

SZAKDOLGOZAT

Gál Szabolcs

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet

Tájrendező és kertépítő mérnöki alapképzési szak

Telken belüli vízvisszatartás eszközei

Egy iskolakert mintapéldáján keresztül bemutatva

Belső konzulensek: **Takácsné Zajacz Vera**
PhD

Tanszékvezető,
egyetemi adjunktus

Belső konzulensek
intézete/tanszéke:

Tájépítészeti,
Településtervezési
és Díszkertészeti Intézet

Kert-és Szabadtértervezési
Tanszék

Készítette:

Gál Szabolcs

Budapest

2025

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések	1
1.1 Bevezetés	1
1.2 Célkitűzések	2
2. Vízügyi jogi háttér	3
3. Telken belüli vízviSSzatartás jelentősége és hatásai	4
4. Élő és élettelen tényezők	6
4.1 Csapadék	6
4.2 Talaj	7
4.2.1 Alapkőzet	7
4.3 Növényzet	8
4.4 Épített környezet	8
5. VízviSSzatartás eszköztára telken belül	9
5.1 Zöld megoldások	9
5.1.1 Zöldtetők	9
5.1.2 Zöldhomlokzatok	12
5.1.3 Felszíni szikkasztás	14
5.2 Mérnöki megoldások	19
5.2.1 Drénárok – felszíni szikkasztás	19
5.2.2 Felszín alatti szikkasztás	20
5.2.3 Kéktető	21
5.2.4 Előregyártott víztározók	22
5.3 Kombinált megoldások	22
5.3.1 Víztározó zöldtető	22
5.3.2 Szűrőárok	23
5.3.3 Szikkasztó/Tározó meder	23
5.4 Téli öntözés	24
6. Mintaterület	25
6.1 Felsőszilvási Általános Iskola ismertetése	25
6.2 Csapadékvíz gyűlekezési helyeinek elemzése csapadékesemények utáni terepbejárással	27
6.3 A területen elhelyezhető vízviSSzatartó eszközök és azok kapacitása	29
7. Eredmények, következtetések	35
8. Összefoglalás	36
9. Köszönetnyilvánítás	37
10. Irodalomjegyzék	38
11. Jegyzékek	43
11.1 Ábrajegyzék	43
11.2 Táblázatjegyzék	44
12. Mellékletek	45

1. Bevezetés és célkitűzések

1.1 Bevezetés

A vízviasszatartás kérdése napjaink egyik legfontosabb környezeti kihívása, különösen az éghajlatváltozás következményeinek fényében. Az éghajlati anomáliák, mint a növekvő globális hőmérséklet, az egyre gyakoribbá váló aszályok és a csapadék térbeli-időbeli átrendeződése, jelentős hatást gyakorolnak a természetes és épített környezet vízgazdálkodására. Magyarországon az éves középhőmérséklet növekedése és a csapadékeloszlás változása számos területen fokozza a vízhiányos időszakok kockázatát, miközben az intenzív esőzések által okozott villámárvizek is egyre nagyobb problémát jelentenek.

Az Európai Unió Víz Keretirányelve és a hazai vízgazdálkodási szabályozás egyaránt hangsúlyt fektet a fenntartható vízhasználatra, a csapadékvíz helyben történő viasszatartására és szakszerű kezelésére. Az új Településrendezési és Építési Követelmények Alapszabályzata (TÉKA) a vízviasszatartás szabályozásával hozzájárul a zöldinfrastruktúra fejlődéséhez, amely nemcsak a városi mikroklímát javítja, hanem elősegíti a talaj vízháztartásának helyreállítását és a biodiverzitás növelését is.

A vízviasszatartási megoldások fontosságát nemcsak a klímaváltozás hatásai, hanem az épített környezet hősziget-hatása is alátámasztja. A helyben viasszatartott csapadékvíz csökkentheti a hőhullámok hatását, javíthatja az élőhelyek vízellátottságát, és a párolgás révén kedvezően befolyásolhatja a mikroklímát. Az esőkert, szikkasztóárok, illetve egyéb felszíni és felszín alatti vízmegtartó rendszerek hatékony eszközök lehetnek a csapadékvíz mennyiségi és minőségi problémáinak kezelésére. Az ilyen rendszerek hozzájárulnak a talajvíz tisztításához, a szennyező anyagok szűréséhez, valamint az esőzések utáni villámárvizek kockázatának mérsékléséhez.

Az épített környezetben a csapadékvíz megfelelő kezelése elengedhetetlen a fenntartható fejlődés érdekében. A burkolt felületek vízgyűjtő szerepe mellett a megfelelően kialakított zöldfelületek és szikkasztórendszerek kulcsszerepet játszanak az infrastruktúra védelmében és az ökológiai egyensúly fenntartásában. Emellett a növényzet nemcsak a talaj vízmegtartó képességét növelik, hanem a vízminőség javítását is elősegítik

1.2 Célkitűzések

A szakdolgozatom célja, hogy átfogó képet nyújtson a telek szinten használható vízvisszatartó eszközökről. Megvizsgálom a tervezői eszközök alkalmazási lehetőségeit és megoldást keresek azok kialakításának és méretezésének megoldásaira. Válaszokat keresek hogyan lehet a legtöbb vizet helyben, telken belül hasznosítani. A tájépítészet eszközeivel igyekszem esztétikus és ökológikus megoldásokat feltárni. Számítási megoldásokat keresek, amivel meghatározható egy telek szintű terület lefolyása és a víz mozgása a területen belül. Végző soron egy intézménykerti mintaterületen bemutatom ezek alkalmazhatóságát és kialakítok egy javaslatot, amelyben egy vízmegtartó rendszer kapacitását mutatom be, valamint a tározási lehetőségeit és a tárolt víz felhasználhatóságát.

2. Vízügyi jogi háttér

Magyarország Európai Unió tagállamként részt vesz az EU vízpolitikájában. A víz keretirányelv nagy előrelépést jelentett a felszíni és felszín alatti vizek védelmében. 2000-ben fogadták el ezt az irányelvet, ami hatással volt az ország vízügyi szabályozásainak megalkotásában is (Európai Bizottság, 2014)

Magyarországon a telken belüli vízgazdálkodás szabályairól a Településrendezési és Építési Követelmények Alapszabályzata (TÉKA) rendelkezik. A vízviisszatartását nem kötelezi az alapszabályzat, de keretet szab neki, miszerint a csapadékvizet meg kell tartani, azt a telek határain kívülre kivezetni csak abban az esetben lehetséges, ha megtartása, vagy elszivárogtatása nem megoldható. A vízviisszatartást továbbá csak egy kritériummal illeti az alapszabályzat, ami alapján a csapadékvíz viisszatartása nem veszélyeztetheti az épített környezetet, nem okozhat állékonysági problémákat, illetve nem vezethet a talaj eróziójához. Kiemeli még, hogy az elszivárogtatást a telek zöldfelületein kell végezni, vagy más, annak tárolására alkalmas területre kell vezetni. Ennek mértékéről a helyi építési szabályzatok további döntéseket hozhatnak (TÉKA, 2025).

