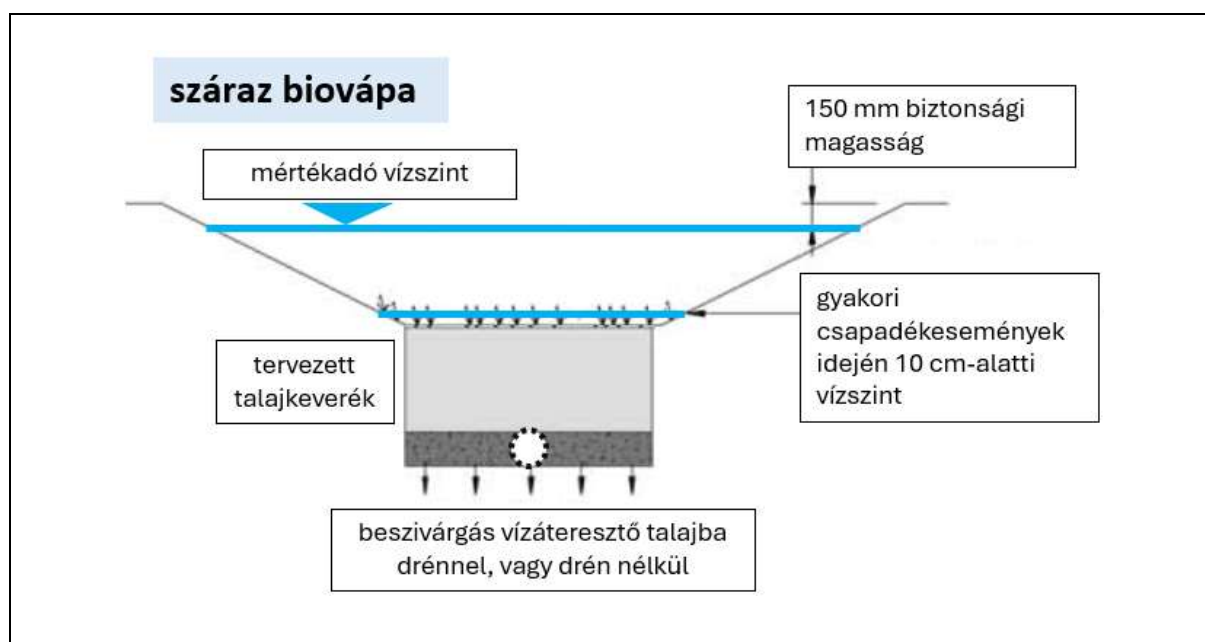
A biovápák a csapadékvíz tisztítására, tárolására és beszivárogtatására, vagy elvezetésére szolgáló-, növényekkel betelepített sekély árkok. Tervezhetjük úgy, hogy a víz beszivároghasson a talajba, ahol a talaj vízáteresztő képessége és a mértékadó talajvíz szint

lehetővé teszi. Tervezhetjük úgy, hogy a csapadékvíz egy másik zöldinfrastruktúra elemhez vezesse. A biovápa keresztmetszvénye jellemzően széles és sekély, a felületek növényzettel - leggyakrabban fűvel – fedettek a víz áramlásának lassítása és a bioszűrés céljából. A lefolyó csapadékvíz lebegő szilárdanyagtartalmának minél nagyobb arányban történő kiülepedése érdekében csak lassú vízáramlást engedhetünk meg a biovápákban. Magukban foglalhatnak az áramlási irányra merőlegesen elhelyezett eséscsökkentő keresztgátakat, vagy fenéklépcsőket az ülepítés és beszivárogtatás elősegítésére.

A biovápáknak a vízgazdálkodásban betöltött szerepük és kapacitásuk alapján az alábbi táblázat szerinti három fő típusát különböztetjük meg

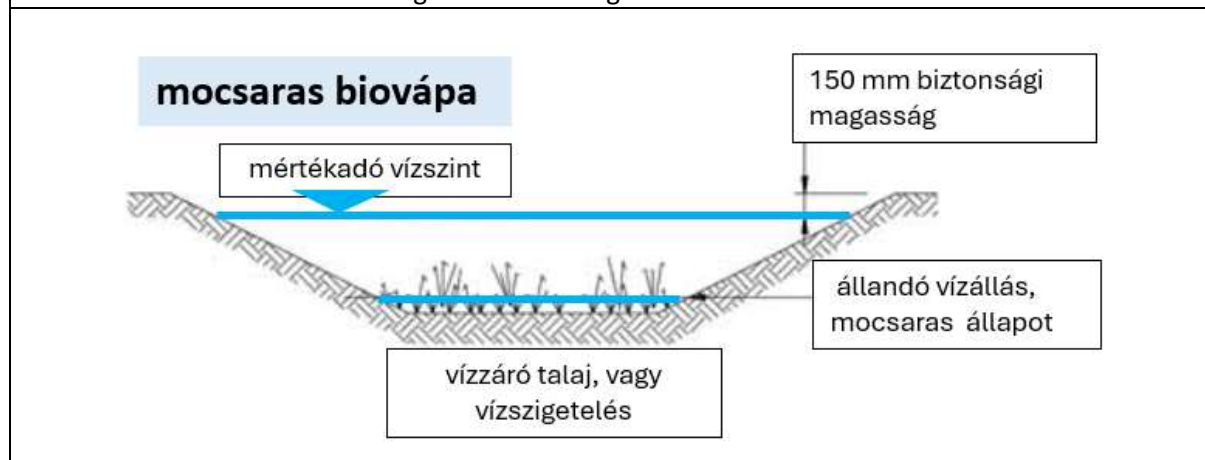
4.Táblázat: biovápa típusok

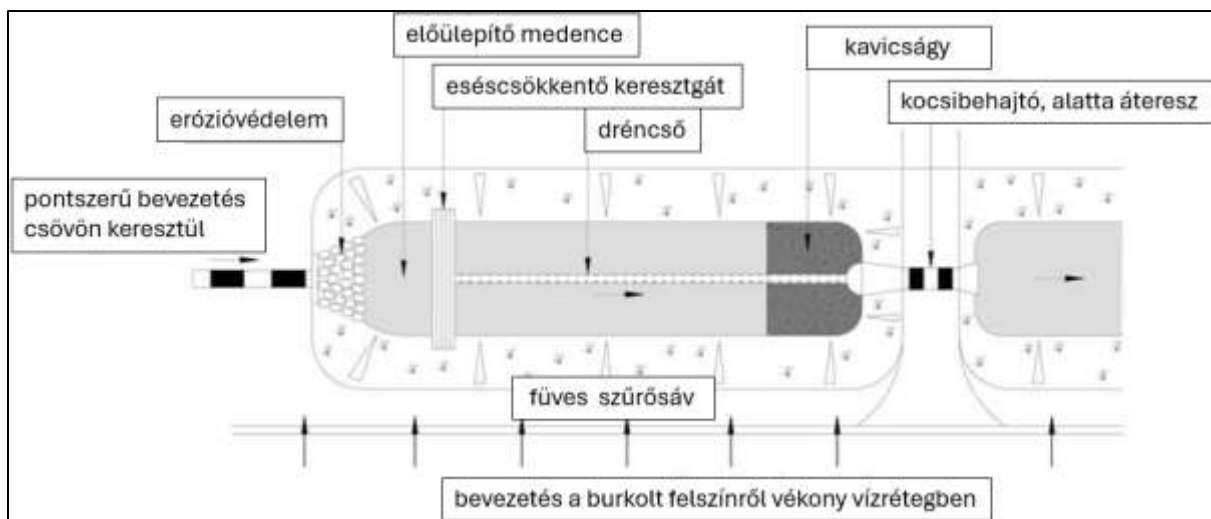
1. standard vízelvezető biovápa
Növényekkel betelepített széles és sekély árok. Hatékony módszer a vízgyűjtőről lefolyó víznek egy másik / következő KZI elemhez, vagy más fenntartható csatornázási megoldáshoz, vagy a hagyományos csatornarendszerbe történő elvezetésére. Elsődleges szerepe a csapadékvíz lassú elvezetése, de megfelelő tervezéssel, valamint terep- és talajadottságok mellett bioszűrést, vagy vízviszatarást is biztosít. Szennyezett területekre vagy szennyezett területekről lefolyó csapadékvíz kezelésére tervezett standard vízelvezető biovápákat alulról vízszigeteléssel kell ellátni a beszivárgás megakadályozása érdekében. Továbbfejleszthető a beszivárogtatás és a tisztítóhatás növelése érdekében.
2. száraz biovápa
A száraz biovápa a standard biovápa továbbfejlesztett változata. A növényekkel betelepített vízelvezető ároknak része egy-, a biovápa fenéksíntje alatt erre a célra tervezett és előkészített talajkeverékből álló szűrőréteg és - nem minden esetben - egy ez alatt lefektetett drén rendszer. Drénázás esetén szűrést, drénázás nélkül beszivárogtatást biztosítunk. Ennek a biovápa típusnak nagyobb a tisztító- és hidraulikai kapacitása, mint a standard vízelvezető biovápának. A vízviszatarás érdekében keresztgátakat alkalmazunk. Mivel általában száraz, nem mocsarasodik el esős időszakokban. Szennyezett területekre vagy szennyezett területekről lefolyó csapadékvíz kezelésére tervezett száraz biovápákat alulról vízszigeteléssel kell ellátni a beszivárgás megakadályozása érdekében.



3. mocsaras biovápa

Célja a mederfenéken állandó vízállás elősegítése a tisztítási folyamatok fokozása érdekében. A vízviszatarítás érdekében keresztgátakat alkalmazunk. Célszerű megoldás Rossz vízáteresztő képességű talajokon, vagy magas talajvízállásos területen, de ezen körülmények hiányában vízszigeteléssel kiegészítve alkalmazzuk a biovápát, így is biztosítható az állandó vízállás. A vízviszatarítás érdekében szükség esetén keresztgátakat alkalmazunk.





12.ábra: keresztgáttal javított tipikus száraz biovápa

A biovápa alkalmazásának célja és a helyi adottságok határozzák meg, hogy milyen típusát alkalmazzuk.

A biovápaiba érkezik a lefolyó csapadékvíz oldalról, felület mentén közvetlenül a burkolt felületről, vagy a burkolt felületről lefolyó víz átvezethető egy füves szűrőszávon, mielőtt tovább folyik a biovápaiba (**12. ábra**). A biovápaiba érkezik a lefolyó csapadékvíz pontszerű bevezetéssel a végén, zárt csatornacsövön keresztül, vagy nyílt burkolt árokból (**12. ábra**). Érkezik a csapadékvíz közvetlenül a burkolt felületről, vagy másik KZI elemből és tovább vezethető másik KZI elembe vagy a csatornába.

A biovápák kiválthatják a hagyományos csatornát. A füves szűrőszáv, vagy az áramlás- kiegyenlítéses bevezetés nélkülözhetővé teszi a szegélykövet és a csapadék víznyelő aknát (**9., 16. kép**). Nem ajánlott utolsó tisztítóelemként alkalmazni az intenzív csapadékok idején előforduló nagy áramlási sebességek és az ebből származó erózió kockázata miatt. Javasolt egyéb KZI elemekkel sorba kapcsolva alkalmazni az intenzív csapadékokból származó lefolyás biztonságos levezetése és tározása érdekében.

a helyszín alkalmassága, megválasztása

A biovápák különféle körülmények között és helyeken alkalmazhatók. Utak és parkolók mentén a legkézenfekvőbb, de parkokban és egyéb nyílt terekben is alkalmazható. Iparterületeken javasolt vízelvezető létesítmény a befogadó védelme szempontjából a szennyezésvisszatartó képessége valamint a láthatóságához köthető kezelhetősége miatt. A befogadó védelme érdekében nem javasolt növényvédőszerrel és műtrágyával kezelt felületről lefolyó víz elvezetésére. Az alábbi táblázatban összefoglaljuk a tervezési szempontokat, megfontolásokat:

vízgyűjtő terület	vízáró felülettel rendelkező vízgyűjtőkről lefolyó csapadékvíz fogadására
helyigény	A kis rézsűhajlás miatt nagy a helyigénye, ezért gondos tervezést igényel a parkokba és egyéb szabad terekbe történő beillesztése, sűrű beépítésű belvárosi területeken pedig nehézséget okoz az alkalmazás.

elhelyezés	A hely adottságainak figyelembevétele mellett minél hosszabb legyen az egyenletes kis eséssel kialakított biovápa, amelybe lehetőleg oldalról, vonal mentén érkezzen a burkolt felületről lefolyó csapadékvíz. A hozzáférést biztosítani kell. A napsütés adottságához kell fűfajtát választani.
esés és állékonyság	Mivel a biovápák hosszanti esését a terület esése határozza meg, biovápákat kis esésű területeken tudunk alkalmazni. Keresztgátakkal javított biovápák nagyobb esés mellett is alkalmazhatók. Keresztgátak nélkül 4%, gátakkal 10% lehet a legnagyobb hosszanti esés, amit az erózió elkerülése és az ülepedés biztosítása érdekében be kell tartani.
talaj és felszín alatti vizek	A beszivárogtatásra tervezett biovápák fenékszintje legalább 1 m-rel legyen a mértékadó talajvízszint fölött. Szikkasztópróbát kell végezni és be kell tartani a vonatkozó jogszabályokat. Nem beszivárogtatásra, hanem szűrésre tervezett száraz biovápa esetében a drén a mértékadó talajvízszint fölött legyen. Lakóutakról lefolyó csapadékvíz befogadására tervezett biovápákat érzékeny vízbázis fölött vízszigeteléssel kell ellátni. A felszín alatti vizek védelme szempontjából kérdéses esetekben a Hatóság eseti véleménye szerint kell kialakítani a rendszert.

a hidraulikai és vízminőségi tervezés szempontjai

Nagyjából 10 ha területéről lefolyó víz befogadására tervezzük. A vízminőségjavítás célját (is) szolgáló biovápákat több vízhozamra méretezzük, egyrészt a gyakori kisvízhozamok ($Q_{min.}$, $V_{min.}$) szűrésére és beszivárogtatására, másrészt a ritka nagycsapadékok elvezetésére. Ezeknek a hozamoknak mértéke folyamatos újra-értelmezés tárgya és a segédletnek nem tárgya a kérdés tisztázása. Javaslom ehhez Dr. Buzás Kálmán előadás anyagának és kutatási project eredményeinek tanulmányozását, amelyben már az AI bevonása is megfontolásra került (**22. kép**).

Az alábbi hidraulikai paraméterek betartása mellett biztosítható a vízminőségjavító hatás:

1. szűrésre és beszivárogtatásra tervezett biovápák

A szűrésre és beszivárogtatásra tervezett biovápákban a növényzet magasságánál kisebb – legfeljebb 10÷15 cm - vízmélység alakuljon ki és legfeljebb 0,3 m/s áramlási sebesség megengedett. A mocsaras biovápákban ugyanez a vízmélység megengedett, de az áramlási sebesség legyen alacsonyabb. A Manning féle érdességi tényező meghatározó a méretezés során. A fű magasságán belül tartott vízmélység esetében $n= 0,25$ értékkel számolhatunk. Nagyobb csapadékokból származó nagyobb vízmélységek kialakulása esetében $n=0,1$ értékkel számolhatunk.

A biovápák hidraulikai paramétereit – kisebb áramlási sebesség, hosszabb tartózkodási idő, megnövelt beszivárgás, vagy tározás - és az ezekkel összefüggő vízminőségjavító hatásukat keresztgátakkal és/vagy előülepítő medencével javíthatjuk. Ugyanakkor meg kell fontolni a biovápák keresztgátakkal történő felszerelését a magasabb karbantartási igény miatt.

A drénezés a biovápák alatt megnöveli a hidraulikai kapacitást, csökkenti a lapos szakaszokon a helyi vízállások és a mocsarasodás kialakulásának kockázatát, növeli a beszivárgást, ahol a talajviszonyok megengedik. Intenzív csapadékból származó lefolyás elvezetésére is szánt biovápák méretezésekor javasoljuk figyelmen kívül hagyni a beszivárgó mennyiséget.

