

Kék zöld infrastruktúra tervezési alapelvei, kisléptékű beavatkozások hatása a vízgyűjtőn



Magyar Mérnöki Kamara

Kék zöld infrastruktúra tervezési alapelvei, kisléptékű beavatkozások hatása a vízgyűjtőn



Budapest, 2024. november

A sorozat szerkesztője:
WAGNER ERNŐ
a Magyar Mérnöki Kamara elnöke

Készült a Magyar Mérnöki Kamara megbízásából, az Építési és Közlekedési Minisztérium EPAT/8491-4/2023/TTÉPHÁT számú Támogatói Okiratával a Magyar Mérnöki Kamara Szakmai programjában foglalt célok megvalósítása érdekében biztosított pénzügyi keretből.

A kiadvány a Magyar Mérnöki Kamara tulajdona. Másolása, teljes terjedelmében való közzététele csak a Kamara engedélyével lehetséges. Minden jog fenntartva.

Szerzők:

Dr. Hancz Gabriella
Horváth-Varga Laura
Jancsó Béla
Dr. Knolmár Marcell
Kovács Katalin

Kiadó: Magyar Mérnöki Kamara
1118 Budapest, Budaörsi út 125/A.
info@mmk.hu, www.mmk.hu

Tartalomjegyzék

Bevezetés	
1. A városi csapadékvíz-gazdálkodás stratégiai tervezésének folyamata, döntéstámogató eszközei	7
1.1 A városi csapadékvíz gazdálkodás alapjai	7
1.1.1 A csapadékvíz visszatartásának és hasznosításának maximalizálása.....	7
1.1.2 A térfogati lefolyási tényező csökkentése, a visszatartás mértékének növelése	9
1.1.3 A felszíni lefolyás szennyezettségének csökkentése, a szennyezők befogadóba történő bevezetés előtti visszatartása	12
1.2 Az integrált csapadékvíz-elvezetési tervezés tartalmi elemei - a tervezési folyamat feladatlépései	14
1.2.1 A feladatok meghatározása és a tervezési terület lehatárolása (1+2 feladatlépés)	15
1.2.2 A kiindulási helyzet megállapítása és a meglévő állapot értékelése (3+4 feladatlépés)	15
1.2.3 A megoldási változatok vizsgálata (5. feladatlépés)	15
1.2.4 Megoldási változatok kiválasztása (5. feladatlépés)	16
1.2.5 Költség-összehasonlítás (5.3. feladatlépés)	18
1.2.6 A preferált változat kiválasztása (6. feladatlépés)	18
1.2.7 Végrehajtási ütemterv (7. feladatlépés)	19
1.2.8 Az üzemeltetés és az eredményességi vizsgálat programja (8. feladatlépés) .	19
1.2.9 A létesítményekre vonatkozó tervezés (9. feladatlépés).....	19
1.3 KZI elemek kiválasztásának tervezési szempontjai	21
2. ZKI szerepe a városi vízgazdálkodásban, az elérhető eredmények értékelése	28
2.1 Teljesítményértékelés, az optimális változat kiválasztása	28
2.2 A hatékonyságot befolyásoló tényezők	31
2.2.1 Tervezési helyszín adottságai	31
2.2.2 Tervezés, kivitelezés, integráció.....	32
2.2.3 Fenntartás	33
2.2.4 Monitorozás és adaptív irányítás	34
2.2.5 Innovatív megoldások	34
2.2.6 Oktatás, információ átadás	34

2.3	A ZKI-val elérhető eredmények bemutatása.....	34
2.3.1	Hidrológiai teljesítmény	35
2.3.2	Vízminőség javítása	37
2.3.3	Az ivóvíz-felhasználás csökkentése	41
3.	A méretezés alapjai, módszertanai, eszközei	43
3.1	KZI elemek méretezése	43
3.2	Tervezési alapadatok.....	44
3.3	Tározási lehetőségek, tározótérfogatok meghatározása.....	46
3.3.1	A tározás célja, típusai.....	46
3.3.2	A tározótérfogat meghatározása	48
3.4	Modellezési eszközök.....	52
3.4.1	Egyszerűsített modellek	53
3.4.2	Részletes modellek.....	58
4.	A településfejlesztés és a ZKI kapcsolata szinergiák, lehetőségek	64
6.1	A településen alkalmazandó új megoldások szükségszerűsége a döntéshozatalban 64	
6.2	Települési szintű vízgazdálkodás kihívásai	65
6.3	A ZKI tervezéshez kapcsolódó városi szakpolitikák.....	71
6.3.1	Környezetvédelmi Program.....	71
6.3.2	(SECAP) Fenntartható Energia-, és Klíma Akcióterv.....	72
6.3.3	Klímastratégia.....	73
6.3.4	Fenntartható Városfejlesztési Stratégiáját (FVS)	73
6.3.5	ITVT – Integrált települési vízgazdálkodási terv.....	74
6.4	Települési szintű problématerkép és stratégia készítése	75
6.5	Felkészülés a pályázati támogatási lehetőségekre, pályázati szinergiák kihasználási lehetőségei	77
6.6	Településeken megvalósult jó gyakorlatok bemutatása.....	78
6.6.1	Bátya település: Alkalmazkodás az éghajlatváltozáshoz a csapadékgazdálkodás átalakításával	79
6.6.2	Püspökszilágy: Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz lefolyás-lassításra és víz visszatartásra alapuló árvízi védekezéssel.....	80
6.6.3	Rákócziújfalú: természetközeli belvíz-visszatartás a szárazság mérsékléséért	81

6.6.4	Ruzsa: alkalmazkodás az éghajlatváltozáshoz természetire alapozó szürkevíz visszatartással a Homokhátságon	82
6.6.5	Tiszatarján: fenntartható gazdálkodás és vízvisszatartás az ártéren a klímaalkalmazkodás érdekében.....	83

Függelékek:

- Vonatkozó jogszabályok
- Klímavédelmi éghajlatvédelmi hatásvizsgálatok kockázatok vizsgálata jogszabályi háttér
- A tározók méretezése témakörében készült hazai tervezői segédletek, tervezést segítő anyagok, kutatások

Bevezetés

A vízgazdálkodás a természet vízháztartásának a társadalom szükségleteivel való optimális összehangolására irányuló műszaki, gazdasági és igazgatási tevékenység. A fenti tevékenységek során a természet és a környezet megóvását állandóan szem előtt kell tartani, figyelemmel az ide vonatkozó hazai és nemzetközi előírásokra.

(Online Vízügyi Szótár szerinti definíció)

*„Az **integrált vízgazdálkodás** lényegét tekintve koordináció, Arra irányul, hogy minden olyan tervet, tevékenységet térben és időben összehangoljanak, amelyek kapcsolatba kerülnek a természet vízháztartásával”*

(Orlóczy 2007)

A hazai vízgazdálkodás egyik legkomolyabb feladata és egyben kihívása a települési vízgazdálkodás hatékonyságának fejlesztése annak érdekében, hogy a települések felkészülhessenek a környezeti és társadalmi változásokra. A települési vízgazdálkodás egy olyan komplex több tényezős rendszer (a környezetvédelem, az ipar és mezőgazdaság, a lakhatás, valamint a meglévő és új infrastruktúra fejlesztés összehangolása), melynek sikeressége a településen, társadalmi konszenzuson alapul és közösségileg kialakított megoldásokon múlik. Fontos továbbá, hogy település vízgazdálkodása egyben megfeleljen azon új kihívásoknak, elvárásoknak, amelyek napjaink innovatív, vízmegtartó és természetes megoldásokat foglalja magába. Ide tartoznak a **kék-zöld infrastruktúra szemlélettel** megvalósítandó fejlesztések.

Az elmúlt évek során a települések által bejelentett vis maior károk szignifikánsan megnövekedtek. Nem lehet kérdés, hogy mára a villámárvizek akut problémát jelentenek. Az éghajlatváltozás hatása nem lehet vitás, ugyanakkor súlyos következményei vannak a belterületi „burkolási kedv” megnövekedésének. Mindez az összegyülekezési idő lerövidülését eredményezi, amely következtében a vízhozamok átmenetileg megnövekednek, továbbá egyúttal a mikroklima megváltozása is bekövetkezik. Az így kialakult helyzet megoldásra vár. A helyi jelleg közvetlen a családi házaknál kezelhető, hiszen azok tetején évente mintegy száz köbméter víz gyülekezik össze, amelynek hasznosítása egyrészt célszerű, másrészt a közüzemi rendszerét csökkenti. Amennyiben csak a növények öntözésére gondolunk, akkor könnyen belátható az öntözővíz deficit, hiszen Magyarországon 600 mm körüli csapadék hullik le egy évben, miközben a növényzet igénye 900 mm körüli. De a visszatartott esővíz hasznosítható WC öblítésre és kezelést követően mosásra is.

Áttérve a területi jellegű beavatkozásokra itt a beszivárogtatás, az esőkertek, tavak, parköntözési célt szolgáló víztárolók kialakítása, vagy szivárogtatással kombinált csapadékvíz elvezetés merülhetnek fel lehetséges megoldásként.

A kidolgozásra került anyag praktikumként kívánja összefoglalni a témát segítséget adva a tervezőknek és önkormányzatoknak a városi csapadékgazdálkodás keretében végzendő munkájukhoz.

1. A városi csapadékvíz-gazdálkodás stratégiai tervezésének folyamata, döntéstámogató eszközei

1.1 A városi csapadékvíz gazdálkodás alapjai

A települési csapadékvíz gazdálkodás annak a világszerte tapasztalható paradigmaváltásnak a megvalósítása, amely a településre hulló csapadékvizet nem azonnal elvezetendő természeti közegnek, hanem kiaknázható, megújuló természeti erőforrásnak tekinti.

Szakmai közhely a hagyományos hidrológiai értelmezésben, hogy a vízzel két alapvető probléma lehet:

(a) ha *túl kevés*, vagy ha (b) *túl sok* van belőle.

Ezek a szélsőséges helyzetek mind térben, mind pedig időben jelentkeznek. A fenntartható városi csapadékcsatornázásban, ami nagyrészt a csapadékvíz hatékony visszatartását igényli, a harmadik lehetséges probléma

(c) a lefolyó/beszivárgó víz minőségéhez kapcsolódik.

A szennyezettség önmagában is gátja lehet a hasznosításnak. Ez a jelenség a városi vízgyűjtő felszínénén, többnyire száraz időszakokban felhalmozódó szennyezőanyagok lemosásából és a felületképző anyagok (például bádogosmunkák, épületszobrászati puha mészkő díszítőelemek forgalombiztonsági tárgyak stb.) korróziójából származik.

1.1.1 A csapadékvíz visszatartásának és hasznosításának maximalizálása

A települési csapadékvízzel való gazdálkodásra alkalmas rendszer a hagyományos csapadékvíz elvezető rendszer kiterjesztése. A kiterjesztés azáltal valósul meg, hogy a tervezés tárgyává válnak a hálózat méretezési szelvényeihez tartozó városi vízgyűjtők is. Más megfogalmazással a méretezési szelvény vízgyűjtőjének lefolyást meghatározó jellemzőit nem adottságnak, hanem átalakítandónak, áttervezendőnek, illetve átalakíthatónak, áttervezhetőnek tekintjük.

A csapadékvíz gazdálkodás hatékonyságát a felszínről lefolyó (L) és az oda lehulló (Cs) csapadékvíz térfogatának hányadosaként jellemezhetjük. A hidrológiában használatos fogalom a vízmérleg, melynek egyenlete:

$$Cs = L + B + P, (m^3), \text{ vagy } (mm),$$

ahol a vonatkoztatási idő alatt

Cs, a lehullott csapadék mennyisége, (m^3 , vagy mm),

B, a csapadékból a talajba szivárgott vízmennyiség, (m^3 , vagy mm),

P, a csapadékból a felszínről közvetlenül elpárolgott vízmennyiség, (m^3 , vagy mm).

A köbméter dimenzió valamely adott kiterjedésű vízgyűjtőterületre, a milliméter dimenzió pedig egységnyi felületre vonatkoztatott.

A fenti mérlegegyenlet tehát a lehulló csapadék valamennyi lehetséges útvonalát figyelembe véve írja le anyagmegmaradás törvényének érvényességét.

A térfogatok hányadosa a csapadékvíz gazdálkodás hatékonysági mutatója, amit tetszőleges időtartamra értelmezhetünk. Általában éves, de esetenként havonkénti, illetve önálló csapadékeseményekre is vonatkoztatjuk. A különböző vonatkoztatási időtartamok az egyéveshez képest további információkkal szolgálnak a vízgyűjtő visszatartó képességéről.

A térfogatok hányadosa a *térfogati lefolyási tényező*, α_v^T :

$$\alpha_v^T = \frac{V_l}{V_{cs}}, (-)$$

ahol

V_l - a választott időegység (T) alatt, a vízgyűjtő felszínén lefolyt csapadékvíz térfogata (m^3),

V_{cs} - a választott időegység (T) alatt a vízgyűjtő felületére lehullott csapadék térfogata (m^3).

A térfogati lefolyási tényező tehát nem csak a területhasználatától, hanem a választott vonatkoztatási időegységtől, illetve az adott időegység alatt előforduló csapadékok intenzitásaitól, a párolgási viszonyoktól és a *vízgyűjtő állapotától* is függ. A visszatartott csapadék mennyiségének egy része elpárolog, nem hasznosul a növényzet szempontjából. Ez a párolgási hányad közvetlenül a felszínről párolog el, a felszínbe beleértve a növényzet felszínét is. A párolgás másik része előzőleg beszivárog a talajba és csak onnan fog, elsősorban az evapotranszspiráció (a növényzet által generált párolgás) folyamata során eltávozni. Ez utóbbi mennyiséget már a városi zöld által hasznosított mennyiségnek tekintjük.

A vízgazdálkodás-hatékonysági mutató különösen fontos az egyesített rendszerű csatornázással ellátott vízgyűjtők esetében, ahol minden, a csatornától eltérített csapadékvíz a csatornamű energia hatékonyságának és a szennyvíztisztító telepen a tisztítás stabilitásának növelését eredményezi, csökkentve a csapadékos időszak alatt és az azt követő néhány napban (hétben) a biológiai tisztítási hatások romlását.

A térfogati lefolyási tényező **nem azonos** a racionális árhullám számítás során alkalmazott, csak területhasználatától függő lefolyási tényezővel, amit egyetlen csapadékre, a mértékadó csapadékre értelmezünk. A jelentése pedig a lefolyás árhullám csúcsának és csapadék hozamának hányadosa:

$$\alpha = \frac{Q_l}{Q_{cs}}, (-)$$

ahol

Q_l a felszíni csapadékvíz lefolyás vízhozama (l/s), vagy területegységre vonatkoztatva (l/s,ha), illetve (mm/h,ha)

Q_{cs} a lehulló csapadék hozama (l/s), vagy területegységre vonatkoztatva (l/s,ha) illetve (mm/h,ha).

1.1.2 A térfogati lefolyási tényező csökkentése, a visszatartás mértékének növelése

A csapadékvízzel való **gazdálkodás** szempontjából az **elsődleges tervezési cél a felszíni lefolyás térfogatának csökkentése**. Másodlagos, de egyáltalán nem másodrendű cél a lefolyás csúcs hozamának, ezzel az elvezető **hálózat hidraulikai terhelésének csökkentése**. Kedvező esetben mindkét célt el tudjuk érni.

A visszatartás mértékének növelését a rendelkezésre álló tározóterek kihasználásának maximalizálásával érhetjük el. A vízgyűjtőn a legnagyobb, rendelkezésre álló természetes tározótérfogat a talaj pórusrendszere. Vegyük azonban észre, hogy ez a tározó másképpen működik, mint a mesterségesen kialakított tározók. Utóbbiaknál a mindenkori befolyó és a méretezett kifolyó hozamok közötti különbségek összessége adja a tárolt víz mennyiségét. A befolyás nem korlátozott, a tározótérfogat azonban igen. A talajtér-tározó térfogata az egyes lefolyások során, gyakorlati szempontból „végtelennek” tekinthető, a befolyás hozama azonban korlátozott. Ez a beszivárgási intenzitás. Egy-egy részvízgyűjtőn a talaj átteresztő, beszivárogtató képessége és a beszivárogtatásra alkalmas felület a tervezés kiindulási alapállapotában adottság. A feladat tehát az, hogy hogyan tudjuk növelni a beszivárogtatott víz mennyiségét

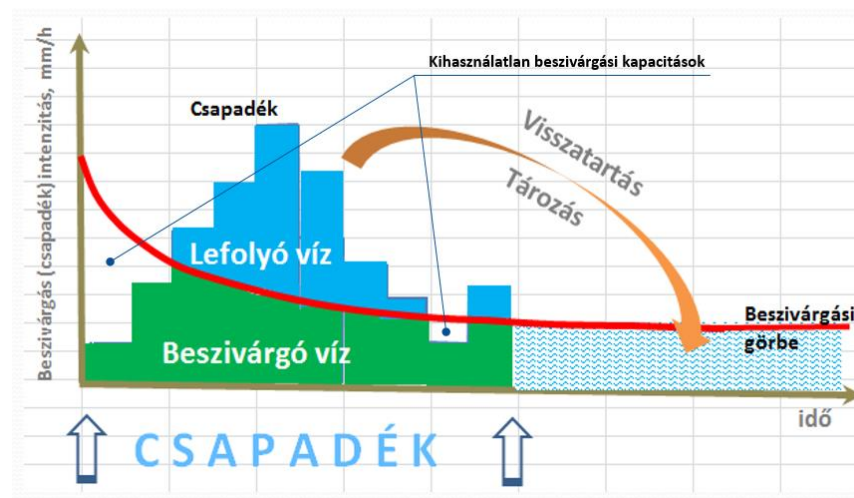
Ezek az adottságok olyan kerületi feltételt jelentenek, ami korlátok között tartja a visszatartást. A vízvisszatartás, a talajban történő tározás javítására három lehetőségünk van:

- (i) a szivárogtató felület kapacitásának fokozott kihasználása,
- (ii) a beszivárgási felület és
- (iii) a beszivárgás időtartamának növelése.

Ügyes tervezéssel mindhárom lehetőséget ki tudjuk használni.

(i) A szivárogtató felület kapacitásának fokozott kihasználása a lefolyási útvonal módosításával

A burkolatlan felületek talajától, annak telítettségi állapotától, lejtésétől és a talajvízszint elhelyezkedésétől függő mértékben, minden olyan csapadék időtartama alatt melyeknek az intenzitása nem éri el a beszivárgási intenzitást, kihasználatlan visszatartási kapacitás marad. Ezt hatékonyan ki tudjuk használni a vízzáró felületek felszíni lefolyásának teljes vagy részleges átírányításával a burkolatlan felületre. Az ... ábrán ezt jelzik a beszivárgási görbe alatti színezetlen területek.



(ii) A beszivárgási felület növelése, a zöld infrastruktúra kiépítése

Városi vízgyűjtőn jellemzően különböző arányban találhatók vízzáróan burkolt és burkolatlan felületek. Előbbiek rovására növelhetjük az utóbbiak arányát. Ez a zöld infrastruktúra létesítése minden vízzáró felületen, ahol ez nem akadályozza a megkívánt területhasználatot. További lehetőségünk van azokon a területeken, ahol a szilárd felületre szükség van, de lehetővé kívánjuk tenni a beszivárgást. Ehhez rendelkezésre állnak a vízáteresztő szilárd burkolatok. Ide tartoznak a megfelelő ágyazattal rendelkező térkő, az áteresztő beton és aszfalt burkolatok. Ekkor elveszítjük ugyan a zöld infrastruktúra egyéb, mikroklíma szabályozó és levegőszennyezettség csökkentő hatásait, de megmarad a víz visszatartásának képessége.

Speciális területet képviselnek a tetőfelületek, ahol a vízzáróság alapkövetelmény. Ezeknél a megfelelő drén szerkezettel, a vízzáró felületen kialakított zöld tetők kínálnak megoldást. Attól függően, hogy milyen típusú zöldtetőt hozunk létre, kisebb-nagyobb mértékű visszatartást és lefolyási sebesség csökkentést érhetünk el. Az extenzív zöldtetők vékonyabb és az intenzív zöldtetők vastagabb talajrétegével változtathatunk a visszatartás szempontjából a hatékonyságon.

(iii) A beszivárgás időtartamának növelése

A beszivárgás sebességét, a csapadékhoz hasonlóan mm/h-ban adhatjuk meg. Azt fejezi ki, hogy egy területegységre vonatkoztatva hány milliméternyi lehullott csapadékot képes a talaj időegység alatt elszivároztatni. Ha a csapadék intenzitása legfeljebb a beszivárgási intenzitását éri el, a visszatartás teljes. Minden más esetben a burkolatlan felületeken is keletkezik lefolyás.

Valójában a szivárgási intenzitás nem állandó érték még egy talajtípusnál sem. Leegyszerűsítve, két szélsőérték, a száraz talaj víznyelő képessége (ez a kétfázisú, talaj-levegő rendszer), és a telített (kétfázisú, talaj-víz rendszer) szivárgási intenzitása között változik. Az első a megelőző időszak csapadékaitól és a kiszáradás időigényétől függően egy csapadék kezdetén változó értéket vehet fel, az aktuális nedvességtartalom függvényében. A telített talaj szivárgási intenzitását tekinthetjük állandósult állapotnak, és egyben mértékadónak. Ebből következik, hogy minél hosszabb idő áll rendelkezésre a beszivárgáshoz, egy adott felületen annál több vizet szivárogtathatunk el a telített talajhoz tartozó intenzitással. Ezt láthatjuk a megelőző ábrán.

A beszivárgás időtartamának növelésére három lehetőségünk van:

- a. A burkolatlan felszín Manning *érdességének* növelése sűrű gyepterelítéssel. Az így kapott nagyobb érdesség lassúbb lefolyást, tehát hosszabb beszivárgási időt eredményez.
- b. Burkolatlan lejtős terepen esetenként lehetőség van az *esés csökkentésére* tereprendezéssel. A tereprendezés szélsőséges módja a teraszolás.
- c. A leghatékonyabb beszivárgási időt növelő megoldás a tározás. A felszínen külön beavatkozás nélkül is kialakul tározás. Ez a depressziós tározás a felszínnek azon (mikro, de esetenként makro) egyenetlenségeiből, mélyedéseiből áll össze, amelyek feltöltődéséig nem indul meg a lefolyás. A depressziós tározás növelhető, például bakhátas felszín kialakítással, ahol a bakhátak mögött jelentős tározóterek hozhatók létre. Ekkor a beszivárgási időtartam ezeknek a tározóknak a kiürülési idejével fokozható.

Tározók kialakíthatók a vízgyűjtőn és/vagy beilleszthetők a csatornahálózatba. Mindkét elrendezésnél lehetnek felszíni és felszín alatti elhelyezésűek. Szolgálhatják a beszivárogtatást közvetlenül, amikor a fenék és az oldalfalak vízáteresztőek, és közvetetten, amikor a vízzáróan kialakított tározó szabályozott kivezetésével használjuk ki a talaj korlátozott beszivárogtatóképességét. És természetesen lehetséges olyan vízforgalom kiépítése is, amivel mindkét célt elérhetjük.

A lapostetők speciális esetet képviselnek a tározók esetében is. Jól szigetelt lapostetőkön olyan sekély mélységű tározóterek hozhatók létre, amelyekben a visszatartott csapadékvíz nem a talajba jut, hanem elpárolog. A levezetés/kivezetés kialakításával a leürülés szabályozhatóvá tehető.

Különbségek az új fejlesztési területeken és a már beépített területeken a csapadékvíz gazdálkodás megvalósításában	
Meglévő: a városi vízgyűjtő átalakítása	Új beépítés: a városi vízgyűjtő kialakítása
A megvalósítás költségei 1.5-4-szer magasabbak.	Lehetőség a legkisebb költségű változat megkeresésére
Nagy mennyiségű adat összegyűjtése szükséges.	Az adatok többsége a korábbi tervezési tapasztalatokból felhasználható.
A becslési és tervezési munkák költségei magasak.	Koncentrálni lehet az alacsony költségű tervezésre és kivitelezésre.
A tervezésnél az adott részvízgyűjtő átalakítási céljaihoz kell igazodni.	Alkalmazhatók a helyi csapadékvíz tervezési szabványok.
A kialakítás tipikusan közterületen valósítható meg.	Az elhelyezés az új fejlesztési projekt területén valósítható meg.
A városi talajok gyakran kedvezőtlenek a szikkasztáshoz.	A talaj többnyire alkalmas, kedvező a szikkasztáshoz.
A környező fejlesztések és infrastruktúra behatárol.	Sokkal nagyobb rugalmasság a megvalósítandó létesítmény elhelyezésben.
Figyelemmel kell lenni a szomszédokra és ingatlantulajdonosokra.	Az esztétikai jellemzők nem mindig a legfontosabb szempontok.
A létesítmények többsége önkormányzati fenntartású, és a lakosság ezt el is várja.	A létesítmények többsége lakossági/ingatlantulajdonosi fenntartást igényel, amit gyakran lehetetlen biztosítani.
Nem mindegyik tervezett helyszín alkalmas a megvalósításra.	Többnyire minden helyszínen lehetséges a munkavégzés.
Gyakran a már meglévő szállítórendszerhez kell kapcsolódni.	Többnyire új csatornarendszer is létesül.
Be kell integrálni más fejlesztési megoldásokba.	Önálló megoldásokra van lehetőség.
Közpénz beruházások a vízgyűjtő infrastruktúrába.	Magán beruházások a csapadékvíz infrastruktúrába.
A helyszíni bejárások elkerülhetetlenek a tervezéshez.	Esetenként a tervezés bejárás nélkül is megoldható.

1.1.3 A felszíni lefolyás szennyezettségének csökkentése, a szennyezők befogadóba történő bevezetés előtti visszatartása

A csapadékvíz hasznosíthatóságát a lefolyás vízminősége erősen befolyásolja, korlátozhatja, mivel az egyes használatokhoz a szennyező komponensek még megengedhető koncentrációja tartozik. Például, hasznosításnak tekintve a talajnedvesség/talajvíz pótlását, a termett talajba, illetve a talajvízbe juttatható komponensek határértékeit jogszabályok tartalmazzák. Hasonlóképpen, a felszíni befogadókra is léteznek területileg előírt vízminőségi emissziós, illetve immissziós határértékek. A szabályozás azonban korlátozott mértékben alkalmazható a csapadékvízzel szállított szennyezőanyagokra.

A felszíni lefolyás vízminőségét a városi légkör és az egyes területhasználatokhoz kapcsolódó vízgyűjtőfelület szennyezettsége határozza meg.