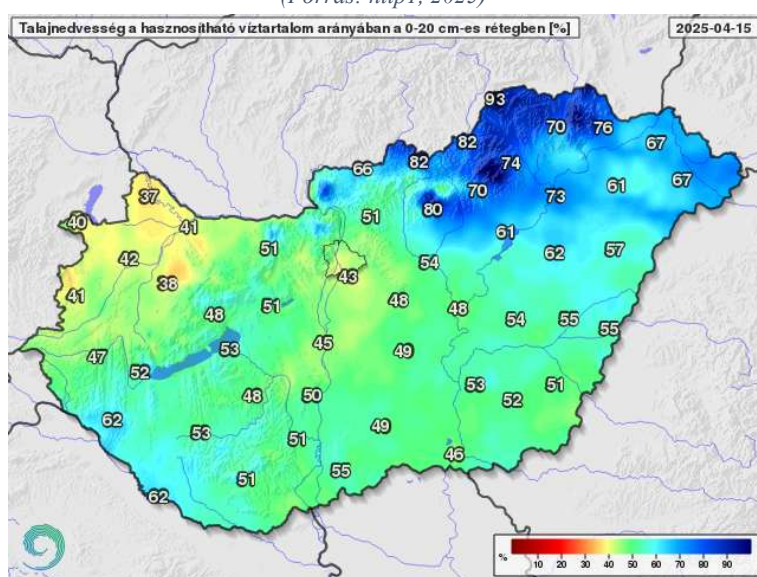
Ez a változtatás nagy előrelépést jelent a vízviisszatartási lehetőségek jövőjére nézve, hiszen a már hatályon kívül lévő Országos Településrendezési és Építési Követelmények (OTÉK), még nem kötelezte a telektulajdonosokat a vízviisszatartásra. A csapadékvíz elszivárogtatható a telken, de kötelező a talaj állékonyságának vizsgálata, valamint a környező épületek védelme (OTÉK, 1997).

Ha a víz elszivárogtatása nem megoldható telken belül, akkor a vizet telken kívülre lehet vezetni. Ez csak abban az esetben lehetséges, ha a víz elvezetése a járdaszint alatt történik meg, mivel a járdaszinten elvezetett víz síkossá teheti a járőfelületet, annak korróziójához, minőségbéli romlásához vezethet, vagy hideg, fagyos időben csúszásveszélyhez is vezethet. Ha a vízelvezetésre szolgáló építmény, vagy árok a közút tartozéka, úgy az illetékes út kezelőjének engedélye is szüksége (TÉKA, 2025).

3. Telken belüli vízvisszatartás jelentősége és hatásai

Napjainkban globális problémát jelent az éghajlatváltozás. Ennek háttérében a növekvő globális átlaghőmérséklet áll, ami eddig nem látott mértékben alakítja át a természeti környezetünket. Magyarországon ez a változás az elmúlt években főként a hőmérséklet változásában nyilvánul meg. 2050-re 1-2,5 °C-kal fog növekedni az éves középhőmérséklet hazánkban, ami 1991 és 2020 között 10,75 °C volt. Míg a hőmérséklet nő, addig a csapadék mennyisége csökken, melynek következtében vízhiányos, aszályos időszakok alakulnak ki (Danyi és mtsai., 2021).

1. ábra Átlagos éves középhőmérséklet alakulása Magyarországon
(1990-2020)
(Forrás: <http1>, 2025)



hatásokat és ezzel hozzájárul a jobb közérzethez is, így elviselhetőbbé teszi a magas hőmérsékleteket.

A csapadék telken tartásra használhatóak felszín feletti és felszín alatti megoldások egyaránt, amelyek növelik a kert biodiverzitását, mivel az időszakos, vagy akár állandó vízborítású szikkasztóárkokkal, szikkasztótavakkal lehetőség van szélesebb flóra kialakítására a kertben.

Nagy intenzitású, rövid esőzések, idején úgynevezett villámárvizek alakulhatnak ki, amik a csapadékvíz elvezetésére készült rendszerek szállítóképességét meghaladják. Ezeknek a villámárvizeknek a kialakulását nagyban csökkenthetik a telken belül elhelyezett szikkasztó, tározó eszközök. Azok a rendszerek, amelyek képesek a hirtelen lehullott csapadék helyben tartására, majd később elszikkasztásában, tehermentesítik a csapadékelvezető rendszereket és csökkentik a villámárvíz kialakulásának esélyét (Jancsó és mtsai., 2019).

Ennek következtében a jelenleg is fennálló városi hősziget hatás tovább nehezíti az urbánus környezet élhetőségének javítását. A víz megtartásával csökkenthetjük ennek hatását.

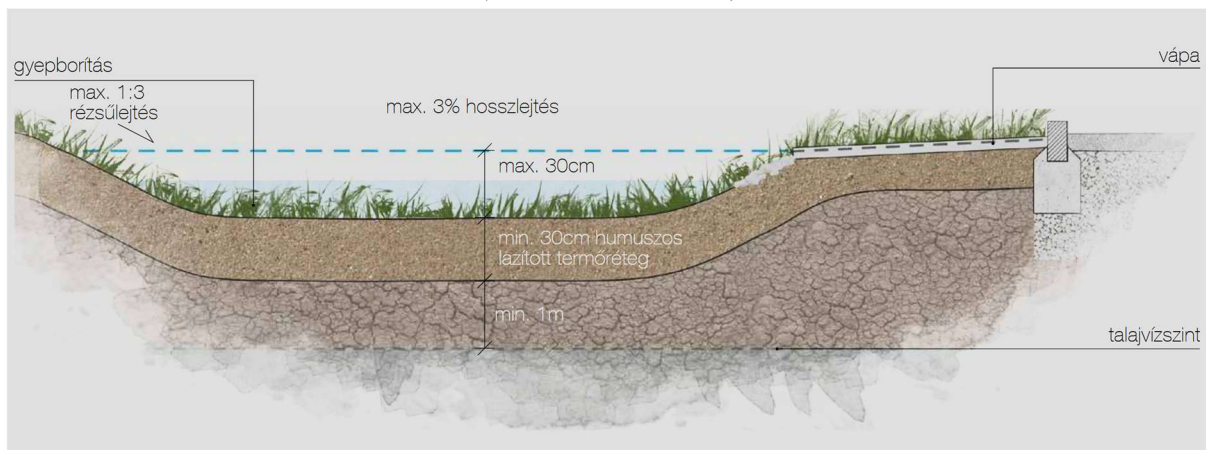
A telken belül elszivárogtatott víz növeli a talaj víztartalmát, amivel ideálisabb környezetet biztosíthatunk a telkünk élővilágának. A párolgó víz javítja a mikroklimatikus

A telken belüli csapadékvizek gyakran szennyeződéseket is tartalmazva jutnak el a talajig. Ezeket a szennyeződéseket az épületek tetőszerkezetén összegyűlt, vagy magából a tetőborítás anyagából kimosódó egészségkárosító hatású anyagok jelentik, valamint a burkolatokon felhalmozódott káros anyagok. Ezek az anyagok mechanikai, vagy kémiai szűrés nélkül bejuthatnak a talajba, majd a talajvízbe, szennyezve azt (Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, 2023).

Ha a csapadékvíz nem kerül elvezetésre, hanem annak visszatartásával egy szikkasztására, szivárogtatására alkalmas területen összegyűlik, mint például egy esőkertben, azzal megsűrűsödhet a legtöbb szennyezést jelentő anyagtól (Komárominé Kucsák, 2019)

Összegezve a csapadékvíz visszatartása segíthet a városi környezet javításában, és használatának elterjedése segítheti a szivacs város¹ kialakulásának lehetőségét. A telkek, kertek vízháztartását képesek javítani, valamint egyes szikkasztást, vízvisszatartást szolgáló elemek megtisztítják a csapadékot a talajvízbe jutásuk előtt, így elősegítve annak minőségi javulását. Ha csökkenteni szeretnénk az intenzív esőzések alatt lehullott nagy mennyiségű víz erodáló hatását, illetve a csatornák tehermentesítése céljából is hasznos a vizet telken belül tartani és helyben kezelni.