Amikor szennyezőanyag visszatartás a cél, az alábbi tervezési paraméterekre kell figyelni:

- Lassú- max. 0,15 m/s áramlási sebesség
- A biovápa hossza különböző források javaslatai szerint legalább 30, 60, 75 m legyen . Újabb kutatások azt igazolják, hogy a szennyezőanyagok döntő hányada a biovápa első néhány méterén, valamint lefelszerű bevezetés során az oldalrészükön kerül visszatartásra, ezért az előülepítők és füves szűrőszávok szerepe nagyobb, mint a biovápa hosszáé.
- A tartózkodási idő legyen legalább 9 perc.
- A hosszúság max. 3 % legyen.
- Megfelelő talajtulajdonságok és talajvízszint esetén növelhető a beszivárgó víz mennyisége keresztgátak alkalmazásával.
- A 3%-ot meghaladó terepesítés szükségessé teszi a keresztgátak alkalmazását, ha szennyezőanyag visszatartás a cél.

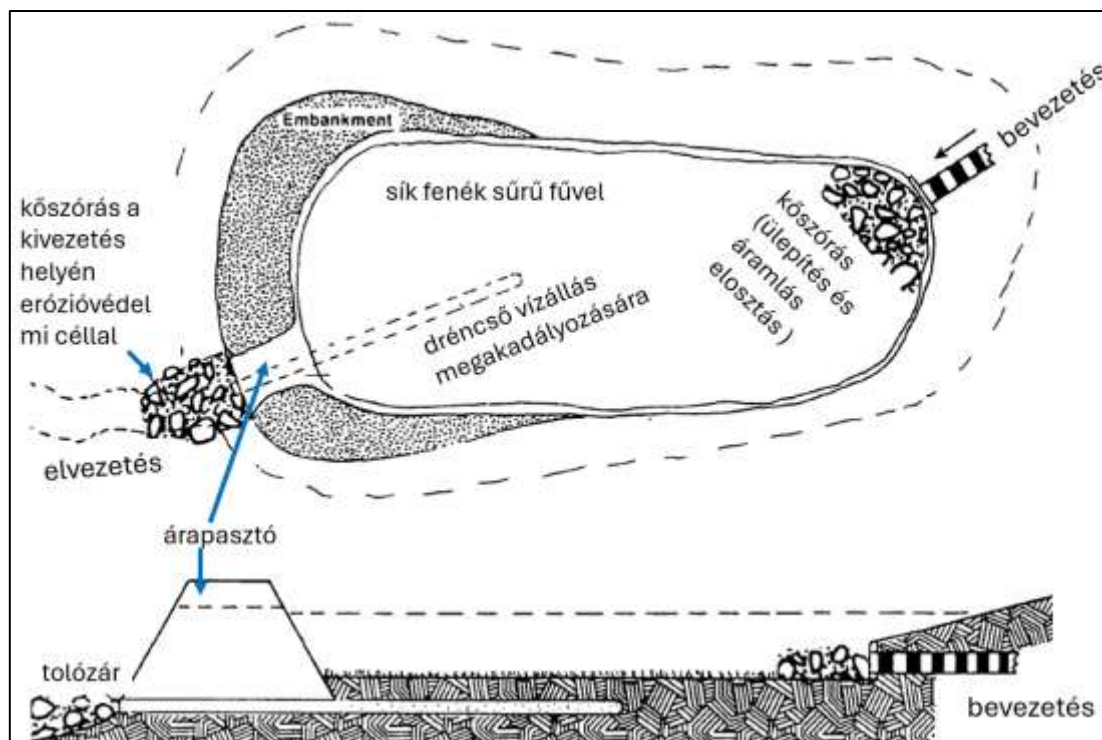
A fentiek részben a beszivárogtatás feltételei is egyben. A lassú áramlás hosszabb tartózkodási időt jelent, az pedig növeli a beszivárgó víz mennyiségét, ha a talaj tulajdonságok ezt lehetővé teszik és nincsenek kizáró okok. Ha kizáró okok miatt nem szivárogtathatunk, akkor is van lehetőség szűrésre a tervezett talajkeverék alatti drén rendszer alkalmazásával.

Amikor a beszivárogtatás a cél, a biovápa beszivárogtató kapacitását meghatározó paraméterekre figyelünk, ezek a talajvízszint, a talaj porozitása, a lefolyás lebegőanyagtartalma, a növényzet sűrűsége. Amíg megfelelő távolság van a szivárgási sík és a talajvízszint között, a biovápa beszivárogtatásra képes. A telített zóna közelsége a talajvíz szennyezését okozhatja. Ez az egyik kizáró ok, amire a megoldás a drén, amin keresztül a megszárt vizet tovább vezetjük egy másik KZI-ba, vagy a csatornarendszerbe.

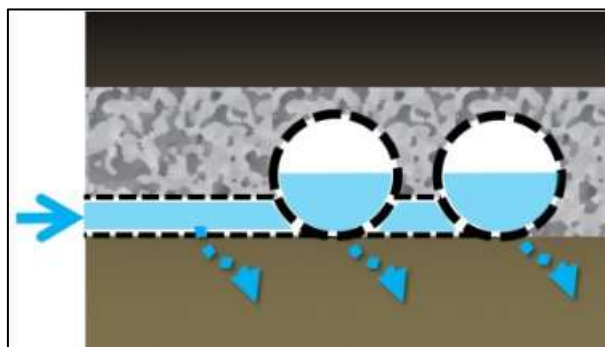
A lebegőanyagtartalom az előülepítéssel csökkenthető. Megfelelő talajtulajdonságok és talajvízszint esetén növelhető a beszivárgó víz mennyisége keresztgátak és/vagy tervezett talajkeverék alkalmazásával.

A tisztításban a növényzet sűrűsége és a hidraulikai paraméterek fontosabbak, mint a biovápa hossza, vagy a növényzet magassága.

Ha bármely ritka csapadékból származó – pl 100 évenként egyszer előforduló - lefolyás beszivárogtatása cél, akkor nem biovápát, hanem beszivárogtató medencét, vagy valamilyen szikkasztóberendezést kell betervezni, amelyek nem KZI-, hanem egyéb fenntartható csatornázási rendszerelemek (**13.,14. ábrák**), amelyek nem képezik ennek a segédletnek a tárgyát.



13. ábra: beszivárogtató medence



14. ábra: példa szikkasztóberendezésre

2. száraz biovápák

A nem drénezett száraz biovápáknak a 10÷30 évenként előforduló csapadékból származó lefolyás helybentartását és beszivárogtatását biztosítani kell tudni. Az ennél ritkább rendkívüli csapadékokat kontrollált körülmények között el kell vezetni, vagy biztonságos helyen kell tározni. A mértékadó - 30, vagy 100 évenként előforduló - csapadékból származó lefolyás fele egy nap alatt levezetésre és/vagy beszivárogtatásra kerül. Ez biztosítja a következő lehetséges csapadék befogadhatóságát, száraz biovápákban pedig védi a növényzetet a vízben állás hatásától.

Drénezett száraz biovápáknak nincs felszín fölötti kivezetésük és sorba kapcsolva komplex rendszert képeznek. Mindegyik biovápát ugyanarra a hidraulikai kapacitásra – jellemzően a 30, vagy 100 évenként előforduló csapadékból származó lefolyásra - kell megtervezni, amit a drénrendszer 2 l/s/ha kapacitásával kalkulálva tudunk biztosítani.

Az áramlási sebesség rendkívüli csapadék időszakában maradjon 1m/s-on belül, illetve 2 m/s-ig növelhető, ha az erózióvédelem másképpen biztosított.

fizikai paraméterek

Az alábbiak betartása az optimális szennyezőanyag eltávolítást, a karbantartási igény minimalizálását és a biztonságot szolgálja.

A biovápa keresztmetszvénye trapéz, vagy parabola alakú, mert ezeket a legkönnyebb kivitelezni és karbantartani, valamint ezek biztosítják a legnagyobb nedvesített területet, ezáltal a legjobb hidraulikai kapacitást adott keresztmetszvény méret mellett.

Az oldalrészük nem lehetnek 4:1-nél meredekebbek a lefelszerű bevezetés és a legnagyobb sebesség betartása érdekében, de, ha elkerülhetetlen, akkor 3:1 értékig emelhető a meredekség minden más előírás betartása mellett. A sebesség korlátozása az erózióvédelmet és a beszivárgás elősegítését szolgálja. Az oldalrészű kis esése előszűrést, biztonságot és a karbantartás szempontjából könnyebb hozzáférést is biztosít.

A száraz biovápa jellemző legnagyobb mélysége 40÷60 cm minden más előírás betartása mellett. Mértékadó csapadék idején kialakuló vízfelszín és a partél szintje között legalább 15 cm biztonsági magasság betervezése szükséges az esetleges akadályok okozta visszaduzzasztó hatás miatt (**16.,17. ábra**).

A standard biovápákban a hosszanti esés legalább 3%. Ha 1%-nál nagyobb esés nem biztosítható, drénezésre lehet szükség.

A drénezett és a mocsaras biovápa hosszanti esésére nincs minimális érték.

A hosszanti esés nem haladhatja meg a 40%-ot, kivéve keresztgátak alkalmazása mellett. A keresztgátakat a meder teljes szélességében ki kell építeni és az átbukási mélység legfeljebb 30 cm lehet. Az átbukó víz energiatörő vasbetonlemezre érkezzen. A keresztgátak mögött a legnagyobb vízmélység 60 cm lehet. Ezt a mélységet az határozza meg, hogy mennyi idő alatt kell elszikkasztani a vizet és mekkora a talaj vízáteresztő képessége.

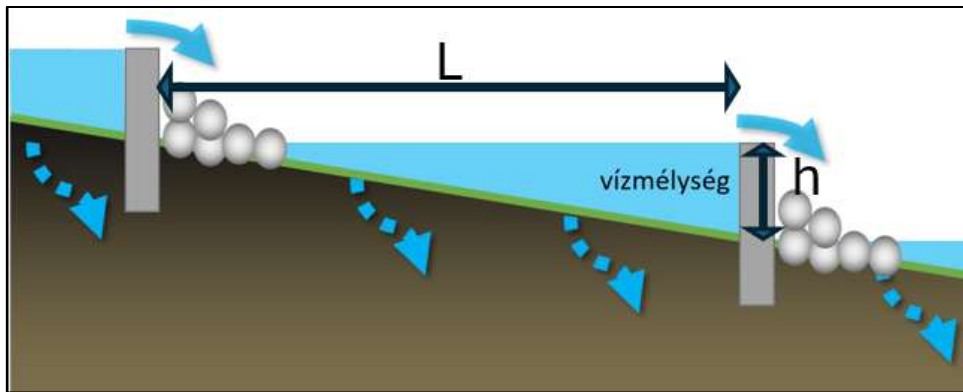
$$\text{vízmélység [mm]} = \text{vízáteresztő képesség [mm/h]} * \text{a beszivárogtatásra adott idő [h]}$$

A keresztgátakat kb. 10÷12 m-enként helyezzük el, de egyenletes hosszesés mellett ez a hasonló háromszögek módszerével számítható a vízmélységből (**5. ábra**). Pl. 5 % eséssel számolva

$$L [m] = 100 * h [m] / 5$$

Keresztgátakat általában csak hosszú biovápákban alkalmazunk. A minimális hossz 30 m a vízminőségjavító hatás elérése érdekében. A helyi adottságok ebben nyilvánvalóan meghatározóak.

A víz áramlás irányát tekintve a felső keresztgát alsó pontja és az alsó keresztgát bukócsészéje egy szintben kell legyen (**15. ábra**)

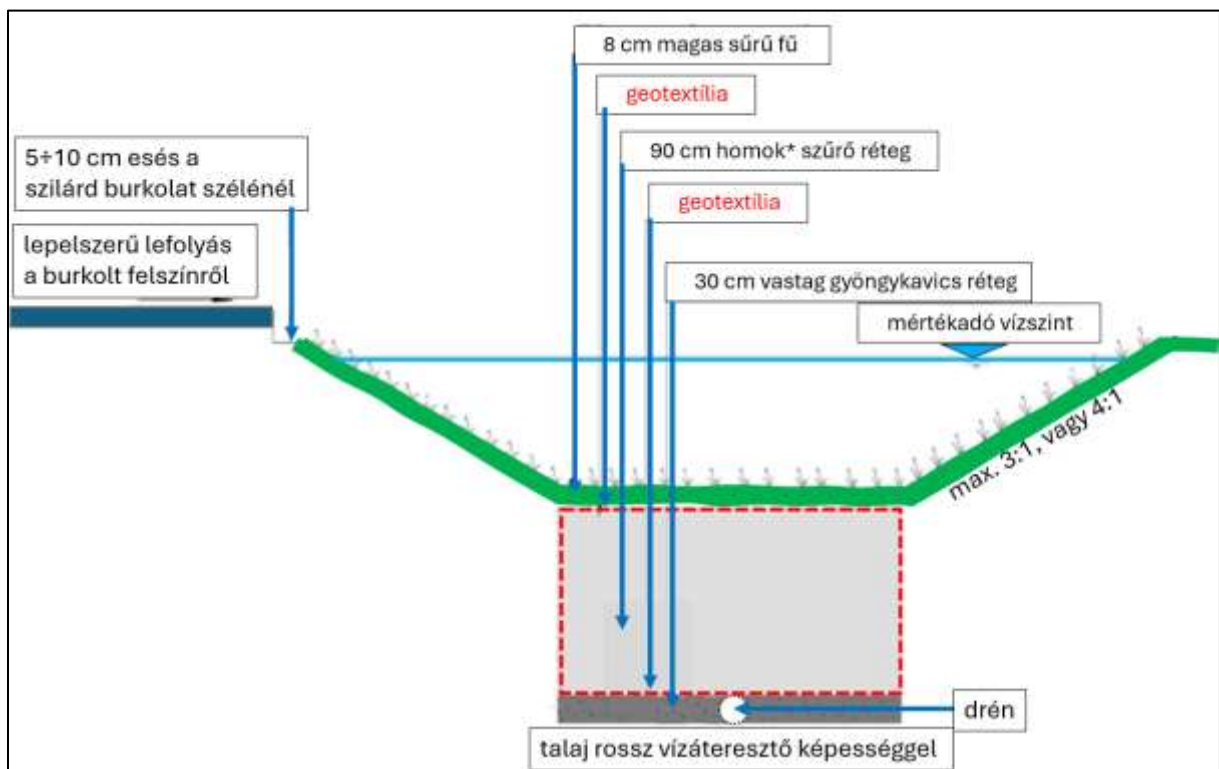


15.ábra: keresztgátak távolsága

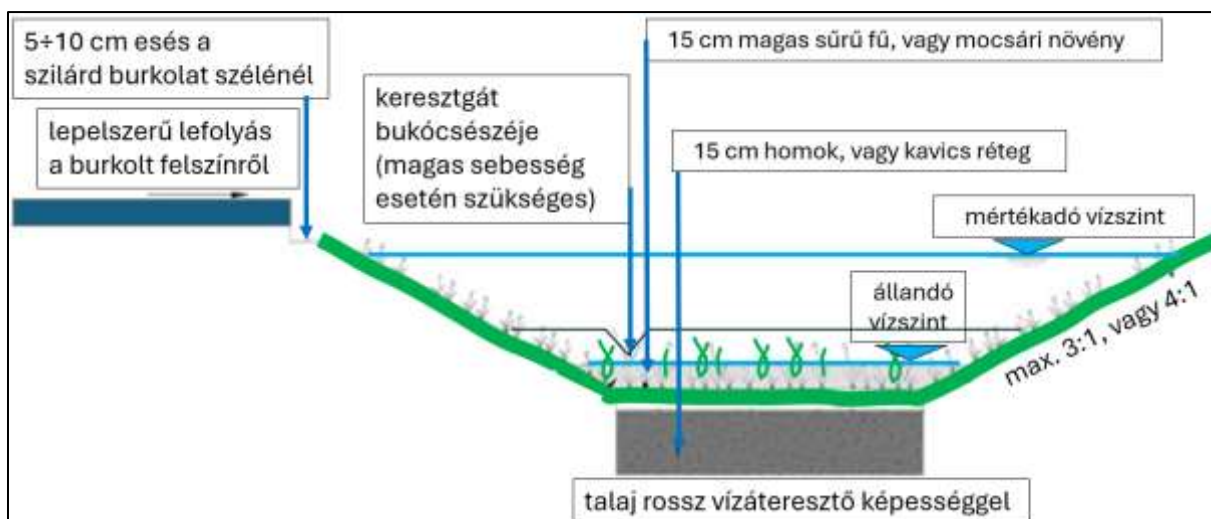
A gát alatt 1÷2 m hosszön erózióvédelemről kell gondoskodni a meder teljes szélességében. A gátszerkezetet be kell kötni a meder oldalába. A gát aljában szivárgónyírást kell biztosítani, ami a kis vízhozamok alvízi oldalra történő átvezetését biztosítja.