A szennyezett légtéren át lehulló esőcseppek ad- és abszorpció útján „kimossák”, magukkal ragadják a levegőben található szilárd, szállópor részecskéket (PM₁₀, PM_{2.5}), valamint a savképző gyököket alkotó aeroszol részecskéket, amik zömében égési folyamatokból származnak (SO₂, NO_x, CO és CO₂). Az esőcseppeknek ezen az úton kialakuló szennyezettsége, a koncentrációkat tekintve elhanyagolható, kivéve a pH-nak a tiszta levegőhöz képest savas irányban elmozduló csökkenését. Az esővíz szennyeződésmentes levegőben kimérhető, gyengén savas pH 5.5-ös értéke akár 3-as értékre is csökkenhet. A pH érték csökkenésével a víz fémekre vonatkozó oldóképessége növekszik. Az épületbádogos munkák ennek ki vannak téve, de hatékonyan oldja az épületek mészkő, főként a puhamészkő burkolatait is. Az oldott fémek mozgékonyasága a talaj-talajvíz térben és a potenciális környezeti hatásuk, mivel beépülhetnek a tápláléklánc folyamatába, jóval nagyobb a szilárd fázisúakénál. Ráadásul eltávolíthatóságuk a felszíni lefolyás során bonyolultabbá válik.

Ahhoz, hogy a szennyezőket eltávolíthassuk, néhány jellemzőjüket meg kell ismerni. A szennyeződés fő forrása a szennyezett városi felszín, ezen belül is a nagy gépjármű forgalommal és/vagy (nehéz) iparral rendelkező felületek. A csapadékmentes időszakban felhalmozódott szennyezőanyagok eltávolításának transzportfolyamatát a fenn említett oldatba kerülő fémek kivételével a szilárd felszín lemosása és a szilárd fázisként való szállítás. Ebből kivételt képeznek a járművekből kicsöpögő, kiszóródó alifás szénhidrogének, ásványolajok, többségében motorolaj és a hidraulika rendszerek folyadékai.

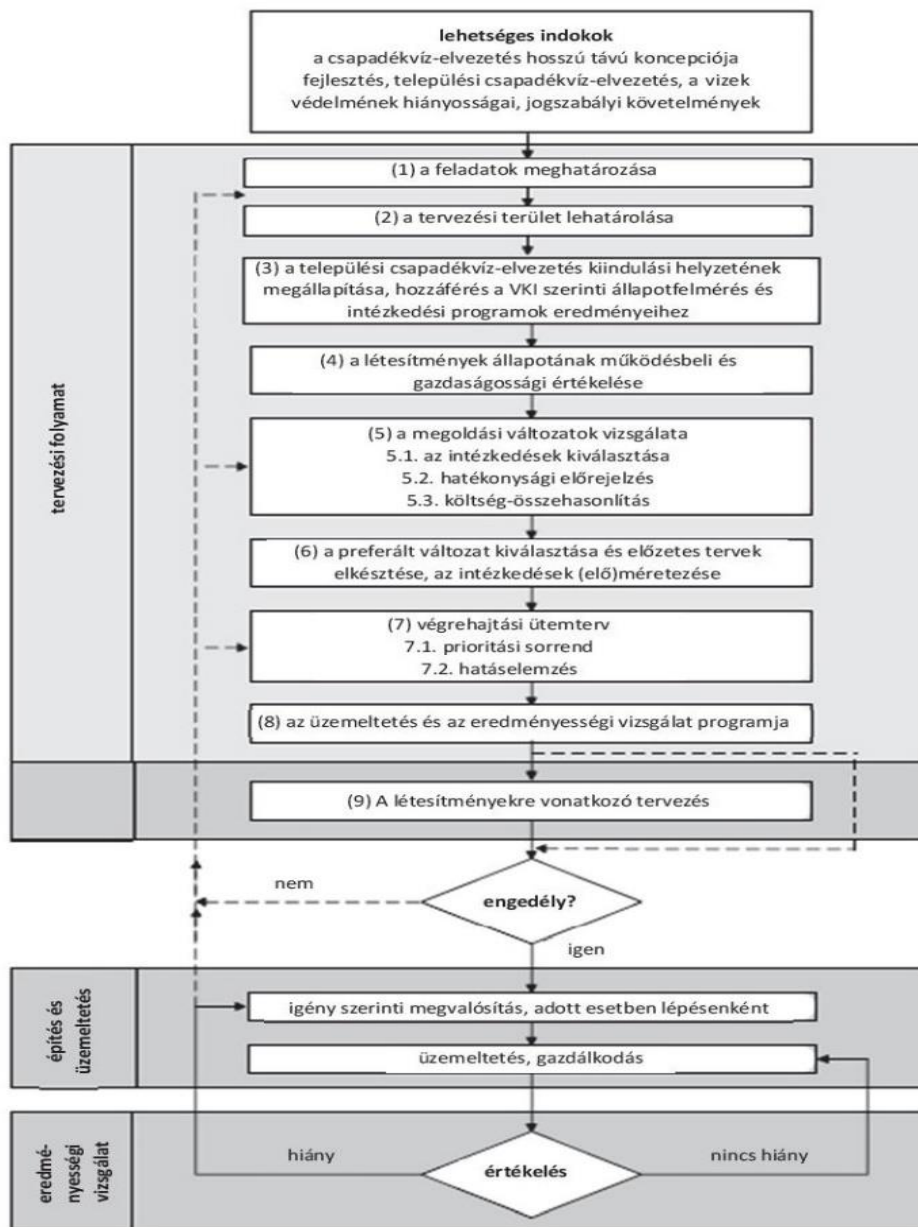
A lemosható, alakilag szilárd részecskék zöme inert ásványi összetételű por. Alkotóelemei közé tartoznak még a gépjármű gumiköpenyeinek és az aszfalt burkolat kopásakor keletkező finom, szerves, biológiailag azonban nem bontható részecskéi, valamint a belsőégésű motorok (döntő mértékben a dízel motorok) kipufogó gázában megtalálható koromrészecskék is, melyek kémiaiailag policiklikus aromás szénhidrogének (PAH-ok). Az útfelületen felhalmozódó és lemosható részecskék mérete a szállópor néhány mikrométeres szemcseméreteitől a 0.1-0.2 mm-es értékek között változik.

Ennek az olajnak az eltávolíthatósága jelentősen különbözik a parkolókról (beleértve a buszvégállomások felületét is) lemoshatóktól. Míg a parkolóknál az elcsöpögő olaj ún. „olaj a vízben” típusú emulziót képez a csapadékvízzel, amit a gyakorlatban ismert olajfogókkal sikeresen eltávolíthatunk, az útfelületek olajszennyezettsége sajátos formában jelentkezik. Ez az olaj alapvetően a tömítési hibák miatt, a járó motorokból permet formájában kiszóródó mikron nagyságú olajcseppek formájában jelenik meg. A gumiköpenyek ezeket összegyűrik a lekopott gumi és aszfalt szemcsékkel, amik az olajpermet részecskéit körbezárják. Így olyan heterogén összetétel keletkezik, ami megakadályozza, hogy az olaj például az oleofil abszorbensekkel közvetlenül érintkezzen és ott megtapadjon. Ez az olajtartalom hagyományos módszerekkel, a felúsztatással nem választható el a víztől. Hatékonyan homokszűréssel, vagy kisebb hatékonysággal koaleszcens szűrőkkel lehetséges.

Kiemelendő, hogy az utcai szemét nem tartozik a vízminőséget közvetlenül veszélyeztető szennyezők közé, eltávolításuk a közterület tisztítás hagyományos feladata.

1.2 Az integrált csapadékvíz-elvezetési tervezés tartalmi elemei - a tervezési folyamat feladatlépései

Az integrált csapadékvíz-elvezetési tervezés az alábbi ábrán bemutatott feladatlépéseket tartalmazza, melyeket adott esetben több hurokban, iteratív eljárásként kell elvégezni. A tervezési eljárás fesszé tételezéséhez az egymástól függő vagy magukban az eredményeikben befolyásoló részfeladatokat lehetőleg időben párhuzamosan kell kidolgozni (pl. csatornahálózat számítása – szennyezőanyag kimutatás – immissziós kimutatás).



1.2.1 A feladatok meghatározása és a tervezési terület lehatárolása (1+2 feladatlépés)

A feladatok meghatározása, mint az első feladatlépés mindenekelőtt a mindenkori célkiűzés meghatározását szolgálja. Ugyanakkor a szóban forgó feladatoknak a kidolgozási síkhoz való hozzárendelése lehetővé teszi a megfelelő kidolgozási mélységnek, az állapotértékelés (vizek, érintett/szomszédos rendszerelemek) szükségességének és terjedelmének, a pontossági igénynek a megítélését az alapok megállapításakor. A feladatok összeállítása szerint a 2. lépésben kerül sor a tervezési terület lehatárolására. Ennek során már elemezni kell a lehetséges célkonfliktusokat a települési csapadékvíz-elvezetés más feladataival és más szakágakkal annak érdekében, hogy azonosítani lehessen a szomszédos részrendszerekre, valamint a talajra, természetre és a tájra gyakorolt lehetséges hatásokat.

1.2.2 A kiindulási helyzet megállapítása és a meglévő állapot értékelése (3+4 feladatlépés)

A kiindulási helyzet megállapítása és a meglévő állapot értékelése a feladatoknak megfelelő pontossággal és kidolgozási mélységgel történik. A kiindulási helyzet megállapítása, mint a 3. feladatlépés egyrészt magában foglalja a csapadékvíz-elvezető rendszer és adott esetben kapcsolódó részrendszerek, pl. felszíni meglévő ZKI elemek telepek szükséges alapadatainak összegyűjtését. Ezenfelül ebben a feladatlépésben történik a hozzáférés az érintett felszíni vizek szennyezettségével kapcsolatos rendelkezésre álló eredményekhez és adott esetben az EK-VKI szerinti állapotfelmérés adataihoz.

A tervezési folyamat 4. lépése a létesítmények állapotának működésbeli és gazdaságossági értékelése, mely szükséges előfeltétele a meglévő állapottal összeegyeztetett megoldási alternatívák későbbi megvalósítása és a változatok összehasonlítása számára, amely magában foglalja a meglévő állapot további használhatóságát.

1.2.3 A megoldási változatok vizsgálata (5. feladatlépés)

A cselekvési lehetőségek spektruma magába foglalja az indokok és célelőírások függvényében a településcsapadékvíz-elvezetés központi területén végrehajtott intézkedések mellett, pl.:

- új csapadékvíz-elvezetés koncepciók kidolgozása, pl. módosított rendszerek,
- épített létesítmények (decentralizált, központi),
- üzemeltetési intézkedések (pl. intézkedések a csatornahálózat-menedzsmentben),
- és különösen ezek is:
 - városfejlesztési tevékenységek, amelynek célja a városi vízkörforgás javítása, mint pl. a zöld területek és
 - zöld zónák létrehozása a (növényi) párologtatás fokozására,
 - áttérés új alternatív ellátási és ártalmatlanítási koncepciókra
 - a vizekben és a vizeken tett intézkedések

- más vízhasználókkal összehangolt intézkedések

1.2.4 Megoldási változatok kiválasztása (5. feladatlépés)

Intézkedések kiválasztása (5.1. feladatlépés)

A tervezési alternatívák feltárásához különféle forgatókönyveket kell készíteni és ezekből megoldási változatokat kell kidolgozni. A tervezés indoka lényegesen meghatározza a cselekvési lehetőségeket, különösen két dolog konstellációja (különleges körülmények egybeesése) esetén:

- (a) a települési csapadékvíz-elvezetés indokai,
- (b) vizek védelmének indokai.

A települési csapadékvíz-elvezetés indokai

A települési csapadékvíz-elvezetéssel kapcsolatos tevékenységek – a már említett települési csapadékvíz-elvezetés hosszútávú koncepciójának fejlesztése és a változó körülményekhez való folyamatosan igazítása mellett – a fejlesztéseknél a szennyvízelvezetés és -tisztítás alapvető feladatának a teljesítésére, valamint csapadékvíz-elvezető rendszer hiányosságainak a megszüntetésére vonatkoznak, a vízgyűjtőterületen bekövetkező változások vagy azonosított hibák miatt. A cselekvési lehetőségek elsősorban a települési csapadékvíz-elvezetésen belüli célok elérésére irányulnak, amelyekre különféle intézkedések lehetségesek.

Azonban ki kell értékelni a lehetséges hatásait is, mindenekelőtt a tervezési területen belüli és a rendszerhatárokon átnyúló egyéb rendszerösszetevőkre vagy részrendszerekre. Továbbá ellenőrizni kell a mindenkori intézkedések alkalmasságát a vizeket várhatóan érintő terhelések esetén.

A vizek védelmének indokai

Az érintett vizek szennyezettségének és az abból származó esetleges hiányoknak a felmérése alapján ki kell deríteni a cselekvési lehetőségeket, figyelembe véve a csapadékvíz-elvezető rendszerek vizekbe történő kibocsátásainak a lehetséges hatásait. A problémaorientált kidolgozáshoz, a vízvédelmi célok megállapított hiányosságaiból kiindulva:

- a problémák megnevezésével,
- az okok hozzárendelésével
- és a lehetséges intézkedések javaslataival.

Hatékonysági előrejelzés (5.2. feladatlépés)

Az alkalmazási területtől és az intézkedés módjától függően különböző ellenőrzési módszerek állnak rendelkezésre a lehetséges intézkedések hatékonyságának előrejelzésére. Ennek során

a kérdésseltevéstől függően (egy létesítmény hatékonysága, megengedett emissziós érték, a vizekben lévő immisziós érték) jelentős eltérések állnak fenn az ellenőrzési módszerek komplexitásában és pontossági igényében, valamint a megvalósításhoz szükséges adatfelhasználásban.

A települési csapadékvíz-elvezetés létesítményeinek a típuspecifikus biológiai minőségi összetevőkre való méretezése és ezen összetevők közvetlen kiszámításával történő ellenőrzés a mai ismeretek szerint nem lehetséges. A létesítmények méretezése és ugyanígy a vizekkel kompatibilis kibocsátások igazolása ezért segédkomponensek és ellenőrzési kritériumok segítségével történik, melyek betartása jelen értelmezés szerint nem veszélyezteti a vizek típusmegfelelő ökológiai állapotát (pl. a vizek szerkezete, lefolyás, mederfenék nyírófeszültség, oxigénháztartás, pH-érték, hőmérséklet, valamint a jelentős mennyiségben bevezetett anyagok, pl. nitrogén, foszfor, szilárd anyagok terhelése és koncentrációja).

A vizekben az immisziós értékek (lefolyás, mederfenék nyírófeszültség, anyagok koncentrációja és terhelése stb.) tényleges terhelési állapotokban történő ellenőrzése rendszerint feltételezi a műtárgyakra vonatkozó ellenőrzési eljárások használatát a csapadékvíz-elvezető rendszereken belül.

A műtárgyakra, ill. az intézkedésekre vonatkozó ellenőrzési eljárások az immisziós ellenőrzéshez a bemeneti mennyiségeket a vizsgált emissziós jellemző értékekkel, pl. a tehermentesítő térfogatokkal és terhelésekkel, egyidejűleg szolgáltatják. A megfelelő ellenőrzési módszerek kiválasztását össze kell hangolni a pontossági igénnyel, a feladatok és a tervezés célkitűzéseinek függvényében. Az alkalmazáspecifikus kiválasztási kritériumok megtalálhatók az egyes vonatkozó rendelkezésekben. A települési csapadékvíz-elvezetés területén jellemzően a műtárgyakra vonatkozóan elvégzendő ellenőrzési eljárások:

- Heves esőzés szimuláció csapadékvíz-elvezető hálózatok túlduzzasztási gyakoriságának az ellenőrzése, valamint esővíz visszatartó területek tározótérfogatának az ellenőrzése
- Szennyezőanyag-terhelés számítása az egyesített rendszerű csatornahálózatok tehermentesítő viselkedésének ellenőrzése, illetve csapadékvízcsatornákból származó szennyezőanyag-kibocsátások meghatározása;
- Folytonos lefolyásszimuláció a (kombinált) esővízgazdálkodási intézkedések hatékonyságának az ellenőrzése (használat, szikkasztás, tározás)

Ha a célkitűzések betartásának ellenőrzését (emissziós és immisziós) egy kezdetben kiválasztott egyszerűbb ellenőrzési eljárással nem tudják sikeresen végrehajtani, akkor az alábbi lépéseket kell végrehajtani:

- áttérés egy részletesebb ellenőrzési módszerre a ráfordítások figyelembevételével (pl. modellszámítás, vízminőségi vizsgálat) vagy

- egyéb vagy kiegészítő intézkedéseknek beillesztése a vízgyűjtő területen, a vizekben vagy a vizeken, ha szükséges lépésekben, kombinálva a hozzátartozó eredményességi vizsgálattal.

Míg a csapadékvíz-kibocsátások hidraulikus és anyagi hatásait az irodalmi adatokból megfelelő modellmegközelítésekkel lehet becsülni, a vízmorfológiai és az abiotikus feltételekből következő életközösségekre gyakorolt hatásokat csak helyben az intézkedések végrehajtása után lehet rögzíteni. Az ehhez szükséges vizsgálatokkal járó ráfordításokat az integrált csapadékvíz-elvezetési tervezésen kívül kell teljesíteni. Ezeknek a vizsgálatoknak az eredményei az eredményességi vizsgálat egyéb felismeréseivel együtt az integrált csapadékvíz-elvezetési tervezés esszenciális alapját képezik. Ezeket felhasználhatók a tervezési eljárás 3. feladatlépésében.

1.2.5 Költség-összehasonlítás (5.3. feladatlépés)

A leggazdaságosabb megoldás megtalálása érdekében költség-összehasonlítást kell végezni a számításba jövő megoldási változatokra.

- Költség-összehasonlítás, mint döntéshozó támogatás és a lehetséges intézkedések kiválasztási segédeszköze, ha a célkitűzést egyértelműen számszerűsíthető változók határozzák meg, mint pl. a csapadékvíz-elvezető hálózatok túlduzzasztási gyakorisága vagy a szennyvíztisztító telep kibocsátási határértékei.
- Költség-hatékonyság vizsgálat a lehetséges intézkedések hatékonyságának („hasznának”) összehasonlító értékeléséhez az adott (pénzügyi) ráfordítás, valamint a kiegészítő hatások (pl. szabadidőhasználat) figyelembevételében, vagy a hiányzó közvetlen összehasonlíthatóság esetén (pl. alternatív higiéniaiával kapcsolatos koncepciók – központi szennyvízelvezetés és -tisztítás).

1.2.6 A preferált változat kiválasztása (6. feladatlépés)

A preferált változat kiválasztása (6. feladatlépés) egyéni intézkedésként vagy intézkedés-kombinációként a vizsgált megoldási változatok hatásainak és gazdaságosságának az összehasonlító értékelése alapján történik. Adott esetben a megoldási változat hatékonyságának végleges, részletes ellenőrzését hajtják végre. A preferált változat intézkedéseit, amennyiben rendelkezésre állnak, össze kell hangolni a tervezési területen belüli és kívüli további vízhasználatokkal. A koordinált intézkedések gyakran jobb eredményeket érhetnek el ugyanolyan vagy alacsonyabb összköltségek mellett, amelyek befolyhatnak a költségvetés kiegyensúlyozására az érintett vízhasználatok között.

1.2.7 Végrehajtási ütemterv (7. feladatlépés)

A preferált változat és az azt tartalmazó intézkedések sikeres eldöntése után a kiválasztott intézkedések megvalósítását egy ütemtervben előkészítik és végrehajtják. Az intézkedések időbeli sorrendjének meghatározására – a „szomszédos” tervezések figyelembevételével – össze kell állítani egy prioritáslistát, amelybe mind a környezeti és a vizek számára lényeges követelményeket, mind az egyes intézkedések hatékonyságának és a gazdaságosságának kritériumait bele kell foglalni. Adott esetben az időtervet össze kell hangolni a többi vízhasználóval és az egyéb érintettekkel, illetve integrálni kell a vízgyűjtő szintjén jelenleg és az időben párhuzamosan futó tervezésekbe. Adott esetben a megvalósítás előtt a tervek hivatalos átvételére van szükség a közművek építéskivitelezési tervezésébe.

1.2.8 Az üzemeltetés és az eredményességi vizsgálat programja (8. feladatlépés)

A létesítményekre vonatkozó tervezés megkezdése előtt vagy azzal párhuzamosan elő kell készíteni a későbbi üzemeltetésnek, valamint tervezett intézkedések eredményességi vizsgálatának a programját, hogy az üzemeltetési követelményeket már idejében figyelembe lehessen venni. Ide tartoznak a lehetséges üzemeltetési állapotok, különösen a rendkívüli üzemi esetek (téli üzem, árvíz stb.) vizsgálatai is, valamint a későbbi eredményességi vizsgálat ellenőrzésének előírásai.

1.2.9 A létesítményekre vonatkozó tervezés (9. feladatlépés)

A konkrét intézkedési tervezést rendszerint osztályozva a különböző tervezési szakaszokban, növekvő részletességgel és kötelezettséggel hajtják végre, pl. követve a HOAI teljesítményszakaszait. A vízjogi követelmények szerint a tervezési dokumentációt a megvalósíthatósági tervek alapján engedélyezésre készítik el. A szöveges ismertetést számítások, és amennyire a szöveg megértéséhez szükséges, táblázatok és grafikonok egészítik ki. A műtárgyak kiírása a kivitelezési tervek alapján történik, részletes tételes leírással vagy működési kiírással.

Építés és üzemeltetés

Az integrált csapadékvíz-elvezetési tervezés magában foglalja a minden szempontot figyelembe vevő szemlélet igényével a kiválasztott intézkedések felépítését és üzemeltetését is. Ennek célja annak biztosítása, hogy az alapul szolgáló célokat a tulajdonképpeni tervezési eljárásen túl nyomon kövessék és összességében teljesítsék. Ezzel szemben a tapasztalatok és ismeretek az építkezésből és az üzemeltetésből származnak, amelyek visszatérnek a tervezési folyamatba, különösen akkor, ha az üzemeltetésben az eredményességi vizsgálat során hiányosságokat állapítanak meg a tervezési célokkal szemben.

Eredményességi vizsgálat

Az eredményességi vizsgálat módja, terjedelme és nagysága a végrehajtott intézkedések indokaira és a célkitűzéseire irányul. Ha maga települési csapadékvíz-elvezetés indokolja az intézkedéseket (a hiányok megszüntetése, változások a vízgyűjtő területen), akkor az eredményességi vizsgálat a tervezés alapjául szolgáló célleírásokra és a tervezési és a méretezési célok valós üzemben történő teljesítésének a felülvizsgálatára vonatkozik.

Csak a megbízható üzemeltetési adatok megszerzése és kiértékelése ad lehetőséget az intézkedések eredményességét reálisan megítélni. Ez különösen érvényes az esővízkezelő létesítményekből származó vízszennyezésére. Ezért a különböző tartományok önellenőrzési rendeletei megkövetelik a legfontosabb esővíz-tehermentesítő műtárgyak mérési adatainak a gyűjtését és kiértékelését.

A vízvédelem hiányosságainak indokánál rendszerint a hiányosságokat a települési csapadékvíz-elvezetés számára kezelhető mennyiségekre „lefordítják” a megfelelő, a hiányosságok megszüntetésére szolgáló, intézkedések kiválasztásához és méretezéséhez (tervezési és méretezési célok). Ebben az esetben az eredményességi vizsgálat elsősorban ezen célértékek teljesítésének a felülvizsgálatát célozza valós üzem során. A végrehajtott intézkedések közvetlenül az üzemeltetésre vonatkozó eredményességi vizsgálata mindkét esetben a létesítmény üzemeltetőjének a feladata.

Ezen túlmenően az eredményességi vizsgálat az utóbb említett esetben magában foglalhatja annak felülvizsgálatát is, hogy az eredetileg megállapított vízvédelmi hiányosságokat az ily módon kezdeményezett intézkedések végrehajtása után ténylegesen elhárították-e, illetve milyen mértékben hárították el.

Sikertelenség esetén tovább kell vizsgálni, hogy az intézkedések kivitelezése és üzemeltetése a tervek szerint történt-e? Ha ez megerősítést nyer, akkor további vizsgálatokat kell elvégezni a vízvédelmi hiány okának és elhárításának érdekében.

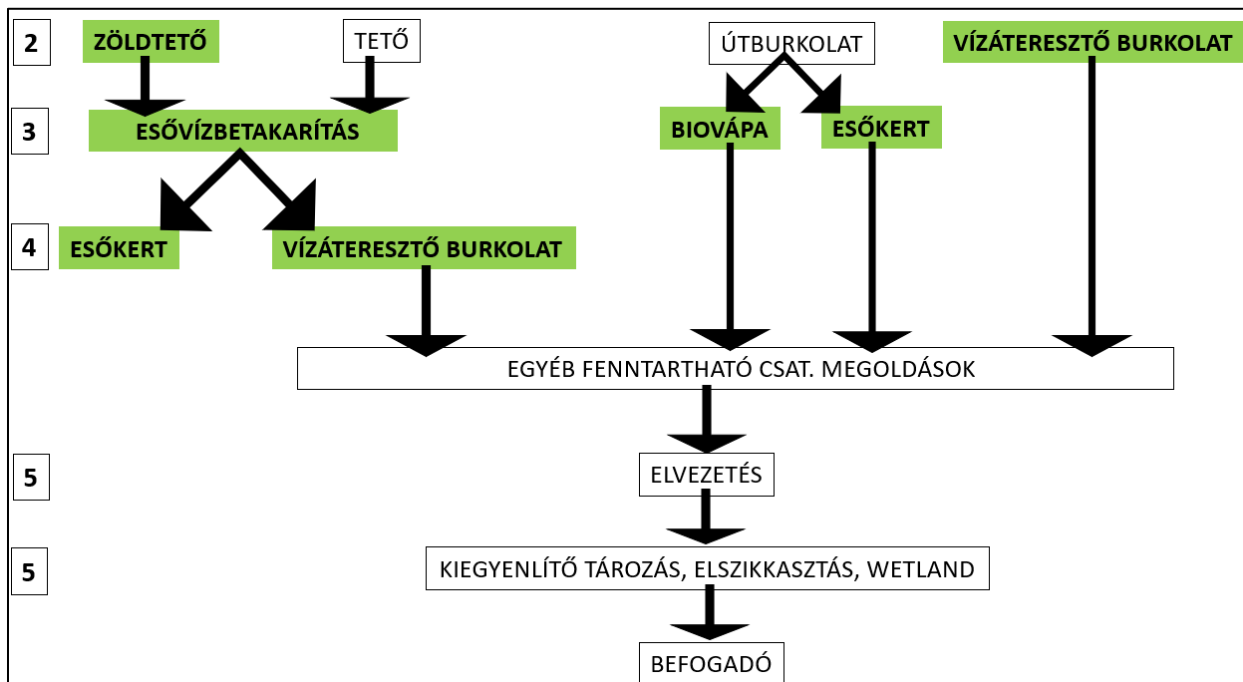
Az integrált csapadékvíz-elvezetési tervezés folyamatos feladatként történő jellemzése miatt, ami magában foglalja a teljes tervezési folyamatot, valamint települési csapadékvíz-elvezetés berendezéseinek építését és üzemeltetését, a tervezési kiindulási helyzet, a bemenő adatok, készletnyilvántartás aktualizálása elengedhetetlen. Ezért az eredményességi vizsgálat keretében rendszeresen, pl. 5-10 évente felül kell vizsgálni, hogy a tervezés bemenő értékei milyen mértékben vannak még összhangban az időközben megváltozott körülményekkel. Jelentős eltérések esetén a számításokat az aktuálisan prognosztizált értékekkel meg kell ismételnünk és adott esetben az intézkedéseket ki kell igazítani.

