

Települések zöld víznyelői – az esőkertek tisztítási hatékonyságának vizsgálata

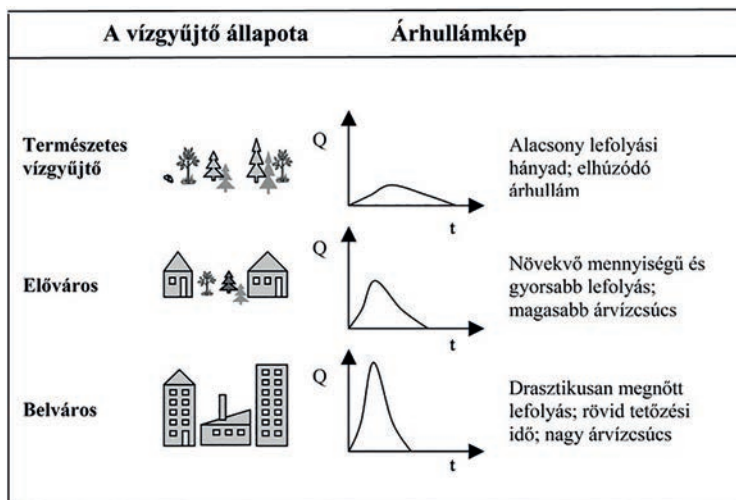
Bevezetés

Az elmúlt években tapasztalt – a klímaváltozással is összefüggésben lévő – nagy intenzitású csapadékok és azok települési károkozásai szükségessé teszik a csapadékezelő rendszerek tervezésének és üzemeltetésének újragondolását [1].

Magyarország területén az elmúlt években az évente lehulló csapadék átlagos mennyisége nem, de eloszlása jelentősen megváltozott [2]. Egyre gyakoribbá válnak a rövid idejű, nagy intenzitású csapadékok, amelyek városi, beépített környezetben az anyagi károkozás mellett akár emberéleteket is veszélyeztethetnek. A lefolyás késleltetése, a vízvisszatartás hirtelen lezúduló nagy intenzitású csapadékok esetén megoldást jelenthet a problémára, így olyan felületek kialakítására kell törekedni, amelyek tározásra és tisztításra is képesek.

A városi területeken az eredetileg természetes vízgyűjtő az emberi beavatkozás hatására jelentősen módosul, mennyiségi és minőségi változásokat vonva maga után a hidrológiai körfolyamatban. A legjelentősebb változást a burkolt, vízzáró felületek növekedése, valamint a csökkenő felületi tározódás és ugyancsak csökkenő felületi érdesség miatt a vízvezető képesség fokozott növekedése jelenti.

A vízzáró felületek növekedésének következtében a városiasodást megelőző korszakhoz képest megnő a lefolyás, a kialakuló tetőző vízhozam, és csökken az összegyülekezési idő, illetve az árhullám tetőzési ideje [3] (1. ábra).



1. ábra: Az urbanizáció hatása a lefolyásra [1] (a szerzők szerkesztése)

A fenntartható csapadékvíz-elvezetés elsődleges célja az árhullámkép elnyújtása, az árvízcsúcs csökkentése, valamint a csapadékvíz helyben tartása és hasznosítása.

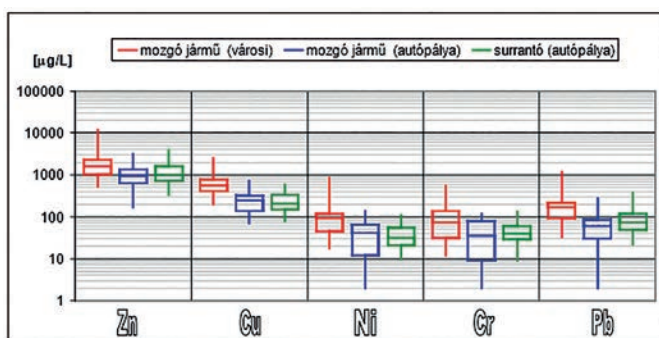
Útról lefolyó csapadékvizek szennyező anyagai

Az útról lefolyó csapadékvizek szennyezettségével az elmúlt években több kutatás is foglalkozott. Belterületi és külterületi folyópályaszakaszokat vizsgáltak, mozgó járműves és surrantóból vett minta segítségével. A közúti csapadékvizek megengedhető szennyezettségét illetően jelenleg nincs érvényes jogi szabályozás. A mért koncentrációk jelentőségét ezért a pontforrás jellegű szennyvízkibocsátásokra vonatkozó, felszíni vizek terhelhetőségét szabályozó 28/2004. KvVM rendelet határértékeivel (1. táblázat) hasonlították össze.