A biovápa fenéke legyen sima, szélessége legyen 0,5 ÷ 2 m között. Ha ennél nagyobb szélességre van lehetőség, amit kihasználnánk, akkor a biovápa teljes hosszában egy elválasztó elemet kell beépíteni, ami a vízhozamot kettéosztja és megakadályozza az eróziót, kis csatornák kialakulását. Az elválasztó elem bármely vízálló anyagból – agyag, beton, fém, újrahasznosított műanyag, stb. – épülhet. Ha agyagból épül, azt is borítsa a biovápában alkalmazott fűfajta.

A szegélykő nélküli utak mentén kiépített biovápák mellett a parkolást akadályozó elemek kihelyezése – nagyobb kövek, korlát, stb.- javasolt.



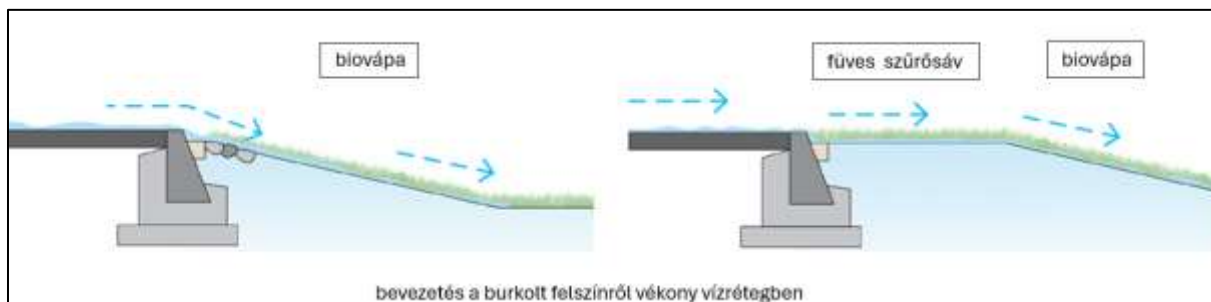
16.ábra: száraz biovápa tipikus keresztmetszévé



17.ábra: mocsaras biovápa tipikus keresztmetszévé

előtisztítás, bevezetés

A pontszerű bevezetés / bevezetéseknel kedvezőbbek a vonalmenti bevezetések. Ez utóbbi csökkenti a biovápa koncentráltan befolyó víz mennyiségét, az erózió kockázatát és ideális esetben egy füves szűrőszávvval kombinálva már biztosít egy előszűrést és szükségtelenné / felszámolhatóvá teszi a szegélykövet (16.kép, 18. ábra). Minél nagyobb a szűrőszáv hossza - a biovápa tengelyére merőleges mérete -, annál jobb hatásfokra számíthatunk mennyiségi- és minőségi téren egyaránt.



18. ábra: felületi bevezetés szűrőszávvval és anélkül

A biovápa oldalról történő táplálására alternatív megoldás a szegélykő megszakításával egyenletes távolságokban kialakított surrantós pontszerű bevezetés alkalmazása. Ilyenkor fontos szempont, hogy a surrantó környezetében lévő növényzet ne akadályozza a bevezetést (17.,20.,21. képek).

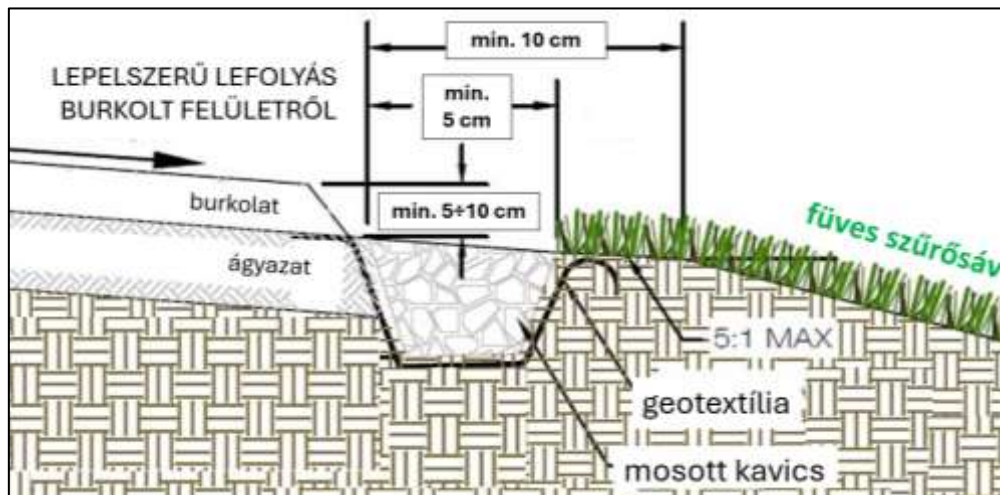
Ahol pontszerűen csövön, vagy víznyelőn át történik a bevezetés, ott megnő az erózió kockázata és várhatóan a beérkező lebegőanyag mennyisége. Ezeket a negatív hatásokat a bevezetés helyén alkalmazott erózióvédelemmel és áramláskiegyenlítéssel, azt követően előüleptítővel csökkentjük.

Autóutak és akár parkolók mentén a burkolat szélénél kavicszivárgó kialakítása javasolt a lefolyó víz alámosó-, szerkezetromboló hatásának kiküszöbölése érdekében. Emögött javasolt

a füves szivárgósáv kialakítása, ami nagyban növeli a biovápa hatásfokát és csökkenti a karbantartási igényt.

A füves szűrősávra vonatkozó tervezési szempontok:

- a burkolat melletti 3 m széles sáv esése legfeljebb 2% legyen
- < 3% esés esetén legalább 5 m széles legyen
- 3% ÷ 8% esés érték között legalább 10 m széles legyen
- a burkolt felületen lefolyó víz úthossza legfeljebb 25 m legyen
- a szűrősáv melletti burkolat esése legfeljebb 3 % legyen
- a burkolt felületen lefolyó víz úthossza legyen rövidebb a szűrősávban a biovápáig megtett út hosszánál
- a szűrősávban a biovápáig megtett út hossza lehetőség szerint legyen legalább 5 m
- a burkolat széle és a füvesített sáv szintje között legyen legalább 5 cm (**16.,17.ábrák**).
- kavics elválasztósáv biztosítja az egyenletes-, lepelszerű lefolyást, ha pl. a kép szerinti megoldást alkalmazzuk egy parkolónál (**9.kép, 19.ábra**)



19.ábra: kavics elválasztósáv



9.kép: kavics elválasztósáv biztosítja az egyenletes, lepelszerű bevezetést



10.kép: szegélykő megszakításával megoldott pontszerű bevezetés, erózióvédelem kőszórással;
<https://www.climatescan.nl/projects/8228/detail>



11.kép: biovápa szegélykő megszakításával megoldott bevezetéssel; kőszórással védett bevezetés; IMAX; Mississauga

<https://sustainabletechnologies.ca/home/urban-runoff-green-infrastructure/>



12.kép: biovápa szegélykő megszakításával megoldott bevezetéssel, County Court Boulevard, Brampton

<https://sustainabletechnologies.ca/home/urban-runoff-green-infrastructure/>



13.kép: keresztgátakkal javított biovápa egyenletes bevezetéssel; Northgate Mall parkoló, Seattle. Photo credit: MLSmith



14.kép: keresztgátakkal javított biovápa egyenletes bevezetéssel; Northgate Mall parkoló, Seattle. Photo credit: MLSmith



15.kép: keresztgátakkal javított biovápa és fém túlfolyó a rendkívüli csapadékokból származó vízhozam elvezetésére; Northgate Mall parkoló, Seattle. Photo credit: MLSmith



16.kép: füves szűrőszávvval ellátott standard biovápa

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sustainabletechnologies.ca/app/uploads/2019/01/County-Court-Bioswale-Presentation-Grey-to-Green-2018-.pdf



17.kép: surrantós pontszerű bevezetés a biovápa végében erózióvédelmet biztosító, áramlást kiegyenlítő előregyártott ACO elem alkalmazásával (<https://www.aco.co.uk/products/suds-swale-inlet>)



18.kép: a surrantó környezetében lévő növényzet akadályozza a bevezetést



19.kép: a surrantó környezetében lévő növényzet akadályozza a bevezetést



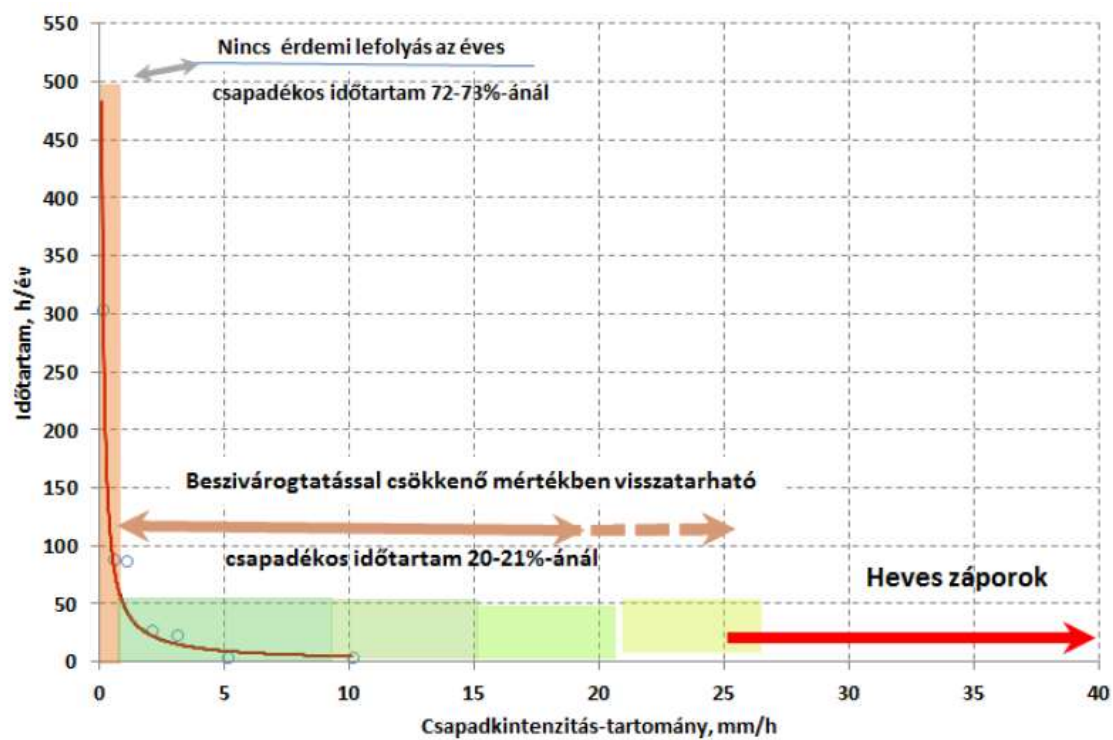
20.kép: surrantós pontszerű bevezetés; a surrantó környezetében lévő növényzet akadályozza a bevezetést



21.kép: surrantós pontszerű bevezetés; forrás : Sustainable Rainwater Management Guidance

https://www.google.com/search?sca_esv=4fbfcb9c8f0bb25b&q=swale+inlet&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwjI--

uZrc6EAXwa9glHHYzpBDwQ0pQJegQIBRAB&biw=1920&bih=997&dpr=1#imgcr=MXyjrhkodC9-3M&imgdii=hnjkgxx6XVli0M



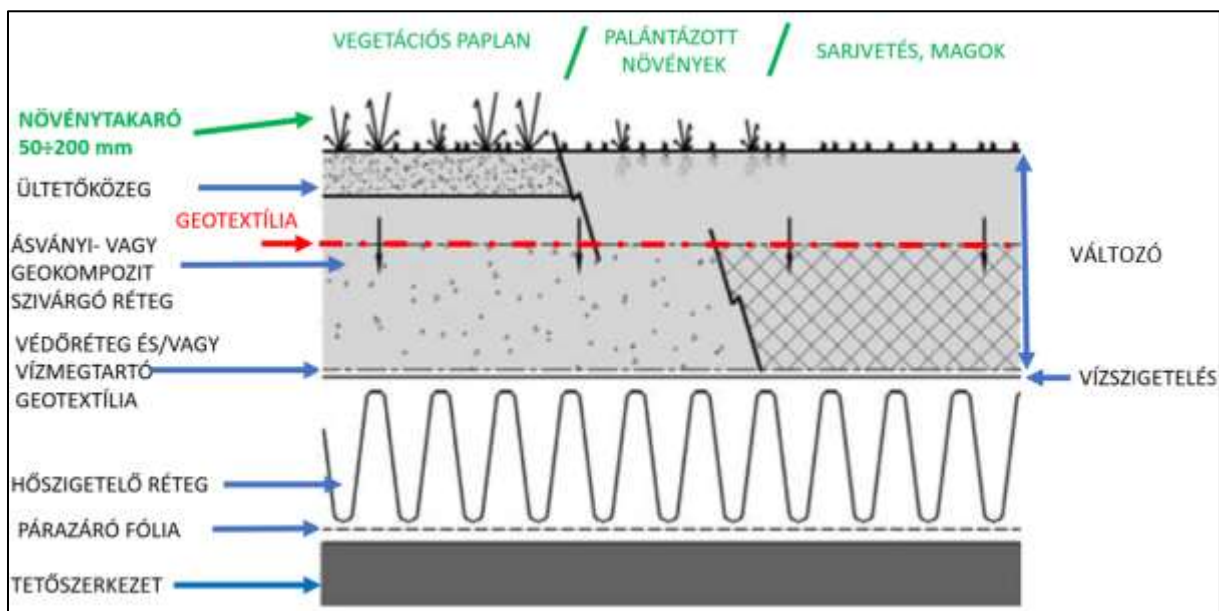
22. kép: A visszatartás alapját képező csapadékok vizsgálata

3.3. ZÖLDTETŐK

A zöldtetők többrétegű rendszere a vízvezető réteg fölött növényzetborítással/parkosított területtel/vízáteresztő parkolóval fedi az épület tetejét. Terv szerint felfogják és megtartják a csapadékot, csökkentve a lefolyás mennyiségét és a csúcs vízhozamokat.

ÁLTALÁNOS LEÍRÁS

A zöldtetők alkalmazásával csökkentjük a lefolyó csapadékvíz vízhozamát és mennyiségét, így a vízgyűjtőn lejjebb kisebb kapacitású KZI elemekre és csatornára lesz szükség. Csökkenti a túlfolyón keresztül a csatornába érkező víz hőmérsékletét. A **20. ábrán** egy tipikus zöldtető keresztmetszete látható. A tapasztalatok szerint a gyökércsapda a gyökerek elhalását okozhatja, ami a gyökérálló vízszigetelés alkalmazásával kerülhető el (**20. ábra**). A zöldtető nem csak épületek tetőin, de felszín alatti létesítmények - pl. parkolóházak - felszínközeli tetején is alkalmazhatók. Nagyobb tetőfelületen fajlagosan olcsóbban megvalósítható.



20. ábra. egy tipikus zöldtető keresztmetszete Tarr, 2002 alapján

A zöldtetőknek három fő típusát különböztetjük meg:

extenzív zöldtetők:

A teljes tetőfelületet alacsony növésű növényekkel telepítjük be, amiknek a gondozási igényük is alacsony. Csak karbantartás céljából érhetők el, és lehetnek laposak vagy lejtethetnek. Az ültetőközeg tipikusan 80 ÷ 200 mm vastag, amelybe szívós, önfenntartó-, fagy- és szárazságtűrő fajokat telepítünk. Könnyűek és költséghatékonyak, szinte bárhol alkalmazhatóak és alacsony a karbantartási igényük. Nevezik sedum tetőnek a sziklakerti pozsgásokról, ökotetőnek, biodiverz tetőnek, élőtetőnek, növényesített tetőnek is.

intenzív zöldtetők:

Hozzáférhető parkosított környezetet biztosítanak, magas szintű kényelmi előnyökkel, fákkal és konténeres fásszárúakkal. Vízfelületeket és esővíztárolást is magában foglalhat, ami az öntözést lehetővé teszi. Több karbantartást igényel és nagyobb terhet jelent a tetőszerkezet számára.

egyszerű intenzív zöldtetők

Füvesített, vagy talajtakaró növényekkel betelepített, alkalmanként hozzáférhető/látogatható tetőkeretek, inkább látványkeretek, amelyekre ablakokból rá lehet látni. Rendszeres gondozást, öntözést, tápanyagellátást és nyírást is igényel.