1.3 KZI elemek kiválasztásának tervezési szempontjai

A tervezés során az egyes KZI elemek - **zöld tetők, esőkertek, biovápák, esővízbetakarítás, vízáteresztő burkolatok** - sorba kapcsolhatók, egymással és a vízvezető rendszer egyéb elemeivel kombinálhatók. 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 melyiket 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.

Forrás: MMK kiadványsorozat FAP-2024/126-VVT-KVT 35-36. oldal



A KZI elemek sorban történő alkalmazása és kapcsolatuk a vízvezető csatornarendszer többi eleméhez; a számok a megoldások rangsorában elfoglalt helyüket jelölik

A következő három táblázatban a bemutatjuk az egyes KZI elem előnyeit, hátrányait, a hátrányok közül kiemelve a kizáró és korlátozó tényezőket, a vízminőségjavítás és a vízvisszatartás terén várható teljesítményüket, az alkalmazhatóságukat - milyen területen

alkalmazható és átalakítás során is választható megoldást jelent-e. Ezek a szempontok fontosak a tervezés, a kiválasztás alkalmával.

KZI elemek előnyök és hátrányok

Forrás: MMK kiadványsorozat FAP-2024/126-VVT-KVT 37-39. oldal

KZI	ELŐNYÖK	HÁTRÁNYOK
ZÖLDTETŐK	<ul style="list-style-type: none"> • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • magasabb költség a hagyományos vízvezetéshez 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	<ul style="list-style-type: none"> • záporvíz kezelés a keletkezés helyén • csökkenti a vezetékes víz iránti igényt 	<ul style="list-style-type: none"> • egészségügyi kockázat • komplex és költséges rendszer • esztétikailag kedvezőtlen a feszín fölötti tartály

ESŐKERTEK	<ul style="list-style-type: none"> • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • meredek terepen nem alkalmazható • útszéli parkolás akadályt jelent • korlátozza a fák telepítését • a kapcsolódó vízvezető rendszer eltömődését okozhatja

<p>VÍZÁTERESZTŐ BURKOLATOK</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • 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
--------------------------------	--	--

KZI elemek osztályozása

Forrás: MMK kiadványsorozat FAP-2024/126-VVT-KVT 40-41. oldal

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, terhelhető- ségének 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

KZI elemek alkalmazását kizáró tényezők

Forrás: MMK kiadványsorozat FAP-2024/126-VVT-KVT 42. oldal

	KORLÁTOZÓ TÉNYEZŐK, KIZÁRÓ OKOK
ZÖLDTETŐK	<ul style="list-style-type: none">• meredek tetőkön nem alkalmazható• az átalakítással történő bevezetését korlátozhatja a tetőgeometria és a statikai terhelhetőség
ESŐVÍZBETAKARÍTÁS	<ul style="list-style-type: none">• gazdaságosság
ESŐKERT	<ul style="list-style-type: none">• a beszivárgásra való alkalmasság megerősítéséhez szükséges a talajmechanikai vizsgálat• nem alkalmazható szennyezett területeken, vagy onnan érkező lefolyás kezelésére
BIOVÁPA	<ul style="list-style-type: none">• meredek terepen nem alkalmazható• útszéli parkolás akadályt jelent
VÍZÁTERESZTŐ BURKOLAT	<ul style="list-style-type: none">• nem alkalmazható olyan helyen, ahová nagy mennyiségű üledék érkezik a lefolyó csapadékvízzel• nagy forgalmú és nagy megengedett sebességű utakon nem alkalmazható

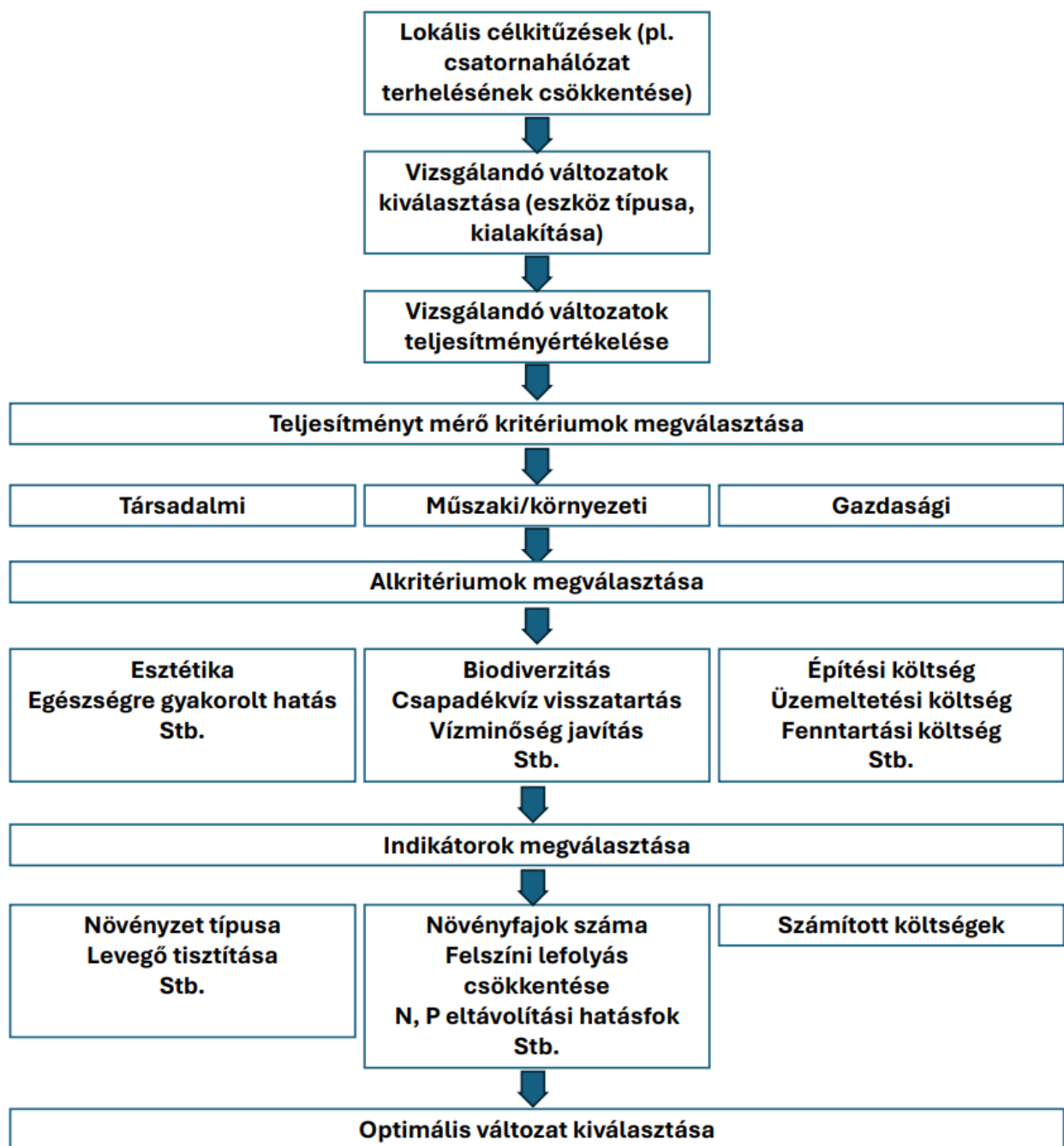
2. ZKI szerepe a városi vízgazdálkodásban, az elérhető eredmények értékelése

2.1 Teljesítményértékelés, az optimális változat kiválasztása

A tervezés első lépéseként azonosítani kell az adott helyszínen jelentkező problémákat, és a tervezett beavatkozások által elérendő célkitűzéseket. A városi vízgazdálkodás szempontjából a ZKI telepítése számos előnnyel járhat, ezek közül néhány:

- **Helyi vízmérleg javítása:** A felszíni lefolyások visszatartásával növelhető a talajba szivárogtatott víz mennyisége és a párolgás, ezzel biztosítva a talajvíz és a városi növényzet vízpótlását/vízellátását, a párolgás fokozásával pedig lehetőség nyílik a mikroklíma kedvező irányú módosítására.
- **Csapadékvíz-elvezető rendszerek és befogadók hidraulikai terhelésének csökkentése:** A csapadékvíz visszatartásával, tározásával, késleltetett tovább vezetésével csökkenthető az elvezető rendszerekbe kerülő víz mennyisége és/vagy a vízhozamcsúcsok nagysága. A rendszer terhelésének csökkentésével mérsékelhető a csapadékvíz-elvezető rendszerek kiöntési gyakorisága, a túlfolyókon keresztül kiömlő víz mennyisége/gyakorisága, a szennyvíztisztító telepek és a befogadók terhelése. Amennyiben kevesebb víz jut a csatornahálózatba, az átemelők kevesebbet üzemelnek, ezáltal jelentős mennyiségű energia és pénz spórolható meg az üzemeltetés során.
- **Vízminőség javítása:** A ZKI jelentős hatással lehet a lefolyó vizek vízminőség javítására. A növények gyökérrendszere és a talaj képesek felszívni, megkötni, lebontani, szűrni a szennyezőanyagokat, ezzel csökkentve a talajba jutó vagy az elfolyó víz szennyezettségét, továbbá a **vízvisszatartás és tározás** által mérsékelhető a szennyező anyagok bejutása a természetes vizekbe.
- **Ivóvíz felhasználás csökkentése:** A modern szemléletű vízgazdálkodás része a felhasznált ivóvíz mennyiségének csökkentése az ivóvíz minőséget nem igénylő vízigények alternatív vízforrásokkal történő kielégítése által. A csapadékvíz visszatartásával az öntözés és az épületeken belüli ivóvíz fogyasztás bizonyos hányada helyettesíthető esővízzel.

Az adott célkitűzés szempontjából optimális beavatkozás a megbízó által megválasztott szempontok alapján kerül megválasztásra, a lehetséges változatok várható hatékonyságának elemzésével. A különböző szempontok alapján történő hatékonyság elemzést, másnéven a teljesítményértékelés folyamatát az alábbi ábra foglalja össze.



A **hatékonyság** definíció szerint „a tervezett tevékenységek megvalósulásának és a tervezett eredmények elérésének mértéke”. Egy másik meghatározás alapján a hatékonyság „a meghatározott cél elérése a lehető legkisebb ráfordítással, vagy az adott ráfordítással a lehető legjobb eredmény elérése.” A létesítendő ZKI által elérhető célkitűzések teljesülésének mértékét a hatékonyságuk meghatározásával adhatjuk meg. Az elérendő célok és a vizsgált ZKI megoldások függvényében más és más kritériumokat és indikátorokat kell alkalmaznunk a hatékonyság, azaz a teljesítmény értékelésére.

A ZKI által elérhető eredményeket számos mérőszámmal lehet kvantifikálni, amelyek különböző aspektusokat ölelnek fel. Megkülönböztetünk társadalmi, gazdasági, műszaki-környezeti szempontokra vetített teljesítményt (kritériumok). A fő kritérium kategóriák alkritériumokra osztoznak, amelyek az elérendő célkitűzéseket jelentik. A célkitűzések teljesítéséhez indikátorokat kell rendelnünk, melyekkel számszerűsíthetővé/értékelhetővé válik a teljesítmény.

Vegyünk példaként egy létesítendő csapadékvízgyűjtő tározót, amelyet egy park öntözésére szeretnénk felhasználni. Ebben az esetben a tározó műszaki és környezeti szempontból értékelhető hatékonyságát aszerint határozhatjuk meg, hogy az öntözési vízigény mekkora hányadát képes fedezni. Azonban az értékelés során nem elegendő csupán a kielégített vízmennyiség százalékos értéket figyelembe venni. Az öntözésre fordítható víz mennyisége jellemzően nem egyenes arányosságban nő a tározótérfogat növekedésével, és mindig van egy határ, ahol nem nő tovább (mivel a tározó növekedésével nem nő a rendelkezésre álló víz mennyisége, azaz a vízgyűjtő terület nagysága). Ezért a tényleges tározótérfogat megválasztásánál és a hatékonyság értékelésénél számításba kell venni a térfogat növekedésével járó költségnövekedést is, illetve egyéb szempontokat is, mint például az elhelyezhetőség vagy a későbbi fenntartási költségek. Adott helyszín szempontjából optimális tározótérfogatot és -kialakítást tehát az elérhető eredmény (műszaki és környezeti szempont: öntözésre felhasználható víz mennyisége, megspórolt ivóvíz mennyisége), a költségek (gazdasági szempont) és az egyéb helyi korlátozó feltételek (társadalmi szempont és műszaki szempont: mekkora tározó helyezhető el műszaki értelemben, a lakosság zavarása nélkül, stb.) közös értékelésével határozhatjuk meg. Ugyanezen elven adhatunk meg kritériumokat és indikátorokat a ZKI eszközök mindegyikére: például az SFR és esőkert típusú megoldások esetén, amelyekben a növénytelepítés fontos elem, lehet célkitűzés a növények számára megfelelő vízmennyiség rávezetése a rendszerre (műszaki és környezeti szempont, indikátor: növényzet vízigénye hány százalékban elégíthető ki csapadékvízből), a környező terület felszíni lefolyásainak mérséklése (műszaki és környezeti szempont, indikátor: lefolyó vízmennyiség csökkentésének mértéke), a felszíni lefolyás vízminőségének javítása (műszaki és környezeti szempont, indikátor: N,P, nehézfémek eltávolítási határfoka), a terület esztétikai értékének növelése (társadalmi szempont, indikátor: növényzet típusa), stb.

A kitűzött célok teljesülésének mértékét tehát a hatékonyságra vonatkozó kritérium- és indikátorrendszer alapján lehet értékelni. A kritériumokat és a hozzájuk kapcsolódó indikátorokat a célkitűzések függvényében kell megválasztani. A prioritizált célok szempontjából optimális beavatkozás a különböző változatok (eszköz típusa, kialakítása) vizsgálatával, a teljesítményértékelés során kapott eredmények összehasonlításával határozható meg.

A ZKI létesítésével elérhető eredmények, amelyek nem csak kedvező irányúak lehetnek, minden esetben helyszín- és eszközspecifikusak. Minden esetben lokálisan kell vizsgálni a tervezett beavatkozások várható hatásait, mivel nincs olyan univerzális megoldás, amely ugyanarra a problémára mindenhol ugyanolyan hatékonysággal alkalmazható.

A vízgazdálkodáshoz, vízminőség javításhoz és a gazdasági szempontokhoz kapcsolódó indikátorokra néhány példa:

1. Vízgazdálkodási indikátorok:

- **Összegyűjtött és újrahasznosított csapadékvíz mennyisége:**
 - Az összegyűjtött és felhasznált csapadékvíz mennyisége.
 - Megspórolt ivóvíz mennyisége.
- **Csapadékvíz-elvezető rendszerek, befogadók hidraulikai terhelésének csökkentése:**
 - Az a vízmennyiség, amely nem kerül a csatornarendszerbe.
 - Kiöntések és hálózati túlfolyások gyakoriságának csökkenése.
 - Megspórolt villamosenergia költség (hálózat, szennyvíztisztító telep).
- **Talajvíz szintjének növekedése:**
 - A talajvízszint emelkedése a talajba szivárogtatás következtében.

2. Szennyezőanyag-csökkentési mérőszámok:

- **Szennyezőanyagok eltávolítása:** Az eltávolított szennyezőanyagok (pl. nitrátok, foszfátok, nehézfémek) mennyisége.
- **Vízminőség javulás** (pl. pH, oldott oxigén, BOD értékek): Az elfolyó vízminőség paramétereinek javulása.

3. Gazdasági mérőszámok:

- **Bekerülési költségek:** A ZKI létesítésének költsége.
- **Karbantartási és üzemeltetési költségek:** A ZKI fenntartásának éves költsége.
- **Költségmegtakarítás:** A csapadékvíz újrahasznosításából és a csatornarendszer tehermentesítéséből származó megtakarítás.

Ezek a mérőszámok segíthetnek azonosítani és értékelni a létesítendő ZKI hatékonyságát, biztosítva ezzel a projektek hatékony tervezését és megvalósítását. A célkitűzések és a megoldások függvényében más és más indikátorok alkalmazandók.

2.2 A hatékonyságot befolyásoló tényezők

Az elérhető célkitűzéseket és a ZKI hatékony működését az elérni kíván eredmények szempontjából számos tényező befolyásolja a tervezéstől egészen a telepítést követő üzemeltetésig/karbantartásig. Ezek közül a legfontosabbak:

2.2.1 Tervezési helyszín adottságai

A tervezési helyszín jellemzői megszabják, hogy milyen típusú ZKI alkalmazható, és korlátozhatják azok fizikai megvalósíthatóságát. A helyi adottságok figyelembevételével határozhatók meg a fizikai méretek és a végső kialakítás. A földrajzi elhelyezkedés, a

domborzat, a talajviszonyok, az éghajlati feltételek, a helyi vízkörforgás, a meglévő infrastruktúra mind befolyásolják a létesítendő ZKI hatékonyságát.

- **Talajtulajdonságok és talajvízszint:** A talaj vízáteresztő képessége, szerkezete és tápanyagtartalma fontos jellemzők a tervezés és a későbbi működés szempontjából. Megfelelő talajtulajdonságok szükségesek a növények egészségesen tartásához, továbbá a hatékony vízelvezetéshez és víztisztításhoz. A kedvezőtlen talajminőség, például túl agyagos talaj, illetve a magas talajvízszint akadályozhatja a növények gyökérzetének megfelelő fejlődését és a víz beszivárgását. A talaj tulajdonságai a mélység mentén változhatnak, ezért a tervezésénél több helyen is vizsgálni kell a jellemzőit: a vízgyűjtő felszínén, a ZKI megoldást kitöltő talajban (amennyiben van ilyen) és a szikkasztási mélységben (amennyiben történik talajba szivárogtatás).
- **Földrajzi elhelyezkedés, domborzat:** A terepviszonyok meghatározzák a vízáramlás irányát és sebességét, ami befolyásolja a ZKI rendszerek elhelyezhetőségét és hatékonyságát. Meredek lejtőkön például nehezebb lehet a víz visszatartása, a növényzet telepítése, illetve a tereplejtés növekedésével a talaj csúszásának kockázata is nő.
- **Klimatikus viszonyok:** A helyi éghajlat, beleértve a csapadék mennyiségét, a hőmérsékletet és az egyéb időjárási tényezőket, meghatározza, hogy mely növények és rendszerek működhetnek hatékonyan. A hatékonyságot leginkább befolyásoló tényező a csapadék mennyisége és éven belüli eloszlása. A szélsőséges csapadékesemények vagy hosszabb száraz időszakok hatással lehetnek a rendszerek teljesítményére, mint például a felszíni lefolyás csökkentő képességére, továbbá a visszatartható és hasznosítható/talajba szivárogtatható víz mennyiségére.
- **Növényzet és biodiverzitás:**
 - **Növényfajok kiválasztása:** A megfelelő növényfajok kiválasztása, amelyek jól alkalmazkodnak a helyi körülményekhez és hatékonyak a vízkezelésben, kritikus a ZKI rendszerek hatékonysága szempontjából.
 - **Biodiverzitás:** A magas biodiverzitás javíthatja a ZKI rendszerek ökológiai működését és stabilitását, valamint növelheti a rendszerek rugalmasságát a változó körülményekkel szemben.

2.2.2 Tervezés, kivitelezés, integráció

A megoldások hatékonysága nagyban függ a tervezés, kivitelezés minőségétől, és a meglévő, helyi infrastruktúrába történő integrálástól. Fontos a helyi környezeti és társadalmi viszonyok figyelembevétele.

- **Megfelelő tervezés és kivitelezés:** A hatékony ZKI megoldások alapos tervezést és kivitelezést igényelnek, hogy a konkrét helyszíni körülmények és vízgazdálkodási célok figyelembevételével lehessen őket megvalósítani. Méret szempontjából megkülönböztetünk kis, közepes és nagy megoldásokat. A kisebbekre jó példa az esőkert, zöldtető, tetővízgyűjtő tartály, melyeket jellemzően egy telken belül alakítunk, míg a nagyok közé sorolhatók a víztározó tavak. A kisebb, telek szintű tervezői eszközök önállóan elhelyezve csak lokális problémákra adnak megoldást, azonban megfelelő stratégiai tervezés mellett, a nagyméretű tömb szintű eszközökhöz hasonlóan, nagyobb térbeli léptékben is fejthetnek ki hatást. Például egy telken elhelyezett esőkertnek nagyságrendileg a telken és annak szűk környezetében lesz hatása a vízháztartás alakulására. Ezzel szemben amennyiben több esőkertet rendszert alkotva helyezünk el a területen (például összefüggő utcák mentén), már elképzelhető a telkeken túlnyúló hatásterület, és a kapcsolódó infrastruktúra, úgymint a csapadékvíz-elvezető rendszerek terhelése is mérsékelhető.

2.2.3 Fenntartás

A ZKI fenntartása magában foglalja az elemek rendszeres ellenőrzését, továbbá az állapotuk megőrzése érdekében tett intézkedéseket. A fenntartás célja, hogy a ZKI elemei hosszú távon is hatékonyan működjenek. A kezdeti hatékonyság az idő múlásával karbantartás nélkül csökkenést mutathat.

Növényzettel borított ZKI esetén ide tartozik a növények egészségének nyomon követése, öntözése, nyírása, cseréje, a talaj minőségének javítása. A víz beszivárogtatásán, szikkasztásán alapuló módszereknél fontos a szivárogtató felület vízáteresztő képességének megőrzése. A szikkasztáson alapuló megoldásoknál mindig gondolni kell a kolmatációra, és bizonyos időközönként felül kell vizsgálni a szikkasztó felszín szivárogtató képességét, és ha szükséges, be kell avatkozni (tisztítással vagy talajcserével). A vízáteresztő burkolatok különösen érzékenyek a finom szemcsés szennyeződésekre, ezért kerülni kell az ezzel telített csapadékvíz rávezetését. A burkolatok vízáteresztő képességének exponenciális jellegű csökkenése figyelhető meg az idő múlásával, pár éven belül már jelentős mértékben visszaeshet a kezdeti vízelvezető képességük. Budapesten végzett mérések eredményei azt mutatták, hogy átlagosan 5 év után válik szükségessé a burkolatok tisztítása, mivel ekkor éri el a felszín vízáteresztő képessége a hazai tervezésben mértékadó intenzív csapadékok tartományát. A vízelvezetés kiegészítő elemeit, úgymint a folyókákat, túlfolyókat, dréncsöveket, tisztítónyílásokat folyamatosan monitorozni kell, és szükség esetén gondoskodni kell a tisztításukról.

A lakosság bevonása a karbantartási tevékenységekbe fokozhatja a ZKI rendszerek hatékonyságát és hosszú élettartamát.

2.2.4 Monitorozás és adaptív irányítás

- **Adatgyűjtés:** A ZKI rendszeres monitorozása, a működéshez kapcsolódó adatok gyűjtése és kiértékelése lehetővé teszi az eszközök teljesítményének értékelését, a fenntartási munkák megtervezését, és a fejlesztendő területek azonosítását.
- **Adaptív irányítás:** Olyan rugalmas rendszerek kiépítése a cél, amely lehetővé teszi a mérési eredmények és a változó körülmények alapján történő beavatkozásokat.

2.2.5 Innovatív megoldások

A korszerű technológiai megoldások alkalmazása növelheti a ZKI hatékonyságát. Az innovatív anyagok és technikák, mint például az intelligens vízgazdálkodási rendszerek, javíthatják a hatékonyságot. Erre jó példa a csapadékvízgyűjtő tartályok szabályozott működtetése. A tározók vízszintmérőkkel vannak felszerelve, és a következő nagycsapadék érkezése előtt leürítjük őket, ezzel biztosítva, hogy legyen tározótér felfogni a csapadék egy részét, késleltetve/megelőzve a víz csatornahálózatba kerülését. A csapadékmentes időszakokban a tározott vizet visszatárolhatjuk például öntözésre.

2.2.6 Oktatás, információ átadás

Az érdekelt felek, köztük a lakosok, infrastruktúra üzemeltetők és az önkormányzati alkalmazottak oktatása, tájékoztatása a ZKI előnyeiről, a tervezés, kivitelezés, fenntartás, fenntartás szempontjairól, javíthatja ezek hatékonyságát és fenntarthatóságát.

2.3 A ZKI-val elérhető eredmények bemutatása

A ZKI lokális vízgazdálkodásban betöltött szerepének bemutatására számos nemzetközi kutatás és projekt készült. Eltérő karakterisztikájú helyszíneken, különböző eszközök alkalmazását vizsgálták. Az eredményeket tekintve azonos kép rajzolódik ki: a célkitűzések szempontjából értékelt hatékonyság nagy szórást mutat. Ez azt jelenti, hogy minden tervezési helyszínen vizsgálni kell a tervezett beavatkozások várható hatásait, hiszen a kedvező eredmények mellett az is lehetséges, hogy a ZKI telepítésével nem, vagy csak elhanyagolható mértékben érünk el javulást (vagy extrém esetben rontunk a meglévő állapoton). A változatok elemzésével megtalálhatjuk a legkedvezőbb megoldást, amellyel a tervezett ráfordítások (anyagi, idő, stb.) mellett a legjobb hatékonysággal működő rendszert kapjuk.