1. táblázat: A befogadóba való közvetlen bevezetésre a hatóság által megállapítható egyedi határértékek [4] (a szerzők szerkesztése)

Koncentráció µg/L	Zn	Cu	Ni	Cr	Pb
minimum	500	100	100	200	50
maximum	10 000	4 000	2 000	2 000	400

A közúti csapadékvizekben mért Pb-, Zn- és Cu-koncentrációk több alkalommal is meghaladták az érzékeny befogadókra érvényes emissziós határértékeket (elsősorban belterületen). Bár az útpályáról lefolyó szennyezett csapadékvizek esetében időszakos jellegű kibocsátásokról van szó, ez az eredmény arra enged következtetni, hogy felszíni vizekbe, illetve közcatornába vezetésük kezelés nélkül nem tekinthető kockázatmentesnek [5].



2. ábra: Összes Zn-, Cu-, Ni-, Cr- és Pb-koncentrációk közúti csapadékvizekben [5 p55] (a szerzők szerkesztése)

Potenciális szennyező anyagok:

- potenciálisan toxikus elemek (például réz, cink, ólom, nikkel, króm);
- ásványolajok, zsiradékok;
- téli útüzemeltetés – síkosságmentesítés sói (Cl^- , Na^+);

- egyéb szerves és szervesetlen szennyezők (gumitörmelékek, butadién és izoprén oligomerek, festékpigmentek, féktárcsák és fékpofák lekopott anyagai, korom, egyéb kopás- és bomlástermékek, állati ürülék).

A zöldinfrastruktúrák szerepe a csapadékvíz-gazdálkodásban

Városi és kistérségi szinten a természetes területek foltjainak rendszere biztosít élőhelyet, árvízvédelmet, tisztább levegőt, tisztább vizet. Helyi – utca, tömb – szinten a természetet utánzó létesítmények rendszere biztosítja a záporvizek visszatartását, a lefolyás lassítását, a tisztítást követő beszivárogtatást azáltal, hogy magukba szívják, tározzák a vizet [6].

Az úgynevezett LID (Low Impact Development) lefolyásszabályozási megoldások közé tartoznak a szivárogtató létesítmények, amelyeknél a szennyezett lefolyást speciális anyagú szűrőrétegen vezetjük át a csatornahálózat vagy a talaj-talajvíz felé.

A tisztítás mellett ezek a megoldások lassítják a lefolyás sebességét, csökkentik a lefolyó vízmennyiséget és a lefolyási csúcsokat. A csapadékvíz-gazdálkodás elvei szerint tervezett új rendszereknek az elvezetés mellett a kellő mértékű tisztítási megoldásokat is tartalmazniuk kell, ami megköveteli a szennyező anyagok lemosódásának számíthatóságát, valamint a szennyezőanyag-transzport számítását is a méretezési eljárásokban. Ennek a szennyezőanyagkapacitás-méretezésnek pedig fontos szerepe van a talajvizek és városi talajok védelme szempontjából.

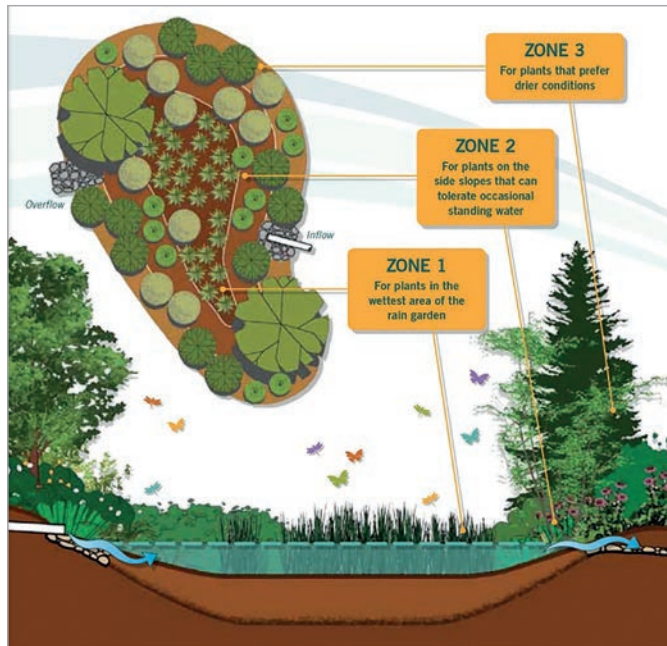
A zöldinfrastruktúra eszközei települési környezetben a szikkasztóárkok, infiltrációs medencék, wetlandek, esőkertek, zöldtetők, zöldhomlokzatok.