Ezentúl találunk példát a fentiek kombinációjára, valamint olyan „barna tetőkre”, amelyeket az ültetőközeg elterítésével befejeznek és hagyják, hogy spontán növénytakaró jöjjön rajta létre. Ezeket alternatív tetőknek is nevezik.

A két típus összehasonlító táblázata:

5. táblázat extenzív és intenzív zöldtetők összehasonlító táblázata

extenzív zöldtetők	intenzív zöldtetők
sekély ültetőközeg	mély ültetőközeg
kevés öntözés (vagy öntözésmentes)	öntözés és vízelvezetés igénye, energiaigény, anyagigény
stresszes környezet a növényzet számára	kedvezőbb körülmények a növényzet számára
alacsony faji diverzitás, kisebb ökológiai érték; önfenntartó növénytakaró; természetes hatás	nagyobb fajgazdagság; hasonlít egy természetközeli kerthez
csak karbantartás céljából elérhető	látogatható
könnyű, ezért általában nem igényel szerkezeti megerősítést	nagyobb teher a tetőszerkezetre
nagy területeken alkalmazható	a tetőhéjazat élettartamát megnöveli
1:3 lejtésig alkalmazható	energiahatékony
alacsony karbantartási igény, hosszú élettartam	a megvalósítás és a karbantartás nagyobb szakértelmet igényel
átalakítással is megvalósítható	jó hőszigetelő hatás
viszonylag olcsó	magasabb beruházási és karbantartási költség
záporvízviSSzatartás	magas záporvízviSSzatartó képesség
kisebb - esetleg nulla - esztétikai érték	rendszeres karbantartást igényel

alapvető tervezési szempontok:

- a felfogott csapadék megtartása
- a szükséges tetőlejtés legalább 1:80, legfeljebb 1:3, ami extra beépített elemek alkalmazásával kiküszöbölhető

- a tetőszerkezet statikai méretezésekor a vízzel átáztatott zöldtető rétegrend teljes tömegével is számolni kell
- hidraulikai méretezés szükséges
- többszörös túlfolyórendszer szükséges az eltömődés okozta kockázatok kizárása érdekében
- könnyű ültetőközeg és a körülményekhez alkalmazkodó növényzet
- a zöldtető rétegek tömege átázott állapotban és a meglévő szerkezet teherhordó képessége
- a karbantartással és a hőteherrel növelt teher figyelembevétele
- a vízszigetelés gyökérálló legyen
- a szélnyomás és szívóhatás figyelembevétele
- vízszivárgás megoldása
- az ültetőközeg megválasztása

helyigény

Az épület helyigényén túl nincs további helyigénye. Ezért sűrű beépítésű városi területeken is alkalmazható, ahol más megoldás számára nem tudunk helyet biztosítani. Átalakítással is könnyen megvalósítható, ha a tetőszerkezet teherbírása megengedi. Könnyű rétegrend alkalmazásával a legtöbb esetben ez nem kizáró ok.

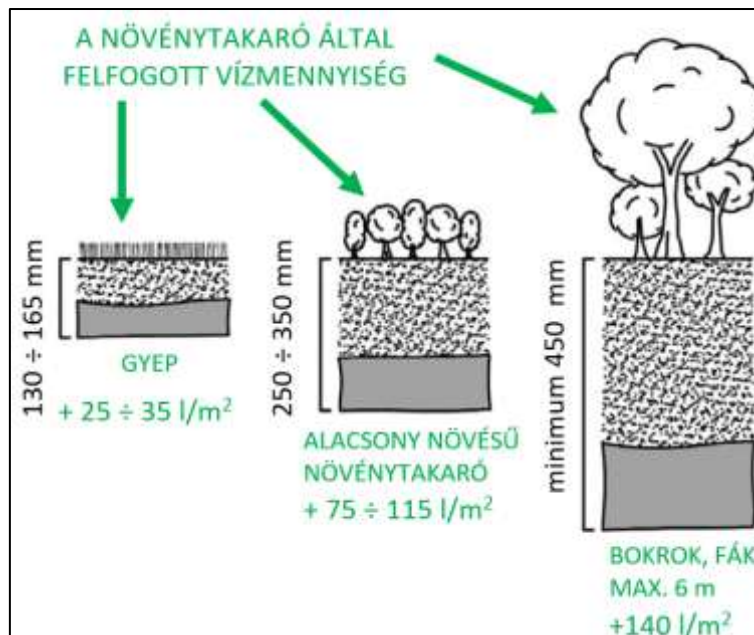
a helyszín alkalmassága, megválasztása

Leginkább nagy kiterjedésű épületek – sportcentrumok, iskolák, kereskedelmi központok, stb. – lapos, vagy enyhe lejtéssel bíró tetői az ideális helyszínek. A környezeti paraméterek – tájolás, kitettség szélnek, környező épületek árnyékhatása, épület magassága, mikroklíma, általános klíma stb. - fontosak a tervezés során. Az esztétikai hatás szempontjából a rálátás és a tetőről kínálkozó látvány is szempont lehet.

vízgazdálkodás

Bár a zöldtetők a ráhulló eső nagy részét elnyelik, extrém csapadékok esetére biztosítani kell a felesleges víz túlfolyását az épület vízelvezető rendszerén keresztül.

Az elvárt vízvizsztatartó képesség a kétévente előforduló mértékadó csapadékból származó vízmennyiségre terjed ki. A nagyobb csapadékokból származó lefolyó vízmennyiséget is csak ezzel a mennyiséggel fogja csökkenteni, ezért gondoskodni kell a túlfolyó víz levezetéséről és befogadójáról, ami jó tervezés esetében egy következő KZI elem lesz, amelynek méretezésekor ezt figyelembe kell venni. Meg kell vizsgálni, hogy a hóolvadásból származó vízmennyiség mértékadó-e. Az ültetőközeg $20 \div 45$ térfogat %-ának megfelelő vízmennyiséget tud visszatartani, a 20 az extenzív-, a 45 az intenzív tetőkre vonatkozó érték. Maximum 65 térfogat %-nak megfelelő víztérfogattal számolhatunk úgy, hogy elkerülhető legyen a vízállás. Csapadék idején a növényzet felületén is felfogunk valamennyi vizet, amit plusz visszatartott vízmennyiségként is és plusz teherként figyelembe kell venni (**21. ábra**).



21.ábra. a zöld tetőt borító növényzet felületén visszatartott vízmennyiség négyzetméterenként

fizikai paraméterek

tűzállóság

Minden tetőáttörés körül növényzetmentes szakaszt kell kialakítani tűzálló anyagokból, vonatkozó előírások szerint. A német előírások szerint, ha az ültetőközeg legalább 300 mm mély és maximum 20 % a szervesanyagtartalma, és legalább 40 méterenként egy m széles kavics vagy beton tűzmentes szakaszt alakítunk ki, akkor tűzállónak tekinthető a tető.

hőszigetelés

A zöld tető nem igényel extra hőszigetelést, inkább növeli az épületek energiahatékonyságát. A zöld tető lehet "hideg", ekkor egy levegőréteg van a tetőhéjazat és a hőszigetelés között és "meleg", ha hőszigetelés fedi a vízszigetelést.

tető hajlásszög

A jó vízszivárgórendszer fontos eleme a hosszú élettartamú és jól működő tetőnek. Nem engedhető meg a vízállás sem a tető felszínén, sem a zárttető rétegrenden belül a vízszigetelő rétegen. Ennek elkerülése érdekében 1:40 esést kell betervezni, hogy az eredmény semmiképp ne legyen kisebb az 1:80 értéknél. Helyi mélyedések sem megengedhetők, az esésnek egyenletesnek kell lenni az egész tetőfelületen.

A kivitelezési nehézségek és a fajlagos költség általában a hajlásszöggel nő. 1:10 hajlásszög fölött a gyors lefolyás megakadályozása érdekében növelni kell az ültetőközeg vízvisszatartó képességét. 1:3 hajlásszög fölött speciális tervezési elemek alkalmazásával kell a lépcsőzetes felületet kialakítani annak érdekében, hogy megakadályozzuk az ültetőközeg lecsúszását és erózióját extra megtámasztást biztosítsunk keresztlécekkel magasított rácsszerkezetet biztosítsunk az ültetőközeg helyben tartására.

a tető extra terhei

- a zöld tető miatt jelentkező extra teher $0,7 \div 5$ kN/m között mozog; fásított intenzív tetők esetében ez 10 kN/m is lehet
- a szél emelő hatása a zöld tetőket is érinti, de nem jobban, mint a hagyományos tetőket. Ez a hatás a tetők sarkain a legnagyobb, ezért itt növényzetmentes szakaszokat kell kialakítani járólappal
- a fák stabilizálására is szükség lehet – pl. kihorgonyzással, szélárnyékolással
- a magas épületek tetején mértékadó szél szikkasztó hatása nagyobb vízvesztést és ehhez köthető növényzetkárosodást, hosszútávon akár a növényzet pusztulását okozhatja; ezt a kockázati tényezőt szélgátló elemekkel, pl. parapet falakkal csökkenthetjük

vízszigetelés

A Jó minőségű, masszív vízszigetelőréteg alapvető része a rendszernek. A két fő membrántípus:

- Aszfaltgumi diszperziós keverék, amelyet forró folyadékként közvetlenül a tetőre visznek fel.
- Egyrétegű, hőre lágyuló műanyag lemezmembránok általában egy párazáró és egy szigetelőréteg fölé helyezve, a szél felemelő hatása ellen a szerkezethez horgonyozva.

A membránok ellenállóak kell legyenek a gyökérzetnek, a mechanikus hatásoknak és a hőmérsékleti ingadozásoknak. A minőségbiztosításra nagy hangsúlyt kell helyezni, mert a beépítés után már nehéz javítani. Ezért előzetes árasztásos tesztnek kell alávetni, mielőtt a következő rétegeket fölé építik.

a vízszivárgó réteg

A vízszivárgó réteg a vízszigetelés fölött és a zöldtető alatt helyezkedik el. Az ültetőközeget átlegezteti, szárazság idejére vizet tárol, csapadékos időben a fölösleges vizet elvezeti. Csatlakozik a hagyományos vízvezető rendszerhez. Anyaga jellemzően megfelelő vízvezető képességgel rendelkező könnyű geokompozitok, vagy geocelluláris termékek. A vízvezető képesség biztosítja a vízállások elkerülését a tetőszerkezeten. A vízvezető képesség a réteg vastagságán kívül a hidraulikus gradiens (= tetőlejtés) és a szivárgó rétegre ható nyomás függvénye (zöld tetőn kb. 20 kPa). A konkrét tervezési adatok alapján megválasztható a megfelelő paraméterekkel rendelkező membrán. A tetőáttörések környékén, a karbantartás számára kialakított útvonalakon és a tető széleinél minimum 40 cm szélességben hagyományos ásványi szűrőréteg javasolt.

geotextília szűrőréteg

Elválasztja az ültetőközeget az alatta elhelyezkedő vízszivárgó rétegtől, ezzel elkerüljük az eltömődés kockázatát. A víz ellenállásmentesen átszivárog rajta, a felső felületén nem alakulhat ki vízállás. A lefektetése előtt meg kell jelölni a túlfolyó levezetőcső helyét, hogy később pontosan ki lehessen vágni a nyílást a védőrétegen. A tetőszéleken és egyéb, hasonlóképpen nagyobb igénybevételnek kitett helyeken extra erősítőréteg javasolt.

talaj/ültetőközeg

Kis sűrűségű-, jó vízmegtartó képességű talajokra, illetve szerves és ásványi anyag keverékekre (pl. zúzott habkő és agyaggranulátum keveréke) van szükség. A normál talajok nehezek és ezen túl a közegnek biztosítani kell a levegőt, a nedvességet, a tápanyagot a növényzet számára. Cél, hogy minél vékonyabb legyen, amit csak a telepített növényzet megenged, bár a vastagabb réteg javítja a széllal szembeni stabilitást, csökkenti a fagykár kockázatát és a szél okozta kiszáradást. Jellemzően a 100 ÷250 mm megengedett, a különböző növényzethez javasolt rétegvastagságok a vonatkozó szakirodalomban – és itt egy kivonatszerű ábrán (**23. ábra**) megtalálhatók. Az ültetőközeggel szemben támasztott elvárások:

- vízáteresztő képesség: min. 60mm/perc
- víz megtartó képesség: min. 20 %
- levegő megtartó képesség: min. 10 %
- nem rothadhat, nem forrósodhat fel, nem fagyhat meg, nem zsugorodhat
- kezdeti tápanyagtartalma legfeljebb 80 N; 200 P; 700 K; 160 Mg mg/l-ben
- jó ültetőközeg legyen

víztározás, öntözés

A zöldtetők meg kell tudják tartani a vizet és nem száradhatnak ki hamar. Ha az ültetőközeggel ez nem biztosítható, kiegészítő tartályt, tározótérfogatot kell biztosítani, vagy az öntözést meg kell oldani. Ez utóbbi nem javasolt a költségigénye miatt. Ha mégis öntözésre kerül sor, a vízszivárgó felszínén érdemes közvetlenül az ültetőközeg alsó rétegébe irányítani a mikroöntözést, ezáltal a gyökerek növekedését a legmélyebb szinten ösztönözzük, ahol a nedvesség-és hőmérsékletviszonyok a legkiegyenlítettebbek, egy viszonylag száraz felszínt tartunk fent, ami gátolja a gyomosodást és minimális szinten tartja a párolgási veszteséget. A kék-zöld tetők a rendes zöld tető rétegrend alatt egy víztározó réteget is magukban foglalnak, ami megoldja a vízellátás és az extra vízhozam visszatartásának kérdését is, de nyilván extra terhet is jelent a statikai méretezés során.

hozzáférés

A látogathatóság extenzív tetőknél a karbantartásra korlátozódik, tetőkertek esetében a hozzáférés biztosításához lépcsők, korlátok, járható felületek, világítás biztosítása szükséges a vonatkozó előírások szerint.

alapvető fenntartási igény:

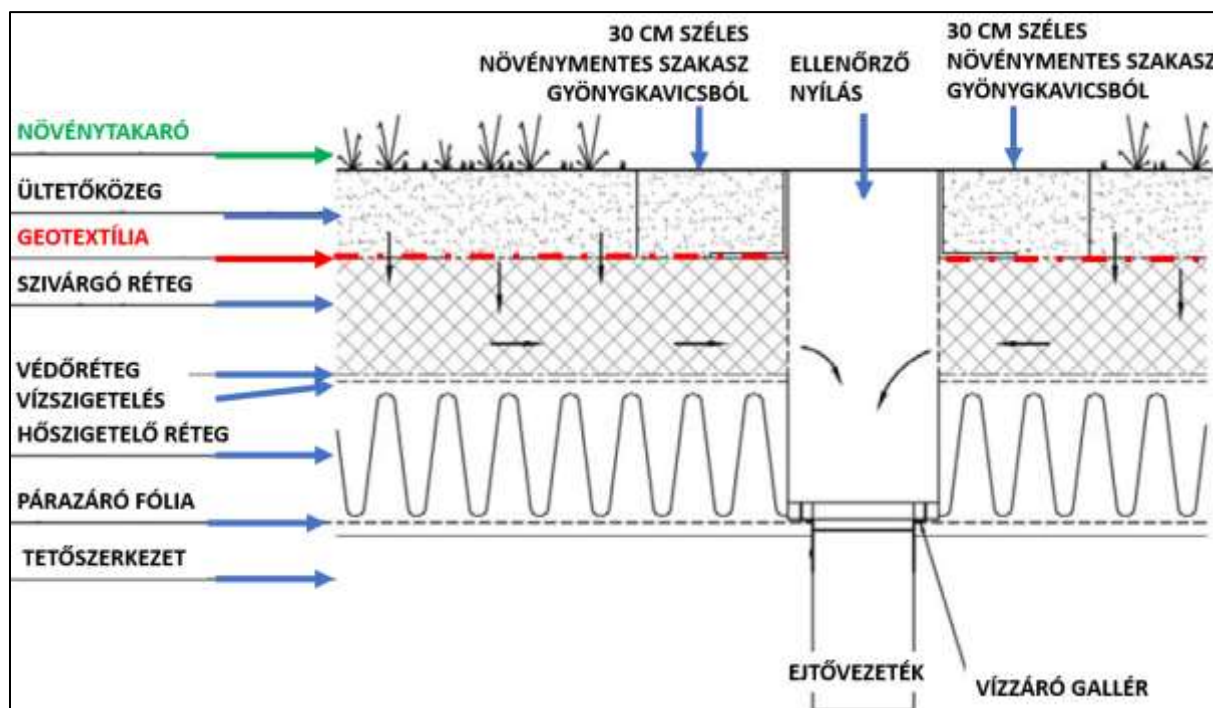
- a növényzet telepítéskor öntözés szükséges
 - növénytakaró állapotának figyelemmel kísérése, szükség esetén a növényzet pótlása
- hulladék eltávolítása

vízelveztetés

Többszörös vízkiveztési lehetőségre van szükség, hogy a pangás és az eltömődés elkerülése és kezelése érdekében. Hozzáférhetőséget kell mindegyikhez biztosítani a rendszeres tisztítás

és az eltömődés kezelhetősége érdekében. A túlfolyók az épület esővízlevezető rendszerébe vezetik a fölösleges vizet a szivárgók és a zöldtető felszínéről egyaránt (**22. ábra**).