Számos tulajdonság befolyásolja a ZKI megoldások hatékony működését:

- a tározóközeg nagysága (földmélyedés, pórusok, tartálméret, stb., lásd x. fejezet) és összetétele, nagysága aránya a vízgyűjtőterülethez viszonyítva;

- az eltávozó víz szabályozása (párolgás lehetősége, túlfolyó kialakítása, altalaj szivárogtató képessége, talajvíz szintje, stb.);
- az alkalmazott növényzet típusa;
- az eszköz kivitelezése és későbbi fenntartása.

Az alábbi alfejezetekben néhány nemzetközi tanulmányon keresztül mutatjuk be, hogy mekkora változékonyság jellemzi a ZKI eszközök alkalmazásával elérhető eredményeket.

2.3.1 Hidrológiai teljesítmény

A ZKI eszközök hidrológiai teljesítményét az alábbi indikátorok alapján szokták a leggyakrabban értékelni:

- Lefolyás mennyiségének csökkentése: A ki- és túlfolyó térfogatok és a befolyó térfogatok közötti abszolút százalékos különbség (ezzel párhuzamosan számítható a talajba szivárgó és az elpárolgott víz mennyisége).
- A levonuló csúcshozam mérséklése: Túlfolyási és a beömlési csúcsvízhozam abszolút százalékos különbsége.
- Visszatartási arány: Azon események számának százalékos arányaként értékelik, amelyek esetében a beömlő víztérfogat ki- és túlfolyás nélkül tározásra kerül.

Külön értékelhető a környező rendszer (például csapadékvíz-elvezetés) terheléscsökkentése szempontjából is a hidrológiai teljesítmény (például a hálózatban kialakuló csúcsvízhozamok mérséklése).

Helyi vízmérleg javítása

A ZKI telepítése pozitívan befolyásol(hat)ja a városok vízháztartási mérlegét, azonban a tervezési helyszíntől és a kialakítástól függően nagymértékben eltérő eredményeket figyelhetünk meg (Például Pochodyła, E., Glińska-Lewczuk, K., & Jaszczak, A. (2021). Blue-green infrastructure as a new trend and an effective tool for water management in urban areas. *Landscape Online*, 92. <https://doi.org/10.3097/LO.202192>: lefolyás csökkentése (2%-100%), a csúcsvízhozamok csökkentése (7%-70%), a beszivárgás (60%-ig) vagy a párolgztatás (19%-84%) növelése).

A beszivárgás (felszínről a burkolatba/talajrétegbe, és az eszközből az altalajba) sebessége nem állandó, a lefolyó csapadékvízben lévő finomszemcsés szennyeződések hatására idővel jelentős mértékben csökkenhet. A hidrológiai teljesítmény tehát nem tekinthető konstansnak, hanem időben változik a ráfolyó víz mennyiségének és az esetleges tisztítások/rétegcserék függvényében.

Csapadékvíz-elvezető rendszerek és befogadók hidraulikai terhelésének csökkentése

A városi lefolyások talajba szivárogtatásával vagy ideiglenes tározásával csökkenthető a csapadékvíz-elvezető rendszerekre nehezedő nyomás, így jelentősen mérsékelhetőek a

befogadók irányába történő csapadékvíz-túlfolyások gyakorisága és mennyisége (például Chen és mtsai., 2019).

Egy németországi tanulmányban a berlini csatornahálózat túlfolyóinak terheléscsökkentési lehetőségeit vizsgálták ZKI alkalmazásával. Három különböző ZKI telepítési stratégiát dolgoztak ki az „Alt-Schöneberg” városrészre, melyek különböző ZKI megoldás kombinációkat és kapcsolt vízgyűjtő terület nagyságokat foglaltak magukba. A tervezési folyamatot workshop formájában szervezték meg a helyi hatóságok, vízművek, kutatók, mérnökök és várostervezők képviselőinek részvételével. A workshop résztvevőit három heterogén A-C csoportra osztották, amelyek egymástól függetlenül dolgoztak ki egy-egy ZKI telepítési stratégiát. A három vizsgált A-C stratégia 28%-kal (A), 38%-kal (B) és 39%-kal (C) csökkentette az összes felszíni lefolyást, és 45-58%-kal a túlfolyókon kijutó víz mennyiségét. A legkisebb kapcsolt vízgyűjtővel operáló stratégia (A stratégia) gyakorolta a legkisebb relatív hatást a teljes lefolyásra.

A ZKI rendszerek hatékonyan csökkenthetik a városi lefolyáscsúcsokat és a lefolyó víz mennyiségét, ezáltal az elvezető hálózatokba jutó víz és a csapadékvíz-túlfolyás mennyiségét alacsony intenzitású és rövid ideig tartó csapadékesemények során, de nem hatékonyak a nagy intenzitású eseményeknél (Tao és társai (2017), [Eckart et al., 2017](#), [Li et al., 2019](#)). Számos egyéb kutatás támasztja alá, hogy a tipikus kisebb mérettartományba tartozó ZKI megoldások a **kis- és közepes intenzitású csapadékok esetén hatékonyak a csapadékvíz visszatartása szempontjából**. Az alábbiakban bemutatunk néhány eredményt nemzetközi szakirodalomból az esőkertek esetére. Hunt és társai (2008) egy esőkertet tanulmányoztak, amely egy 0,37 hektáros aszfalt parkolóhoz kapcsolódott Charlotte-ban, Észak-Karolinában. Az esőkert a kis- és közepes csapadékok esetén (40 mm-es vagy kisebb) képes volt legalább 96%-kal csökkenteni a keletkező csúcsvízhozamokat, de kevésbé hatékony a működése nagyobb események esetén. Egy kínai kutatásban (Guo, Chao, Jiakeli, Huaien Li, Bei Zhang, Menghua Ma, and Fan Li. 2018. "Seven-Year Running Effect Evaluation and Fate Analysis of Rain Gardens in Xi'an, Northwest China" *Water* 10, no. 7: 944. <https://doi.org/10.3390/w10070944>) 7 évig monitorozták három esőkert lefolyáscsökkentő hatását. A lefolyás mennyiségének csökkentése 9,8% és 100,0% között, míg a csúcsvízhozam csökkentése 38,3% és 100,0% között mozgott az esőkertekben. Az éves átlagos lefolyáscsökkentési arány kezdetben növekvő, majd csökkenő tendenciát mutatott az idő múlásával. A talaj eltömődése a későbbiekben csökkenő lefolyáscsökkentési arányt eredményezett. Egy amerikai tanulmányban (Cincinnati, Ohio) egy nagyobb méretű esőkert-rendszer vízvisszatartó képességét vizsgálták. Az esőkert-rendszert 2010 ősztől 2011 tavaszáig építették, amely egy felső (400 m²) és egy alsó (300 m²) esőkertből áll, és egy körülbelül 9000 m² nagyságú vízgyűjtő terület kapcsolódik hozzá. Az esőkertekkel az összes befolyó vízmennyiség több mint 50%-át sikerült visszatartani, és az összes csapadékesemény 90%-a túlfolyás nélkül a rendszerben maradt. A túlfolyó vízhozamok csúcsait átlagosan 5,5 órával sikerült késleltetni, amely kedvező az egyesített csatornarendszer szempontjából. Yan-wei Sun és társai (2019) is hasonló következtetésekre jutottak 10 év hosszúságú szimulációs modellezéssel vizsgálva az esőkertek által visszafogható

víz mennyiségét. A modellben 50% körüli csapadékvíz visszatartást számítottak, és az alacsony intenzitású csapadékok tartományában volt hatékony az esőkertek működése ([Impacts of rainfall and catchment characteristics on bioretention cell performance - ScienceDirect](#) (Az esőkert lefolyástérfogat csökkentése általában 9,80% és 100,0% között mozgott, átlagosan 60,0%-kal, az vízhozamcsúcs csökkenése pedig 20,3% és 100,0% között változott, átlagosan 62,5%-kal).

Az alábbi kutatások alapján is jól látszik, hogy a kis- és közepes intenzitású csapadékok tartományában működnek hatékonyan a csapadékvíz visszatartás szempontjából az olyan kis méretű ZKI megoldások, mint például az esőkert. Ezzel összhangban **általában 0,5-2 éves visszatérési idejű csapadékmennyiség kezelésére tervezik ezeket** (<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1370826/FULLTEXT01.pdf>).

A „Valós idejű irányítás” (Real Time Control - RTC) alkalmazása egyre népszerűbb módszer a befogadó irányába túlfolyó víz mennyiségének csökkentésére. A valós időben mért és feldolgozott adatok alapján szabályozhatjuk a csapadékvíz-elvezető rendszer elemeit, ami optimalizálhatja a működést és növelheti a rendszer teljesítményét a tározókapacitás hatékonyabb kihasználásával. A természetalapú megoldások és az RTC együttes implementációja hatékonyabban csökkentheti a túlfolyók terhelését, mint a beavatkozások önmagukban (Altobelli és mtsai., 2020).

2.3.2 Vízhőminőség javítása

A ZKI megoldások szennyezőanyag-koncentráció és/vagy -terhelés csökkentő képessége a városi csapadékvízminőség javítása szempontjából jelentős potenciált tartogat. Az elfolyó víz minősége nagymértékben függ a ZKI eszközök hidrológiai teljesítményét befolyásoló valamennyi paramétertől. Emellett fontos tényező a befolyó szennyezőanyagok koncentrációja is, mivel ez is befolyásolja az eltávolítás hatékonyságát.

A városokban a felső talajréteg és a növényzet eltávolítása csökkenti a természetes közegek szennyezőanyag-szűrő képességét, és mivel a hagyományos vízvezető-rendszerek úgy vannak kialakítva, hogy a vizet gyorsan, kezelés nélkül elvezessék, a szennyezőanyagokat közvetlenül, tisztítás nélkül juttatják a befogadó vizekbe.

A városi felszínekről keletkező lefolyás vízminősége nagyban függ a felülethasználat típusától. A csapadékvíz alapvetően nem tiszta víz, a szennyezettség mértéke a közel tisztától az erősen szennyezettig terjedhet. A zöldfelületekről, tetőkről, járdákról lefolyó víz általában tisztítás nélkül is bevezethető a befogadóba. Ezzel szemben a nagyobb forgalmú utacról és parkolókról érkező csapadékvíz esetében szükség van tisztítására, melyet a szennyezés típusa és mértéke határoz meg. Erősen szennyezett burkolt felületek (iparterületek, kamionparkolók, stb.) vizei esetén nem opció a víz talajba szivárogtatása, ilyen esetekben zöld megoldások nem

alkalmazhatók. A tisztítás szükségességét és a lehetséges megoldásokat minden esetben egyedileg, az adott helyszín tulajdonságai alapján kell értékelni.

Az olyan zöld-kék megoldások, mint például az esőkertek, zöldtetők és az SFR, több rétegből állnak, melyek alkalmasak lehetnek a vízgyűjtő felszínéről lefolyó csapadékvíz tisztítására. A fő cél a szennyezőanyagok és a felesleges tápanyagok eltávolítása, mielőtt a víz beszivárog a talajba vagy a felszíni vizekbe kerül.

A csapadékvízben előforduló szennyezőanyag típusokat és a ZKI eszközök szennyezőanyag-eltávolítási mechanizmusait az alábbi táblázat foglalja össze.

Removal mechanisms for each pollutant category (adapted from Wilson et al, 2004)

Pollutant	Removal mechanisms in SuDs
Nutrients Phosphorous, nitrogen	Sedimentation, biodegradation, precipitation, de-nitrification.
Sediments Total suspended solids	Sedimentation, filtration.
Hydrocarbons TPH, PAH, VOC, MTBE	Biodegradation, photolysis, filtration and adsorption.
Metals Lead, copper, cadmium, mercury, zinc, chromium, aluminium	Sedimentation, adsorption, filtration, precipitation, plant uptake.
Pesticides	Biodegradation, adsorption, volatilisation.
Chlorides	Prevention.
Cyanides	Volatilisation, photolysis.
Litter	Trapping, removal during routine maintenance.
Organic matter, BOD	Filtration, sedimentation, biodegradation.

A vízminőség javítására szolgáló rétegek:

1. Talajréteg: A talajréteg szűrőként működik, amely mechanikusan eltávolítja a szennyeződések, emellett elősegíti a víz lassú átszivárgását, amely csökkenti a felszíni elfolyás mértékét és elősegíti a víz természetes úton történő tisztulását.

2. **Növényréteg:** A beültetett növények gyökerei felszívják a tápanyagokat és a szennyezőanyagokat. A növények emellett oxigént juttatnak a talajba, amely támogatja a talajban élő mikroorganizmusok tevékenységét.
3. **Mikrobaréteg:** A talajban és a növények gyökerei körül élő mikrobák kulcsszerepet játszanak a szennyező anyagok lebontásában. Ezek a mikroorganizmusok biokémiai folyamatok révén ártalmatlan vegyületekké alakítják át a szennyező anyagokat, tovább javítva az átszűrt víz minőségét.

Összességében, a talaj, a növényzet és a mikrobák együttesen járulnak hozzá az átszűrt víz minőségének javulásához. A vízminőség javítására kiegészítő elemek is tervezhetők. Az egyik ilyen az olaj- és zsír leválasztására szolgáló megoldások, melyeket a ZKI eszközre ráfolyó víz előkezelésére alkalmazhatunk, vagy a befogadóba kijutó/beszivárgó vizet tisztíthatjuk vele (például olajfogó aquatextíliák).

Számos tanulmány kimutatta a zöld megoldások szennyezőanyag eltávolítási hatékonyságát. A bioretenció egy olyan fenntartható vízgazdálkodási megoldás, amely a csapadékvíz kezelésére és tisztítására szolgál. Ez a módszer növényzettel borított, speciálisan kialakított területeket használ a lefolyó víz összegyűjtésére, elszivárgására és szűrésére. A bioretenciós területek több rétegből állnak, beleértve a növénytakarót, a szűrőközeget (mint például a homok vagy speciális talajkeverék) és az alatta lévő vízelvezető rendszert. Ezek a rétegek segítenek eltávolítani a szennyezőanyagokat, mielőtt a víz visszajutna a talajba vagy a vízelvezető rendszerbe.

Terepi mérésekkel igazolták, hogy a bioretención alapuló képesek csökkenteni a nehézfémek, az összes lebegő szilárd anyag (TSS), az olaj és zsír, a biológiai oxigénigény (BOD), a nitrogén- és foszfor, valamint a fekális indikátorbaktériumok koncentrációját (Liu et al., 2014).

A kitöltőanyag jellemzői (talajkeverék, növények) és a talajba szivárgás sebessége kritikus tervezési paraméterek, amelyek meghatározzák a biológiai visszatartó cellák szennyezőanyag-eltávolítási teljesítményét. A bioretención alapuló eszközök, mint például az esőkertek és a szivárogtató árkok, idővel elveszítik tisztító képességüket, amikor a szűrőközeg eléri a szennyezőanyag-adszorpció telítési pontját.

A hidrológiai célkitűzések és a vízminőség javítása szempontjából értékelt teljesítmény az eszköz típusától, kialakításától, és a helyszíni adottságoktól függ. **Az elérhető eredmények nagy változékonysága arra utal (lásd.: soron következő táblázat), hogy minden projektnél szükség van a tervezett beavatkozás várható működési hatékonyságának vizsgálatára.**

A ZKI által elérhető eredmények összefoglalása a hozzáférhető irodalmak alapján

(Forrás: Pochodyła-Ducka, Ewelina & Jaszczak, Agnieszka & Glińska-Lewczuk, Katarzyna. (2021). Blue-green infrastructure as a new trend and an effective tool for water management in urban areas. Landscape Online. 92. 1-20. 10.3097/LO.202192.)

ZKI eszköz	Hatás	Eredmények	Hivatkozás
Esőkertek	Csapadékvíz visszatartás	Lefolyás mennyiségének csökkentése: 42%	Yang és társai (2009)
		Lefolyás mennyiségének csökkentése: 12.7-19.4%	Autixier és társai (2014)
		Lefolyás mennyiségének csökkentése: 1.93-9.69%	Li és társai (2018)
		Csúcsvízhozam csökkentése: 70%	Yang és társai (2009)
		Csúcsvízhozam csökkentése: 7-56%	Autixier és társai (2014)
		Beszivárgás növelése: 60%	Zhang és társai (2019)
		Evapotranspiráció: 19-84%	Ebrahimian és társai (2019)
	Vízminőség javítása	Nehézfémek eltávolítása: 90% réz, ólom, cink	Dietz és Clausen (2005)
		TKN csökkentése: 68%	
		N(NH3-N) csökkentése: 87%	
		NO3-N csökkentése: 24%	Siwec és társai (2018)
		Nehézfémek eltávolítása: 80-90% réz, ólom, cink, kadmium	
		Policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) csökkentése: 70-90%	
		Foszfát csökkentése: 63%	
Szemcsés szennyeződések eltávolítása: 90%			
Zöldtetők (E-extenzív, SI-szemintenzív, I-intenzív)	Csapadékvíz visszatartás	Lefolyás mennyiségének csökkentése: 50-100%	Rowe (2011)
		Lefolyás mennyiségének csökkentése: 2-100%	Soulis és társai (2017)
		Lefolyás mennyiségének csökkentése: 40-80%	Xing és Jones (2019)
		Lefolyás mennyiségének csökkentése: 5-69% (hagyományos tetőkhöz viszonyítva)	Li és társai (2019)
		Evapotranspiráció: 51.5%	Besir és Cuce (2018)
		(E)Evapotranspiráció: 83%	Ebrahimian és társai (2019)
		Csapadékvíz visszatartása: 30-86%	
	Vízminőség javítása	(SI) Nehézfémek eltávolítása: 99% ólom, 99% cink, 99% réz, 98% kadmium (nyár)	Berndtsson (2010)
		(SI) Nehézfémek eltávolítása: 68% réz, 2%	

ZKI eszköz	Hatás	Eredmények	Hivatkozás
		cink, 88% kadmium, 94% ólom (tél)	
		(E) Nehézfémek eltávolítása: 97% réz, 96% cink, 92% kadmium, 99% ólom (nyár)	
		(E) Nehézfémek eltávolítása: 44% réz, 72% cink, 62% kadmium, 91% ólom (tél)	
		Nehézfémek eltávolítása: 61% króm, 24% mangán, 93% ólom, 8% cink	
Zöldhomlokzatok	Csapadékvíz visszatartás	Lefolyás mennyiségének csökkentése: 20-87%	Lau és Mah (2018)
		Lefolyás mennyiségének csökkentése: 4%	Radic és társai (2019)
		Csapadékvíz visszatartása: 45-75%	Kew és társai (2014)
		Csapadékvíz visszatartása: 45-75%	Lau és Mah (2018)
		Evapotranspiráció: 23%	Van de Wouw és társai (2017)
Vízátteresztő burkolatok	Csapadékvíz visszatartás	Lefolyás mennyiségének csökkentése: 1-40%	Hu és társai (2018)
		Csúcsvízhozam csökkentése: 42.9-57.2%	Lin és társai (2014)
		Csúcsvízhozam csökkentése: 7-43%	Hu és társai (2018)
		Összes kifolyó vízmennyiség csökkentése: 10-20%	Lin és társai (2014)
	Vízminőség javítása	Nehézfémek eltávolítása: 84% ólom, 77% kadmium, 73% cink	Legret és Colandini (1999)
		Nehézfémek eltávolítása: 99% cink	Winer (2000)
		Lebegőanyag eltávolítása: 82-95%	
		Összes foszfor eltávolítása: 65%	
		Lebegőanyag eltávolítása: 79.8-98.6%	Niu és társai (2016)
		Kémiai oxigénigény csökkentése: 9%	
Összes foszfor eltávolítása: 74.2%			

2.3.3 Az ivóvíz-felhasználás csökkentése

Az éghajlatváltozás és az emberi tevékenységek következtében az édesvízkészletek fokozódó szennyezettsége, az ivóvízkészletek fogyatkozása, és az ezekkel párhuzamosan növekvő vízigény a vízellátás újragondolását vonja maga után. A fenntartható vízgazdálkodásban a csapadékvizet, a szürkevizet és a talajvizet egyre inkább alternatív vízforrásként kezelik az olyan vízhasználatok kiváltására, amelyek nem igényelnek ivóvíz-minőséget.

Az esővíz gyűjtésével csökkenthető a felhasznált ivóvíz mennyisége, elsősorban az olyan alacsonyabb rendű háztartási célú vízhasználatok esetén, mint például a locsolás, WC öblítés, mosás, autómosás, medencék feltöltése, melegvíz rendszerek ellátása, épületek szellőzőrendszereinek nedvesítése vagy tüzivíz. Az esővízgyűjtés legegyszerűbb kialakítási lehetősége a tetőfelületekhez kapcsolt csapadékvízgyűjtő-tartályok elhelyezése.

Az ivóvíz-felhasználás csökkentése szempontjából értékelhető hatékonyságot számos helyszín- és kialakítás függő tényező befolyásolja: az éghajlati övezet, a csapadékesemények jellemzői, a tető típusa, a tető lejtése, a csapadékvízgyűjtő felület nagysága, az épületek vízfogyasztása, az épület típusa stb. A tartálytér fogat megválasztása során kulcskérdés a vízellátás hatékonyságának értékelése, azaz, hogy a vízigény és a rendelkezésre álló víz mennyisége időben hogyan viszonyul egymáshoz. A hatékonyság nem állandó, függ a tározótér fogat nagyságától, a rendelkezésre álló víz mennyiségétől (a vízgyűjtő mérete és a ráhulló csapadék mennyisége a korlát) és a vízfogyasztás jellemzőitől. Adott vízgyűjtő méret mellett (pl. tetőfelület) az elérhető hatékonyságnak van egy felső határa, amely már a térfogat növelésével sem növelhető tovább (általános esetben ez a határ nem 100%, vagyis nem elégíthető ki az időben fellépő összes vízigény). Az ellátási hatékonyság az ilyen esetekben többlet vízgyűjtő felületek bevonásával javítható, vagy kiegészítő vízforrásokra van szükség.

A szakirodalomban az esővízgyűjtő rendszerek használata során a vízmegtakarítási hatékonyság 17 % és 100 % között mozog ([Water savings and reduction of costs through the use of a dual water supply system in a sports facility - ScienceDirect](#)).

A csapadékvízgyűjtő rendszerek telepítése előtt minden esetben költség-haszon elemzést kell elvégezni, számításba véve az építési és fenntartási költségeket, és a megspórolt vízmennyiséget. Hangsúlyoznánk, hogy Magyarországon a jelenlegi ivóvíz díjak mellett nem várható a csapadékvízgyűjtő tartályok költségének megtérülése a tervezett életciklus alatt. A jövőben azonban az éghajlatváltozás következtében csökkenő vízkészletek és a várhatóan növekvő vízdíjak mellett javulhat a megtérülési arány.

3. A méretezés alapjai, módszertanai, eszközei

3.1 KZI elemek méretezése

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

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

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

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

Bár a KZI eszközei a csapadék és az abból keletkező lefolyás helyben tartását és hasznosítását vagy hasznosulását célozzák, nem minden esetben függetleníthetők a már meglévő csapadékvíz elvezető rendszertől (csapadék csatornától és műtárgyaitól). Új beépítésű területen is gyakran vízvezető rendszerelemek teremtik meg a kapcsolatot a vízgyűjtő és a tározó eszköz vagy több tározó között ennek következtében is a rendszer méretezésének minden rendszerelemre, így az elvezető és tározó elemekre is ki kell terjednie. Tekintve, hogy

a csapadékvíz elvezető csatornák és egyéb műszaki megoldások méretezése a vízmérnöki tervezési gyakorlat szerves és módszertanilag kiforrott része, a továbbiakban a szivacsváros koncepcióhoz tartozóan a csapadékvíz tározására szolgáló megoldások méretezését ismertetjük.

3.2 Tervezési alapadatok

A ZKI elemek tervezéséhez hasonló, de bizonyos esetekben részletesebb (szikkasztás, növényzet) alapadatok szükségesek, mint a hagyományos vízvezető rendszerek esetén. A tervezési alapadatok listája változhat a ZKI megoldás és a választott méretezési módszertan függvényében.

Épített környezetre vonatkozó adatok:

- i. **közművek elhelyezkedése** (A föld alatti és föld feletti közművek helye, amelyek befolyásolhatják a ZKI eszköz elhelyezését és méretezését).
- ii. **meglevő vízvezető rendszerek** (árkok, vezetékek, áttereszek, tározók, stb.) keresztmetszet, nyomvonal-koordináta (Y, X, z), vízvezető rendszer anyaga, műtárgyak (anyaga, geometriája), beépített szerelvények, szivattyúk (típus, jelleggörbe, vezérlési paraméterek), feliszapolódási szintek, mederérdesség, stb.

Hidrológiai adatok (befolyó csapadékmennyiség és párolgás számítása):

- i. **csapadék adatok:** a feladat függvényében kell megválasztani. A ZKI elemek méretezése/vizsgálata történhet esemény alapon (csapadékintenzitás-időtartam-gyakoriság értékek) vagy hosszú, több éves csapadék idősorok alkalmazásával. Esemény alapú méretezésnél az egymást követő csapadékok együttes hatása nem elemezhető, ezért csak rövid leürülési idejű (max. 1 nap) tározótér esetén ajánlott. Idősorokkal történő méretezéssel/vizsgálattal pontosabban leírható az elem vízforgalma. Olyan esetekben, amikor hosszabb a tározótér leürülési ideje, vagy a feladat például a helyi vízmérlegre gyakorolt hatás kimutatása, idősor alapú vizsgálatra van szükség.
- ii. **egyéb meteorológiai adatok:** párolgás számításához meteorológia idősorokra van szükség vagy potenciális evapotranspiráció idősor alapján is becsülhető az elpárologtatott vízmennyiség. A párolgás becslése hosszú, több éves idősorok alapján történhet.

Vízgyűjtőre vonatkozó adatok:

- i. **terepadatok:** célszerűen digitális terepmodell, a részvízgyűjtők lehatárolásához és a lefolyási útvonalak és felszíni lejtések meghatározásához szükséges részletességgel,

pontossággal. **fedettség:** vízzáró és vízáteresztő burkolatok százalékban szükségesek általában, ZKI elemek tervezése esetén a növényzettel fedettség, és egyéb fedettség típusok lehatárolása is szükséges lehet (például tetőfelületek, parkolók).