*2. ábra Gyepes szikkasztóárok
(Forrás: Csizmadia, 2018)*



¹ „A „szivacs város” olyan természetalapú megoldás, amely a városi tájat, a zöldfelületi rendszert és különböző intelligens megoldásokat használ arra, hogy a vizet a forrásánál visszatartsa, lelassítsa az áramlását és a folyamat során tisztítsa azt” (Magyar Tájépítészek Szövetsége, 2022)

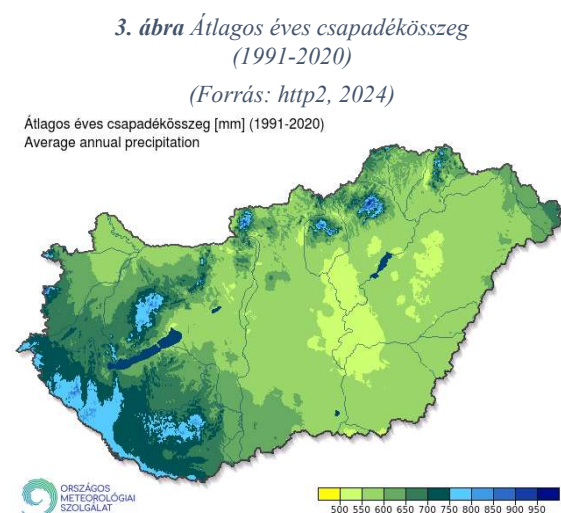
4. Élő és élettelen tényezők

A víz helyben tartásában sok tényező vesz részt. Ezek a tényezők két fő csoportra oszthatók, az élő és élettelen, azaz épített környezetre. Ezek a tényezők hatással vannak a visszatartandó víz mennyiségére és minőségére is. Ebben a fejezetben, ezekkel a tényezőkkel foglalkozom és vizsgálom meg fontosságukat a vízvisszatartás tekintetében.

4.1 Csapadék

Magyarországon jelenleg legnagyobb vizsgálható időintervallum 1991 és 2020 között van, ezért szakdolgozatomban ezt az időintervallumot veszem a számításaim és javaslataim alapjául a csapadékmennyiségek és eloszlások elemzéséhez.

Magyarországon 1991 és 2020 között az évi átlagos csapadék mennyisége 500-800 mm volt, de ennek mennyiségét nagyban befolyásolja a vizsgálandó terület elhelyezkedése, illetve a



domborzati viszonyok, valamint a Földközi-tenger és az Atlanti-óceán által létrehozott klimatikus hatások is. Az ország legcsapadékosabb területei közé tartozik a délnyugati országrész, valamint középhegységek területe, ahol az évi átlagos csapadék mennyisége meghaladhatja a 800 mm-t is. Ezeket a 3. ábrán kékkel jelölve lehet megtalálni. Ennek ellenkezője, pedig az Alföld területén, a Tisza, Zagyva és Hármas-körös környékén található,

ahol az évi átlagos csapadékmennyiség 500-550 mm (met.hu, 2025).

A LIFE-MIACC projekt előrejelzései szerint 2021 és 2050 közötti távlatban a Magyarországon várható csapadékok mennyisége csökkenni fog, így egyre több aszályos időszakkal kell szembenéznünk. A jelenlegi helyzethez képest a csapadék évszakok közti eloszlásában is nagy változás következik be, ez azt jelenti, hogy nyáron 5-10%-kal, ősszel 3-14%-kal kevesebb csapadék fog esni, mint eddig. Az aszályos időszakok, viszont nagy valószínűséggel elsősorban nyáron és nem az eddigi referenciaadatok által kimutatott ősszel fognak előfordulni. A téli időszak mutatja a legnagyobb eltérést, ahol 60%-kal több csapadékot jósolnak. Ez a változás felboríthatja az eddigi természetes hidrológiai ciklusokat, a tavaszi hóolvadásból származó árvizeket felváltja majd a nagy téli esőzésekből fakadó villámárvizek száma (Danyi és mtsai., 2021)

4.2 Talaj

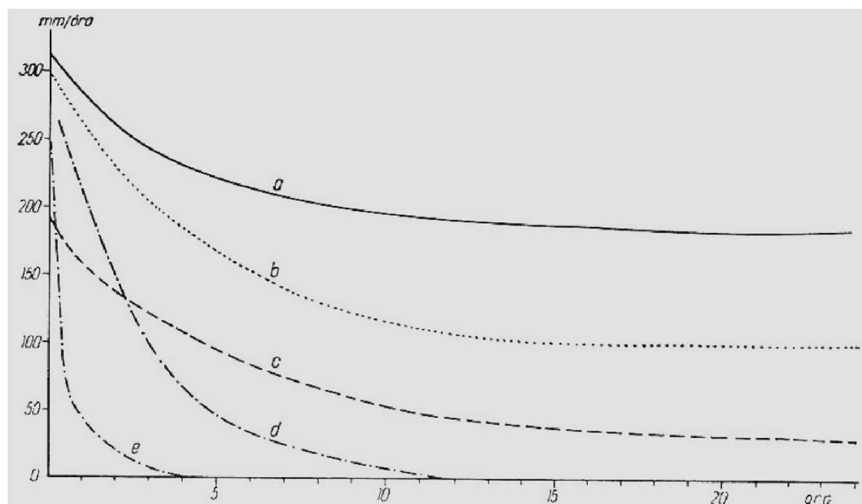
Magyarországon a három leggyakrabban elforduló talajtípus a csernozjom, a barna erdőtalaj, illetve az öntés- és lejtőhordalék talajok (NÉBIH, 2025).

A vízviasszatartás és szikkasztás tekintetében fontos szerepet játszik az adott telken található talaj összetétele és vízmegtartó, valamint áteresztő képessége. Ez azért fontos, mert különböző szemcseméretű talajok máshogy viselkednek szikkasztáskor. A talajok vízáteresztő képességét a talaj szerkezetében létrejött szemcsék közötti rések határozzák meg. Ezek az úgynevezett hézagterek, amik levegővel, vízzel, vagy valamilyen nem szilárd szerkezetű anyaggal vannak kitöltve. A másik fontos tényező a vízáteresztő felület nagysága. A vízáteresztő képesség nem egy konstans szám. A talajok elérhetnek egy bizonyos határértéket, miután már nagyon nehezen, vagy alig tudják továbbítani a vizet. Ebből következik, hogy a vízáteresztő képesség egy dinamikus tulajdonság, ami folyamatosan változik a hatóidő függvényében. A vízelnyelő képesség az idő múlásával csökken, amit a talaj szerkezetében lévő változások idéznek elő. A pórusviszonyok megváltozásával a talaj szerkezete átrendeződik, az alkotószemcsék megduzzadnak és összeilleszkednek, ennek következtében elzárják a korábban említett hézagtereket, ezzel lassítva a vízáteresztést (Szekrényi, 1961)

4. ábra A talaj vízáteresztés intenzitás változása.

a) lőszön kialakult csernozjom talaj, b) szoloncsák-szolonyec talaj, c) réti dinamikájú homokos vályog talaj, d) réti agyag talaj, e) szoloncsáktalaj

(Forrás: Szekrényi, 1961, 212.old.)