Az ábrán is látszik, hogy az ültetőközeg és a túlfolyó ejtőcsőve egymástól különválasztva kerül beépítésre.



22. ábra. A tetőösszefolyók túlfolyók, amik az épület esővízlevezető rendszerébe vezetik a fölösleges vizet a szivárgók és a zöldtető felszínéről (Wilson et al, 2004)

telepített növényzet

A növények a tetőtéri mikroklímát nehezen élik túl, ezért egy tájépítész, vagy hozzá hasonló szakismerettel rendelkező szakember tanácsát ki kell kérni.

A növényzetnek csapadékos, forró és száraz időszakok váltakozásával kell megküzdenie, továbbá az erős széllel és az alacsony téli hőmérséklettel is, amelyet a talajban tárolt környezeti hő ebben az esetben nem enyhít. A növényzet megválasztását befolyásolja a tájolás, az ültetőközeg vastagsága, összetétele, a környezeti tényezők, de mindig előnyös a fajgazdagság növelése, ami a rendszer stabilitását és esztétikai értékét egyaránt növeli. A kiválasztott növényzetnek ezért az alábbi tulajdonságokkal kell rendelkeznie:

- évelő
- szárazságtűrő, a telepítést követően nem igényel öntözést
- szereti a jó vízvezető talajokat
- gyorsan terjeszkedik
- önfenntartó, nem igényel tápoldatot, növényvédőszert, gyomirtózást
- tűri a meleget, hideget, erős szelet
- tűri a gyenge, enyhén savas talajközeget
- kevés gondozást - nyírást, metszést -igényel

- tűzálló

Mindezeknek az **23.ábrán** felsorolt növénycsoportok felelnek meg, de mindenképpen szakember bevonása javasolt. Az alábbi linken a javasolt fajok listája letölthető



23.ábra zöldtetőre javasolt növények az ültetőközeg szükséges vastagságával

A növénytelepítés főbb módszerei

- magvetés - gyomlálást, erózióvédelem melletti öntözést igényel telepítéskor
- hajtásszórás, öntözés gyökeresedésig
- tálcás vagy cserepes előnevelt növények telepítése - gyomlálást, öntözést igényel telepítéskor
- vegetációs paplan fektetése – azonnali erózióvédelmet biztosít; a gyomosodás nem okoz gondot; kevesebb öntözést igényel telepítéskor

3.4. ESŐVÍZBETAKARÍTÁS

leírás

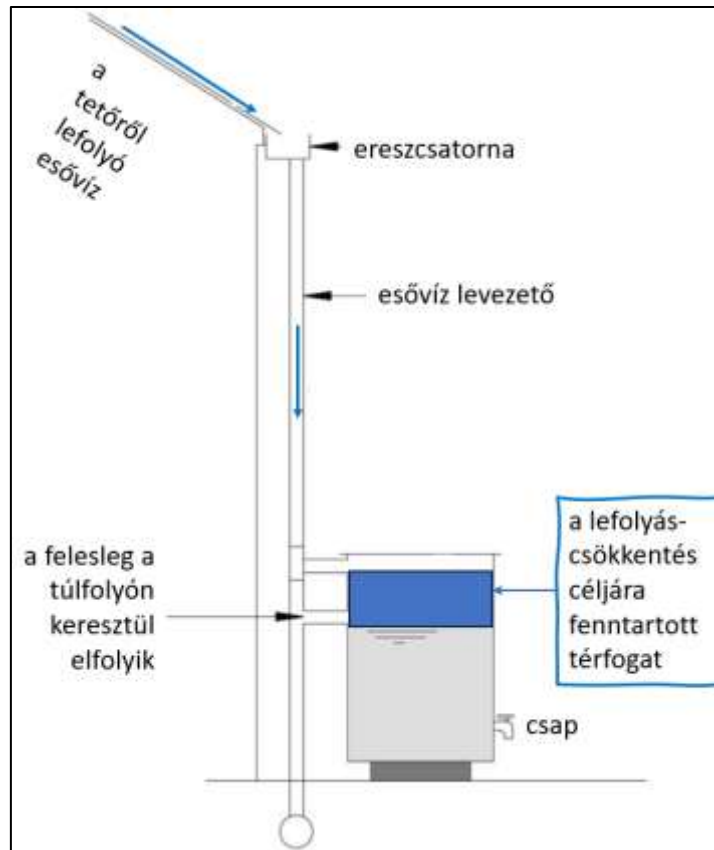
Célja a tetőkről és egyéb szilárd felületekről lefolyó víz tárolása későbbi felhasználás céljára. Megfelelő tervezéssel a felszíni csapadéklefolyás hozamát és mennyiségét is csökkenti. A hasznosítás lehet direkt és indirekt. A direkt hasznosítás a helyben tárolt csapadékvízből történí, az indirekt hasznosítás a felszín alá beszivároztatott víz mennyiségével növeli a felszín alatti vízkészletet, amelyből később szerint felszínre hozható a szükséges mennyiség. A szakmai anyagok többsége csak a direkt hasznosítást tekinti esővízbetakarításnak, így itt is ezt ismertetjük. Ezen belül két fő változat ismert:

- a) A kertben/udvarban történő hasznosításhoz elegendő egy egyszerű hordó felállítása, amelyben felfogjuk és tároljuk a záporvizet. Megfelelő tervezéssel a felszíni csapadéklefolyás hozamát és mennyiségét is csökkenti.
- b) Az épületben történő hasznosításhoz összetettebb rendszert kell létesíteni.

a) A kertben/udvarban történő hasznosítás

A kertben/udvarban történő hasznosításhoz elegendő egy egyszerű hordó felállítása, amelyben felfogjuk és tároljuk a záporvizet. Megfelelő tervezéssel a felszíni csapadéklefolyás hozamát és mennyiségét is csökkenti (**24. ábra**). Sokféle termék elérhető amelyek lehetővé teszik az ereszcsonna lefolyó vizének szűrővel egybekötött elterelését és zárt gyűjtőbe vezetését (**23.,24.kép**)

- nem biztosít víztisztítást
- jól záró tetővel rendelkező edényt alkalmazzunk a rovarok elszaporodása és a madarak hozzáférés ellen
- emelvényre állítva edény feltöltését is lehetővé teszi és egyéb módon is kényelmesebbé teszi a vízkivételt
- az ereszcsonna ejtővezetékéből vezetjük ki a vizet/ a víz egy részét a hordóba (**24.ábra, 25.kép**)
- túlfolyó víz biztonságos elvezetését meg kell oldani, a hogy az épületet ne áztassa a megtelt hordóból kifolyó víz
- több hordó sorba kapcsolva is alkalmas
- kevésbé tud hozzájárulni a záporvízviisszatartáshoz, mert általában kisebb tartályok, kb. 0,5 m³ térfogattal (**24.ábra**)
- ha mégis záporvízviisszatartásra is tervezzük, akkor az alábbi ábra elvét kell betartani



24.ábra egyszerű hordós esővízgyűjtéssel is csökkenthetjük a lefolyás mértékét

a) Az épületben történő hasznosítás

Az épületben történő hasznosításhoz összetettebb rendszert kell létesíteni.

főbb tervezési szempontok

- a tervezést meghatározzák az igények, a vízgyűjtő felület nagysága, a lefolyásszabályozással összefüggő elvárások és a szezonális csapadékjellemzők
- az első lefolyó hullámot legtöbbször nem vezetjük a tartályba

főbb karbantartási igények

a gyűjtőrendszer, a szűrők, szelepek, tolózárak, szivattyú megfigyelése, tisztán tartása

általános leírás

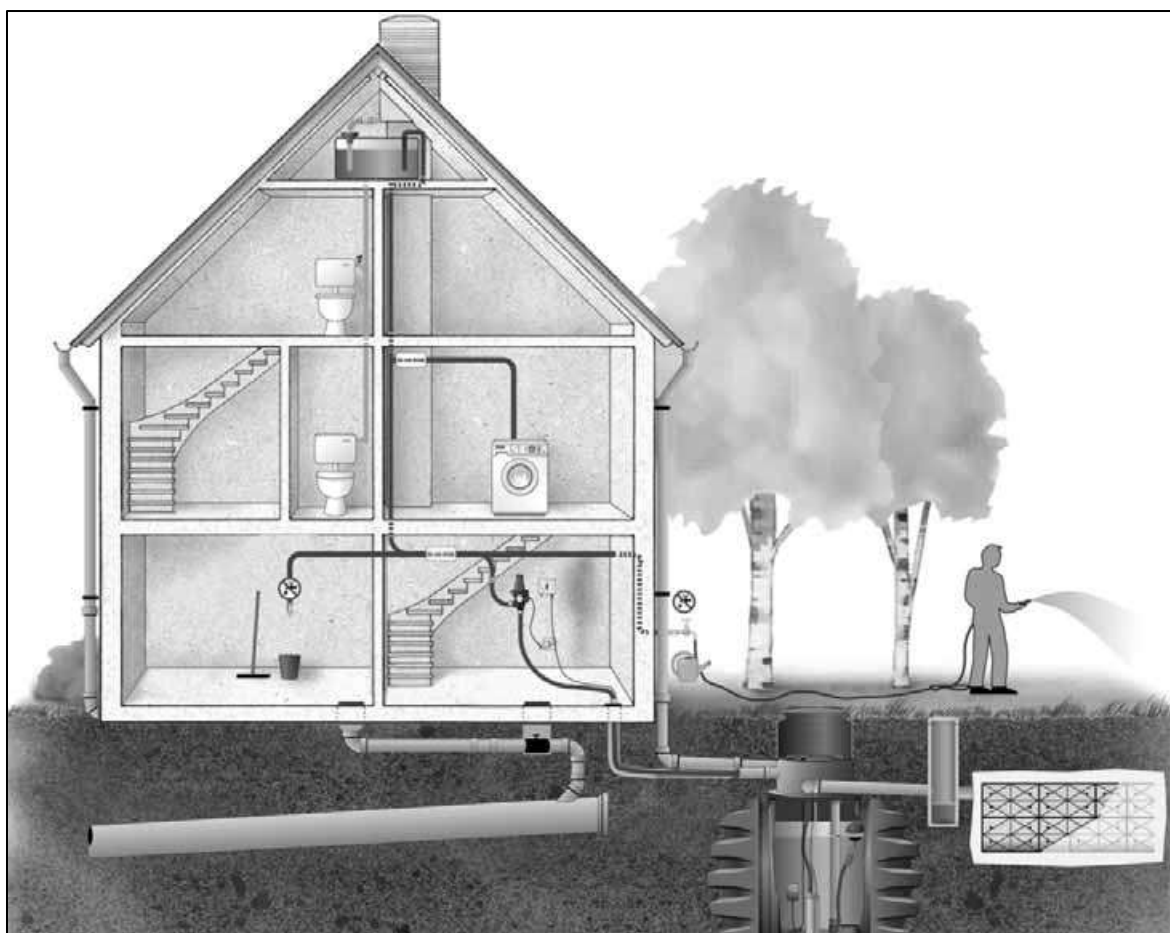
A tetőkről és egyéb szilárd felületekről pl. parkolókról lefolyó víz tárolható, majd felhasználható az ingatlanon és körülötte. Potenciálisan több nem ivóvíz-célú felhasználási lehetőség ismert – pl. WC-öblítés, mosógépek vízigénye (ami még adaptálást igényel), öntözés. Lehetséges lenne az ivóvízelőállítás is, de ez magas szintű tisztítást feltételez. Jellemzően off-line tárolókban (ciszternában) gyűjtjük a vizet és a felhasználásra szánt vízmennyiség, valamint a lefolyásszabályozással összefüggő elvárásoknak megfelelő visszatartott vízmennyiség együttes térfogatára méretezzük a tartályt. Az esővízbetakarítás tervezésekor először adott helyszínen az alábbi **táblázatban** foglalt működési elvek közül

választhatunk. Az egyes rendszereknek megvannak a maguk előnyei és hátrányai az üzembiztonság, vízhatékonyság, energiahatékonyság, zaj, üzemeltetés egyszerűsége, helyigény, nyomásigény tekintetében.

5. táblázat Esővízbetakarító rendszerek és működésük

A RENDSZER TÍPUSA	A RENDSZER LEÍRÁSA
direkt rendszer	A tetőről lefolyó víz egy durvaszűrőn át folyik a felszín alatti tároló tartályba (ciszternába). Innen egy merülő szivattyú juttatja közvetlenül az épületen belül és -kívül lévő felhasználási helyeken beépített berendezésekhez. A szintvezérléssel ellátott tartalék rendszer az ivóvízvezetékéből automatikusan vizet szállít a kiürült tartályba, amikor nincs utánpótlás esővízből nyári szárazság, vagy téli fagyos időszakban.
gravitációs rendszer	A tetőről lefolyó víz egy durvaszűrőn át folyik a tető alatt elhelyezett tároló tartályba, (ciszternába), ahonnan gravitációsan jut a víz a felhasználási helyeken beépített berendezésekhez. A szintvezérléssel ellátott tartály az ivóvízvezetékéből automatikusan vizet szállít a kiürült magastárolóba, amikor nincs pótlás esővízből.
félgravitációs rendszer	A tetőről lefolyó víz egy durvaszűrőn át folyik a felszín alatti tároló tartályba, (ciszternába), ahonnan egy merülőszivattyú egy magasabb helyen elhelyezett tárolóba nyomja fel a vizet. Innen gravitációsan jut a víz a felhasználási helyeken beépített berendezésekhez. A szintvezérléssel ellátott tartalék rendszer az ivóvízvezetékéből automatikusan vizet szállít a kiürült magastárolóba, amikor nincs pótlás esővízből. 25.ábra.
központi rendszer	A tetőről lefolyó víz egy durvaszűrőn át folyik a felszín alatti tároló tartályba (ciszternába). A szivattyú az épületben található. Amikor vízre van szükség, a szivattyú a felszín alatti tartályból egyenesen a vízvételi helyre szállítja a vizet. Amikor nincs utánpótlás esővízből, az ivóvízvezetékéből közvetlenül a szivattyú szívóágába juttatja a vizet a tartalék rendszer. A szivattyú és a hálózati tartalék rendszer legtöbbször egy egységes rendszer.