- ii. **felszíni tározódás:** a csapadékesemény elején lefolyást nem okozó csapadékmagasság.
- iii. **felszíni érdesség:** a különböző fedettségekhez tartozó Manning érdesség.
- iv. **talaj adatok:** a vízgyűjtő felszínének, a vízelvezető/vízvisszatartó eszköz környéki talajnak, a szikkasztási felületeknek, és a ZKI eszközt kitöltő talaj jellemzői. A szükséges adatok részletessége függ a ZKI típusától és a választott méretezési módszertantól. A legrészletesebb talajadatokra a szikkasztáson alapuló és növényeket is tartalmazó megoldásoknál van szükség. Például egy esőkert tervezésénél az alábbi adatokra lehet szükség (a méretezési módszertantól függően): talajrétegek típusa, rétegvastagság, szivárgási tényező, porozitás, harmatpont, kapilláris emelkedés, víztartó képesség, szabadföldi vízkapacitás, hervadáspon, kolmatálódás sebessége, stb.). Szikkasztás tervezése esetén geotechnikai szakvéleményt kell készíttetni arról, hogy alkalmas-e a választott terület szikkasztásra.
- v. **talajvíz szintje:** a területen jellemző mértékadó talajvízszint, szikkasztó KZI elemek esetén a szikkasztás lehetőségének vizsgálatához. A magas talajvízállás következtében a szikkasztás síkja alatt talajvízdomb alakulhat ki, amely lassítja az elszivárgás sebességét, és károsíthatja a környező épületek és infrastruktúrát. A mértékadó talajvízszint meghatározásának módját célszerű az engedélyező vízügyi hatósággal egyeztetni.

Növényzetre vonatkozó adatok (növényeket tartalmazó ZKI eszközöknél):

- i. **helyi környezeti adottságok:** A helyi környezeti (éghajlat, talaj, stb.) jellemzők mellett milyen növényeket érdemes telepíteni.
- ii. **növények vízigénye:** A ZKI növényzetének vízigénye, amelynek egyensúlyban kell lennie a csapadék mennyiségével és a talaj vízmegtartó képességével.

Tározó (ZKI) funkciója függvényében szükséges alapadatok:

- i. **csapadékvíz hasznosításra tervezett tározó:** vízhasznosítási vízigény. **lefolyáscsökkentő tározó:** csapadék vagy esemény (pl. kiöntés) visszatérési ideje, amire méretezzük az eszközt.
- ii. **növényzetet tartalmazó eszköz:** növényzet vízigénye.

Modellezésen alapuló méretezés kiegészítő adatai (meglévő rendszer modelljének kalibrációjához és validációjához):

- i. **mérési adatok (opcionális):** csapadékmérés a legközelebbi OMSZ mérőnél relevánsabb helyen, vízhozam mérés a jelenlegi rendszer vízvezető rendszerben, ha már van vagy lehetséges mérni, a modell kalibrálásában segít.

3.3 Tározási lehetőségek, tározótérfogatok meghatározása

3.3.1 A tározás célja, típusai

A csapadékvíz-gazdálkodási célok elérésének eszköze a csapadékvíz visszatartása és tározása. A ZKI megoldások mindegyike egy olyan hidrológia-hidraulikai értelemben vett tározónak tekinthető, amely elősegíti a csapadékvíz vízgyűjtőn való megtartását és hasznosítását/hasznosulását. A ZKI tározótérfogata különböző szempontok alapján határozható meg, és az elérendő célok függvényében változhat az optimális méret.

A létesített tározóterekkel befolyásolhatjuk a terület vízgazdálkodását. A tározótér lehetséges feladata(i) a csapadékvíz-gazdálkodási célkitűzés(ek) függvényében:

- **Lefolyások mérséklése, a vízvezető rendszerek és befogadók terhelésének csökkentése:** A tározótér a csapadékvíz ideiglenes tárolására szolgál, mérsékelve a víz gyors lefolyását és/vagy a vízvezető-rendszerekbe és befogadókba jutó víz mennyiségét.
- **Csapadékvíz-hasznosulás elősegítése:** A tározóban visszatartott víz lehetőséget biztosít arra, hogy a tározótérben összegyűlt víz lassan beszivárogjon a talajba, ezzel hozzájárulva a talajvíz utánpótlásához.
- **Párolgás elősegítése:** A szabadfelszínű tározókban a víz egy része elpárologhat, ami hozzájárulhat a helyi mikroklíma javításához.
- **Csapadékvíz hasznosítása:** A felszíni lefolyás és a vízhasználat közötti egyenlőtlenségek kiegyenlítése a cél.
- **Növényzet megfelelő vízellátásának biztosítása:** Növényzettel telepített ZKI megoldások esetén biztosítani kell a létfenntartáshoz megfelelő vízmennyiséget, a felesleg elvezetésével.
- **Vízminőség javítása:** Az összegyűjtött csapadékvíz szennyezettségének csökkentése. A tározótérben összegyűlt vízben lévő szennyeződések leülepedhetnek, megkötődhetnek a növények gyökerei és a talajszemcsék által, a talajban biológia

Csapadékvíz hasznosítás: ivóvízminőséget nem igénylő vízigények kielégítése csapadékvízből (például mosás, takarítás, WC öblítés, öntözés, stb.).

Csapadékvíz hasznosulás: a csapadékvíz talajba juttatása (szikkasztás) a talajnedvesség és a talajvízszint pótlására. A városi növények számára növekszik a hozzáférhető víz mennyisége, ezáltal csökkenthetjük az ivóvízből történő öntözést.

értelemben lebontásra kerülhetnek, stb., csökkentve a környezetbe kijutó szennyező anyagok mennyiségét.

- **(Extra, nem vízgazdálkodási, hanem környezeti szemléletű cél: Esztétikai és ökológiai érték növelése:** A létesített ZKI megoldás és annak tározótere esztétika élményt nyújthat, emellett élőhelyet biztosít különféle növények és állatok számára.)

A ZKI eszközök tározóterei hasonló alaptípusokba sorolhatók, mint a hagyományos záporvíztározók. Az ellátott feladat függvényében megkülönböztetünk különböző típusú tározókat (tározótérből távozó víz szabályozása szerint):

- **Szikkasztó tározó:** az összegyűjtött vizet a szikkasztás síkján jelen lévő földtani közegen keresztül szivárogtatják el.
- **Szivárogtató tározó:** a tározó szűrőrétegen átszivárgó vizeket valamilyen felszíni vízbe vezetik.
- **Párolgató tározó:** a tározóból a vízmennyiség párolgás útján távozik.
- **Hasznosító tározó:** az összegyűjtött csapadékvíz valamilyen vízhasználati célra felhasználásra kerül (öntözés, ivóvíz minőséget nem igénylő háztartási vízigények, stb.).
- **Árhullám-csökkentő tározó:** a lefolyó vízhozam késleltetett tovább vezetése (mennyiségi értelemben nincs csökkentés).
- **Víz elvezetése hagyományos „szürke megoldásokkal”** (csövek (dréncső, túlfolyó), szivattyúk stb.).
- Az előbbieken felsorolt típusok **kombinációi**.

A csapadékvíz tározása a ZKI eszközök különböző rétegeiben valósulhat meg. A hagyományos víztározó tavak, záporvíztározók klasszikusnak tekinthető tározóterei mellett jellemzően a felszínen kialakított mélyedések, a talaj pórusterfogata és egyéb kiegészítő tározóterek (tartályok, szikkasztó blokkok, kulé kavicsból kialakított tározók) szolgálnak a víz tározására.

Az esőkert példáján keresztül mutatjuk részletesen be az egyes rétegek tározásban betöltött szerepét:

Esőkert:

- **Felszíni tározótér (depresszió):** az esőkert túlfolyó vagy térszín alatti szabad térfogata (földmélyedés). Az esőkert felszíni része a víz ideiglenes tárolására szolgál, kiegyenlítve a beérkező lefolyás és a talajszivárgás intenzitása közötti különbséget. Az esőkert felszíne gyakran beültetett növényekkel, amelyek segítik a víz beszivárgását és hasznosítását.
- **Talajréteg:** A felszíni mélyedésből az esőkert talajkeverék rétegébe szivárog a víz. A talajban lévő pórusokba érkezik a csapadékvíz, amely részben megkötődik a talajban, és a növények számára felvehető vízként tározódik, másrészt beszivárog a mélyebb

rétegekbe. A talaj tulajdonságai határozzák meg a tározható víz mennyiségét és az elszivárgás sebességét.

- **Mulcs- és gyökérzóna:** A talaj felszínén elhelyezkedő mulcstréteg is növeli a vízvisszatartást, elősegítve a párolgást és a víz egyenletes eloszlását a talajban. A növények gyökérzónája körüli talajlazítás is növeli a víztározódást.
- **Kiegészítő tározóréteg:** Bizonyos esőkertekben a tározótérfogat növelése érdekében a talajréteg alá kiegészítő, nagy pórustérfogatú tározót (például kulé kavicsos tározót vagy szikkasztó blokkokból állót) alakítanak ki. Ezzel a réteggel növelhető az elszivárogtatható víz mennyisége rosszabb vízáteresztő képességű altalajok esetén is, mivel több ideje van a víznek a talajba szivárogni.

További példák a ZKI megoldások tározórétegeire:

Csapadékvízgyűjtő tartályok, szikkasztó blokkok:

- Tartály térfogata vagy a föld alatt elhelyezett szikkasztó blokkok térfogata.

Zöldtető:

- Talajréteg (speciális zöldtető talajkeverék) pórustérfogata,
- Drénlemez,
- Esetlegesen a felszín tározókapacitása a tetőtűlfolyó magasságáig.

Vízáteresztő burkolatos útpályaszerkezetek:

- Szerkezeti réteg alatt elhelyezett alsó tározó alapréteg (kerülni kell a víz tározását a szerkezeti rétegben): kulé kavicsal vagy szikkasztóblokkal kialakított.

3.3.2 A tározótérfogat meghatározása

A tározót úgy kell megtervezni, hogy képes legyen a víz olyan mértékű tározására, visszatartására, és amennyiben cél, a megtisztítására, amely az adott tervezési környezet szempontjából elvárt, előírt.

Az optimális tározótérfogat költség-haszon elemzés útján határozható meg. A ZKI funkciója, azaz az elérendő célkitűzés(ek), a helyszíni adottságok, a megbízói igények és a fellépő költségek együttesen befolyásolják a telepítendő térfogat nagyságát.

A **helyszíni adottságok** figyelembevételére minden esetben a méretezés első lépése. A rendelkezésre álló terület, az épített környezet (épületek, közművek), a mértékadó talajvízszint, a talaj tulajdonságai limitálhatják, hogy hova és mekkora tározó(ka)t alakíthatunk ki egy adott területen.

A lokális körülmények figyelembevételét követően két lehetséges útja van a tározótérfogat felvételének. Az első esetben egy meghatározott nagyságú tározótérfogat által elérhető

eredményeket vizsgáljuk, míg a másik esetben különböző tározónagyságok esetén nézzük a célkitűzések teljesülését:

- A helyszíni adottságokból eredő korlátok, a megrendelői igények (hova és mekkora tározót szeretne) vagy a rendelkezésre álló pénzügyi keret következtében nem méretezzük a tározót, hanem a korlátozásoknak megfelelő tározóméret hatékonyságát vizsgáljuk. A hatékonyság értékelésénél megvizsgáljuk, hogy a létesített tározó milyen mértékben javítja a célkitűzések szempontjából meghatározott indikátorokat (például helyi vízmérleg javítása, csapadékvíz-elvezető rendszer terhelésének csökkentése). Ez alapján eldönthető, hogy a vizsgált tározó(ka)t érdemes-e kialakítani a tervezett kialakítással.
- A másik út, amikor iteratív módon, különböző méretű (kialakítású, elhelyezésű, térfogatú, stb.) tározókat vizsgálunk. A választott indikátorokon alapuló teljesítményértékelés folyamata során meghatározható az optimális tározótérfogat.

A második esetben a tervezés részeként, méretezés során kerül meghatározásra a figyelembe vett indikátorok szempontjából optimálisnak tekinthető térfogat. A méretezési folyamat fő lépései:

- Méretezési módszertan megválasztása (a feladat jellege, a környezet és a tervezett rendszer jellemzői függvényében);
- Méretezéshez szükséges tervezési alapadatok beszerzése;
- Méretezési folyamat végrehajtása;
- Változatok kiértékelése, az optimális tározótérfogat és kialakítás megválasztása.

A tározók méretezésének alapja a tározó vízforgalmának minél pontosabb leírása. A tározóban kialakuló vízszint időben változik az időegység alatt (Δt) beérkező- és eltávozó víztérfogat függvényében.

A tározó aktuális töltöttségi állapotának változását az alábbi vízmérleg egyenlettel írhatjuk le:

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

ahol ΔV a tárolt vízkészlet mennyiségének megváltozása [m^3] Δt idő alatt (az idő mértékegysége a probléma releváns időléptékéhez igazodva perc, óra vagy nap); $Q_{be, \Delta t}$: a tározóba befolyó és $Q_{ki, \Delta t}$: a tározóból kilépő vízhozam [m^3 /perc, m^3 /óra vagy m^3 /nap] [m^3 /nap].

Az egyenletet átrendezve ($V = Q \cdot \Delta t$):

$$\Delta V = V_{be} - V_{ki}$$

ahol V_{be} : a tározóba belépő víz térfogata [m^3]; V_{ki} : a tározóból kilépő víz térfogata [m^3].

A beérkező- és a távozó víz mennyisége időben nem állandó, mivel a felszínen keletkező lefolyás és a vízkivétel/eltávozó víztérfogat a csapadék, a vízgyűjtő terület aktuális állapotának, a vízigény, stb. függvényében változik.

A tározók vízforgalmát tehát vízmérleg alapon lehet vizsgálni, célszerűen hosszú csapadék idősorok mentén felírva az egyenletet. Az idősoros alapú vizsgálat előnye, hogy alkalmas a tározóban ténylegesen kialakuló víztérfogatok számítására, mivel leírhatók benne az időben változó folyamatok hatására kialakuló szélsőséges helyzetek összessége, és az egymást követő csapadékok kumulatív hatása is. Ez utóbbi azért lényeges, mert a vízmérleg egyenlet fontos eleme a beérkező- és távozó víztérfogat mellett a megelőző időlépésből bent maradt víz mennyisége is. Sok esetben az egyik nagycsapadékot követően érkezik egy másik hasonlóan nagy esemény, amely már nem az üres tározóba folyik be, így önmagában tekintve nem értelmezhető a számítások során. A hagyományos csapadékvíz-elvezető hálózatoknál esetén megszokott, nagyintenzitású csapadékokkal végzett eseményalapú méretezés ebből kifolyólag nem képes számításba venni a tározó időben változó töltöttségi állapotait, ezért az ezen alapuló méretezést csak megkötések mellett és kisebb értékű beruházások esetén ajánlott alkalmazni. A csapadék idősorokkal végzett vízmérleg számítás további előnye, hogy figyelembe vehetők benne a meteorológiai kondícióknak és a vízgyűjtő állapotának (száraz talaj, nedves talaj, stb.) változásai következtében módosuló lefolyási, beszivárgási és párolgási folyamatok, és lehetőség nyílik a területre jellemző vízháztartási mérleg elemzésére is.

A méretezés módszertanát minden esetben a feladathoz illeszkedően kell megválasztani. A tározótérfogat méretezése történhet a lefolyásszabályozás (tározás, vízvisszatartás) és a szennyezőanyag-eltávolítás szempontjait is figyelembe véve.

A lefolyásszabályozáshoz kapcsolódó feladatok esetén az alábbi méretezési módszerek alkalmazhatók:

- Idősoros számításra alapuló vízmérleg számítás („kézi” számítás vagy lefolyásszimulációt végző modellezéssel történő meghatározás);
- Egyszerűsített közelítő méretezésre alapuló számítás: Eseményalapon történő vízmérleg számítás („kézi” számítás vagy lefolyásszimulációt végző modellezéssel történő meghatározás).
- Korábban meghatározott összefüggések alapján történő méretezés (a méretezés statisztikai összefüggések, egyszerűen elvégezhető számítások, kapcsolódó útmutatók, segéd táblázatok alapján történik).

Az **idősorok alkalmazásán** alapuló dinamikus jellegű számítás nagyobb beruházásoknál, komplex projektek esetén alkalmazandó. Kisebbsé léptékű beruházásoknál is ajánlott, de bizonyos megkötések mellett elvégezhető eseményalapon is a méretezés, vagy egyszerűsített statisztikai összefüggések felhasználásával. Az egyszerűsített számításokat (eseményalapú, ö

Az **eseményalapú számítást** leginkább nagycsapadékokból keletkező lefolyások vizsgálatához használhatjuk, erősen korlátozó feltételek mellett.

A számítások a tervezési feladat és a tervezési feladat típusától függően történhetnek „kézi” számítással (egyszerűsített közelítő méretezés) vagy hidradinamikai lefolyás szimulációs modellezéssel.

Kis vízgyűjtő területen, egyszerűen leírható lefolyási viszonyok mellett, egy-egy elem kapacitás, terhelés vizsgálata (pl.: elvezető elem, tározó) történhet egyszerűsített közelítő méretezésen alapuló számításokkal, szimulációs modellek alkalmazása nélkül.

Bizonyos feladattípusok esetén kizárólag szimulációs modellezéssel végezhető el a méretezés/rendszer vizsgálata: nagy kiterjedésű vízgyűjtő területen változatos felszínborítás, több eszköz kombinált használata, tározók hatásának vizsgálata a meglévő csapadékvíz-elvezető rendszerre, stb. let esetén

A modellezés alkalmazása ajánlott:

1. Komplex Rendszerek Tervezése:

- Amikor az elvezető rendszer több összetevőből áll (pl. esőkertek, árkok, csatornák), és ezek kölcsönhatásait szükséges megérteni. A modellezés segít előre jelezni, hogyan viselkedik a rendszer különböző csapadékesemények esetén.

2. Változatos Időjárási Feltételek Elemzése:

- Ha a rendszert különböző csapadékmennyiségek és intenzitások figyelembevételével kell tervezni, beleértve a szélsőséges időjárási eseményeket is. A modellek segítségével tesztelhetők az eltérő meteorológiai forgatókönyvek.

3. Tervezési Alternatívák Összehasonlítása:

- Ha több tervezési megoldást kell értékelni, például különböző méretű tározók, áteresztőképességű talajok vagy különböző típusú zöld infrastruktúra elemek alkalmazását. A modellezés lehetővé teszi a különböző alternatívák hatékonyságának összehasonlítását.

4. Vízműködés és Vízmennyiség Szabályozása:

- Amikor a cél a csapadékvíz minőségének javítása vagy a lefolyó vízmennyiség szabályozása, például a szennyeződések szűrésére vagy a helyi árvizek megelőzésére. A modellezés segít megérteni, hogyan befolyásolja a tervezett rendszer a víz minőségét és mennyiségét.

5. Hosszú távú Hatások Elemzése:

- Ha a rendszer hosszú távú teljesítményét és fenntarthatóságát kell értékelni, beleértve az idővel bekövetkező változásokat (pl. éghajlatváltozás hatásai). A szimulációs modellek lehetővé teszik a jövőbeli körülmények szimulálását és az alkalmazkodási stratégiák kidolgozását.

6. Működési Hatékonyság Növelése:

- Amikor cél a rendszer működési hatékonyságának optimalizálása, például a víz visszatartásának és elvezetésének javítása érdekében. A modellek segítségével finomhangolhatók a tervezési paraméterek.

7. Kockázatelemzés:

- Amikor kockázatokat kell értékelni, például árvízveszélyt vagy a rendszer meghibásodásának kockázatát. A modellezés lehetővé teszi a kockázatok számszerűsítését és azok kezelésére szolgáló intézkedések kidolgozását.

3.4 Modellezési eszközök

Az alábbiakban a KZI megoldásokhoz alkalmazható informatikai eszközökre vonatkozó elemzésünket ismertetjük. Az interneten jelenleg fellelhető KZI eszközöket igyekeztünk minél teljesebben felkutatni. Az erről szóló cikkekből indultunk ki, majd a KZI eszközökre irányuló kereséseket végeztünk az általános keresési adatbázisokban.

Mivel úgyis csak azok az eszközök relevánsak, amelyek használata számunkra el is érhető, ezért az elemzés közel teljes körűnek tekinthető. Nem kerültek bele azok az eszközök, amelyek már elavultnak tekinthetők, több éve nem foglalkoznak a javításukkal, fejlesztésükkel. Nem kerültek bele azok az eszközök sem, amelyek csak külföldi adatokat, adatbázisok használatával tudnak működni, ezért nem lehetséges a magyarországi alkalmazásuk.

Két csoportba soroltuk az elemzésbe bekerült eszközöket: egyszerűsített és részletes modellek.

Az egyszerűsített eszközök kevésbé részletes adatok és nem vízepítési szakember felhasználók esetén is alkalmasak KZI megoldások megtervezésére. Javasolt a használatuk az alkalmazható KZI megoldások kiszűrése és nagyobb léptékű tervezési fázisokra. Általában ingyenesen használhatók, de sokszor regisztrációhoz kötöttek. Kivételesen van csak liszensz díj.

A részletes modelleken alapuló tervezési eszközök adatigénye részletesebb és lényegesen nagyobb tömegű az egyszerűsített modellekéhez képest. A modellek használatához általában műszaki, szakterületi felkészültség szükséges. Az alkalmazott modellekben nagy mennyiségű fizikai adatot kell használni, de az elérhető eredmények pontossága is nagyobb. Általában liszenszdíjas termékekről van szó, kivételes az ingyenes használat és a nyílt forráskód.

Az egyes eszközökhöz készített rövid értékelések elsősorban arra vonatkoznak, hogy KZI elemekre várhatóan mennyire alkalmazható az adott eszköz. Az 1-10 skálán az 1 a leggyengébb, 10 a legjobb teljesítményt jelenti.

3.4.1 Egyszerűsített modellek

Green Infrastructure Wizard (GIWiz)

Az amerikai környezetvédelmi hivatal (EPA) által készített online felület, ahonnan a KZI területére vonatkozó EPA fejlesztéseket, eszközöket, tudásbázist lehet elérni, a fenntartható vízgazdálkodási és településfejlesztési döntések támogatásához. Az itt elérhető linkek segítenek a döntéshozói és oktatási célú problémák elemzésében, a döntési opciók megértésében, tervezési paraméterek kiszámításában, költségek és hasznok elemzésében. A több száz eszközre mutató link közül a relevánsak a tématerület csoportok alapján, segítő kérdésekre válaszolva vagy kulcsszóra keresve is szűrhetők.

Rövid értékelés: (8/10) Nagy értéket jelent a KZI témában a friss, átfogó, nagy számú hivatkozás gyűjtemény, melyek egy része inkább csak USA-ban használható.

Watershed Management Optimization Support Tool (WMOST)

A WMOST egy döntéstámogató eszköz Excel felhasználói felületen, amely segíti helyi vagy kisebb vízgyűjtő területek integrált vízgazdálkodásának megtervezését. Modellezhetők a vízgyűjtő területre vonatkozó döntések környezeti hatásai és költségei, figyelembe véve a döntések közvetlen és közvetett hatásait. A modellezés vízhozamokra és a vízminőségre is végezhető.

Meg kell adni a részvízgyűjtők adatait (hidrológiai válaszegységben), választani kell területhasználati és klíma scenáriót (vagy csapadék idősort), szimulációs programot (SWMM, HSPF vagy SWAT), szimulációs időtartamot (években) és időlépcsőt (nap vagy hónap): Meg lehet adni vízigény, vízkészlet, csatornázási, szennyvíztisztítási adatokat. Vízminőségi modellezéshez kibocsátási és befogadói határérték koncentrációkat is meg kell adni. A költségek számításához fajlagos költségeket kell megadni.

A vízgyűjtő kezelési lehetőségek költségoptimalizálása nemlineáris programozással történik. Költséghatékonyság és környezeti-gazdasági fenntarthatóság szempontjából szűrhetők a vízkészlet-gazdálkodási lehetőségek. A különböző kezelési gyakorlatok, például a csapadékvíz kezelése (beleértve a KZI megoldásokat és az egyesített csatornarendszerek záporkiömlőit), a patakrehabilitáció, a vízellátás, a szennyvízkezelés és a területhasználat és területvédelem értékelésére is használható. A különböző KZI elemek fő méretét megadva segíthet az KZI megoldások értékelésében, mint alternatív vagy kiegészítő kezelési lehetőségek a támogatásra javasolt projekteknél. Lehetőség van a CSO események számának minimalizálására irányuló kezelési lehetőségek értékelésére. Az előtési modul lehetővé teszi az árvízkarok és azok csökkentésének figyelembevételét a költséghatékonyság értékelése során. Nyilvánosan elérhető, hatékony és felhasználóbarát eszközként szolgál a helyi vízkészlet-gazdálkodók és tervezők (pl. vízművek vezetői és tanácsadók) számára.

Rövid értékelés: (9/10) kidolgozott szoftver, vízgyűjtő szinten minden elemet egységesen kezel, mennyiséget-minőséget-költséget is, KZI elemeket 1 paraméterrel (mélység), vízgyűjtőket 1 paraméterrel (HRU) kell megadni.

Green Infrastructure Flexible Model (GIFMod)

A GIFMod egy nyílt forráskódú keretrendszer, amely kisebb vízgyűjtőkön a csapadékvíz és a települési/mezőgazdasági KZI megoldások modellezésére szolgál.

Tanulmányterv szintű modell készíthető a modellbe beépített vagy hasonló KZI elemek definiálásával és előrejelezhető azok hidraulikai és vízminőségi hatása adott időjárási forgatókönyvek alapján. Lehetőség van az esetlegesen rendelkezésre álló terepi és laboratóriumi adatok értelmezésére, determinisztikus és valószínűségi inverz modellezési lehetőségekkel.

A GIFMod-ban a különböző KZI-k modelljei olyan blokkok kombinációjaként épülnek fel, amelyek különböző közegetípusokat képviselnek, beleértve a felszíni vizet, a patakokat, a felszíni vízfolyásokat, a telített és telítetlen porózus közegeket, valamint a tároló térfogatokat. Talaj, vízgyűjtő és meteorológiai adatok szükségesek.

A KZI hatásának modellezése során a különböző típusú közegekből álló rendszerek hidraulikailag és vízminőségileg is modellezhetők. Figyelembe vehetők a következő fizikai-kémiai folyamatok: beszivárgás/átszivárgás, párolgás és páraáramlás, csővezetéken és zsilipeken keresztül történő áramlás, felszíni és mederbeli vízfolyás, felhasználó által meghatározott kémiai és biokémiai átalakulások, halmazállapot változás, részecske/kolloid és ahhoz kapcsolódó szállítás, növényi tápanyagfelvétel, szennyezőanyagok felszíni felhalmozódása. A különböző folyamatok bevonhatók vagy kizárhatók a modell beállítása során. A szennyezőanyagok reakcióit és azok egyenleteit teljes mértékben a felhasználó tervezheti meg.