4.2.1 Alapkőzet

A talaj vízmegtartó képességét nagyban befolyásolja a felszín alatt húzódó alapkőzet. A kőzet típusa meghatározó szereppel bír a talajvíz magasságára. Utóbbi függ a kőzet porozitásától. Minél porózusabb egy kőzet annál több vizet képes tárolni. Az alapkőzetek lehetnek porózusak, repedezettek, illetve tömörek, ez utóbbi esetén vízzáró réteg alakul ki, amely megakadályozza

a víz lefelé mozgását. Vannak olyan kőzetek, amelyek természetükből adódóan víztározó hatással bírnak, ezeket akvifernek nevezzük. Ilyen kőzet például a homokkő (Juhász, 1987)

1. táblázat Kőzetek vízmegtartó képessége

Forrás Juhász, 1987. nyomán

Alapkőzet	Szerkezeti jellemző	Porozitás / Repedezettség	Vízáteresztés	Vízvisszatartás
Homokkő	Réteges, üledékes szerkezet	Elsődleges szemcsés porozitás magas	Jó	Közepes-jó
Mésző / Dolomit	Kristályos, repedezett, karsztosodik	Másodlagos repedéses porozitás kialakulhat	Közepes-jó	Közepes-jó
Gránit	Kristályos, durva szemcsés, tömör szerkezet	Másodlagos repedéses (alacsony)	Gyenge-rossz	Alacsony
Agyagpala / Márga	Finomszemcsés, tömör üledékes kőzet	Nagy porozitás, de rossz kapcsolódás	Rossz / vízzáró	Magas
Bazalt / Egyéb vulkanikus	Tömbös, repedezett vulkanikus kőzet	Másodlagos repedések előfordulása változó	Változó	Változó

4.3 Növényzet

A növények fontos szerepet játszanak a víz visszatartásában és tisztításában is. A talaj abban az esetben, ha nincs növényzeti borítása gyorsabban kiszárad, mint a cserjékkel, fákkal, évelőkkel borított területek. Ez tapasztalható, ha egy nagyobb eső után 2-3 nappal sétálunk a természetben. A földút akár teljesen száraz is lehet, míg az erdőbe érve az avart elhúzza akár átnedvesedett talaj is található. Tehát a növények csökkentik a párolgás sebességét, ezzel segítve a talaj vízháztartásának szabályozását. Ez annak is köszönhető, hogy a lombkoronájuk által beárnyékolta, eltakart nedves földet nem éri olyan mértékben napsugarak, mint a kopár földfelszín, így az később melegszik fel. Ez azt jelentheti, hogy a növények képesek csökkenteni a hőmérsékletet a közelükben.

A növények a gyökérzetükre vezetett vizet képesek megszűrni a felhalmozódott szennyező anyagoktól, ezzel javítva a talajvízbe beszivárgó víz minőségét. A vízben lévő szennyeződések közül a gyökérzet ki tudja szűrni a vízben felhalmozódó nehézfémeket, valamint nitrátokat, nitrátokat és szénhidrogéneket is. Másrésről pedig a komplexebb növény kiültetések és növénycsoportok növelik a telek biodiverzitását is (Komárominé Kucsák, 2019).

4.4 Épített környezet

Egy telken belül nem csak zöldfelületekkel találkozhatunk, hanem épített elemek is vannak. Ezeket vízmegtartás tekintetében nem lehet értelmezni, hiszen ezekről a felületekről származik a víz, aminek visszatartását a zöldfelületek végezhetik. Ezek a felületek nagyrészt burkolt járófelületek, utak, illetve tetők. Ezekről a felületekről el kell vezetni a vizet, így biztosítva azok szerkezeti épségét.

5. Vízvisszatartás eszköztára telken belül

Dolgozatomban elsősorban Csizmadia Dóra – Vízérzékeny tervezés a városi szabadtereken című művének telek szintű tervezői eszközök fejezetét vettem alapul. Ezt kiegészítettem egyéb, a tanulmányban nem részletezett eszközök ismertetésével, működésével

A továbbiakban ezeket az eszközöket három csoportra bontom, a zöld, mérnöki, valamint kombinált megoldásokra.

5.1 Zöld megoldások

Zöld megoldásként olyan vízvisszatartást, szikkasztást vagy a felszíni lefolyás lassítását segítő eszközöket mutatok be, amelyek nem csak műtárgyakból állnak, hanem a víz útját természeti megoldásokkal ötvözik. Az ebbe a kategóriába tartozó eszközök kivétel nélkül alkalmaznak növényeket, illetve közvetlen kapcsolatot létesítenek vagy a talajjal, vagy olyan termőréteggel, amelyben növények találhatók.

5.1.1 Zöldtetők

A zöldtetők neve beszédes, ugyanis ezek lapos, vagy enyhe lejtésű tetőkön épült termőréteggel ellátott kertészeti felépítmények. A zöldtetőket szakdolgozatomban a vízvisszatartásban játszott szerepük alapján vizsgálom meg (Almási és Jámor, 2008).

A zöldtetők tovább csoportosíthatók termőréteg vastagsága szerint, illetve építéstechnikai szempontok szerint. Termőréteg szerint dolgozatomban megkülönböztetek intenzív, valamint extenzív zöldtetőket. Építéstechnikailag a legfőbb meghatározó faktor a tetőkert rétegrendje. Ez utóbbi a vízvisszatartást nem befolyásolja, de műszaki szempontból fontos szerepet játszik az építmény szerkezeti kialakításában (Almási és Jámor, 2008; Dezsényi, 2025).

A zöldtetők nagymértékben képesek csökkenteni a csapadékvíz visszatartását az olyan felületeken, amelyek telepítésük előtt csupán egy vízgyűjtő felületként szolgáltak. A zöldtetők vízmegtartó képességének megértéséhez először meg kell vizsgálni azok szerkezetét.

A szerkezet három csoportra osztható, a kertépítészei felépítményre, a szigetelésre, valamint a teherhordó szerkezetre (Almási és Jámor, 2008).

A kertépítészei felépítmény részét az esetleges funkciókat ellátó műtárgyak, a növényzet, valamint az ültetőközeg alkotja. A zöldtetők vízellátottsága nagyban függ a termőréteg összetételétől és annak vastagságától. Extenzív zöldtetők esetében ez a réteg lényegesen vékonyabb, mint intenzív zöldtetőknél. Kutatások szerint a zöldtetők képesek a tetőfelületre

lehullott csapadékösszeg mintegy 60%-át megtartani, így csökkentve a csatornahálózat terhelését. Ez a százalékos összeg egyenes arányosságot alkot a termőréteg vastagságával. Minél vastagabb a termőréteg, annál több víz tárolására, hasznosítására képes a zöldtető (Almási és Jámbor, 2008).