5.táblázat Esővízbetakarító rendszerek és működésük



25.ábra: Egy félgravitációs esővízbetakarító rendszer elvi sémája

a megfelelő esővízbetakarító rendszer kiválasztása és elhelyezése

Az esővízgyűjtő rendszerek kiválasztása és elhelyezése függ a helyi körülményektől és a begyűjtött esővíz tervezett felhasználásától. Az öntözéshez használt víz bármilyen felületről betakarítható, ha a lefolyó víz minősége megfelel a minimális vízminőségi követelményeknek. Ha az esővizet épületekben használják fel például a WC öblítésre, mosásra vagy hűtőrendszerekbe, akkor viszonylag jó minőségűnek kell lennie, amihez a vízgyűjtő felületeknek viszonylag hulladék- és pormentesnek kell lenniük.

hidraulikai és vízminőségi tervezési szempontok

A víztartály mérete az alábbiaktól függ:

- vízgyűjtő terület/felület
- a csapadék szezonális eloszlása és mértéke
- a vízigény időbeni eloszlása és mértéke
- a víz tartózkodási ideje a tartályban
- költség

A lefolyásszabályozás keretében általában 2 m^3 tározókapacitással kell számolni egy családi ház esetében és ehhez adódik hozzá a vízigényből adódó térfogatigény. Csapadékadatsorra támaszkodó pontos számítás alapján a 2 m^3 módosulhat. Az ezt meghaladó intenzitású

csapadékok esetére a túlfolyó víz elvezetéséről gondoskodni kell. A túlfolyó víz elszikkasztható az ingatlanon belül, vagy csatornába vezethető.

Biztosítani kell, hogy a 2 m³ víz a begyűjtést követően felhasználásra kerül, vagyis a tározókapacitás az újabb zápor idején rendelkezésre áll. Figyelembe kell venni, hogy nem csak a felhasználó igényét szolgálja a berendezés, hanem a csatornarendszer kapacitását is kiegészíti. Amennyiben nem biztos a felhasználás, a túlfolyó vizet helyben történő szikkasztással kell elhelyezni (**26. ábra**).



26. ábra

Adott felületről egy évben összegyűjthető esővíz mennyiségét az alábbiak szerint számíthatjuk:

éves betakarítható esővíz mennyisége [l] =
 = éves átlagos csapadékmagasság [mm] * vízgyűjtő tetőfelület [m²] * lefolyási tényező [-]
 *szűrő hatásfoka [-], ahol

- az éves átlagos csapadékmagasság [mm] meteorológiai adat
- a vízgyűjtő tetőfelület [m²] az esővíz betakarításban szerepet kapó tetőfelület vízszintes vetülete
- a lefolyási tényező [-] azt fejezi ki, hogy a tetőre hulló eső hányad része jut el a tartályig; kis intenzitású, rövid eső csak megnedvesíti a tetőt és nem keletkezik lefolyás; az intenzívebb, nem csak nedvesítő hatású esőkből hasznosítható hányad a tető felületétől függ az alábbiak szerint:

➤ sátoztető cserépfedéssel	0,8
➤ lapostető	0,5
➤ kavicsborítással ellátott lapostető	0,4
➤ extenzív zöldtető	0,3
➤ intenzív zöldtető	0,2
- a szűrő hatásfoka általában 0,9, ami azt jelenti, hogy a víznek kb. 10 %-át visszatartja a szűrő

Az így kapott vízmennyiséget összehasonlítva az éves vízigénnyel a megtakarított ivóvízmennyiség számítható. Általános ún. ökölszabály szerint a fentiek szerint meghatározott betakarítható esővíz mennyiség, illetve az éves vízigény esővízből közül az alacsonyabb érték 5%-ára kell méretezni a ciszternát.

Ebben még nem vettük figyelembe a csapadék és a vízigény időbeni változásait, ami meghatározó tényező a tényleges megtakarításban. Pontosabb számításhoz nem csak a csapadékidősort, de a fogyasztás idősorát is számításba kell venni. és a szokásos tározótérfogat meghatározással lehet pontosabban meghatározni a szükséges és elégséges térfogatot.

a víztisztítás

Zöldtető nem lehet vízgyűjtő felület.

Gépjárművek által használt burkolt felületről csak öntözés céljára gyűjthető esővíz.

A vízminőség kérdéséhez kapcsolódik, hogy a tartályt/ciszternát lehetőség szerint a felszín alatt kell elhelyezni az alábbiak miatt:

- az eltemetett tartályban hűvös marad a víz és nem fognak megjelenni a veszélyes baktériumok
- a hűvösebb víz megtartja az oxigént, ami támogatja a hasznos aerob baktériumok megjelenését
- a napfénymentes környezetben nem kell algásodásra számítani

Ha felszínen, vagy pincében helyezzük el a tartályt, a fentiek miatt gondoskodni kell a hűtésről és a fény kizárásáról.

A víztisztítás a következő négy lényeges lépést tartalmazza:

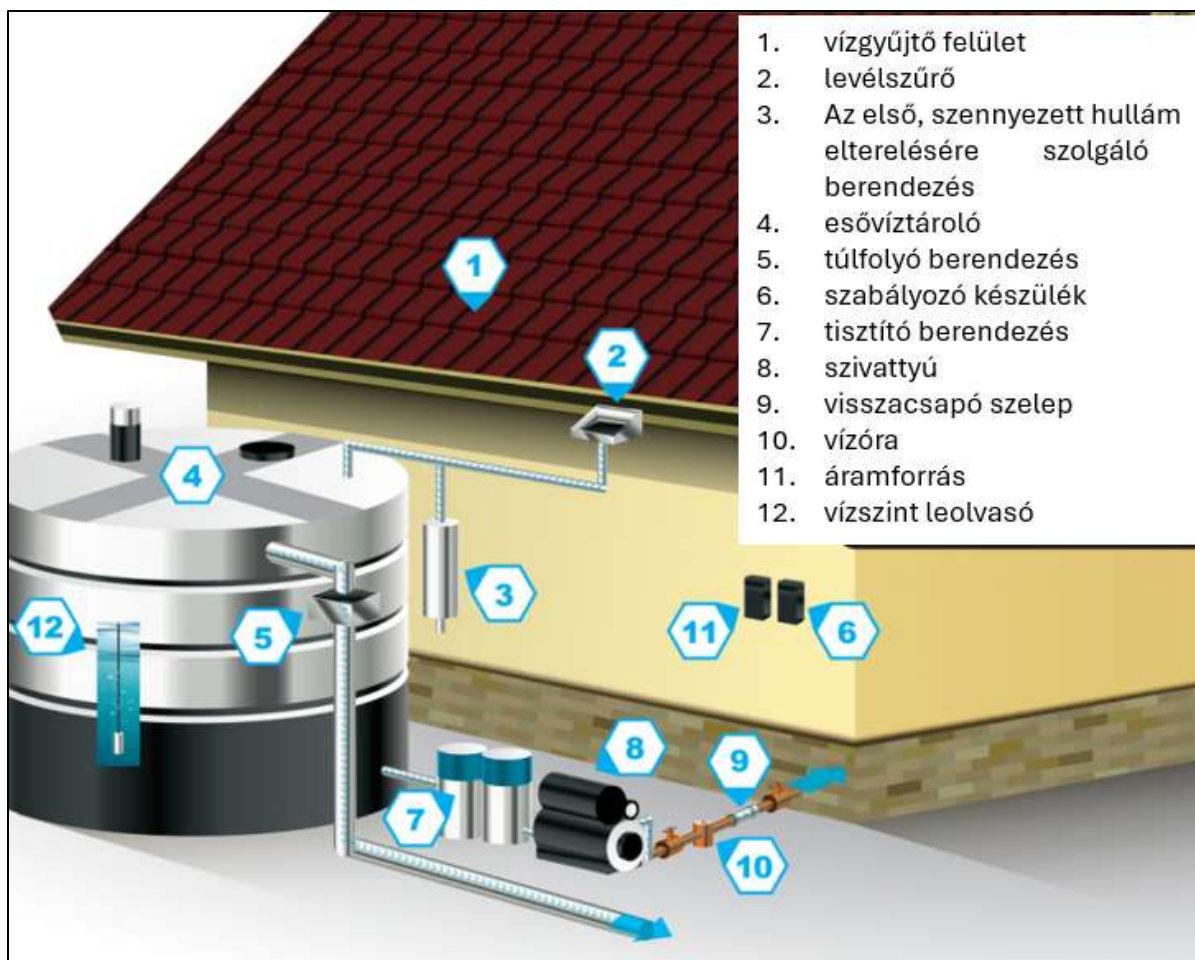
Az előtisztítás célja a szemét, falevelek, homok, kavics, moha, talaj eltávolítása szűréssel. A rendszeres ürítés/tisztítás igényét mellőző megoldások csökkentik az üzemeltetési költséget és a berendezések elhasználódását (**27.,29.ábra, 26.,27. kép**).

A felszín alatti tartályból/ciszternából történő vízkivétel során alkalmazott finomabb szűrés megoldható felszínen úszó szűrővel, beépíthető szűrőbetétes szűrőkkel, lassú homokszűrőkkel, gyors homokszűrőkkel.

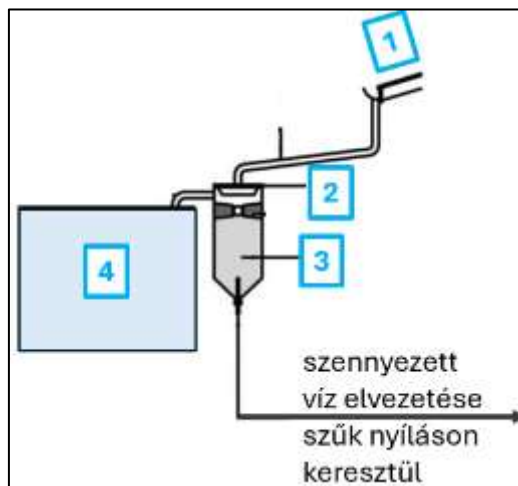
A biológiai tisztítás során a természetben is előforduló baktériumok lebontják/felveszik az oldott szennyezőket, pl. szénhidrogéneket, szerves anyagokat, foszfátokat, nitrátokat és ammóniát. Ehhez kell egy közeg, amelyben ezeket a baktériumokat betelepítjük – pl. a vízáteresztő burkolat alatti kavicsrétegbe, gyökérzónás rendszerbe, membránba.

A csírátlanításra is szükség lehet, ami fizikai vagy kémiai módszerrel is megoldható. WC-öblítéshez használt esővizet nem kell csírátlanítani.

Fizikai megvalósítás rendszerelemek



27. ábra az esővízbetakarítás rendszer elemei



28. ábra az első lefolyó hullám elterelése csökkenti a tisztítóberendezés terhelését

az esővízbetakarítás általában az alábbi rendszerelemeket tartalmazza (**27. ábra**):

rendszerelem	leírás
tető	az eső keletkezés helye, vízgyűjtő felület
első hullám eltérítése	az első lefolyó hullámot legtöbbször nem vezetjük a tartályba, hanem megfogjuk egy berendezéssel (27.,28. ábra)
összegyűjtő csőhálózat	a tetőfelületről/ más szilárd burkolatú felszíni vízgyűjtő területről az esővíztartályig/ciszternaig szállítja a vizet
esővíztartály/ciszterna	felhasználásig ebben tároljuk az esővizet; egy bizonyos szint elérésekor egy túlfolyón keresztül távozik
fölösleges víz elvezetése	a fölösleges víz a felszínen úszó szeméttel együtt az esőkert-, vagy valamilyen egyéb beszivárogtató megoldás-, vagy a közcsatorna felé
víz tisztítás	a felhasználás célja határozza meg, akár ivóvíz is előállítható
szivattyú	az esővízbetakarítás legtöbbször felszíni- vagy felszín alatti cisztárával működő rendszer, ekkor szükség van szivattyúra, ami az épületbe, azon belül a vízhasználati helyekre emeli a vizet
visszacsapó szelep	a szivattyú után építjük be
szabályozó rendszer	mechanikus, vagy automatikus szabályozó rendszer

beépített anyagok

A legtöbb esővíztartály/ciszterna műanyagból készül, de lehet beton, vasbeton, téгла, vagy acél, ha a víz és a fertőtlenítőszer korróziós hatása elleni védelem biztosított. A tározótér nem feltétlenül egy hagyományos tározó tartály, hanem lehet a vízáteresztő burkolat alatti útalap - zúzottkő, zúzott beton, salak, zúzott pala - hézagterfogata által biztosított tér, vagy szikkasztó blokk HDPE fóliába csomagolva. A talajvíz nem juthat be a tározótérbe. A felszín alatti tározók statikai méretezésekor a földnyomást, talajvíz nyomást, a takarás egyéb extra terhekkel növelt súlyát, valamint a felúszás lehetőségét figyelembe kell venni. A tartályokba történő bejutást jól záródó nyitható tetővel el kell látni a karbantartás és tisztítás érdekében lehetővé kell tenni.

bevezetés, előtisztítás

Durva szűrővel távolítjuk el a tetőről lefolyó vízbe esteleg bejutó darabos szennyezőst- pl. falevél. Ez a szűrő a tető és a tartály között bárhol beépíthető és ennek megfelelően többféle megoldás ismert (**29.ábra**). Ezek hiányában az esővíz lefolyó csövön tisztítónyílást kell biztosítani (**29. kép**)



29.ábra a tető és a tároló között elhelyezett levélfogó (durva szűrők)

Ezek az egyszerű mechanikus eszközök gyakran fémhálóval készülnek. Ha lombhullató fa nyúlik a tető fölé, az egész ereszcsatornát érdemes ilyen hálóval lefedni. Az első lefolyó hullámot – minimum 40 l/100 tető m² - legtöbbször nem vezetjük a tartályba, hanem eltereljük és felfogjuk egy alkalmas berendezéssel (**27., 28. ábra**). Ebben már olyan szennyeződések is visszatartunk, amik a durva szűrőn átjuthattak.

KÉPEK:





23., 24. kép: esővízgyűjtés az udvarban/kertben történő újrahasznosítás céljából; a lefolyó víz szűréssel egybekötött elterelésére sok megbízható termék van forgalomban



25. kép Ereszcsatorna kifolyó, vízlopó



26. kép Szűrőkosár



27. kép Az ereszcsatorna és a lefolyócső csatlakozási nyílás, falevelek okozta elzáródását megakadályozó kiegészítő elem.



28. kép: tisztítónyílás alkalmazása az esővíz lefolyócsövön

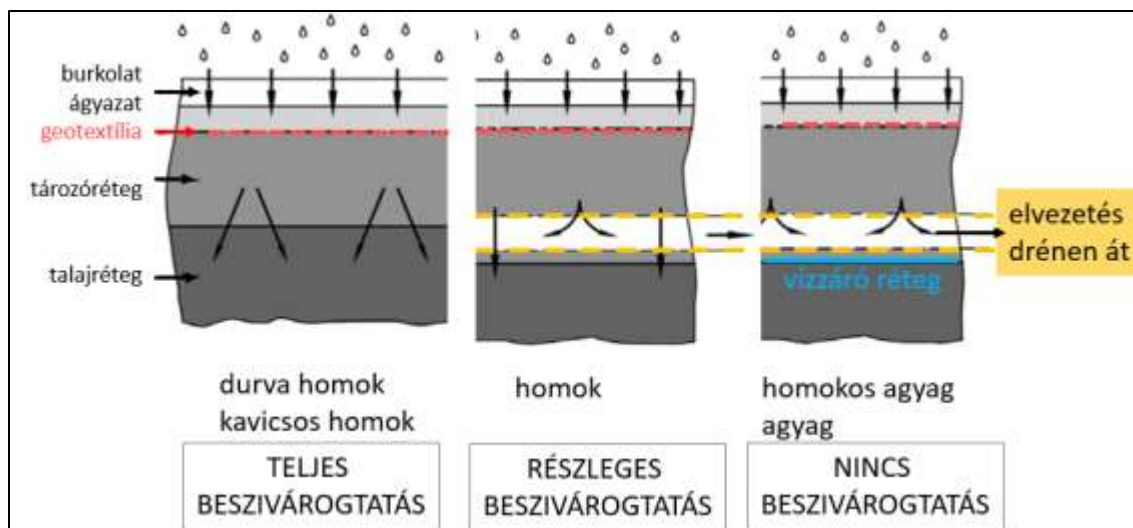
3.5.VÍZÁTERESZTŐ SZILÁRD BURKOLATOK

leírás

A vízáteresztő burkolat lehetővé teszi a ráhulló csapadékvíz viszonylag nagy sebességgel történő beszivárgását. A beszivárgott víz a burkolat alatti nagy hézagterefogatú zúzottkő tározórétegbe jut és átmenetileg ott tartózkodik, amíg az alsóbb rétegekbe szivárog, vagy hasznosításra elvezetik drén-rendszeren keresztül, vagy elvezetik befogadóba, vagy másik, lejjebb elhelyezett KZI elembe. A záporvíz visszatartás és a talajba történő beszivárogtatás az elsődleges funkciója, de oldott szennyezők koncentrációját is hatékonyan csökkenti. A szilárd szennyezőktől védeni kell, ezért erózióveszélyes területek alatt, vagy szennyezőforrások alatt nem alkalmazhatjuk. Parkolóknál, kis forgalmú utakon a hagyományos aszfaltburkolat jó helyettesítője. Leghatékonyabb vízszintes, vagy minimális esésű terepen alkalmazva. Ahol kevés a magasabban fekvő területről hozzáfolyó víz, jelentéktelen a terepesés, jó a talaj vízáteresztő képessége és nincsenek kizáró tényezők – magas talajvízszint és szennyezésre érzékeny felszín alatti vízkészlet -, ott hatékony KZI megoldást jelent. Megfelelő méretezéssel kívülről ráfolyó víz befogadására is alkalmas.