A GIFMod adaptív időlépéses numerikus megközelítést alkalmaz, amely csökkenti a számítási időt és növeli a numerikus módszer stabilitását a fix időlépéses módszerekkel szemben.

A determinisztikus és valószínűségi inverz modellezési képesség miatt a GIFMod kiválóan alkalmas hipotézisek tesztelésére és a KZI elemek teljesítményét potenciálisan befolyásoló különböző folyamatok jelentőségének értékelésére.

Rövid értékelés: (6/10) könnyen használható felhasználói felület, a KZI-k definiálása rugalmas és részletes, inkább kutatási mint gyakorlati szemlélet.

Water Environment Research Foundation (WERF) BMP and LID Whole Life Cost Models (BMP and LID Whole Life Cost Models)

Egy 32 lapos táblázatos webes felület és felhasználói útmutató segíti a felhasználókat a beruházási költségek és a folyamatos karbantartási kiadások meghatározásában és összegzésében, hogy meg tudják becsülni a csapadékvíz-gazdálkodás teljes életciklus költségeit. A modellek keretet biztosítanak a KZI elemek tőke és hosszú távú karbantartási költségeinek kiszámításához. A modellek a következőkre vonatkoznak: tározótavak, hosszabb idejű visszatartási medencék, árkok, vízáteresztő burkolatok, zöldtetők, nagy kereskedelmi ciszternák, lakossági esőkertek, szegélyekkel határolt esőkertes területek és szegélybe épített növényládák. A modellekhez szükséges megadni a vízgyűjtő területeket, a KZI elemek paramétereit, beruházási és üzemeltetési költségeket.

Rövid értékelés: (9/10) jól használható felület, alapértékekkel is azonnal működőképes, csak költségeket számol, de azt részletesen.

The Combined Sewer Overflow (CSO) Green Long-Term Control Plan (LTCP) Template for Small Communities (Green LTCP-EZ Template)

A Green LTCP-EZ Template egy olyan tervezési eszköz, amelyet olyan kis települések számára fejlesztettek ki, melyeknek kötelező hosszú távú irányítási tervet (LTCP) kidolgozniuk az egyesített csatorna záporkiömlők (CSO) kezelésére. Keretet biztosít az LTCP megszervezéséhez és elkészítéséhez, mely a meglévő elemekre épít, beleértve mind a KZI, mind a hagyományos szürke infrastruktúra használatát a CSO-k megszüntetése vagy újra szabályozása érdekében. A Template és a hozzá kapcsolódó űrlapok és ütemtervek kitöltése segíthetnek az LTCP első változatának elkészítésében.

Az EPA tervezési eszköze (LTCP-EZ) kis CSO települések számára készült, hogy hosszú távú CSO-szabályozási terveket készíthessenek hagyományos szürke CSO alkalmazásához. A Green LTCP-EZ Template az eredeti verzió frissítése, amely számos KZI elemet, például zöldtetőket, növényzettel borított árkokat, esőkerteket, vízáteresztő burkolatokat és esővízgyűjtő hordókat tartalmaz a hagyományos szürke CSO mellett, hogy elkészíthető legyen a CSO hosszú távú szabályozási terve. Azon települések számára készült, amelyek meg akarják becsülni a KZI elemek lehetőségeit. Azok a települések, amelyek nem kívánják élni a KZI lehetőségeivel, továbbra is használhatják az eredeti LTCP-EZ sablont.

A megfelelően megtervezett KZI elemek természetes módon kezelik a csapadékvizet, javítják a vízminőséget és szabályozzák a CSO-kat, a vizet távol tartva a csatorna hálózattól. A Green LTCP-EZ Template, a kapcsolódó ütemtervek és utasítások lehetővé teszik az EPA CSO-szabályozási irányelvnek való megfeleléshez szükséges alapvető információk megszervezését. Az engedélyes (vagy más felhasználó) meg tudja becsülni a tározandó, a kezelt vagy megszüntetendő egyesített szennyvíz célmennyiségét. Értékelni lehet a széles körben használt

KZI lefolyásszabályozás és a csőhálózati CSO szabályozás hatékonyságát a csökkentési cél eléréséhez. Ezenkívül pénzügyi becslést is elvégezhető.

A Template bemenő adataiként meg kell adni a csapadék terhelést, a vízzáró felületeket, a KZI paramétereket, a jelenlegi költségeket, szennyvíz hozamokat, szennyvíztisztító telep kapacitást, érzékeny területeket, befogadók és CSO-k paramétereit. Eredményként kaphatók a lefolyáscsökkentés mértéke, a záporkiömlés térfogata és a várható költségek.

Rövid értékelés: (7/10) „csak” záporkiömlőkre (CSO) használható a KZI-k hatásvizsgálata

Integrated Decision Support Tool (i-DST)

Az i-DST egy döntéstámogató eszköz tervezők számára, akik KZI (szürke, zöld és hibrid) csapadékvíz-kezelési beavatkozásokat terveznek. A következő számítási modulokat tartalmazza egy szoftvercsomagban:

Hidrológiai-hidraulikai és vízminőségi kezelés különféle KZI megoldásokkal: csapadékvíz elvezető hálózat és KZI elemek modell felépítése és hidrológiai-hidraulikai szimulációja. Szükséges adatok: vízgyűjtő területek, szivárgó felületek, talajfeltöltés, szennyezőanyagok.

KZI életciklus költségek és értékelések: több KZI elhelyezése esetén a kapcsolódó életciklus-költségek számítása Excel felületen, beleértve a környezeti költségek előzetes becslését. A modell különböző forgatókönyv-elemzéseket tartalmaz

Szürke infrastruktúra energia- és költségmegtakarítása több KZI elem elhelyezésével, egyesített és elválasztott városi csatornahálózatban: Excel-alapú eszköz, amely becsléseket készít a szürke infrastruktúra költségeiről, energiafelenergiafelhasználásáról és üvegházhatású gáz kibocsátásáról.

Telek szintű modell a KZI megoldások kidolgozására és kiválasztására, amihez kiszámításra kerülnek a helyszín hidrológiai-hidraulikai jellemzői és a lefolyó víz minősége. A tervezett KZI életciklus-költségei is megbecsülhetők, kivitelezési, üzemeltetési, karbantartási és rekonstrukciós bontásban.

KZI által nyújtott társadalmi előnyök elemzése.

KZI elemek számának és típusának automatikus optimalizálása, a vízkezelési célkitűzések elérése lehető legalacsonyabb életciklus-költség mellett

Járulékos előnyök: az i-DST kimeneteinek kiegészítéseként az olyan előnyök részletezése, amelyet az i-DST modelljei nem tudnak közvetlenül számszerűsíteni, de mindegyik a KZI-hez kapcsolódik. A szakirodalom aktuális állásának összefoglalása, a kompromisszumok értékelése, a telepítéssel kapcsolatos főbb szempontok azonosítása és további kulcsfontosságú tanulmányok kiemelése.

Rövid értékelés: (5/10) a hidrológia-hidraulika szimuláció kevésbé kidolgozott, a többi modul használhatóbb lehet a leírások alapján.

Center for Neighborhood Technology - Green Values Stormwater Management Calculator (GREEN VALUES)

A GREEN VALUES webes alkalmazás segít megtervezni a KZI megoldásokat az árvizek megelőzésére, akár egyetlen épület, akár nagyobb épületegyüttes vagy települési szintű fejlesztések esetén. A megcélzott felhasználói kör a tervezők, tájépítészek, önkormányzati munkatársak és lakástulajdonosok.

A felhasználó megvizsgálhatja a városi elöntések kezelésének lehetőségeit KZI elemek alkalmazásával. Meg kell adni a területet, éves csapadékot vagy csapadékeseményt, felszínborítottságot, talajtípust, majd kitűzni egy célt, hogy mekkora mennyiségű csapadékvizet szeretnének visszatartani vagy elvezetni KZI fejlesztésekkel. Ezután KZI elemeket lehet hozzáadni a területhez azok paramétereinek megadásával, majd a szoftver kiszámítja az építési és fenntartási költségeket, valamint megbecsüli, hogy a kitűzött cél hány százaléka teljesül a visszatartott vízmennyiség tekintetében. Ezenkívül az eszköz kiszámítja és bemutatja a KZI-k társadalmi hasznait, beleértve a költségmegtakarításokat és az ingatlan értékének növekedését.

Rövid értékelés: (10/10) korszerű, jól használható webes felületen, különböző léptékben

GI Valuation Tool Kit (GIVAL)

A GIVAL egy olyan eszközkészlet, amely számítási összefüggéseket tartalmaz a meglévő zöld vagyon vagy javasolt zöld beruházás értékeléséhez. A zöld infrastruktúra tizenegy meghatározott főbb előnye alapján értékelt: alkalmazkodás a klímaváltozáshoz illetve annak csökkentése, elöntések csökkentése, lakóhely minősége, egészség és jólét, biodiverzitás, termelékenység, ingatlan értéke, gazdasági növekedés és beruházás, turizmus, termelés az adott helyen, rekreáció és szabadidő.

Kimutathatók az eszközből vagy beruházásból származó zöld infrastruktúra előnyei:

Pénzbeli kifejezésben – ahol lehetséges, gazdasági értékelési technikákat alkalmazva.

Mennyiségileg – például a munkahelyek, hektárnyi terület, látogatók számának figyelembevételével.

Minőségileg – esettanulmányokra vagy fontos kutatásokra hivatkozva, ahol látható kapcsolat van a zöld infrastruktúra és a gazdasági, társadalmi vagy környezeti előnyök között, de ahol a

tudományos alapok a számszerűsítéshez és/vagy a pénzbeli értékeléshez még nem elég robusztusak.

A szükséges adatok bevitele után számos zöld infrastruktúra-előnyre vonatkozó pénzügyi érték generálódik. Így azonosítható a járulékos előny, azaz a zöld infrastruktúra hozzáadott értéke lehetőleg kiküszöbölve a „kettős számlázást”.

Rövid értékelés: (9/10) A járulékos előnyök átfogó számszerűsítése.

Parallelized Large-Eddy Simulation Model for Urban Applications (PALM4U)

A PALM4U egy városi klíma modell, amellyel a fizikai légköri folyamatok numerikus szimulációját lehet végezni városokban, épületszintű felbontással.

A nagy felbontású modell átfogó elemzést tesz lehetővé a városi éghajlat és a levegőminőség kezelésének értékelésére. A modellt felhőfizikai, szélenergia és hegyi meteorológiai tanulmányokhoz is használják. A skála-függő paraméterezés lehetővé teszi a szimulációkat eltérő rács méreteken, 10 méter és annál finomabb felbontásban is elvégezni.

A modell bemenő adatai: digitális terepmodell, talaj, felszínborítottság és épületek akár 3D-ben. A KZI elemek hatása vizsgálható a levegőre és a felszín hőmérsékletére.

Rövid értékelés: (6/10) a KZI hatásainak szűkebb („csak” levegő és hőmérséklet) vizsgálata, inkább kutatási, mint gyakorlati jellegű eszköz.

3.4.2 Részletes modellek

Bioretention/Raingarden Sizing Program (RECARGA)

A RECARGA tervezési irányelveket és egy numerikus modellt is jelent, amelyeket kisméretű csapadékvíz-gazdálkodási bioretenciós létesítmények (esőkertek) létrehozásához lehet használni. Az egyszerűbb bioretenciós létesítményeket gyakran esőkerteknek nevezik. Ezek olyan tájépítészeti kertek, amelyeket sekély mélyedésekben alakítanak ki, és amelyek a közeli vízzáró felületekről érkező csapadékvizet fogadják be. A cél, hogy elősegítse a csapadékvíz beszivárgását, ezáltal csökkentve annak mennyiségét, javítva a víz minőségét, és növelve a talajvíz utánpótlódását.

A következő adatokat szükséges megadni: órás csapadék idősor vagy csapadékesemény, órás evapotranszpiráció idősor, vízáteresztő terület, vízzáró terület, vízgyűjtő terület, talajtípus vagy talajtulajdonságok, KZI paraméterek. A lefolyás csökkentés elérni kívánt mértéke is megadható.

A hidrológiai-hidraulikai számítások során a következő folyamatokat modellezése történik: feltöltődés, beszivárgás, evapotranszpiráció és talajvíz utánpótlás.

Eredményként a lefolyás csökkentés mértéke vagy az esőkert területe számítható.

Rövid értékelés: (8/10) „csak” esőkertre használható, de az részletesen kidolgozott, a nyílt forráskód nagy előny

EPA Stormwater Management Model (SWMM) with LID Controls (SWMM LID)

Az SWMM nyílt forráskódú programot világszerte használják a csapadékvíz-elvezetés, egyesített és elválasztott szennyvízcsatornák, valamint egyéb vízvezetési rendszerek tervezésére, elemzésére és kialakítására. A SWMM segítségével értékelhetők a szürke infrastruktúrára épülő csapadékvíz-kezelési stratégiák (vezetékek, árok, tározók, záporkiömlők stb.), de hasznos eszközként szolgálhat költséghatékony zöld/szürke/hibrid (KZI) csapadékvíz-kezelési megoldások megtervezésében. Alapszintű vízminőségi szimuláció is végezhető. A teljes vízforgalomra (csapadék, párolgás, összegyülekezés, felszíni lefolyás, gravitációs és nyomás alatti vezetékben, árokban, útfelületen áramlás, tározás, kifolyás, beszivárgás, talajvíz kapcsolat) különböző modellek választhatók. A szimulációs számításokhoz szükség van hálózat geometriai, szabályozási, terep, vízgyűjtő, talaj, meteorológiai, KZI paraméterekre, de mindig csak az alkalmazni kívánt számítási modellekhez szükséges mértékig. Hatékonyan (gyorsan) előállítható a szimulációs modell futtatható változata, mely fokozatosan fejleszthető a rendelkezésre álló adatok és az elérni kívánt eredmények függvényében. A korlátlan elemszám mellett a szimuláció és megjelenítés is gyors, melyre a folyamatos megjelenő fejlesztések során is hangsúlyt fektetnek.

Rövid értékelés: (10/10) Megbízhatóan, gyorsan, egyszerűen működik, korlátozások nélkül, nyílt forráskódja akár módosítható is.

Personal Computer Storm Water Management Model (PCSWMM)

A PCSWMM számítási motorja az EPA SWMM-hez hasonlóan nyílt forráskódú. A program felépítése, használata az EPA SWMM-hez hasonló, de a felhasználói felület és a számtalan kényelmi funkció fejlesztés jelentősen megkönnyíti a program használatát: 2 dimenziós áramlási-elöntési modell, záporkiömlők szabályozása, automatikus érzékenység vizsgálat és kalibrálás, automatikus vízgyűjtő lehatárolás, GIS funkciók, idősor elemzés, diffúz szennyezések, radar-csapadék terhelés, professzionális megjelenítés).

Rövid értékelés: (9/10) Az SWMM kibővítése sok hasznos funkcióval (de liszenszért).

Modelling and analysis software for stormwater and drainage systems (DRAINS)

A DRAINS Ausztráliában legszélesebb körben elfogadott csapadékvíz és szennyvíz elvezetési modellezési és elemzési szoftver.

Elvégezhető a csapadékvíz-elvezetési rendszerek tervezése és elemzése, összefoglaló grafikonok és táblázatok készítése, hossz-szelvény rajzok létrehozása, GIS funkciók.

Beépítették a legfrissebb ausztrál csapadékvíz és lefolyás irányelveket.

A vízelvezető hálózat minden szokásos eleme megtervezhető, megrajzolható: aknák, vezetékek, tározók, nyílt csatornák, túlfolyók és KZI elemek tározóként kezelve. Számos hidrológiai, szivárgási modell elérhető. Az áramlás szimulációja a teljes, dinamikus áramlási egyenletek megoldásával történik (hasonlóan a konkurens szoftverekhez), így alkalmas a visszaduzzasztások, tározás, elágazások, szivattyúk, bukók, felszíni elöntések számítására.

Az eredményeket (a modell felépítését és a bemenő adatokat is) ingyenes programmal lehet megnézni, változtatások és szimuláció elvégzése nélkül.

Rövid értékelés: (9/10) Sok felhasználója van (de „csak” Ausztráliában), az ingyenes „olvasó” mód hasznos kuriózum.

Mike+ Collection System (Mike Urban)

A MIKE+ Collection Systems a városi csapadékvíz- és szennyvízkezelés optimalizálására készült. A testre szabható eszközök segítségével a várostervezők és az infrastrukturális menedzserek pontosan szimulálhatják az áramlási viszonyokat, részlegesen és teljesen nyomás alatt álló hálózatokban egyaránt.

Más MIKE modulokkal integrálva lehetőség van az ökológiai, biológiai és kémiai folyamatok átfogó városi szimulációjára. A szakemberek valós idejű vezérléseket tervezhetnek, értékelhetik a vízelvezető rendszer rugalmas ellenálló képességére vonatkozó KZI megoldásokat és hatékonyan kezelhetik a teljes vízkörforgást (beérkező vízfolyások, talajba szivárgás stb).

Rövid értékelés: (8/10) A GIS funkciók miatt (is) erős gép kell hozzá, Európában elterjedt, oktatás nélkül nehéz kitanulni.

Integrated storm, waste, and floodwater modeling (Infoworks ICM)

Az InfoWorks ICM szoftverrel lehetséges a csapadék- és szennyvízrendszerek, KZI elemek, felszíni vizek, elöntések kezelése, tervezése. Integrált vízgyűjtő modellező szoftver felhőalapú

képességekkel. Gyorsan és pontosan lehet modellezni összetett hidraulikai és hidrológiai hálózati elemeket 1D-ben vagy 2D-ben.

A szimulációhoz szükséges adatok hasonlóak a konkurens szoftverekéhez: meteorológiai adatok, vízgyűjtő paraméterek, talaj paraméterek, vízvezető hálózat adatai, KZI paraméterek.

Ellenőrizhetők a kapacitások, bővíthetők a hálózatok és vészhelyzeti forgatókönyvek készíthetők. Saját gépen futtatva vagy a felhőben gyorsan, erőforrás takarékosan modellezhetők akár nagyobb csapadékvíz- és szennyvízhálózatok. A legújabb SWMM számítási motor és az SWMM KZI elemek is használhatók. Könnyen értelmezhető vizuális, akár 3D eredmények érhetők el.

A modellépítés és az adatrögzítés optimalizálható, az adatbázis megosztottan is használható. Több forgatókönyv eredményei összehasonlíthatók. Az AutoDesk Civil3D csőhálózataival összekapcsolható.

Rövid értékelés: (8/10) Meglehetősen összetett szoftver, az AutoDesk kapcsolat sokat segít.

Stormwater Modeling (HydroCAD)

A HydroCAD tervezőeszközt a vízvezetés modellezésére használják, elsősorban vízépítő mérnökök. A szimulációs számítások adatigénye hasonló a konkurens szoftverekéhez. CAD szoftverbe épül be, de széles körű hidrológiai és hidraulikai funkciókat kínál:

- választás több terepi lefolyási modell közül
- racionális módszer automatikus IDF görbékkel
- csapadék idősorok használata vagy beépített csapadékkönyvtár
- több csapadékesemény egyszerű kezelése
- vízfolyások vízszint idősorának használata
- automatikus hidraulikai és áteresztés számítások
- összetett áramlási szimulációk, beleértve a szivattyúkat, szerelvényeket
- KZI elemeket tározóként kezelése
- árhullám számítása tavakon és csatornákon keresztül
- gátszakadási szimulációk
- kapcsolt tavak automatikus visszahatással
- automatikus tározási számítások, beleértve a beágyazott tározótereket
- föld alatti tározórendszerek automatikus elrendezése és modellezése
- földhasználat elemzése és szennyezés terhelés számítása
- beépített CAD vízgyűjtő lehatárolás, importálás

Rövid értékelés: (5/10) A beépített KZI elemek hiányoznak, CAD felület előnyös lehet a tervezéskor.

Hydrologic Modeling System (HEC-HMS)

A HEC-HMS szoftvert vízfolyások vízgyűjtőrendszerei teljes hidrológiai folyamatának szimulálására tervezték. Számos hagyományos hidrológiai elemzési eljárást tartalmaz (pl. egység árhullám). Emellett tartalmazza a folyamatos szimulációhoz szükséges eljárásokat is (pl. evapotranszspiráció, hóolvadás, talajnedvesség változás), melyekkel megoldható számos KZI elem szimulációja. Rácshálóban is lehetséges lefolyást számolni.

Beépített algoritmusok választhatók a modell optimalizálására, vízhozamok előrejelzésére, vízmélység-elöntési terület elemzésre, a bizonytalanság értékelésére, erózió- és hordalékszállításra, valamint vízminőség vizsgálatra. A szoftver teljesen integrált munkakörnyezetben működik, beleértve az adatbázist, adatbeviteli segédeszközöket, számítási motort és eredményjelentő eszközöket. A szimuláció eredményeit adatbázisban tárolja, amivel más szoftverekhez kapcsolódni lehet (pl. városi csapadékvíz-elvezetés, áramlás előrejelzés, jövőbeli urbanizációs hatások számítására, elemzésére).

Rövid értékelés: (7/10) az ingyenesség kuriózum, a kapcsolódó HEC-RAS inkább külterületi, nyílt csatornákra használatos, a beépített KZI elemek hiányoznak (de folyamatosak a fejlesztések)

Model for Urban Stormwater Improvement Conceptualization (Musicx)

A Musicx Ausztráliában széleskörűen használt szoftvereszköz a csapadékvíz gazdálkodási rendszerek széles skálájának modellezésére, a vízérzékeny városfejlesztésre. A szoftver felhasználói: helyi önkormányzatok, vízgyűjtő kezelők, városfejlesztők.

Meghatározható a legalkalmasabb módszer a csapadékvíz összegyűjtésére és hasznosítására, a szennyező anyagok eltávolítására, valamint a lefolyás gyakoriságának csökkentésére.

Városi csapadékvíz rendszerek szimulálására alkalmazható az egyes telkek szintjétől egészen a városrész szintig. A KZI elemek hatásai vizsgálhatók az alsóbb vízgyűjtőkre mennyiségi és minőségi szempontból (lebegőanyag, foszfor, nitrogén) is. Összehasonlíthatók a különböző KZI lehetőségek mennyiségi, minőségi és költség-haszon céljai.

Alkalmos különböző település fejlesztési változatok értékelésére a rendelkezésre álló tér, talajtípus, lejtés vagy épülettípus szempontjából.

A szoftver használatához szükséges adatok: meteorológiai adatok, szennyezőanyag koncentrációk tisztítási hatásfokok, KZI paraméterek.

Rövid értékelés: (8/10) Sok felhasználója van (de „csak” Ausztráliában), KZI elemzés a fő célja.

Source Loading and Management Model for Windows (WinSLAMM)

A WinSLAMM városi csapadékvíz-minőségi modell minden csapadékeseményhez kiszámítja a lefolyó vízmennyiséget és a szennyezőanyag terhelést az egyes diffúz szennyezőanyag forrás helyekre (tető, út, járda, parkoló, térkő stb.), minden földhasználati területen belül. A modell nem egyesíti a vízzáró területeket és nem egyesíti az egyes földhasználati területeket sem. A forráshelyi szintű kiértékelés lehetővé teszi, hogy a csapadékvíz-minőségi szakemberek célzottan beazonosítsák azokat a területeket, amelyek a legnagyobb terhelést jelentik, és megoldásokat javasoljanak a lefolyó vízmennyiség és a szennyezőanyag-terhelés csökkentése érdekében.

A WinSLAMM az egyetlen modell, amely a csapadékvíz-szennyezést a forráshelyi szinten értékeli, ott, ahol a lefolyás keletkezik.

A „kis esők hidrológiája” alapelv szerint a városi területeken a lefolyó vízmennyiség és a szennyezőanyag-terhelés nagy része a kis és közepes csapadékok eredménye.

A modellhez szükséges alapadatok: csapadékterhelés, fedettség, területhasználatok, KZI paraméterek.

A számítás szinte minden lehetséges KZI elemet tartalmaz, mely alapján elsősorban a következő kérdésekre lehet választ kapni:

- Mennyire hatékonyak a csapadékvíz-gazdálkodási intézkedések a lefolyás és a szennyezőanyag-terhelés csökkentésében?
- Melyek a legköltséghatékonyabb megoldások a városi csapadékvíz-minőségi célok eléréséhez?
- Milyen típusú és mértékű csapadékvíz-gazdálkodási intézkedések szükségesek?

A WinSLAMM modellel a műszaki szakemberek, önkormányzat és a vízgyűjtőt használó közösségek az alábbi feladatokat oldhatják meg:

- optimális KZI stratégiák meghatározása az egyesített csatornarendszerekben az összes lefolyt víztérfogat és a csúcsvízhozam csökkentésére
- helyspecifikus, utólagos építésű csapadékvíz-gazdálkodási tervek kiértékelése
- többfázisú KZI telepítési terv kidolgozása költséghatékonysági vizsgálat alapján

Rövid értékelés (9/10): szennyezőanyagok modellezésében egyedülálló, inkább (még) csak US-ben elterjedt, alacsony liszenszdíj (395 USD), oktatási verzió ingyenes

4. A településfejlesztés és a ZKI kapcsolata szinergiák, lehetőségek

6.1 A településen alkalmazandó új megoldások szükségszerűsége a döntéshozatalban

A XXI. század egyik jelentős kihívása a globális felmelegedés és éghajlatváltozás következményeinek kezelése, az emberi tevékenység hatásainak csökkentése, valamint a várható változásokra való felkészülés, azokhoz való alkalmazkodás. A hazánkat érintő klímaváltozási hatások vizsgálatait elemezve megállapítható, hogy sérülékeny régióknak tekinthető a klímaváltozás hatásaival szemben. A meleg szélsőségek gyakorisága és intenzitása növekedni fog, míg a hideg szélsőségek előfordulása csökken. Kevesebb csapadékos nap várható, ugyanakkor az éves csapadékösszeg alig változik, így a lehulló csapadékok intenzitása növekedni fog, továbbá ezekkel összefüggésben a tartós szárazsággal járó időszakok hossza is növekedni fog. A csapadék egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok formájában fog lehullani, amely esetenként akár villámárvízi jelenségeket okozhat.

A kék-zöld infrastruktúra megoldásainak városi/települési szintű alkalmazására olyan objektív alapú, fenntartható, csapadékvízgazdálkodási koncepció megfogalmazását kell megtennünk, amely a települési belterületet érintő csapadékvíz problémák okainak feltárásán alapul. Alkalmaznunk kell azokat az új tervezési iránymutatásokat, amelyek a jelenleg, és általánosságban tapasztalható problémák megoldására adnak válaszokat és egyúttal figyelembe veszik a hosszútávú városfejlesztési koncepciókat és terveket is.