Az ültetőközegnél fontos figyelembe venni a súly kérdését, ugyanis a födémek terhelhetőségére kiemelt figyelmet kell fordítani. A termőrétegnek használt keverékek átlagos súlya 1,5-1,7

5. ábra Extenzív zöldtető Sedumokkal

(Forrás: <http3>)



tonna/m³. Ez extenzív tetők esetén tovább csökkenthető 1 tonna/m³ körülire speciálisan kialakított termőrétegekkel. Ezek legnagyobb részét porózus, vulkanikus kőzetek teszik ki. A kis porozitású, apró szemcseméretű, agyagos

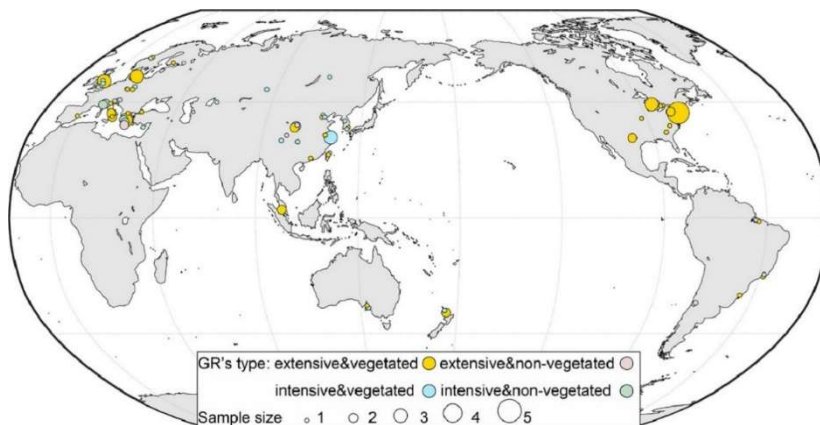
közegekben a víz nehezebben mozog, ezért ezek alkalmazását érdemes kerülni (Dezsényi, 2025).

A zöldtetők csapadékvíz visszatartásában játszott szerepét több faktor is meghatározza. Ezen jellemzők olyan szinten befolyásolják a csapadékvíz beszivárgásának mértékét, illetve annak megtarthatóságát, hogy nem megfelelő körülmények között akár a csapadék 100%-a képes lefolyni a zöldtetőről (Zheng és mtsai., 2021).

A fent említett kutatásban a szerzők öt, a zöldtetők csapadékvíz megtartó képességre ráható tényezőt vizsgáltak részletesen. Ezek az ültetőközeg vastagsága, a zöldtetők kiterjedése, a klimatikus viszonyok, a növényzettel való borítottság, valamint az évszakok voltak. Ebben a kutatásban a világ minden részén vizsgáltak zöldtetőket, amelyet mellékelt 6. ábra mutat. A legtöbb terület mérsékelt éghajlatú területen helyezkedik el.

6. ábra Vizsgált zöldtetők földrajzi elhelyezkedése

(Forrás: Zheng és mtsai., 2021)



5.1.1.1 A termőréteg vastagsága

A kutatásban leírtak alapján elmondható, hogy a csapadékvíz-megtartó képesség és a termőréteg vastagsága között egyenes arányosság van. Tehát az intenzív zöldtetők sokkal inkább alkalmasak a csapadékvíz helyi kezelésére, mint az extenzív zöldtetők. Ennek kulcsa a talaj porozításában rejlik. Bár azonos

7. ábra biodiverz zöldtető vízarchitektúrával
(Forrás: <http4>)



típusú ültetőközegek esetében a porozítás mértéke megegyezik, de vastagabb ültetőközeg alkalmazásakor több hely áll rendelkezésre a csapadékvíz megtartására. Továbbá megfigyelték, hogy minden 1%-os ültetőközeg vastagság növelés 0,1%-kal növeli a vízvisszatartó képességet (Zheng és mtsai., 2021).

5.1.1.2 A zöldtető kiterjedése

A zöldtetők méretét illetően nem vonható le teljes párhuzam a vízvisszatartás és a kiterjedés között. A vizsgált zöldtetőknél az 57 m² alattiak pozitív, míg az ennél nagyobbak fordított eredményt mutatnak. Az összefüggés azzal magyarázható, hogy ha az ültetőközeg száraz állapotban van, akkor a közeg és a zöldtetőre érkező csapadékvíz szivárgását segítő réteg között légrések keletkeznek, mivel az ültetőközeg nem képes kitölteni a nedvességveszteség miatt a rendelkezésére álló térfogatot. Ezek a légrések, illetve repedések megnehezítik az infiltrációt és csökkentik a csapadékvíz visszatartásának mértékét. Ennek megelőzése érdekében kell a zöldtetőket öntözőrendszerrel ellátni az esetleges többlet vízszükséglet kijuttatására (Zheng és mtsai., 2021).

A negatív összefüggés a kutatás szerint csak ritkán jelenik meg szakirodalmakban és teljesen kielégítő magyarázat nem is adható rá.

A kutatásban megemlítik, hogy a csúcslefolyással viszont egyenes arányosság mutatható ki, ugyanis a vizsgált zöldtetők esetében minden területbéli 1%-os növekedés 0.04%-kal csökkentette a csúcslefolyás mértékét (Zheng és mtsai., 2021).

5.1.1.3 Klimatikus viszonyok

A kutatás során vizsgált területek 77%-a helyezkedett el a mérsékelt égövi zónában. A vízvisszatartást tekintve a legjobban a trópusi területeken elhelyezkedő zöldtetők teljesítettek a legjobban. Bár ezekről kevés adatot sikerült begyűjteni.

A csúcslefolyás tekintetében a kontinentális éghajlatú zöldtetők bizonyultak hatékonyabbnak a mérsékelt égövi tetőkkel szemben, ezek 35%-kal nagyobb mértékben csökkentették a lefolyás

mértékét. Általánosságban elmondható, hogy a zöldtetők vízvissztartása nagyban függ a párolgás mértékétől (Zheng és mtsai., 2021).

5.1.1.4 Növényzettel való borítottság

Megfigyelték, hogy a *Sedumokkal*, valamint nagyrészt monokultúrákkal telepített zöldtetők vízvisszatartó, valamint csúcslefolyást csökkentő képessége nagyjából 10%-kal kisebb, mint a változatos vegetációkkal beültetett zöldtetőké. A növényekkel beültetett zöldtetők nagyrészt a párologtatás csökkentésében játszanak nagy szerepet, nincsenek közvetlen hatással a talaj vízmegtartó képességére. Ezzel ellentétben viszont a párologtatásnak köszönhetően csökkentik a környezetükben a hőmérsékletet, javítva az épületek mikroklimatikus viszonyait (Zheng és mtsai., 2021; Dezsényi, 2025).

5.1.1.5 Évszakok

A zöldtetők vízvisszatartó képessége nyáron, illetve tavasszal jelentősen magasabb, mint a téli időszakban. Ez nyáron 13 %, míg tavasszal 6 %-ot jelent. Ez a jelenség az evapotranszpirációval² magyarázható, ugyanis a szárazabb, de nem teljesen száraz közegek nagyobb mennyiségben képesek felvenni a csapadékvizet, mint a nagyrészt telített közegek. Tehát az öntözéssel kijuttatott folyamatos nedvességgel való telítés mértéke egy fontos tényező a vízvisszatartás tekintetében (Zheng és mtsai., 2021).

Összességében a zöldtetők hatékony eszközei lehetnek a csapadékvíz visszatartásnak. Mivel a tetőfelületek nagy része kizárólag csapadékvíz gyűjtő területként funkcionál egy remek lehetőség, hogy az ide érkező csapadék nagy részét már a helyszínen felhasználhatóvá lehessen tenni. Hátránya, hogy csak bizonyos dőlésszög alatt alkalmazhatóak, különben a csapadékvíz túl gyorsan folyik le, és a víz nem képes beszívárogni a közegbe. A rendszerből túlfolyó víz tovább hasznosítható, így érdemes rendszerben használni további csapadékvíz visszatartó rendszerekkel.