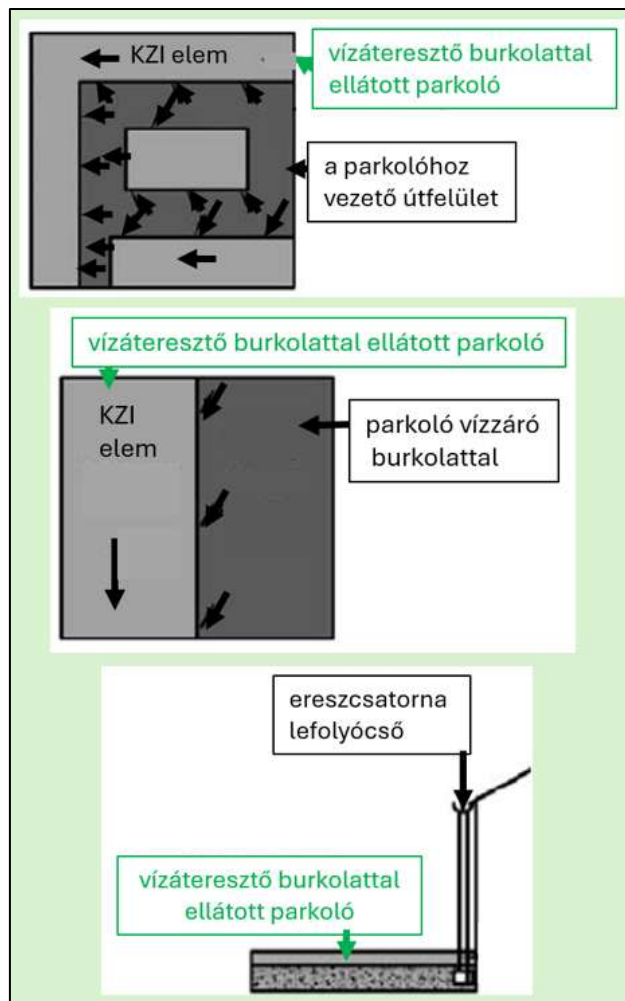
legfőbb tervezési kritériumok:

- Az ágyazat és rajta a burkolat statikai méretezést igényel a várható terhelés
- figyelembevételével. Georácsokkal lehet növelni a burkolat teherbíró képességét és rugalmasságát, valamint a burkolat szélének szegélyelemekkel történő megtámasztása is hatékonyan növeli a teherbíró képességet.
- A tározó réteg alja és a mértékadó talajvízszint között minimum 120 cm távolságot kell tartani.
- Lejtős terepen épület fölött legalább 30, alatta legalább 3 méter távolságot kell tartani az épület alapjától.
- Ivóvízkúttól 30 m távolságot kell tartani.
- A vízelvezető kapacitás adott tározókapacitás mellett annál hatékonyabb, minél kisebb a burkolat esése.
- Porózus betonburkolatot 0,2/0,4 víz/cement tényezővel és legalább 15 % pórustérfogattal kell készíteni.
- Az altalaj vízáteresztő képessége legalább 12 mm/h legyen és 2-es biztonsági szorzóval kell figyelembe venni méretezéskor. Lassabb vízáteresztés drénezést tesz szükségessé (**30. ábra**). Ekkor csak szűrés történik, beszivárogtatás elmarad.



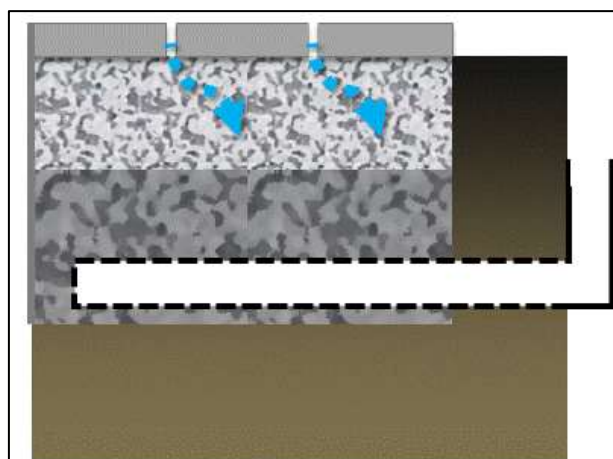
30.ábra : vízáteresztő burkolat beszivárogatással és drénezéssel

- A vízáteresztő burkolatok vízáteresztő képessége meghaladja a mértékadó csapadékintenzitást, ezért a vízáteresztő burkolatra mint KZI elemre vezethetünk ráfolyó vizet, lehetőség szerint tiszta felületről (**31. ábra**). A tározókapacitást a burkolatra hulló és a kívülről lefolyó első 12 mm csapadék befogadására kell méretezni, az azon felül érkező víz túlfolyón, vagy drénen keresztül elvezetésre kerül (**30. ábra**) . A tározó rétegben a tartózkodási idő legalább 12, legfeljebb 72 óra.



31.ábra: vízáteresztő burkolatra kívülről rávezetett esővíz

- A tározókapacitás maximális kihasználását az elvezetés szintjének megfelelő beállítása biztosíthatja (32.ábra).



32.ábra: a tározóréteg hatékony üzemeltetése drénázás mellett

- Ha a kívülről érkező lefolyás vízgyűjtőjének tiszta a felülete -pl. tető, járda – a területe akár a négyszerese is lehet a vízáteresztő burkolaténak.

- A kívülről érkező ráfolyó víz minőségét előre ismerni kell, a szennyezőanyagterhelést megelőzéssel - a ráfolyás vízgyűjtője sűrű növényzettel borított - minimalizálni kell és mindenképp kell előülepítést biztosítani, ami lehet homokszűrő, füves szűrősáv, ülepítő berendezés, olajfogó.
- A tározóréteg vastagsága 20÷30 cm között lehet.
- Ha nagyobb tározótérfogatra van szükség például újrahasznosítás céljából és nem akarjuk elvezetni a fölösleges vizet, 90% hézagterefogatú esővíztároló blokkokat helyezhetünk el a burkolat alatt, ami viszont kisebb tisztítási hatásfokot biztosít. Ezt az esetleg újrahasznosítási célból történő tározás esetén figyelembe kell venni.
- A burkolat aljában egy megfigyelőkutat kell létesíteni függőlegesen perforált D150 mm PVC csőből

Terepesés kezelése

Ideális esetben a burkolat vízszintes, de a terepadottságok rendszerint nem ideálisak. A túl nagy terepesés két alapesetével találkozunk:

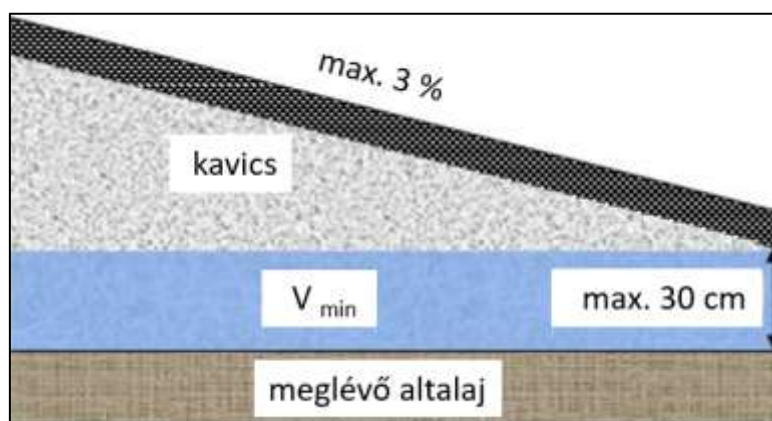
- a vízáteresztő burkolatra hulló esővízen túl kívülről is érkezik lefolyó esővíz, amit kell visszatartani

A külső vízgyűjtő terület lejtése túl nagy, ekkor túl nagy sebességgel érkezik a vízáteresztő burkolatra a lefolyó esővíz és várhatóan lejtésirányban átfolyik a burkolaton és nem éri el a tározó réteget.

- csak a vízáteresztő burkolatra érkező esővizet kell visszatartani

A vízáteresztő burkolat lejtése túl nagy, ezért a vízáteresztő burkolatra hulló esővíz várhatóan lejtésirányban átfolyik a burkolaton és nem éri el a tározó réteget.

Mindkét esetre megoldást jelent a lejtés korlátozása, a külső vízgyűjtő terület esése ne legyen nagyobb 5 % - nál, a vízáteresztő burkolat esése ne legyen nagyobb 3 % - nál (**33. ábra**). A burkolat lejtésétől függetlenül a tározóréteg alja vízszintes kell legyen (**33. ábra**).

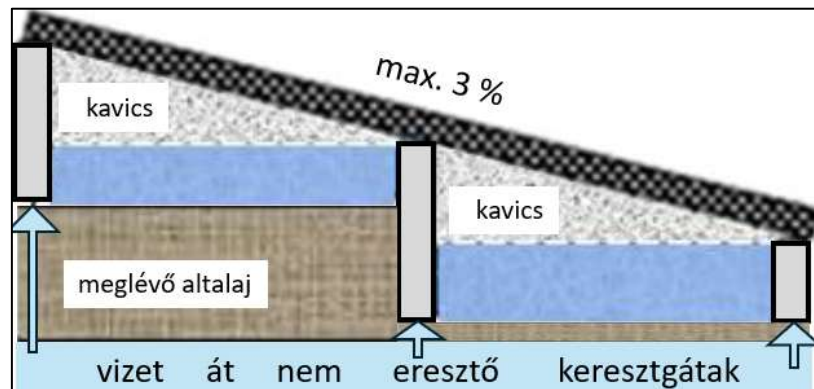


33. ábra (tározóréteg kialakítása lejtős terep alatt LID design Handbook alapján)

A tározótérfogatot a vízminőségjavítást biztosító vízmennyiségre ($V_{min.}$) kell méretezni. Ezeknek a hozamoknak mértéke folyamatos újra-értelmezés tárgya és a segédletnek nem tárgya a kérdés tisztázása. Javasolom ehhez Dr. Buzás Kálmán előadás anyagának és kutatási

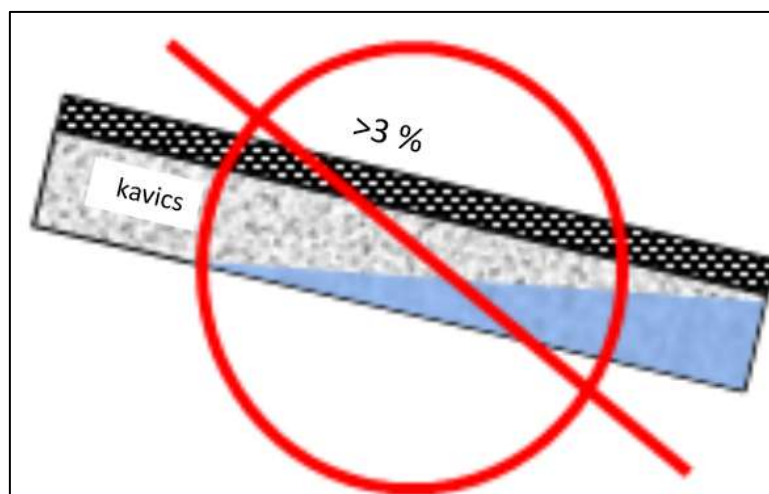
project eredményeinek tanulmányozását, amelyben már az AI bevonása is megfontolásra került (**22. kép**).

Ha a kavicsréteg vastagsága a **33. ábra** szerinti elrendezésben meghaladja a 30 cm-t, akkor a **34. ábrán** közölt -, vizet át nem eresztő keresztgátakkal kialakított lépcsőzetes - elrendezés javasolt. A víz csak a vízáteresztő burkolat alsó pontjáig torlódhat fel a tározórétegben.



34. ábra: tározóréteg kialakítása lejtős terep alatt keresztgátakkal

Ha olyan megoldást választunk, amiben a tározóréteg párhuzamos a terepeséssel, nem lesz hatékony a KZI elem (**35. ábra**), mert csak egy részében tudunk vizet visszatartani.



35. ábra: nem megfelelő kialakítás: a tározóréteg párhuzamos a terepeséssel

A kavics tározóréteg vastagságát azért kell 30 cm-re korlátozni, hogy 24 óra alatt kiürülhessen és ezzel a következő csapadék befogadására készen álljon. Ezt a vastagságot a lejtő alján értelmezzük (**33. ábra**)

Legkisebb felszíni terület

A_{min} értékét úgy kapjuk meg, hogy a V_{min} értéket elosztjuk a tározórétegben tárolt víz mélységével. Ez utóbbit úgy kapjuk meg, hogy a tározóréteg hézagterfogatát és vastagságát összeszorozzuk. A hézagterfogat általában 40 %, a legnagyobb rétegvastagság 30 cm.

$$A_{min} = V_{min} / 0,4 * 0,3$$

Üledék kezelése

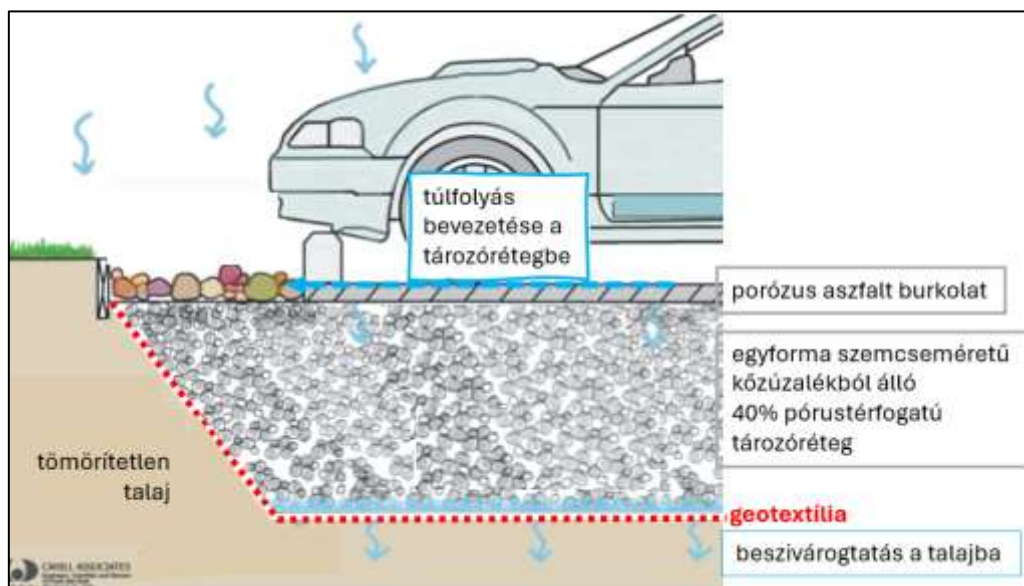
Előülepítést kell biztosítani a kívülről érkező lefolyó vízzel érkező lebegőanyag visszatartására, az eltömődés megelőzésére. Ez egyben a ráfolyás elosztására, kiegyenlítésére is alkalmas. A kiegyenlített ráfolyás pedig az egyenletes beszivárgást segíti elő. Az előülepítő berendezésből a vízáteresztő burkolat felszínére jut a víz.