A fenntarthatóság, az ún. „zöld átmenet”, a klímavédelem kétségtelenül nemzetközi kérdéskörök, határon átívelő problémák. Azonban nagyon fontos települési fenntarthatóságról beszélni, számos olyan kérdéskör van, amelyek kifejezetten a településvezetők döntési körébe tartoznak. A hazai nagyvárosok számszerűen is hozzájárulnak a klímavédelemhez, melyben elsősorban a „zöld” intézkedések segítenek. Fontos lépéseket tettek meg hazánkban mind a kormányzati, mind a városi szereplők jelen pillanatig is, azonban egy teljes, egymással összefüggő, minden területre kiterjedő fenntartható település kialakításához még hiányzik néhány lépés. Számos terület összekapcsolása, együttműködése ma még hiányos, mely egy átfogó modell kialakításával adaptálható lenne, így a működő és tervezett megoldások alkalmazásai, vizsgálatai egyszerűbbé válnának. Egyes megoldások egyenként is hozzájárulnak a fenntarthatósághoz, energiatakarékossághoz, környezetvédelemhez, és a klímavédelemhez. Ha nem történik meg az egyes elemek összehangolása, és ezen megoldások pontszerűen jelennek meg egy-egy településen, nincs köztük együttműködés, nem használják ki a szinergiákat, akkor az előnyöket adott esetben nem erősítik egymást.

Rendkívül fontos az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás integrálása a helyi városi politikákba, szabályozási keretekbe és beruházásokba, a városi és környékbeli szintű éghajlati modellek és sebezhetőségi értékelések alapján.

Szükséges az egyes intézkedések megemlítése a stratégiai tervezés során. Az alkalmazkodási tervezéshez szükséges összesíteni a helyi, városi éghajlati adatokat, elkészíteni a sebezhetőségi felméréseket. A kapott eredmények felhasználásával javasolt igénybe venni a helyi kommunikációt, a település vezetését, és a helyi véleményvezéreket is a tervezéskor. Be kell mutatni azokat a módszereket, melyek segítenek a csapadékvíz-tároló kapacitások növelésében, a zöld infrastrukturális kezdeményezések fellendítésével, egyúttal a jobb városi klímának, az alacsonyabb árvíz kockázatnak és több zöldfelületnek a biztosításával. A csapadékvíz helyben való kezelése, hasznosítása a legjobb megoldások a települések számára.

A KZI kapcsán, városi szinten hozott döntések/intézkedések támogatják az EU éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási stratégiáját. A megfelelő stratégiák elfogadásával jobban megalapozott döntéshozatali lehetőségeket teremtenek majd, miközben mind az infrastruktúrával kapcsolatos csapadékvíz beavatkozásokra, mind a közösségi alapú megoldásokra tudnak összpontosítani. Ezen elgondolások költséges beavatkozások nélkül teszik ellenállóbbá a törekeny infrastruktúrát. Ezekben az intézkedésekben ott a lehetőség olyan üzleti modellek és forgatókönyvek létrehozására, melyek az ökoszisztéma-alapú megközelítési támogatások felhasználását segítik elő. A csapadékvíz lefolyásának csökkentésére irányuló közös megoldások és felkészültség hangsúlyozásával javítják az alkalmazkodóképességet, erősítik az ellenálló képességet és csökkentik a klímaváltozással szembeni sebezhetőséget. Ezért teljes mértékben összhangban van a Párizsi Megállapodással, az Európai Zöld Deal-el és az Európai Éghajlati Paktummal.

6.2 Települési szintű vízgazdálkodás kihívásai

Ma már mindenki számára elfogadott, hogy a városokban is gazdálkodni kell a vizeinkkel. A csapadékvíz mint megújuló természeti erőforrás, amely esetében nem az elvezetés, hanem a hasznosítás és/vagy hasznosulás az elsődleges cél. Alkalmazkodunk kell a megváltozott körülményekhez, a változó éghajlathoz, a településeinket alkalmassá kell tenni a változó klíma hatásaival szemben.

A szélsőséges esőzések rövid távú változásai, az esős áradások jelentős hatással lehetnek a városi vízvezető rendszerekre. Az eddigi villámárvizek több problémát jeleztek a csatorna részfeltöltésével, a csatorna elárasztásával és a gyakoribb kombinált csatorna túlfolyással kapcsolatban. A legveszélyeztetettebb területek közé tartoznak azon települések, ahol különösen a domborzati szintkülönbségek megléte, és a hosszabb lefolyású területek vannak többségben, melyek súlyosbítják ezt a problémát.

Az aszályok és árvizek összetettsége miatt (amelyek az országos katasztrófakockázat-értékelés szerint Magyarország fő kockázatai közé tartoznak) a városi területeken a csapadékvíz természetes és infrastrukturális visszatartását kell előtérbe helyezni. A heves esőzések és viharhullámok áradások révén hatással lehetnek a városi területekre, ami viszont az ingatlanok

és közinfrastruktúra pusztulásához, a vízforrások szennyezéséhez, víztorlódáshoz, vállalkozások és megélhetési források elvesztéséhez, valamint a víz által terjedő és vízzel kapcsolatos betegségek növekedéséhez vezethet. Az előrejelzéseknek megfelelően a heves esőzések, az áradások és a városi pusztítások (burkolat sérülések, járműkárok, áramszünet és egyébek) több nagyobb városban jellemzővé váltak, különösen, ahol a domborzati viszonyok miatt vagy egy rendkívül sűrű, nagyon alacsony zöldfelületű városszövet miatt, ez a probléma felgyorsult.

A városokban elsősorban három kihívással nézünk szemben:

csapadékvíz problémák: mit kezdünk a vízzel, mit kezdünk a csapadékkal. Hagyományosan a burkolt felszínen összegyűjtjük, és csatornákon kivezetjük a városból. Ezzel a módszerrel a városok kiszáradnak, a természetes beszivárgás csak 5-10%, miközben ez természetes környezetben 50%. Ez azt jelenti, hogy elszakadt a természettől a városi környezet.

a hőmérséklet problémák: olyan tereket alakítottunk ki, szilárd burkolattal, kevés zöld felülettel, amik hőt tárolnak. A nyári hőhullámoknál már az a kérdés, hogy hányszor, és meddig fog tartani. A szilárd burkolat felmelegedését árnyékkal tudjuk orvosolni. Egy árnyék nélküli szilárd burkolat 60 °C is lehet, míg a fákkal övezett részen 32-35 fok körülire melegszik.

a talajok állapota: a természeti talajokhoz képest a városokban jóval nagyobb a környezeti kitétsége, még, ha friss talajt is hozunk be egyes részekre, mert egy idő után eltömörödnek, levegőtlené válnak, a mikrobiológiai folyamatok elhalnak. Ezért van az, hogy nehezen maradnak életben a zöld növények. A zöld, és a burkolt felületek aránya nem megfelelő a legtöbb városi környezetben.

Ezt a három infrastrukturális elemet komplexen kell kezelni. A fejlesztéseknél ezzel a szemlélettel kell kidolgozni az előkészítési feladatokat. Különböző szakágaknak kell együttműködni ugyanazon értékszemponttal. A minőségi város alapja, hogy hogyan tudjuk visszaengedni a természetet a városba, ha ez a szándék megvan, és értjük a fontosságát, akkor együtt lehet dolgozni. Összeségében a természetalapú megoldásokat kell megtalálni klímaadaptív megoldásokkal kombinálva. A tervezés folyamán törekednünk kell, hogy a lehető legnagyobb mértékben közelítsük meg a természetes állapotokat, állítsuk vissza a természetes vízgyűjtők tulajdonságait.

A csapadék intenzitásának növekedésével, a hirtelen lezúduló, nagy mennyiségű csapadék miatt villámárvizek alakulhatnak ki, amelyek károsíthatják az infrastruktúrát, illetve egyes mélyebben fekvő területek víz alá kerülhetnek. Olyan, egyre gyakrabban felbukkanó problémáról beszélünk, melyekre az érintett településeknek, azok vezetőinek, szakértőinek kell a megoldást megtalálniuk.

A legtöbb település azonban, abba a problémába ütközik, hogy nem tudják elvégezni a szükséges beruházásokat, és komplex tervezés nélkül elvégzett kisebb beavatkozások, persze nem hozzák az elvárt eredményeket.

A 20 mm/h kisebb intenzitásnál javasolt a vízvisszatartás, beszivárogtatás, ha ez az érték 20, és 40 mm/h közé esik, akkor a tározósos lefolyás szabályozást javasolt beiktatni, mert a lefolyás intenzitásán így tudunk csökkenteni, sőt a felfogott víz hasznosítását is meg lehet oldani. 40 mm/h intenzitású lefolyás esetén ki kell építeni a biztonságos felszíni lefolyási út kialakítását. A fenti elemek kombinációjával tudjuk elvégezni az integrált települési tervezést, ahol a tározás, elvezetés, és a vízkormányzás is figyelembe van véve.

A helyi vízkárok megelőzéséhez, a települési csapadékvizek hatékony kezeléséhez és az önkormányzati együttműködések elősegítéséhez szükséges a vízügyi szerepvállalás meghatározása és megalapozása, a feladatok azonosítása, szerepvállalások megfelelő felosztása, végrehajtása, és a feladat-felelősség-finanszírozás komplex feltételrendszerének kidolgozása és elfogadtatása.

Koncentrálva a települési kék-zöld infrastrukturális problémák megoldásaira fontos a helyi problémák azonosítása. Első lépésként a legfontosabb a problémás területek lefolyásvizsgálatának, a vízgyűjtő terület felmérésének elvégzése, mely jól mutatja a víz útját, és a felületekről lezúduló csapadékmennyiségeket is meg lehet becsülni intenzív esőzések esetén is.

Kaposvár főtere jó példa arra, hogy nagy intenzitású csapadék esetén problémát jelent a lefolyás irányában elhelyezkedő üzleteknek a lezúduló csapadék mennyisége.

Az munka során első lépésként elkészült a vízgyűjtő-, ill. a lefolyás vizsgálat, melyhez szemléltető videók, pillanatképek és a felszínt feltérképező „drón” felvételek is készültek.



sz. kép Kaposvár, Zárda – Kontrássy u. sarka (nagy csapadék hatása)

A város központi részén fasorok megtalálhatóak, de nagyobb, összefüggő zöld területek – melyek lassítanák a lefolyás sebességét, és segítenék a szikkasztás mértékét – a beépítettség miatt nincsenek, melyet az alábbi képek is jól illusztrálnak.



A vizgált terület felüőről

A vizsgálat kimutatta, az adott esetben nem csak az elvezető csatorna méretének a megnövelésével lehet megoldani a fennálló problémát, hanem a felszín, a felszíni lefolyás megváltoztatásával (vízáteresztő megoldások alkalmazásával, felszín „bordázásával”, zöldfelületek növelésével) is meg lehet oldani a fennálló problémát, lassítva, tározva a lehulló csapadékot, ami adott esetben szükségtelenné teheti a meglévő csatorna átépítését, azaz átmérő növelését. Ezzel, a probléma megoldásán túl, egyben egy élhetőbb, jobb mikroklímával rendelkező városi környezetet is létre lehet hozni!

Összegezve, a zöld területek növelése, a meglévők megújítása nem csak a csapadékvízgazdálkodás szempontjából, hanem a települések hóházartása miatt is előnyös. A növényzet életfeltételeinek javításával, a kedvezőbb esztétikai városképen kívül a jó állapotban lévő növények hatékonyabban járulnak hozzá a mikroklíma javulásához, (a hőszigetek számának-, és hőmérsékletének csökkenéséhez) és a szálló por megkötésével a levegő minőségének javításához. A legjobb megoldások, ha a csapadékvíz rendszerek alkalmasak a víz visszatartására csakúgy, mint az egyre hevesebbé váló nagycsapadékok biztonságos elvezetésére. A műszaki tervezésben a csapadékvíznek megújuló természeti erőforrásként való kezelése, hasznosítása, illetve hasznosulásának lehetővé tétele csak a szélsőségek kiegyenlítésével, tározással együttesen lehetséges. Vagyis be kell vonni a tervezési folyamatba a városi vízgyűjtő felszínének átalakítását annak érdekében, hogy a csatornahálózat terhelése is megfelelő legyen.

A belterületek klimatikus és fizikai védelmét, a leeső csapadék helyben tartását és késleltetett elvezetését szolgáló fejlesztésekhez több, jól használható megoldás is megtalálható:

- Elsőként említhetőek meg a záportározók, vagy a felszíni vagy felszín alatti gyűjtők létesítése, melyekkel lehet szabályozni a befogadók terhelését. E mellett fontos a tározók, és a hozzá kapcsolódó védművek folyamatos karbantartása, fejlesztése is. Ezen beavatkozások gyakran a külterületen végezhetőek el (pl.: ott áll rendelkezésre a szükséges terület) a belterület védelme érdekében.
- Másodikként javasolt a természetközeli, valamint a kisléptékű vízmegtartó megoldások keresése, és alkalmazása, kombinálva a helyben történő hasznosítással. Ide tartoznak az áteresztő burkolatok alkalmazása, a beszivárogtató kavicsdrén és szűrőmező létesítmények, biológiai vízvisszatartás, esőkertek, vízvisszatartást is szolgáló többcélú zöldterületek, szűrőmezők, felszín alatti tározó.

A klimatikus változásokhoz való adaptációt elősegítő elemek egyre népszerűbbek, és hatékonyságuk érzékelhető. Ilyenek telepítésre alkalmas területek például a települési zöldfelületek, parkok, szabadidős területek, illetve új zöldterületeken vízgazdálkodási céllal a vizek helyben tartásával kék- és zöldinfrastruktúra kialakítása.

Új megoldások keresésénél felmerül az esőgyűjtő tetőfelületek, zárttetők kialakítása, esőgyűjtő tartályok létesítése, ideiglenes elöntési területek kialakítása, városi csapadék tározók-, beszivárogtató árkok építése. Mindezekkel együtt elsődlegesen a föld szivacs hatásának kihasználása.

Az új megoldások alkalmazása mellett minden egyes beavatkozás döntési mechanizmusába beépítésre kell, hogy kerüljön a szemléletformálás, és a társadalmi konfliktuskezelés (pl: töltések drótfonatos védelme, értékes faegyedek egyedi védelme, érintettek bevonása).

6.3 A ZKI tervezéshez kapcsolódó városi szakpolitikák

A városoknak lehetőségük van, illetve saját maguknak kell olyan stratégiákat alkotni, melyek meghatározzák a település jövőképét, illetve megfogalmazzák azokat az irányvonalakat és fókuszpontokat, amelyek a városi környezet fentarthatósága és a városfejlesztés szempontjából prioritást élveznek. Megfogalmazhatják közép és hosszútávú célkitűzéseiket, melyekkel hozzájárulnak a benne élők jó létéhez.

Vannak olyan helyi stratégiák, melyek az országos, és a vármegyei programokhoz is alkalmazkodnak, figyelembe véve az azokban szereplő iránymutatásokat. (SUMP Fenntartható Városi Mobilitási Terv, Kerékpárforgalmi Hálózati Terv, Környezetvédelmi Program, SECAP Fenntartható Energia-, és Klíma Akcióterv, Klímastratégia, Integrált Területi Program, Településfejlesztési Konceptió...stb). Ezen túl készülhetnek hosszútávú, és középtávú stratégiák is.

Fontos, hogy a különböző stratégiák egymással összhangban legyenek és az azokban meghatározottakat a város következetesen betartsa. Természetesen a stratégiákat időszakosan felül kell vizsgálni, részben az azokban foglaltak teljesülésének az ellenőrzése, részben a környezeti kihívások változásából eredő módosítások érdekében.

Az alábbiakban azon városi stratégiákat mutatjuk be, melyek kapcsolatban vannak a városi integrált vízgazdálkodásával és érintik a kék-zöld infrastruktúra fejlesztési lehetőségeket is.

6.3.1 Környezetvédelmi Program

A Települési Környezetvédelmi Program célja a jelen állapotértékelésén keresztül, támaszkodva a korábbi eredményekre egy hosszútávon fenntartható-, lakható város irányába mutató helyi környezetpolitika kialakítása, illetve folytatása. A Programban a kedvező környezeti állapot fenntartásán túl a környezeti problémák kapcsán a megoldásokat is be kell mutatni. A Települési Környezetvédelmi Programban megfogalmazott jövőképek, általában a városok környezetügyi tevékenységének átfogó felelősségét hangsúlyozza, hogy feladataik magas színvonalú ellátásával segítsék elő településük fenntartható társadalmi-gazdasági fejlődését, ugyanakkor tudatosan lépjenek fel a társadalmi és környezeti értékek rombolása ellen és hatékonyan működjenek közre a környezeti szemléletformálásban. A fenti célok átfogó, rendszerszemléletű megközelítést, és a környezeti szempontoknak a város életének minden területén való figyelembe vételét teszi szükségessé. A települési környezetvédelmi program kizárólag azokra a feladatokra koncentrál, amelyek végrehajtása az önkormányzati intézmények döntési hatáskörébe tartoznak, azok haszonélvezői mindenekelőtt a helyi lakosok, valamint a helyi környezet. A környezeti célok eléréséhez önmagában a helyi önkormányzat erőfeszítései nem elegendők, a szükséges lépések egy része a helyi lakosság és vállalkozói szféra szemléletének átalakulását, a kapcsolódó feladatokban való aktív részvételét feltételezi. A környezetvédelmi program ugyanakkor a település környezetvédelmi céljainak

lefedtetése által minden települési szereplő számára átláthatóvá teszi a tervezett fejlesztések környezeti, és végső soron a helyi lakosság életminőségében jelentkező hasznait, így elősegíti azok társadalmi elfogadottságának növelését, és ezáltal végrehajtásuk megkönnyítését.

A települési környezetvédelmi programok átfogó célja a városi környezetpolitika keretrendszerének rögzítése, amely a környezeti szempontok fokozott érvényesítésének elősegítése által a településen élők egészségi állapotának és életminőségének, valamint a település közigazgatási területén lévő környezeti elemek minőségének javítását szolgálja.

6.3.2 (SECAP) Fenntartható Energia-, és Klíma Akcióterv

A Fenntartható Energia és Klíma Akciótervben a városok CO₂ kibocsátási értékének csökkentési lehetőségeit, képességeit vizsgálja. A SECAP dokumentációja foglalja össze, hogy milyen beavatkozásokkal, intézkedésekkel és milyen ütemezéssel érhető el a tervezett CO₂ kibocsátáscsökkentési cél, valamint segíti a célok elérését folyamatos monitoringgal. A klímaváltozás hatására új megközelítést igénylő problémák és az ezekhez kapcsolódó feladatok feltárása történik meg, melyek a városok számára új típusú feladatokat teremtenek.

A klímaváltozás hatásait figyelembe véve kell alakítaniuk és fejleszteniük a városokat/településeket, és azok környezetét, hogy a jövőben is élhető, biztonságos és megfelelő életkörülmények legyenek biztosítottak lakosaik számára. Ennek érdekében lépéseket kell tenni a fenntartható fejlődés, a helyi erőforrások megfelelő használata, az energiagazdálkodás hatékonysága és a szemléletformálás területein, melyek együttesen, a szakterületek összefogásával fejtik ki hatásukat.

Elsősorban azon települések készítették el SECAP dokumentációjukat, akik a Polgármesterek Klíma- és Energiaügyi Szövetségének tagságába léptek. A Szövetség célja, hogy kapcsolatot teremtsen a helyi és regionális települések között, amelyek önkéntesen vállalják, hogy területükön megvalósítják az Európai Unió éghajlattal és az energiával kapcsolatos célkitűzéseit. Az aláíró helyi önkormányzatok célja, hogy a városok kis ÜHG kibocsátásúak és ellenállóak legyenek, ahol a polgárok hozzáférnek a biztonságos, fenntartható és megfizethető energiához. Az aláírók kötelezettséget vállalnak arra, hogy szén-dioxid-kibocsátásukat 2030-ig legalább 40%-kal csökkentik, és hogy növelik az éghajlatváltozás hatásaival szembeni ellenálló képességüket.

A Polgármesterek Klíma- és Energiaügyi Szövetségének tagjainak számára Európában egyedülálló, harmonizált adatgyűjtési és jelentéstételi keretet biztosít, amely segíti az önkormányzatok rendszerszintű éghajlatváltozási és energiapolitikai tervezését és ellenőrzését helyi szinten. Az Európai Bizottság Közös Kutatóközpontjának (JRC) támogatásával, a gyakorló önkormányzatok és a régiók tapasztalatai alapján kidolgozott, Fenntartható Energia- és Klímaakcióterv (SECAP) sablonja jelenti a szabványosított jelentéstételi keretet a Szövetség tagjai számára. A SECAP és annak nyomonkövetési része

lehetővé teszi, hogy az aláírók strukturált módon és szisztematikusan adatokat gyűjthessenek és elemezzenek. Az akcióterv megfelelő alapjául szolgál az éghajlatváltozás célzott kezelésének és a hatékony energiagazdálkodásnak, valamint a megvalósítás során az előrehaladás nyomon követésének.

A Szövetségnek az is célja, hogy az aláírók által megvalósított egyes éghajlat-politikai cselekvéseknek elismerést és nagy nyilvánosságot biztosítson, valamint, hogy ösztönözze és megkönnyítse az információcserét és az önértékelést.

6.3.3 Klímastratégia

A városi klímastratégia célja, hogy összefoglalja a település ÜHG terhelésének nagyságát és annak ismeretében a csökkentés érdekében célokat fogalmazzon meg, melyekhez a szükséges intézkedések meghatározása is megtörténik. A klímastratégia másik kiemelt feladata, hogy az éghajlatváltozás okozta hatások felmérésére támaszkodva adaptációs intézkedéseket fogalmazzon meg, melyekkel a városok adaptációs céljai elérhetővé válnak.

A klímastratégia céljai települések lakosainak támogatásával és hatékony közreműködésével valósulhatnak meg, melyekkel kapcsolatos tudást és ismereteket a kapcsolódó szemléletformálási intézkedések segítségével lehet a helyiek számára elérhetővé tenni.

6.3.4 Fenntartható Városfejlesztési Stratégiáját (FVS)

Az FVS a korábbi támogatási időszakban használt, mára felülvizsgálandó Integrált Településfejlesztési Stratégiához (ITS) képest kiegészített tartalommal, az Európai Unió városfejlesztési céljaihoz, trendjeihez illeszkedő struktúrában készül el. A legfontosabb változatok között kiemelhető, hogy megújult a Lipcsei Charta, az ún. Városi Partnerségek keretében akciótervek kerültek kidolgozásra, 2019-ben létrejött az Európai Zöld megállapodás, melynek fókuszban van a digitális átállás. Európa célul tűzte ki, hogy 2050-re karbonsemlegessé válik, az Európai Klímatörvény elfogadása megtörtént.

A stratégia települési szinten jelöli ki a városfejlesztés céljait, illetve az ezek eléréséhez szükséges beavatkozásokat, kitekintéssel a városi agglomeráció egészére is. A beavatkozásokat a városban és térségében megvalósítani tervezett beavatkozásokat átfogó szemléletben tartalmazza, azok nem korlátozódnak egy adott fejlesztési forrásból, vagy egy szakterület fejlesztésére megvalósuló fejlesztésekre.

Minden egyes város esetében megjelentek a zöldterületek bővítései, biológiailag aktív területek védelme, a megfelelő csapadékvíz gazdálkodás és a klímaadaptációs intézkedések felsorolása.

Az FVS-hez készült egy útmutató, mely alapján minden szereplő meg tudta fogalmazni azon területeket, ahol intézkedéseket szükséges végrehajtaniuk. A dokumentumok úgy készültek, hogy azok megvalósítását több forrásból is lehetőség legyen finanszírozni, így a városok ezt folyamatosan alapul tudják venni a fejlesztések tervezésénél.

6.3.5 ITVT – Integrált települési vízgazdálkodási terv

Az ITVT a település környezeti, társadalmi és szociális, a vízzel és víz állapotokkal kapcsolatos igényeit tárja fel, és a település vízgazdálkodási helyzetét, összefüggéseit egységes rendszerben mutatja be.

Az ITVT integrálja, és biztosítja a kapcsolatot:

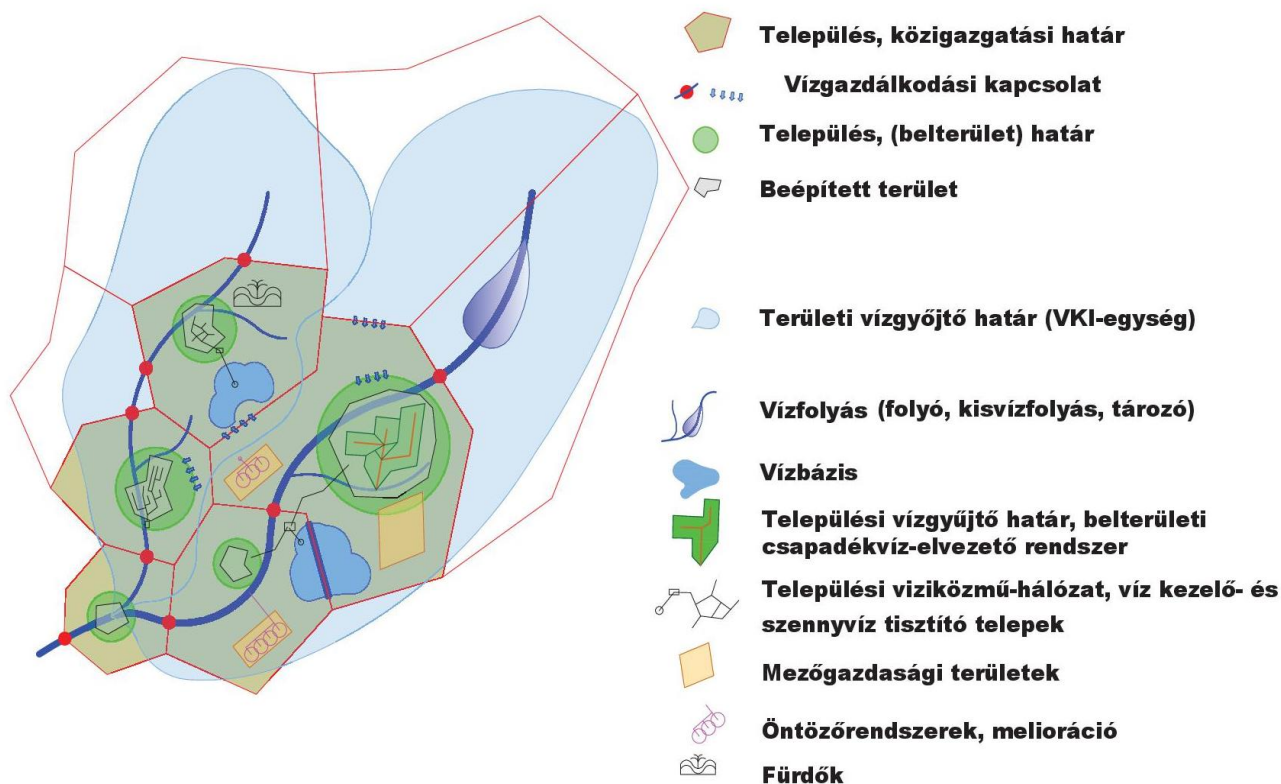
- a település napi működése és a település vízgazdálkodási elemei között,
- a települési vízgazdálkodási elemek között,
- a településfejlesztési elemek és a település vízgazdálkodási elemei között.