Az esőkert

Az esőkert (rain garden) természetes, növényekkel beültetett vízgyűjtő medence, amely a talajjal közvetlen kapcsolatban van. A mesterséges, növényzettel beültetett mélyület a burkolt felületek lefolyó vizeit fogadja, beszivárogtat és párologtat. Maga a létesítmény a növényekkel borított csatornák és az infiltrációs medencék egy továbbfejlesztett változatának tekinthető, hiszen a víz-visszatartást, tisztítást és szivárogtatást egymaga végzi.

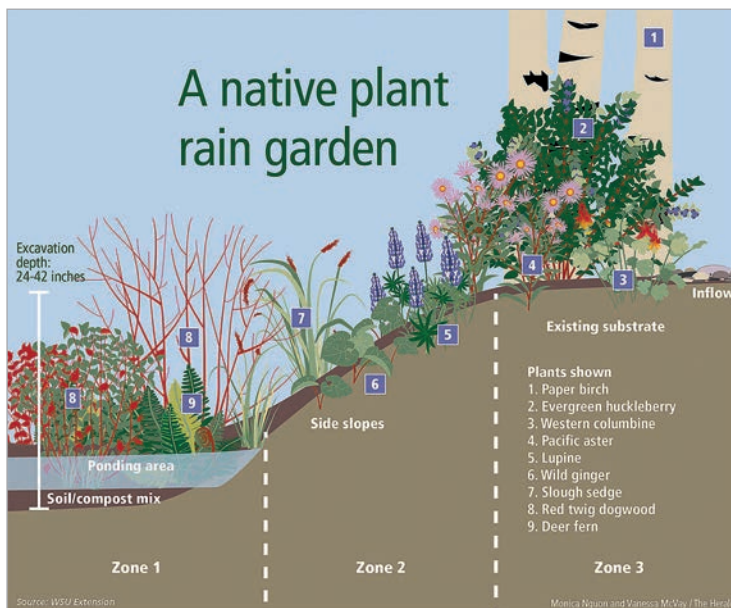
Az esőkert helyszínrajzi értelemben három zónára osztható (3. ábra). A zónák között az alapvető különbség a vízborítottságban van, amely meghatározza a beültethető növények fajtáját is. A középső, 1. zóna akár 48 órán keresztül (extrém csapadékok esetén még tovább) vízborítás alatt lehet, így ebbe a zónába vízkedvelő, víztűrő fajokat célszerű ültetni. A 3. zónába a leginkább szárazságtűrő fajok kerülnek, hiszen ezen a területen sokszor csak átfolyik a csapadékvíz, külön öntözés pedig csak ritkán megoldott a kertek esetében.

A kert kialakítása a talajtervezéssel, talajvizsgálattal kezdődik. Amennyiben a területen lévő talaj nem alkalmas az esőkert kialakításához, talajcserére lehet szükség. Az altalaj vízáteresztő és víztartó képessége akkor ideális, ha az összegyűjtött vizet 48 órán belül el tudja szivárogtatni. Az altalajra kerül a területen honos fajokból az egyes zónáknak megfelelően összeválogatott növénytakaró, amely az erdő természetes működését utánózva begyűjti és elszivárogtatja a vizet. A vízgyűjtő medence aljára kerül egy talajkeverék, az úgynevezett ültetőközege, amely növeli a kert tisztítási hatékonyságát, mivel részt vesz a károsanyag-eltávolításban és a vízvisszatartásban is, a benne lévő kavics megakadályozza a talaj eltömődését és a feliszapolódást.



3. ábra: Az esőkert elvi elrendezése (zónák) és metszete [7] (a szerzők)

Az ültetőközegek egyik fő összetevője a fenyőkéreg. A fenyőkéreg vízfellevő tulajdonságának köszönhetően jól használható a csapadékvíz tárolására és szűrésére (4. ábra).