Vízszigetelés és geotextília alkalmazása

A talajvizsgálati jelentésből, vagy annak készítőjétől származó információ alapján kell ezeket alkalmazni és megválasztani. Célszerű geotextíliát alkalmazni a vízáteresztő burkolat széleinél a finomszemcsék kizárása érdekében. Hacsak a talajvízszint, vagy a terület érzékenysége illetve a ráfolyó víz szennyezettsége nem indokolja, nem alkalmazunk vízszigetelést a KZI elem alatt.

Túlfolyó rendszer

A vízminőségjavító vízhozam fölötti vízhozam vagy eltömődés esetén szükséges elvezetni a be nem szivárgó vizet, erre a célra túlfolyót kell biztosítani, ami a csatornába, vagy másik, lentebb fekvő KZI elembe vezeti a vizet. Az eltömődés miatti túlfolyó víz a felszínen a burkolat széle felé is elvezethető a burkolat alatti tározótérbe (36. ábra).



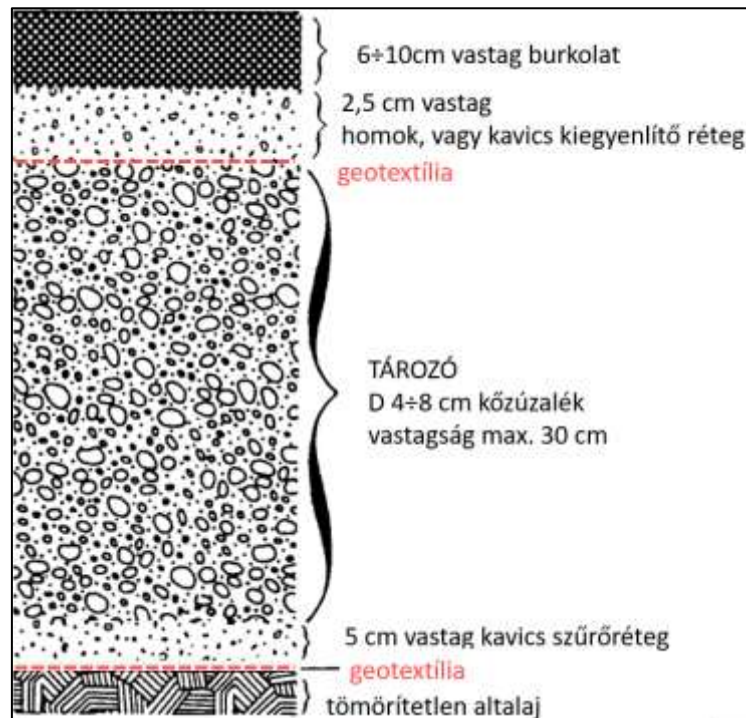
36. ábra példa túlfolyó víz elvezetésére

Rétegrend

Felülről lefelé haladva az általános rétegrend (37. ábra):

- vízáteresztő burkolat - többféle lehet
- homokréteg - függ a burkolattól és a talajvizsgálati jelentéstől
- kavicságyazat - függ a burkolattól és a talajvizsgálati jelentéstől
- tározóréteg max. 30 cm vastag; 40 % pórustérfogató; drénezett, ha a talaj vízáteresztőképessége <12 mm/h

- opcionális geotextília – ronthatja is a beszivárgás határfokát, ha eltömődik
- eredeti talaj



37. ábra: általános rétegrend

Burkolat

A burkolatokat két csoportra osztjuk a burkolat anyaga szerint. A porózus burkolatok önmagukban is vízáteresztő anyagból vannak, míg a - csak - vízáteresztő-, nem porózus burkolatok a víz beszivárgását lehetővé tevő hézagokkal lerakott-, önmagukban vízzáró elemekből álló burkolatok. A hatékony beszivárgás érdekében a hézagok felülete a teljes felület legalább 5÷10 %-a legyen. A réseket is zúzott kővel kell feltölteni. A legelterjedtebb burkolatokat jól ismerteti a „ZÖLDINFRASTRUKTÚRA FÜZETEK 1. VÍZÁTERESZTŐ BURKOLATOK Vízáteresztő burkolattípusok alkalmazásának útmutatója” című magyar nyelvű kiadvány. Néhány leggyakoribb burkolat adatait az alábbiakban ismertetjük (38.ábra):

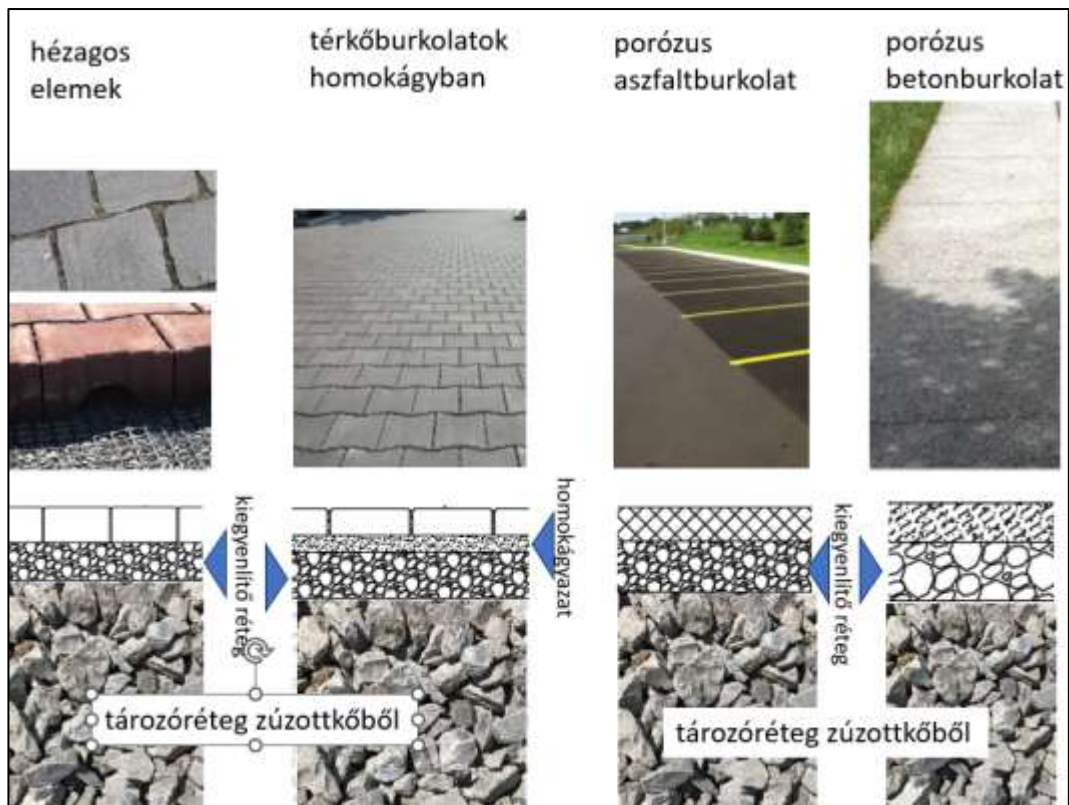
- Porózus betonburkolat (drénbeton) jellemzői:
 - 10 ÷ 15 cm vastagságban készül;
 - vízáteresztő képessége >1000 mm/h;
 - pórustérfogat 15÷30 %
 - előregyártott táblákban is beépíthető
- Porózus (drénaszfalt) aszfaltburkolat jellemzői:
 - pórustérfogat 16 %
- Elemes burkolatok;
 - térkőburkolatok homokágyban
 - hézagos elemek; a hézagokban közúzalék; nincs homokágy;
 - vízáteresztő képessége 4000 mm/h

- Kötőanyaggal stabilizált szórt burkolat
- Kötőanyag nélkül stabilizált szórt burkolat
- Gyeprács

Műanyag vagy beton rács, melynek sejtjeiben humusz feltöltésen gyeppel található. Gépkocsiforgalomra is alkalmas, de a gyeppel felület védelme érdekében csak alacsony forgalmú parkolófelületekre ajánlott

- Kavics fix

műanyag rács, mely stabilizálja a méhsejt alakú cellákba szórt zúzottkővet vagy kavicsot.



38. ábra: a leggyakoribb vízáteresztő burkolatok

4. A KZI ELEMÉK FENNTARTÁSI IGÉNYEI

A karbantartás célja az elvárt hatásfok biztosítása. Rendszeresen a terv szerint kell végrehajtani, ennek elmulasztása a hatásfok romlását okozhatja és később költségesebb helyrehozattal tehet szükségessé.

4.1. ESŐKERTEK

szemét eltávolítása a KZI felületéről	havonta
Üledék eltávolítása a bevezetések körül	havonta
gyomlálás	havonta
Drén-rendszer mosatása	negyedévente
metszés	évente
Hiánypótló vetés/ültetés	évente
szerkezetellenőrzés	évente

Szárazság idején szükség lehet öntözésre. A létesítmény hozzáférési útvonalát kell használni a tömörödés elkerülése érdekében. A KZI el felületén nem szabad havat felhalmozni és tárolni, sem komposztálni.

4.2. BIOVÁPÁK

Az egyes létesítmények és a helyszínük befolyásolhatják az alábbiakban javasolt karbantartási tervet. Az öntözés, tápanyagutánpótlás és gyomlálás az első két évben a legfontosabb. A létesítmény hozzáférési útvonalát kell használni a tömörödés elkerülése érdekében.

szemét eltávolítása a KZI felületéről	havonta
Üledék eltávolítása a bevezetések körül	havonta
gyomlálás	havonta
Drén-rendszer mosatása	negyedévente
metszés	évente
Hiánypótló vetés/ültetés	évente
szerkezetellenőrzés	évente

4.3. ZÖLDTETŐK

Az egyes létesítmények és a helyszínük befolyásolhatják az alábbiakban javasolt karbantartási tervet.

általános megfigyelés	negyedévente, vagy záporokat követően
-----------------------	---------------------------------------

öntözés és gyomlálás	negyedévente, ha a telepített növény másképpen nem igényli
ültetés, hiánypótló vetés/ültetés	szezonális alapon
erózió, kimosódás helyrehozatala	évente
növényzet túlbujáztatásának megállítása	évente
fűnyírás, metszés	szezonális alapon
szerkezetek ellenőrzése	évente

Az öntözés, tápanyagutánpótlás és gyomlálás az első két évben a legfontosabb. Intenzív zöldtetők karbantartása gyakoribb, munkaigényesebb ezért drágább, mint az extenzív tetőké.

4.4. ESŐVÍZBETAKARÍTÁS

A rendszer rendszeres és alkalmi karbantartási műveletei során az üzemeltetés átmenetileg szünetelhet.

tartály, bevezetés, kivezetések, ereszcatornák, mindezek csatlakozásai, vízkivétel berendezései, durva szűrők tisztítása, szilárd szennyezők és iszapok eltávolítása	évente, vagy a hatások csökkenésének észlelésekor
tartály, bevezetés, kivezetések, ereszcatornák, mindezek csatlakozásai, vízkivétel berendezései, durva szűrők tisztítása, szilárd szennyezők és iszapok eltávolítása	évente, vagy a hatások csökkenésének észlelésekor
szűrőcsere	évente
tartály, szivattyú meghibásodása esetén azok javítása, vagy cseréje	szükség esetén
A záport követő három napon belül el kell használni, vagy le kell üríteni az esővíztartályt. Az elvezetés nem történhet a csatornába.	zápor események után

4.5. VÍZÁTERESZTŐ BURKOLATOK

A jégmentesítésre alkalmazott anyag nem tartalmazhat magnéziumkloridot, magnéziumacetátot, káliumacetátot.

Az elemes vízátteresztő burkolatok karbantartása:

a külső vízgyűjtő területek karbantartása, erózió megakadályozása, növényzet jó állapotának biztosítása a nyesedék eltávolítása a felszínről	folyamatosan
szemét, szennyezőanyagok eltávolítása a KZI felületről	folyamatosan
szükség esetén az elemek eltávolítása és pótlása	az általános burkolatkarbantartással együtt
a meghibásodott felület nem pótolható vízzáró burkolattal	az általános burkolatkarbantartással együtt
vízállások megfigyelése, felfedezése	záporokat követően
sepregetés, gyomlálás	évente 2÷3 alkalommal
beszivárgás ellenőrzése teszttel	tavasszal
homok pótlása az elemek között	szükség esetén

A porózus beton/aszfalt burkolatok karbantartása:

a külső vízgyűjtő területek karbantartása, erózió megakadályozása, növényzet jó állapotának biztosítása a nyesedék eltávolítása a felszínről	folyamatosan
szemét, szennyezőanyagok eltávolítása a KZI felületről	folyamatosan
szükség esetén – repedés, süllyedés - a burkolat eltávolítása és pótlása ugyanazzal a típusú burkolattal	az általános burkolatkarbantartással együtt
a meghibásodott felület nem pótolható vízzáró burkolattal	az általános burkolatkarbantartással együtt
beszivárgás ellenőrzése teszttel	tavasszal
gépi vákuumos takarítás az eltömődés megelőzése érdekében	évente 2÷3 alkalommal

5. HIVATKOZOTT FORRÁSOK

ZÖLDINFRASTRUKTÚRA FÜZETEK 1. VÍZÁTERESZTŐ BURKOLATOK Vízáteresztő burkolattípusok alkalmazásának útmutatója

ZÖLDINFRASTRUKTÚRA FÜZETEK 3. VÍZÉRZÉKENY TERVEZÉS A VÁROSI SZABADTEREKEN

MÓDSZERTANI ÚTMUTATÓ A ZÖLD INFRASTRUKTÚRA FEJLESZTÉSI ÉS FENNTARTÁSI AKCIÓTERV KÉSZÍTÉSÉHEZ 1.0. VÁLTOZAT, 2016. ÁPRILIS TOP-2.1.2-15/6.3.2-15 ZÖLD VÁROS KIALAKÍTÁSA FELHÍVÁSHOZ

Green Infrastructure Design Manual; Last Updated: 01/01/2022; Reviewed/Released 2022 v1.2; Report 5.1. Review of the Use of stormwater BMPs in Europe; Project under EU RTD 5th Framework Programme; Contract No EVK1-CT-2002-00111

dr.Buzás K. LIFE-MICACC LIFE 16 CCA/HU/000115

The evolution and application of terminology surrounding urban drainage Tim D. Fletcher, William Shuster, William F. Hunt, Richard Ashley, David Butler, Scott Arthur, Sam Trowsdale, Sylvie Barraud, Annette Semadeni-Davies, Jean-Luc Bertrand-Krajewski, Peter Steen Mikkelsen, Gilles Rivard, Mathias Uhl, Danielle Dagenais & Maria Viklander (2015) SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – , Urban Water Journal, 12:7, 525-542, DOI:10.1080/1573062X.2014.916314

CIRIA C697 London, 2007., The SuDS manual; CIRIA; B Woods-Ballard H R Wallingford, R Kellagher H R Wallingford, P Martin Black & Veatch, C Jefferies University of Abertay, R Bray Robert Bray Associates, P Shaffer

LID BMP Design Handbook

CSAPADÉKVÍZ GAZDÁLKODÁS A TELEPÜLÉSEKEN; Dr. Buzás Kálmán c. egyetemi tanár BME, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék; LIFE-MICACC LIFE 16 CCA/HU/000115

Pennsylvania Department of Environmental Protection (PDEP). 2006. Pennsylvania Stormwater Best Management Practices Manual. Prepared by Cahill Associates Inc., Harrisburg, PA.

Cristiano, Elena & Deidda, Roberto & Viola, Francesco. (2020). The role of green roofs in urban Water-Energy-Food-Ecosystem nexus: A review. Science of The Total Environment. 756. 10.1016/j.scitotenv.2020.143876.

<https://greenrooftechnology.com/green-roof-finder/intensive-green-roof/>

chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgklclefindmkaj/https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/assets.botanic.cam.ac.uk/wp-content/uploads/2021/11/Dry-Meadow-A5-plant-list-print-version.pdfchrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgklclefindmkaj/https://s3-eu-west-

1.amazonaws.com/assets.botanic.cam.ac.uk/wp-content/uploads/2021/11/Dry-Meadow-
A5-plant-list-print-version.pdf