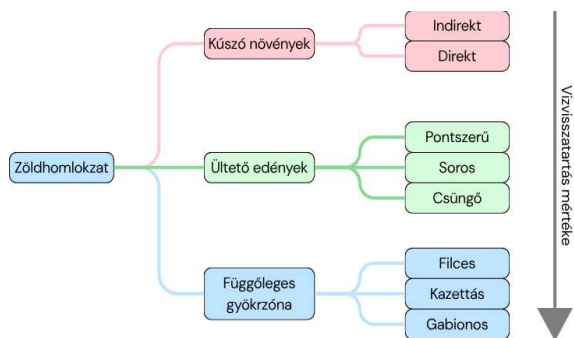
5.1.2 Zöldhomlokzatok

A zöldhomlokzatok függőleges, növényzettel fedett homlokzatok, építészeti és tájépítészeti eszközök. Fontos szerepet játszanak a városi hősziget hatás csökkentésében és bizonyos fajtáik a csapadékvíz gazdálkodásra is nagy hatással lehetnek. Ebben a fejezetben a csapadékvíz visszatartásra kifejtett hatásukkal foglalkozok.

² Azon párolgások összessége, amely a talajból, más felületekről és a növények párologtatásának folyamata során történik a lékör felé (Cordulus, 2025).

A zöldhomlokzatok számos formája elterjedt mind hazai, mind nemzetközi alkalmazásban. Ezek a létesítmények nagyban csökkentik az épületek amortizációját és segítenek azok energetikai hatékonyságában is. Számos formájuk ismert, de ezek közül nem mind lehet alkalmas csapadékvíz visszatartó eszközként (Csibi és mtsai., 2016).

8. ábra Zöldhomlokzatok csoportosítása
(Forrás: Csibi és mtsai., 2016 nyomán)



A csapadékvíz visszatartást meghatározó tényezők figyelembevételével a kizárólag futónövényeket alkalmazó zöldhomlokzatok nem játszanak jelentős szerepet a lefolyó víz visszatartásában. Ezek a növények rendelkezhetnek talajkapcsolattal, vagy állhatnak talajkapcsolattal nem rendelkező növénykazettában, planténerben. Mivel ezek a növények minimális ültetőközeggel rendelkeznek ezért a csapadékvizet csak minimális mértékben képesek megkötni, ez elenyésző a többi zöldhomlokzat fajtával szemben.

Az ültetőedények és a függőleges gyökérzónákat alkalmazó rendszerek csapadékvíz visszatartása sokkal nagyobb hatékonyságot mutat, mint a fent említett indirekt és direkt módszerek. Ezek a rendszerek rendelkeznek valamilyen ültetőközeggel, valamint a növények vízellátása érdekében csepegtető öntöző rendszerrel vannak ellátva. Ennek érdekében telepíthetők ciszternák, vagy esővízgyűjtők. Ezek az eszközök így már nem nevezhetők teljesen természet alapú megoldásnak, hiszen erősen jelen vannak a mérnöki megoldások is, de nagyrészt még mindig a növényzet, valamint az ültetőközeg meglétén van a hangsúly (Kew és mtsai., 2014).

A zöldhomlokzatok esetében a csapadékvíz nem időzik sokat az ültetőközégben. Ez a gravitáció következtében átfolyik a rendszeren. Ezért van szükség a csapadékvíz gyűjtésére és annak lassú visszajuttatására öntözéssel. A zöldtetőkkel ellentétben ezek az eszközök nem kapnak közvetlen csapadékot, hacsak a szél nem fújja rájuk az esővizet. Ennek következtében ezek a rendszerek főleg télen erősen ki vannak téve a hideg szárazságnak. Mivel nem képesek sokáig tartani a csapadékvizet, így az ültetőközégben nem képes megfagyni a víz, valamint a hó sem rakódik le a felületükön. Ezek a csapadékformák lassan olvadva szivárognak a rendszerbe zöldtetők esetén, de ez nem lehetséges a vertikális eszközöknél. A csapadék pótlását tovább nehezíti az öntözőrendszer fagynak való kitettsége is. Mivel a rendszerek többsége csepegtető öntözést kíván, ezért a téli, fagypont alatti öntözés nem megoldható. Ez azt jelenti, hogy a

zöldhomlokzatok kizárólag fagypont felett képesek a csapadékvíz visszatartására. A gravitáció miatt a csapadékot a folyamatos lassú visszajuttatás révén tudják visszatartani, amihez tározás is szükséges (Kew és mtsai., 2014).

Mindezek ellenére viszont fagypont felett hatékony eszközök. Egy amerikai kutatás keretein belül azt figyelték meg, hogy a ciszternák és az öntözőrendszer segítségével akár 12-25 mm csapadékot is képes megtartani egy zöldhomlokzat. Ezt a mennyiséget egy három napos időperiódus alatt használja fel a rendszer (Kew és mtsai., 2014).

9. ábra Zöldhomlokzat télen és tavasszal
(Forrás: <http5>)



Összegezve a zöldhomlokzatok bizonyos feltételek teljesülése esetén képesek hatékonyan visszatartani a csapadékot és eredményesen használhatóak a csapadékelvezető rendszerek tehermentesítésére. Sajnos telepítésük és fenntartásuk bonyolult és azon rendszerek esetében, ahol a vízvisszatartás jelentős, drága is. Egy vízvisszatartó rendszer jól működő elemeként abban az esetben használhatóak fel, ha vegyítjük őket más tározó rendszerekkel. Az évszakok változása is nagy befolyással lehet az eszközre, ugyanis főleg télen a víz pótlása öntözőrendszerrel nem oldható meg a fagyok miatt, így esztétikai értékük is csökkenhet.

5.1.3 Felszíni szikkasztás

Ha a csapadékvíz telken belül szeretnénk tartani, arra a legegyszerűbb módszer a szikkasztás. Ennek több formája is létezik. Ezek az eszközök a talajszint süllyesztésével alakulnak ki. Lehetnek gyepes szikkasztóárkok, vagy nagyobb szikkasztó és tározó képességgel rendelkező esőkertek (Csizmadia, 2018).

A szikkasztásra alkalmas árkok többféle formával, kialakítással rendelkeznek. Morfológiájuk számtalan permutációja létezik. A vonal menti árkoktól a geometrikus, szimmetrikus formákkal kialakított esőkertekig. Ezen tulajdonságuk nagyban segíti az alkalmazhatóságuk növelését. Ezáltal szinte bármilyen környezetben alkalmazhatóak, mégis a leggyakoribb megjelenésük természetes formákkal és ökológiai rendszerekkel kapcsolható össze.

5.1.3.1 Gyepesített szikkasztóárkok

A szikkasztóárkok méretüktől függően nagy mennyiségű csapadékvíz képes ideiglenesen megtartani és azt beszívárogtatni a talajba. A beszívárgás mértéke nagyban függ a talaj tömörödöttségétől és annak vízáteresztő képességétől. Az áteresztőképesség (k) mértéke 10^{-6}

m/s-10⁻⁴ m/s közé kell eszen a megfelelő szikkadás kialakítása érdekében. Ezt a számot a Magyarországon is használatos Német DWA-A138 szabvány határozza meg. A szabvány alapján a szikkasztásra kifejezetten homokos talajokat ajánl, ugyanis ezek vízáteresztő képessége porozitásukból adódóan jóval magasabb, mint az iszapos, agyagos talajoké (Ettinger, 2024).