4. ábra: Az esőkert felépítése [8] (a szerzők)

A fakéreg (H mulch) és a fenyőkéreg (P mulch) ásványolajokkal szembeni adszorpciós kapacitását statikus (batch) adszorpciós mérésekkel már vizsgálták [9], de jelenleg még kevés tanulmány született a témában. A vizsgálatok szerint a fakéreg adszorpciós képessége az ioncsere-folyamatoknak köszönhető. Ólommal (Pb^{2+}), rézzel (Cu^{2+}) és cinkkel (Zn^{2+}) szemben vizsgáltak keményfa- és fenyőkérget is. A vizsgálatok során kiderült, hogy a keményfa-kéreg nagyobb szorpciós kapacitással rendelkezik, de a fenyőkéreg is megköti az ólom több mint 90%-át, a réz és a cink több mint 80%-át [9].

Anyag és módszer

Laboratóriumi méréseink során arra keresünk választ, hogy a fenyőkéreg és – mivel az esőkert ültetőközegének jelentős részét ez teszi ki – maga az esőkert bír-e potenciálisan toxikus elem-megkötő tulajdonsággal. Mivel a tisztítás már az ültetőközeg legfelső rétegében elkezdődik, így először egyes potenciálisan toxikus fémek megkötődésének vizsgálatát végeztük el fakéreg-aprítékon. A statikus (batch) kísérlet során a mulcs rézion- és ólomion-visszatartó képességét vizsgáltuk, és az adszorpciós izotermák segítségével meghatároztuk a maximálisan megköthető szennyezőanyag-mennyiséget. Száritott, aprított, homogenizált, légszáraz 1,4–5,6 mm közötti átmérőjű mintára ismert koncentrációjú $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ és $Pb(NO_3)_2$ oldatot öntöttünk, majd 2 órás rázatás után a leszűrt oldatokat AAS atomabszorpciós spektrofotométer visszamértük, ebből meghatározva az abszorbeált mennyiségeket.

Eredmények és következtetések

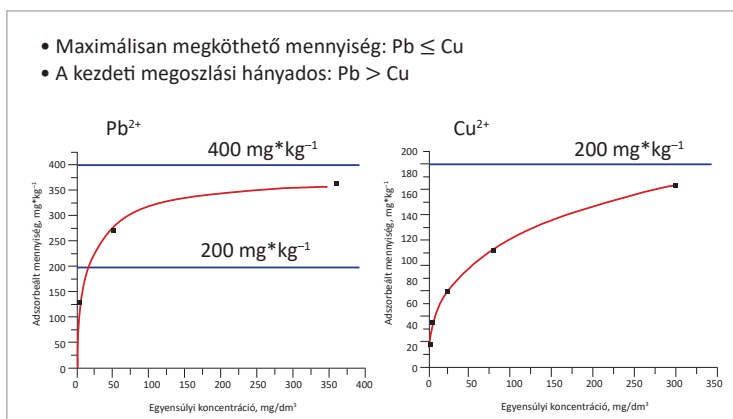
A kapott eredmények értékelése nemlineáris függvényillesztéssel (Langmuir-típusú adszorpciós izotermák) történt.

$$\text{Izoterma illesztése: } y = \frac{a \times k \times x^n}{1 + k \times x^n} + q$$

ahol: a – maximálisan abszorbeálható mennyiség ($Pb \leq Cu$)
 k – kötési erő ($Pb < Cu$)

Paraméter/elem	Pb	Cu
a	$397,02 \pm 48,2$	$410,8 \pm 173,3$
k	$0,14 \pm 0,030$	$0,04 \pm 0,012$
n	$0,697 \pm 0,14$	$0,5 \pm 0,08$
Korreláció (R^2)	0,98906	0,99697

Az 5. ábrán látható adszorpciós izotermákból megállapítható, hogy az általunk vizsgált mulcsanyag az ólom és a réz esetében egyaránt jó megkötőképességgel rendelkezik. Az ólom esetében a gyors telítettség jellemző, meredekebb felfutású a görbe, és gyorsan eléri az állandó értéket. A maximálisan adszorbeálható anyagmennyiség ~ 400 mg/kg. A réz esetében lassabb a telítődés, sokkal laposabb érintővel fut fel a görbe, és az ábrázolt szakaszban még nem érte el a konstans értéket. A becsült maximálisan adszorbeálható anyagmennyiség közel ugyanannyi, mint az ólom esetében.