Cél, hogy az ITVT-n keresztül a települési vízgazdálkodás elemei és ezzel kapcsolatos teendők, kötelezettségek beépüljenek a település napi működési ügymentébe és fejlesztési terveibe, ezáltal biztosítva a település hatékony működtetését és a vízgazdálkodással összefüggő szakmai feladatok, kötelezettségek ellátását.

Az ITVT tartalmát tekintve a település számára készített összefoglaló, amely röviden és tömören, lényegre törően ismerteti a település vízgazdálkodását. Az ITVT-nek feladata feltárni azon adatokat, hozzáféréseket, amik a település vízgazdálkodására vonatkoznak.

Összességében az ITVT egy olyan, a település vízgazdálkodására vonatkozó lényeges információkat, adatokat, összefüggéseket bemutató tömör és jól érthető dokumentáció, amely az önkormányzat számára jól használható és megfelelő szakmai alapot ad a településfejlesztéssel kapcsolatos döntésekhez!

Az **ITVT tervezési területe a település közigazgatási területe**, belehelyezve a települést vízgyűjtőbe, illetve ezen belül értelmezve a települési vízgyűjtőt, valamint a tervezési határon jelentkező input és output kapcsolatokat, hatásokat.



6.4 Települési szintű problématerkép és stratégia készítése

Javasolt minimális lépések település szintű problématerkép összeállítására:

- Települési csapadékvízgyűjtő koncepció megfogalmazása a hosszútávú városfejlesztési koncepciók és tervek figyelembe vételével (azaz a városfejlesztési tervben szereplő, a csapadékvíz elvezetést, ill. –visszatartást érintő fejlesztések, és/vagy a tervezési területek figyelembe vétele), azaz tervezési iránymutatás adása a konkrét tervek elkészítéséhez.
- Lefolyásvizsgálatok, a település vízgyűjtőjének teljes bevonása a vizsgálatba. A település közterületeinek használatát, a zöldfelületek kialakítását/átépítését szem előtt tartó modellek használatával, melyekhez a kritikus víziközmű infrastruktúrára való hatásait is javasolt felmérni.
- A vízvezetési rendszer jelenlegi terheltségének és terhelhetőségének vizsgálata:
 - A települési belterületet érintő csapadékvíz problémák okainak feltárása (terhelések térbeli és mennyiségi alakulása).
 - Belterületi, üdülőterületi, ipari-kereskedelmi területeken kiépült csapadékvíz-hálózati rendszer működésének feltárása a csapadék terhelés-hatás meghatározása megadott csapadékeseményekre.
 - Befogadókát érintő terhelések meghatározása.

- Döntésalátámasztó elemzés a városi csapadékvíz-biztonsági stratégia megalkotásához: azaz milyen csapadékeseményre való biztonságra törekszik a település (mostani tervezési csapadékeseményre, vagy nagyobb esőkre, esetlegesen rugalmas megközelítést céloz meg),
- A koncepción alapuló területi beavatkozási lista kidolgozása a jelenlegi problémák és a várható jövőben (a városfejlesztés hatásaiból származó) probléma megoldására
- Tervezési elvek, útmutató és prioritási lista elkészítése a hosszútávú csapadékvíz-gazdálkodás jegyében.

A csapadékvíz felszíni, beszivárgási és a szennyvízzel együttes vagy különálló hálózati lefolyásának dinamikus szimulációja hatékony eszköz a túlterhelt szakaszok átépítési igényének és az elöntési területek meghatározásához, a záporkiömlők által okozott szennyező hatás csökkentéséhez. Ugyancsak nélkülözhetetlen a csapadékvíz-gazdálkodást szolgáló rendszer elemek (tározók, beszivárogtató tározók és csatornák, felszíni ideiglenes elöntési területek) optimális elhelyezésének és méretének meghatározásához, a rendszer valós működésének feltárásához mert a jelenlegi rendszerek oly komplexek, hogy azok jelenlegi működését, illetve az egyes beavatkozások, térbeli-időbeli hatásának kiértékelését a klasszikus tervezői megközelítéssel kevésbé lehet megoldani.

Az alkalmazandó módszernek alkalmasnak kell lennie a városi csapadékgyűjtő hálózat (így pl. csőhálózati elemek, műtárgyak, árkok és szivárgók) és befogadó vízfolyások együttes kezelésére, a kitorcollók elemzésére, a környezeti terhelési kockázat csökkentés célját is figyelembe véve. Az egyes települések kitétségi értékelésekor a projekthelyszíneket egyedileg is vizsgálni szükséges, hogy az a földrajzi elhelyezkedése alapján mennyire van kitéve a káros éghajlati tényezőknek, a tényezők változásából eredő hatásoknak. Az extrém csapadékok előfordulási gyakoriságának növekedése közvetlen hatású a városok csapadékvíz elvezető elválasztott és egyesített csatornarendszereire, amelyeket az elmúlt száz év során nem ilyen hidraulikai terhelésekre terveztek és építettek ki. Az erősen urbanizálódott városokban a vízzáróan burkolt felszín területének növekvő aránya fokozza a korábbi, elvezetésre szorító szolgáltató fenntartását, a felszíni lefolyások gyors és károkozás nélküli elvezetését a település területéről. Időjárás extrémitás a hosszantartó, forró, csapadékmentes időszak is, különösen, ha azok a hőmérsékletek növekedésével párosulnak. Mezőgazdasági területeken az ilyen időszakokat aszályosnak tekintjük. A városokban ez a megnevezés kevésbé használatos, mert a rendelkezésre álló ivóvíz öntözővízként való felhasználásával a városi növényzetben keletkező károk mértéke, melyek nem termés csökkenésben, hanem a növények állapotában keletkeznek, csökkenthetők. Nyilvánvaló azonban, hogy ez a megoldás ésszerűtlen, gazdaságtalan és kevésbé fenntartható. A városok éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodását segíti, ha a talajvíz pótlását a csapadék minél nagyobb arányú beszivárogtatásával oldjuk meg.

Elvárható, illetve elvárando eredmények egy komplex csapadékvíz-gazdálkodási stratégia megvalósításakor:

1. Teljeskörű aktualizált digitális csapadékhálózati nyilvántartás (amely alkalmas inputokat tartalmaz a következő lépések elvégzésére), melyet mind az üzemeltető, mind pedig az önkormányzat különböző osztályai mindennapi munkájuk során használni tudnak.
2. Teljeskörű dokumentáció (digitális formában, szöveges indoklással) a jelenlegi rendszeren tapasztalható problémák okairól – általános állapotfelmérés – ok-okozati összefüggések feltárásának jelölésével.
3. Csapadékvízgazdálkodási koncepció, melynek minimális, elvárt tartalma:
 - a. településre definiált tervezési és üzemeltetési szempontokat figyelembe vevő általános elvek összegzése,
 - b. azon szakaszok, elemek ismertetése, ahol rekonstrukció, átépítés, egyéb beavatkozás szükséges. Azaz részletes beavatkozási lista elkészítése (hol és mit kell tenni),
 - c. tervezési iránymutatás - tervezéstámogatás paraméterkészletcsomaggal, mint pl. tervezők részére vízgyűjtőhatárok definálása, digitális terepmodell*, az egyes területeken vízvisszatartásra javasolt mennyiség, tervezőkkel együttműködve a főgyűjtők paramétereinek definiálása
4. Csapadék vízvezető hálózattal ki nem épült területeken, az ún. fejlesztési területeken a szabályozási tervhez illeszkedően a főgyűjtők definálása – nyomvonal, fő tervezési paraméterek megadása (lejtés, átmérő, javasolt csőanyag, vízvisszatartás ha lehetséges – tározási mód, stb.)
5. Prioritási lista a tervezési és egyéb beavatkozási feladatokról - teendők térképen és időrendi sorrendben meghatározva.
6. A csapadékvízgazdálkodási stratégia elvégzése után várható eredmények, hatások. Fontos, hogy a városvezetők tisztába legyenek az intézkedések elvégzését követő, várható eredményekkel.

6.5 Felkészülés a pályázati támogatási lehetőségekre, pályázati szinergiák kihasználási lehetőségei

Az elkészült startégiák mentén megfogalmazott fejlesztésekre, ZKI alapokon történő fejlesztésekre várhatóan és elsődlegesen TOP+ forrásokból lesz lehetősége az önkormányzatoknak.

TOP+ - ból FVS felülvizsgálata elkészülhet, és egyes projektek keretében még tervben van az alábbi koncepciók készítésének a támogatása:

- zöld átállás koncepció,
- digitális átállás koncepció
- ZIFFA,
- SUMP felülvizsgálat,

- Kerékpárforgalmi Hálózati Terv felülvizsgálat,
- ITVT,
- Vízkárelhárítási terv felülvizsgálat.

Települési kékinfrastruktúra fejlesztése (vízgyűjtési beavatkozások) a TOP+ források felhasználásával az alábbi módon történhet:

A tevékenységek kizárólag integrált módon, az Integrált Települési Vízgyűjtési Tervhez (ITVT) illeszkedve támogathatók – a természet alapú megoldások előnyben részesítésével –, amelynek készítése szintén elszámolható tevékenység.

A települési kékinfrastruktúra, és belterületi zöldinfrastruktúra fejlesztése témában az alábbi tevékenységek támogathatóak:

- I. Belterület klimatikus és fizikai védelmét szolgáló vízmegtartó és különösen indokolt esetben a vízelvezető-hálózat fejlesztése, rekonstrukciója az integrált-csapadékvízgyűjtés céljainak figyelembe vételével és a településen tapasztalható klímaváltozás okozta negatív hatások mérséklésének elősegítésével
- II. Belterület klimatikus és fizikai védelmét, helyben tartást és késleltetett levezetést szolgáló víz visszatartási és vízkár-elhárítási célú tározók integrált szemléletben történő fejlesztése, rekonstrukciója.
- III. Belterületet veszélyeztető vízfolyások/állóvizek lokális vízkár elhárítási fejlesztései természetközeli megoldások alkalmazásával (belterületen áthúzódó vízfolyások és csatornák, valamint a belterületről elvezetett csapadékvizeket befogadó vízfolyások/állóvizek és belvízelvezető csatornák).
- IV. Belterület védelmét szolgáló csapadékvíz elvezető rendszerek védelmi töltéseinek lokális fejlesztése, rekonstrukciója
- V. Natura 2000 területeken található víztől függő ökoszisztémák, közösségi jelentőségű élőhelyek és fajok megőrzését célzó vízgyűjtési beavatkozások
- VI. Önkormányzati vagy többségi önkormányzati tulajdonban lévő gazdasági társaság tulajdonú, közhasználatú zöldterületek és zöldfelületek rekonstrukciója, kialakítása, építése.

6.6 Településeken megvalósult jó gyakorlatok bemutatása

A kifejezetten a természetes vízmegtartó megoldásokat célzó komplex projektekről még mindig keveset lehet hallani. Hazánkban több kisebb projekt azonban már fellelhető, mely jó példaként szolgálnak. Napjainkban Magyarországon közel 1700 önkormányzat küzd csapadékvíz elvezetési problémákkal, a bel- és villámárvizek káros következményeivel, adott

esetben ugyanabban az évben, amikor a rendkívüli hőséggel, csapadékhiánnyal is meg kell küzdeniük.

Ezt észlelve a Belügyminisztérium kezdeményezésére 2016 februárjában indult el egy felmérés, amely a „Sérülékenység és alkalmazkodás az éghajlatváltozáshoz” címet viselte. A felmérés az éghajlatváltozás hatásaival szembeni érzékenységet, sérülékenységet és alkalmazkodási képességet kívánta feltérképezni különösen a vízgazdálkodás területét illetően, amelynek alapján kiválasztásra került a természetes vízmegtartó intézkedési modellt megvalósító 5 mintaterület is. Az 5 mintaterület a magyarországi településeket jellemző, éghajlattal összefüggő vízkockázatokat reprezentálta, így megtalálhatók voltak benne hegyvidéki, dombvidéki és alföldi települések is, akik egy-egy sajátos területen, az arra sajátos módon alkalmas megoldással kívántak egy-egy vízgazdálkodási problémával megküzdeni. Ez az öt település: Püspökszilágy, Tiszatarján, Rákócziújfalu, Bátya és Rúzsa. A településeken LIFE program keretében sikerült mintaprojekteket megvalósítani. A pályázat sikereként elmondható, hogy Magyarországon ez volt az első LIFE pályázat, amelyet hazai pályázó közvetlen európai uniós forrásból nyert el. A projekt időtartama csaknem öt évre tehető, 2017 tavaszán kezdődött meg a tervezés és az előkészítés, az öt helyszínen a munkálatok 2021. második felére fejeződtek be.

A projektek elsődleges céljai:

- A legsérülékenyebb magyarországi önkormányzatok éghajlatváltozással szembeni ellenállóképességének javítása.
- Öt magyarországi kistelepülésen egy-egy természetes vízmegtartó megoldás megvalósítása és tesztelése a gyakorlatban.
- Tapasztalatok továbbadása, a vízmegőrző szemlélet elterjesztése.
- Segíteni az önkormányzatok összefogását és bekapcsolódását a hazai és európai klímavédelmi kezdeményezésekbe.
- Az éghajlatváltozás hatásainak beépítése helyi stratégiákba, például a szabályozási tervbe vagy a vízgazdálkodási tervbe.
- Az önkormányzatok számára innovatív online eszközök fejlesztése a klímaalkalmazkodáshoz és fenntartható vízgazdálkodáshoz kapcsolódóan.

Az alábbiakban jó példaként bemutatjuk a megvalósult projekteket:

6.6.1 Bátya település: Alkalmazkodás az éghajlatváltozáshoz a csapadékgazdálkodás átalakításával

A projekt keretében két műszaki beavatkozás, a tározó tó meglévő kubikgödör rehabilitációval történő kialakítása, valamint az eseti felszíni vízpótlást a Sárközi I. főcsatornából lehetővé tévő vezeték megépítése valósult meg. A települési csapadékvizek természet alapú megtartásának elsődleges célja a belterületi elöntések megelőzése, az aszályhoz, vízszűkösséghez kapcsolódó

negatív hatások mérséklése a helyi vízkészletek növelésével, talajvízpótlással és a mikroklíma szabályozásával. A koncepció középpontjában Bátya külterületén található felhagyott anyagnyerőhely vizes élőhelyként történő helyreállításra állt. A vizenyős, de eredetileg nyílt vízfelülettel nem rendelkező kubikgödörben kialakított záportározó tóba a belterület nyugati részéről összegyűjtött csapadékvíz jut a meglévő csatornahálózaton keresztül. Víziányos időszakban a Sárközi I. főcsatornából nyomott rendszeren keresztül vízpótlásra is sor kerülhet, a záportározó által kiváltott kedvező mikroklimatikus és talajvízpótló hatás fenntartása miatt, valamint ökológiai és rekreációs célból.



6.6.2 Püspökszilágy: Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz lefolyás-lassításra és vízvisszatartásra alapuló árvízi védekezéssel

A villámárvizek és a vízhiány együttes kezelésére épített vízgazdálkodási koncepció megvalósítása. A felszíni lefolyás lassítására, az összegyülekezési idő növelésére alapozták az árvízi védekezést a gyors elvezetés helyett. Két megoldás együttes alkalmazása segíti a kedvezőtlen hatások mérséklését: a külterületi eróziós vízmosásokba telepített szivárgó rönkgátak, valamint egy oldaltározó az alsóbb szakaszon. A beavatkozások célja az árhullámmal lezúduló víz és hordalék visszatartása a felső vízgyűjtőn, a villámárvíz árhullám görbéjének ellaposítása, mielőtt az elérné az épített környezetet. A település alatti szakaszon az oldaltározó megfelelő előürítéssel képes a villámárvizek vízhozamát befogadni és tározni, ezzel megelőzve a korábban problémát jelentő visszaduzzasztásból fakadó elöntést. A megoldás visszakapcsolt egy korábban rendszeresen elöntött területet a hidrológiai rendszerbe, ezzel javítja a mikroklímát és megfelelő környezetet biztosít a vízi-ökoszisztéma és a lakossági pihenés számára.



6.6.3 Rákócziújfalu: természetközeli belvív-visszatartás a szárazság mérsékléséért

A projekt az aszály és a belvív jelentette kettős veszély együttes kezelésére nyújt integrált, vízvisszatartáson alapuló megoldást. A szezonálisan megjelenő vízfelesleg megtartása az aszálykockázatok mérséklése érdekében egy eredetileg belvízelvezetésre készült csatornamederben és egy új belvíztározó tóban történik, közvetlen a település belterülete mellett. Az aszály elleni védekezés mellett a fő célok egy új vizes élőhely kialakítása, új rekreációs, közösségi helyszín létesítése a település számára, a helyi mikroklíma javítása és a talajvízszint lokális megemelése voltak. A település közigazgatási területén található a Falusi nevű belvízelvezető csatorna, mely elsődleges funkcióját tekintve belvízcsatorna. A Falusi csatorna medertározásra alkalmassá tételére a csatorna tiszai torkolatától kb. 1 km-re egy 1 m nyílású, támfalas tiltós műtárgy került kialakításra, melynek környezetét mederburkolással látták el. A zárás elsődleges funkciója az így megfogott belvív bekormányzása az új tározóba a tiltó felvízi oldalán beépített tápvezetéken keresztül. Emellett ezzel a megoldással lehetővé vált a Falusi csatornában az időszakosan megjelenő belvív megtartása mintegy 1500 m hosszú szakaszon.



6.6.4 Ruzsa: alkalmazkodás az éghajlatváltozáshoz természetre alapozó szürkevíz visszatartással a Homokhátságon

Ruzsán a Homokhátságra jellemző vízhiány, és talajvízszint-csökkenés kezelése, valamint az éghajlatváltozásból fakadó sérülékenység csökkentése volt a cél a belvíz és a településen keletkező különböző hulladékvizek visszatartásával, melyek eddig elvezetésre kerültek a lecsapoló- és belvízelvezető csatornarendszeren keresztül. Az alkalmazott megoldás három elemből állt:

- A belterületi Dózsa park, egy mélyfekvésű vizenyős terület, mely ezen adottsága miatt beépítetlen maradt. Itt az ivóvíztisztító műből kibocsátott, és mindeddig elvezetett, dekantált víz visszatartására egy tavat alakítottak ki, mely elsősorban a falusi környezet zöldítéséhez és rekreációhoz járul hozzá, miközben elősegíti a beszivárgást és javítja a helyi mikroklímát,
- A települési szennyvíztisztító-telepről eddig a Széksóstói-főcsatornába vezetett tisztított kommunális szennyvíz egy része a telep közvetlen közelében kerül megtartásra egy külterületi kaszálón kialakított szigetelt és szikkasztó medrekben álló rendszerben,
- A Honvéderdei-csatornán, amelyet eredetileg talajvíz és belvíz lecsapolására terveztek, a csapadék- és belvíz-vízvisszatartás érdekében tiltókkal látták el bel- és külterületen.



6.6.5 Tiszatarján: fenntartható gazdálkodás és víz visszatartás az ártéren a klímaalkalmazkodás érdekében

Tiszatarjánban a természetes vízmegtartás a Bivalyos-tó körüli területet érintette. Célja a hullámtéri élőhelyek rehabilitációja volt, a vízmegtartó képesség növelésével, valamint az invazív növények visszaszorításával. Ez önmagában egy alapvető ökológiai igény, melyet a Tisza aktív árterének teljes szakaszán érvényesíteni lehetne. A település további célja a vízbivalyokkal történő legeltetés fenntartása, valamint az ökoturizmus előmozdítása. Mindennek érdekében kisléptékű természetes vízmegtartó beavatkozások történtek új, nyílt vízfelületek létrehozásával. A koncepció alapját hullámtéri vizes élőhelyeken az árvíz megtartása és tárolása képezi, a nyári aszályos időszakokban a talajvíz pótlása céljából. A helyi ökoturizmus fejlesztése érdekében a helyreállított hullámtéren, a kis tórendszer környékén látogató ösvény – Vízbivaly tanösvény – került kialakításra.

A tiszatarjáni mintaterületen végrehajtott beavatkozások javítják a hullámtér vízmegtartó/vízszállító kapacitását. A művelési-ág váltás és legeltetés pedig segíti a gyalogakác visszaszorítását. A helyreállított tájra alapozó ökoturizmus és a mintaterület közelében a hullámtéren fenntartható módon megtermelt, megújuló energiát szolgáltató biomassza használata gazdaságilag is fenntarthatóvá teszi a modellt.



A LIFE-MICACC projektben bemutatott mintaterületeken élő emberek megélhetése az édesvízi ökoszisztémák egészséges működéséhez közvetlenül kapcsolódik. A célzott természetes vízmegtartó megoldások kialakítása és végrehajtása a helyi gazdaságok számára előnyöket fog biztosítani. Így a kiválasztott településeken bemutatathatóvá válik, miként ösztönözhető a főbb érdekeltek, így a vállalkozások, a gazdálkodók és a beruházók, hogy a saját ellátási láncban belül történő vízfelhasználáson és a természeti tőkétől való függésen keresztül hozzanak progresszívebb és az adott vízgyűjtő-terület egészére kiterjedő intézkedéseket a vízkockázatok csökkentése érdekében.

Fontos szakpolitikai hatásként a projektnek köszönhetően a „víz visszatartás” beépült az érintett hazai operatív programok (TOP Plusz, KEHOP Plusz) pályázati kiírásaiba, mint értékelési szempont és előnyös megoldás. (Mellesleg a LIFE-MICACC projekt jó nemzeti példaként is szerepelt a kiírásokban.) Elmondható, hogy a projektnek valódi értéke és többszintű pozitív hatása is van.

FÜGGELÉKEK

Vonatkozó jogszabályok

23/2018. (X. 31.) OGY határozat a 2018–2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról

18/2013. (III. 28.) OGY határozat a Nemzeti Fenntartható Fejlődés Keretstratégiáról

2018. évi CXXXIX. törvény Magyarország és egyes kiemelt térségeinek területrendezési tervéről 1996. évi XXI. törvény a területfejlesztésről és a területrendezésről

346/2008. (XII. 30.) Korm. rendelet a fás szárú növények védelméről

218/2009. (X. 6.) Korm. rendelet a területfejlesztési koncepció, a területfejlesztési program és a területrendezési terv tartalmi követelményeiről, valamint illeszkedésük, kidolgozásuk, egyeztetésük, elfogadásuk és közzétételük részletes szabályairól

1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról

147/2010. (IV. 29.) Korm. rendelet a vizek hasznosítását, védelmét és kártételeinek elhárítását szolgáló tevékenységekre és létesítményekre vonatkozó általános szabályokról

220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól

221/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a vízgyűjtő-gazdálkodás egyes szabályairól

220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól

219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszín alatti vizek védelméről

72/1996. (V. 22.) Korm. rendelet a vízgazdálkodási hatósági jogkör gyakorlásáról

123/1997. (VII. 18.) Korm. rendelet a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízilétesítmények védelméről

1110/2017. (III. 7.) Korm. határozat a Nemzeti Vízstratégia és a végrehajtását biztosító intézkedési terv elfogadásáról

269/2007. (X. 18.) Korm. rendelet a NATURA 2000 gyepterületek fenntartásának

91/2007. (IV. 26.) Korm. rendelet a természetben okozott károsodás mértékének megállapításáról, valamint a kármentesítés szabályairól

45/2018. (III. 19.) Korm. rendelet az állami és önkormányzati közfeladat-kataszterről

147/1992. (XI. 6.) Korm. rendelet az önkormányzatok tulajdonában lévő ingatlanvagyon nyilvántartási és adatszolgáltatási rendjéről

Klímvédelmi éghajlatvédelmi hatásvizsgálatok kockázatok vizsgálata jogszabályi háttér

Magyarország alaptörvénye

2009. évi XXXVII. törvény az erdőről, az erdő védelméről és erdőgazdálkodásról

1995. évi LIII törvény a környezet védelmének általános szabályairól

2020. évi XLIV törvény a klímavédelemről

314/2005. (XII. 25) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálati és egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról

306/2010. (XII. 23) Korm. rend a levegő védelméről

A tározók méretezése témakörében készült hazai tervezői segédletek, tervezést segítő anyagok, kutatások:

Vízáteresztő burkolatos pályaszerkezetek víztározó alaprétegének méretezése (példa az eseményalapú méretezésre):

e-UT 06.03.43:2022 Kiselemes burkolatok. Útügyi műszaki előírás.

Idősor-alapú vízmérleg számítás („kézi” számítás és szimulációs modellezéssel történő számítás bemutatása):

Közutak víztelenítése. Tervezés, építés, karbantartás. Útügyi műszaki előírás (a kiadvány készítése pillanatában még jogszabályi véleményezés alatt áll).

Városi zöldfelületek öntözési vízigényének meghatározása, a zöldfelületek öntözését szolgáló tározó méretezési módszertana (idősor-alapú vízmérleg számítás):

Szentirmai P., Ács T., Decsi B., Horváth-Varga L. (2024). Budapesti csapadékvíz tározó öntözési célú hatékonyságának értékelése a zöldfelületek öntözési vízigényének tükrében. *Hírcsatorna* 2024/2. szám.

Vízigény alapú méretezés (Budapestre érvényes összefüggések a kisebb vízhasznosító tartályok méretezéséhez)

Vízáteresztő burkolatok vízáteresztő képesség változásának becslése:

StrauszT., ÁcsT., DecsiB., & VARGAL. (2023). Budapesten létesített vízáteresztő burkolatok vízáteresztő képesség változásának vizsgálata terepen végzett mérésekkel. *Hidrológiai Közlöny*, 103(1), 48-58. <https://doi.org/10.59258/hk.11087>