A gyepes szikkasztóárkok esetében vannak tervezési elvek, amelyek betartása fontos a megfelelő szikkasztás elérése érdekében. Az árkot úgy kell tervezni, hogy annak vízborítottsága nem haladhatja meg a 30 centimétert. Az árok szikkasztófelületén lazított humuszos talajréteg alkalmazása javasolt. Az oldalsó részük meredeksége ne haladja meg a 1:3-as

10. ábra Általános vízelvezető/szikkasztó árok Magyarországon
(Forrás: <http://>)



meredekséget. A legfontosabb szabály, hogy csak abban az esetben történik megfelelő szikkasztás, ha a mértékadó talajvízszint legalább egy méter mélységben helyezkedik el a szikkasztófelület fenekétől (Csizmadia, 2018; Ettinger, 2024; Gardenfutura, 2024).

A szikkasztóárkok hatékonyan képesek beszivárogtatni a talajba a csapadékvizet, de esztétikai értékük kicsi. Ezek a felületek inkább extenzívebb területeken jelennek meg, ahol a funkció fontosabb, mint az esztétika. Mindezek ellenére hatékonyan használhatóak a lefolyás csökkentésére és a csatornák tehermentesítésére.

5.1.3.2 Esőkertek

Az esőkertek olyan szikkasztásra alkalmas terepszint alá süllyesztett vízvisszatartó eszközök, amelyek segítenek a lefolyó csapadékvíz rövid idejű tározásában és annak lassú visszaszivargásában a talajba. Ezek a létesítmények növényzettel borítottak, amelyek túrik az időszakos elárasztásokat és képesek tolerálni a szárazabb időszakokat is, mivel előfordulhat, hogy két csapadékesemény között hosszabb száraz időszakok alakulnak ki. Az esőkertek legtöbbször tetőfelületekről és burkolatokról gyűjtik a csapadékot, de mély pontokon elhelyezve zöldfelületekről is érkezhethet lefolyó víz (US EPA, 2025).

Az esőkertek hatékonysága szorosan összefügg azok méretével. Ezt a tulajdonságot szintén befolyásolja a telítettségük. Ha megfelelően vannak méretezve, akár a lefolyó csapadékvíz 90%-át is képesek elszikkasztani. Egyes típusok esetében gyakran napokra van szükség az olyan szintű leürülésre, hogy újra képesek legyenek egy nagyobb csapadékesemény akár 90%-os elszikkasztására. Egy esőkertet minden esetben méretezni szükséges. Ezt a vízgyűjtő terület

nagyságának, a talaj vízáteresztő képességének és a vizsgálati területen meghatározó átlagos csapadékeseményeknek a figyelembevételével lehet megtenni. Az esőkertek közül legegyszerűbben a nedves esőkertek méretezését lehet elvégezni. Itt ki kell számolni a vízgyűjtőterületre leeső csapadékvíz csúcsot és ennek térfogatának megfelelő méretű esőkertet szükséges készíteni. Ez a csapadékvízcsúcs általában éves gyakoriság megadásával történik. Leggyakoribb esetekben 5, illetve 10 éves csapadékkal szokás tervezni (Szöllősi Gábor, 2025).

Az esőkertek három fő csoportba sorolhatók, ezek a nedves, száraz és városi, azaz vonal menti esőkertek (Gardenfutura, 2024).

A **nedves esőkertek** kifejezetten a lassú helyszíni szikkasztást helyezik előtérbe. Ezeknél a létesítményeknél a szivárogtatás egy mély lépcsős medrű árokban történik. Ezek az esőkertek képesek a legtöbb csapadékvíz befogadására nagy méretű medrűkből adódóan. Ezek nagyobb felületű vízgyűjtőterületek lefolyásának csökkentésére alkalmasak. Nagy kapacitásukból adódóan nagyobb mennyiségű csapadékra van szükségük, hogy teljesen kihasználhatóak legyenek (Gardenfutura, 2024; Turcsányi K. és Margit A., 2025).

Ezek az esőkertek időszakosan eláradhatnak és maximum 30 centiméter vízborítással is

*11. ábra Nedves esőkert az USA-ban
telken belül
(Forrás: <http7>)*



rendelkezhetnek. A felszínen egy vastag, 10 centiméteres mulcsréteg helyezkedik el, ami csökkenti a párologtatást és segíti az infiltrációt. A meder kialakításában a fő szabály, hogy a mulcsréteg alatt 40-45 centiméter vastag jó vízáteresztő képességű talajt kell elhelyezni. A tükör szedésekor fokozott figyelmet kell fektetni, hogy ne tömörödjön a talaj. Annak fellazításával nagyobb fokú szikkasztás érhető el. A meglevő fákra is nagy figyelmet

kell szentelni, azoknak gyökérzónáját nem szabad megzavarni ezért az esőkerteket érdemes a gyökérzónáktól legalább egy méteres távolságban kialakítani (Ettinger, 2024; Gardenfutura, 2024; Turcsányi és Margit Angyal, 2025).

A **száraz esőkertek** olyan megoldások, amelyek képesek gyorsan elszikkasztani a rájuk érkező csapadékvizet. Ezeket az eszközöket olyan helyen lehet alkalmazni, ahol jó áteresztőképességű talaj található. Ennek hiányában drénezéssel kell segíteni a csapadékvíz gyors áramlását. Jellemzően csak rövid ideig tart a vízborításuk. Kis csapadékesemények alatt gyorsan és hatékonyan szikkasztják el a csapadékvizet. Túlfolyó beépítésével az elszikkadni nem képes

csapadékvíz tovább vezethető további csapadékvízviisszatartó eszközökbe (Gardenfutura, 2024).

Jellemzően egy vastag mulcsrétegből, alatta jó vízáteresztő képességű humuszos termőrétegből és az alatt jó áteresztőképességű talajból, vagy szükség esetén különböző frakciójú drén kavicsból állnak. Ezek a rendszerek a drénezés miatt hamarabb kiszáradnak ezért öntözést igényelhetnek (Gardenfutura, 2024).

12. ábra Esőkert Veszprémben

(Forrás: http8)



A **városi, vagy vonal menti esőkertek** nem csak a csapadék azonnali szikkasztását segíthetik, hanem annak áramlását és tisztítását is. Ezek az elemek javarészt a csapadékvizet burkolatokról gyűjtik, ezért azok vize gyakran szennyezett. Ezek a vonal menti esőkertek jó vízelvezető altalaj hiányában csak megfelelő drénezéssel és a felesleg elszállítására alkalmas szürke infrastruktúra rendszerekkel egybekötve alkalmazhatóak megfelelően. Kis kiterjedésük miatt intenzív esőzések alkalmával túlcsordulhatnak. Ez a túlcsordulás drénezéssel megakadályozható, valamint az elvezetett csapadékvíz tovább irányítható más vízmegtartó eszközök felé (Gardenfutura, 2024).