5. ábra: A megköthetőség az egyensúlyi koncentrációk függvényében (a szerzők)

Esőkertek alkalmazása a gyakorlatban

Esőkert alkalmazására számtalan külföldi példát találunk, a teljesség igénye nélkül a skandináv országokban, Indiában, Ausztráliában, az Egyesült Királyságban és az USA több államában is. Ezzel szemben a hazai gyakorlatban sajnos ez csak néhány mintakertre korlátozódik.

Az első esőkertek családi házas övezetekben, először csak az udvarokban, tetőcsapadékok felfogására szolgáltak, később megjelentek az előkertekben is, ahol már a közútról lefolyó csapadékvizet tározták és tisztították. Az út melletti esőkertek elsősorban külterületi vagy kevésbé beépített területeken jellemzőek, de egyre inkább betörnek olyan városrészekbe is, ahol a sűrű, városias beépítés jellemző. Ezeken a területeken akár kis felületeket is ki lehet használni erre a célra, mint például a forgalom elől elzárt területek, járdaszízigetek, az út és a járda közötti zöldek, parkolók elválasztó szízeit (1. kép).



1. kép: Út melletti mini esőkert – San Francisco, USA [10] (a szerzők felvétele)

A példák közül látható, hogy a kert alakja igen változatos lehet. Célszerű kihasználni a rendelkezésre álló helyet, és minél nagyobb felületen kialakítani a kertet, így nagyobb felületen tud szivárogtatni, illetve így a tározókapacitása is megnő. Az út és járda közé hosszúkás alakú, több medencéből álló kertet célszerű létesíteni (2. kép).



2. kép: Út melletti esőkert – Aikenhead Road, Glasgow, Egyesült Királyság [11] (a szerzők felvétele)

A szikkasztóárkokhoz hasonlóan fontos, hogy a kert alja vízszintes legyen, így nem egy ponton történik a beszívargás, hanem a teljes felületen. Ez alól kivételt képeznek az olyan kertek, ahol valamilyen okból nem lehetséges a szikkasztás, ezekből a kertekből a tisztított vizet elvezetik. Az osztott medencés kialakítás abból a szempontból is ideális, hogy a lejtős területen is ki tudunk alakítani egymáshoz képest lépcsőzetesen eltolts, vízszintes fenekű medencéket, illetve egy-egy medencéből kisebb mennyiségű tisztított víz kerül elvezetésre. Amennyiben megfelelő méretű terület áll rendelkezésünkre az út és a járda között, egy hosszan elnyúló, árokszerű kertet is kialakíthatunk, vagy akár egy meglévő nyílt árkot is átalakíthatunk esőkertté, ezzel növelve a meglévő létesítmény tározó- és tisztítókapacitását (3. kép).



3. kép: Út melletti esőkert – Willoughby, Ausztrália [12] (a szerzők felvétele)

Összefoglalás

Az esőkertek nemcsak összegyűjtik, de kiválóan meg is szűrik a csapadékvizet. A tározás és tisztítás mellett az esőkertek növelik a városi területek tájképi értékét, de lakott területeken kívül is alkalmazhatóak előnyös tulajdonságaik miatt. Számos esettanulmány készült az esőkertek csapadéklefolyásban és -visszatartásban betöltött szerepének vizsgálatát illetően. Angliában például kimutatták, hogy az esőkertek az 1-2 éves visszatérési idejű csapadékcúcsok mennyiségét 70-96%-ban, az 1-30 éves visszatérési idejű csapadékcúcsok mennyiségét 8-39%-ban, az 1-100 éves visszatérési idejű csapadékcúcsok mennyiségét pedig 4-16%-ban képesek csökkenteni. Az esőkert vízvisszatartó képességét tehát igazoltnak tekinthetjük, az ültetőközeget és a betelepített növények tisztítási hatékonyságát jelenleg is zajló mérésekkel és kísérletekkel igazoljuk.

Méréseink során beigazolódott, hogy az esőkert ültetőközegeének fő alkotóeleme, a fenyőkereg potenciálisan toxikus elem-megkötő tulajdonsággal bír a rézionnal és az ólomionnal szemben. A fent említett esettanulmányok és a saját méréseink alapján elmondható, hogy az esőkert víz-visszatartó képessége és potenciális szennyezőanyag-feltevő képessége is jelentős.

A zöldinfrastruktúra-megoldások fenntartható módon összegyűjtik, szűrik, abszorbeálják, párologtatják, újrahasznosítják és tisztítják a városi felszínen lefolyó csapadékvizet, mint potenciális készletet. A zöldinfrastruktúra gyakorlata kirekeszti az esővizet a városi csapadékrendszerből, megakadályozva azok túlterhelődését, és csökkenti a vízzáró városi felületeken képződő, tisztítás nélkül a felszíni vizekbe befolyó csapadékvíz mennyiségét. A zöldinfrastruktúra-módszerek javítják vagy helyreállítják a természetes és mesterséges városi területek vízmegőrző képességét, elősegítik a csapadékvíz természetes környezetben történő hasznosulását, szabályozott módon beszívároztatva a talajba vagy a felszín alatti vizekbe, tehermentesítve az öregedő városi csatornarendszereket (amelyek számára egyre nagyobb kihívást jelent a megváltozott eloszlású esőzések kezelése), alkalmazkodva az éghajlatváltozás hatásaihoz. A fenntartható városi vízgazdálkodásnak a természetközeli megoldások felé kell fejlődnie, helyben tartva és visszaforgatva a vizet, miközben felkészül a váratlan és valószínűleg egyre nagyobb károkat okozó rendkívüli csapadékokra [13].

A kutatásunkat tovább folytatva tenyészedényes növénykísérleteket végzünk, valamint külső helyszíneken eltérő forgalmú utak mellé mintaesőkerteket telepítünk, ahol további laboratóriumi mérésekhez vízmintavétel történik. Célunk a hazai előírásoknak megfelelő tisztítási hatékonysággal üzemelő kert paramétereinek meghatározása, adott vízgyűjtő terület és útkategória esetén.

Felhasznált irodalom

1. Gayer J, Ligetvári F. Települési vízgazdálkodás, csapadékvíz-elhelyezés. Budapest: Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Kutató Intézet Kht.; 2007. 176 p.
2. Gácsér V, Pléh Cs, Lakatos M, Molnár Á. Változik-e éghajlatunk? Magyarországi trendek, szélsőségek. Iskolakultúra. 2014;24(11–12):13–27.
3. Gayer J. A települési csapadékvíz-elhelyezés az integrált vízgazdálkodás tükrében. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem; 2004. 119 p.
4. 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól
5. Budai P. A közúti közlekedés nehézfém kibocsátásainak hatása a csapadékvizek szennyezettségére. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem; 2011. 84 p.

6. Hancz G. A zöld infrastruktúra szerepe a települési vízgazdálkodásban. Debreceni Műszaki Közlemények: A Debreceni Egyetem Műszaki Kar lapja. 2013;12(2):121–130.
7. Kenzle S, Nuffer A. Rain Gardens: Plant selection and maintenance [Internet]. [letöltve 2019. november 11.]. Elérhető: www.austintexas.gov/sites/default/files/files/Watershed/growgreen/2019LPT/Rain-Garden-Plants-and-Maintenance-Susan-Kenzle-Darcy-Nuffer.pdf
8. Rain gardens: Nature's sponge. Bothell-Kenmore Reporter [Internet]. 2018. szeptember 18 [letöltve 2019. november 11.]. Elérhető: www.bothell-reporter.com/life/rain-gardens-natures-sponge/
9. Jang A, Seo Y, Paul L, Bishop PL. The removal of heavy metals in urban runoff by sorption on mulch. Environ Pollut. 2005 Jan;133:117–127.
10. Hammerl T. City seeks neighborhood 'guardians' to adopt its new rain gardens. Hoodline [Internet]. 2019. május 7 [letöltve 2019. november 11.]. Elérhető: <https://hoodline.com/2019/05/city-seeks-neighborhood-rain-guardians-to-adopt-its-new-rain-gardens/>
11. Carus C. Rain Gardens on Aikenhead Road. MoFloCoCo [Internet]. 2018. március 18 [letöltve 2019. november 11.]. Elérhető: www.moflococo.org/rain-gardens-on-aikenhead-road/
12. Claxton M. Rain gardens a trash-filled hazard, says Langley resident. Langley Advance Times [Internet]. 2019. szeptember 13 [letöltve 2019. november 11.]. Elérhető: www.langleyadvancetimes.com/news/rain-gardens-a-trash-filled-hazard-says-langley-resident/
13. Mrekva L. A zöldinfrastruktúrák szerepe a csapadékvíz-gazdálkodásban és a városi területek lefolyás-szabályozásában. In: Bíró T, szerkesztő. Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia. Tanulmányok. Budapest: Dialóg Campus; 2019. p. 127–147.