Méretezés Seattle város példáján

Az esőkertek méretezésére Seattle város kiadott egy tervezői segédletet. Ezzel a segédlettel

2. táblázat Seattle típusú esőkert méretezése

(Forrás: http9, nyomán)

Átlagos vízborítás	Talaj vízáteresztő képessége	Esőkert fenékméretének méretezési együtthatója (T)
5 cm (2 inches)	0,4 cm/h, (0,15 inch/h)	6,1 %
	0,8 cm/h, (0,3 inch/h)	4,5 %
	1,5 cm/h, (0,6 inch/h)	4,5 %
	2,5 cm/h, (1 inch/h)	4,5 %
	6,4 cm/h, (2,5 inch/h)	4,5 %
8 cm (3 inches)	0,4 cm/h, (0,15 inch/h)	6,1 %
	0,8 cm/h, (0,3 inch/h)	4,3 %
	1,5 cm/h, (0,6 inch/h)	4,3 %
	2,5 cm/h, (1 inch/h)	4,3 %
	6,4 cm/h, (2,5 inch/h)	4,3 %

*Ez a módszer csak 1:2,5 meredekségű oldalfal, vagy ennél lankásabb oldalfal esetén alkalmazható

pontosan meghatározható az esőkert mérete a kívánt vízgyűjtő felület tekintetében. Ezek az eszközök ugyanúgy a Seattle típusú nedves esőkertek működési elvén alapulnak.

A számítás során első lépésben meg kell határozni a területen jellemző talaj vízáteresztő képességét, valamint a vízgyűjtő terület méretét (A). A vízáteresztő képesség szikkasztási próbával határozható meg a helyszínen. A 2.táblázatban található értékekkel meghatározható az esőkert fenékméretének méretezési együtthatója (T). Ezt az értéket meg kell szorozni a vízgyűjtő felület méretével. Így megkapjuk az esőkert

fenékméretét (A_{Fen}). Ebből visszaszámolható az esőkert **fenékszélessége (a_f)**, feltételezve, hogy az előbb megkapott terület négyzet alapú (McDonald és Spencer, 2011; Seattle Public Utilities, 2021).

A fenékméret és az oldalfalak meredekségéből számítható ki az esőkert felső felszíne. Ennek kiszámításához az átlagos vízmagassághoz (h_v) hozzá kell adni a vízszinttől a partvonal tetejéig számított magasságot (h_p), aminek értéke legalább ~10 centiméter, azaz 10,16 centiméter (4 inches). Ezután a teljes mélységet megszorozzuk a meredekség aránypárjának hosszirányát jelző értékkel, ami kisebb, vagy egyenlő 2,5-tel (SZ). Így megkapjuk azt az értéket (a), aminek kétszeresét hozzá kell adnunk a fenékszélességhez (a_f). majd ezt az értéket négyzetre emelve megkapjuk az **esőkert felszínének méretét (A_{Fel})** (McDonald és Spencer, 2011; Seattle Public Utilities, 2021).

Ehhez a számítási módszerhez 45-60 centiméter mélységű jó vízlevezetésű talaj használata ajánlott. Olyan helyen nem alakítható ki, ahol 60 centiméter mélyen kemény altalajjal találkozhat. Itt a szikkasztás nem lesz megfelelő.

$$(1) A_{Fen} = A * T$$

$$(3) h = h_p + h_v$$

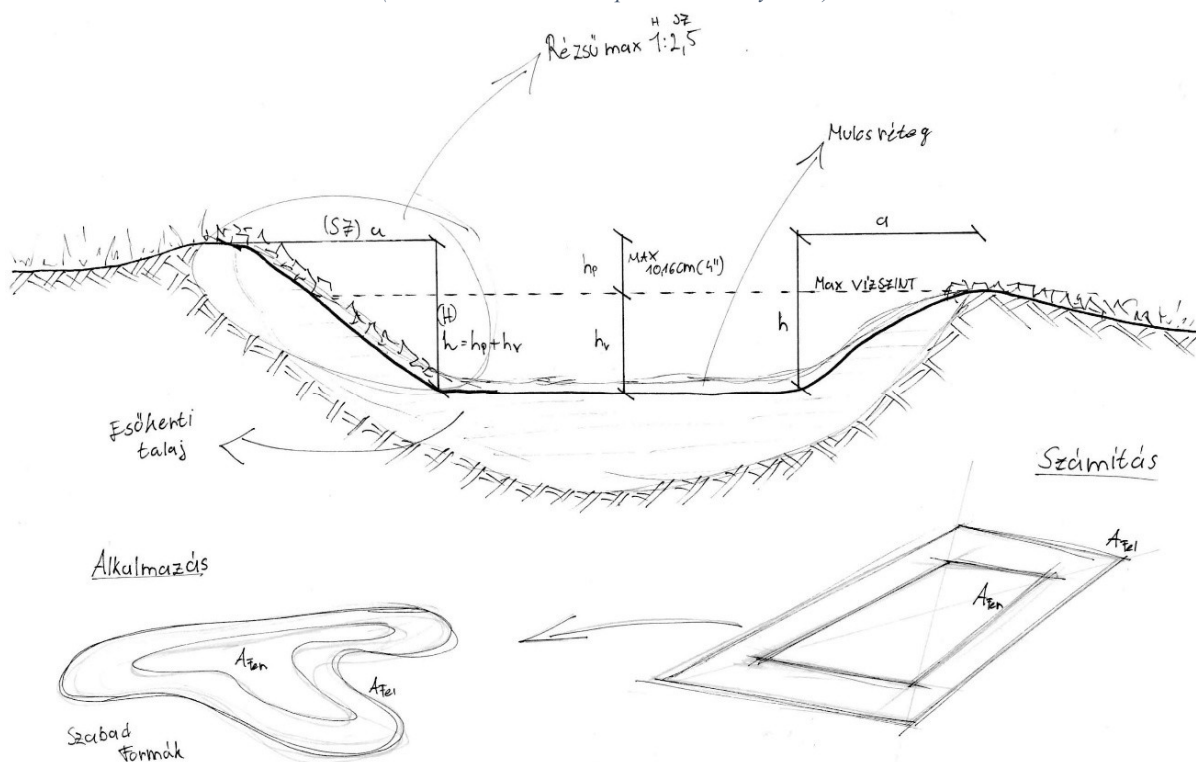
$$(2) a_f = \sqrt{A_{Fen}}$$

$$(4) a = h * SZ$$

$$(5) A_{Fel} = (2a + a_f)^2$$

13. ábra Esőkert méretezése Seattle város útmutatója alapján

(Forrás: McDonald és Spencer, 2011 nyomán)



14. ábra Esőkert be/kifolyó felépítése
(Forrás: <http10>)



A számítás négyzet alapú alapterülettel történik. Ez csak az egyszerűség kedvéért fontos. A számítások elvégzése után a megkapott értékek bármilyen formában eloszthatóak, csupán a felületek méretének egyezésére kell figyelni. Ugyanúgy alkalmazható vonal menti esőkertekre, mint szabálytalan formákra és geometrikus formákra is.

Az esőkerteknek rendelkeznie kell befolyóval és túlfolyóval is. Ezek tervezése közben figyelembe kell venni, hogy itt a folyóvíz erózióját csökkenteni kell.

Ezért ezek a részek gyakran folyami kavicsokkal, kövekkel vannak borítva, esetleg beton be/kifolyón vezethető a csapadék. Az esőkert elöntési szintjét a kifolyó magassága határozza meg.

A part többi szintjének legalább 10 centiméterrel a vízszint felett kell lennie. Ezek a csapadékvíz visszatartó eszközök csak 5 % alatti lejtés esetén létesíthetőek. A csapadék rávezetése történhet föld feletti befolyóval, föld alatti csatornarendszeren keresztül, vagy a környező zöldfelületről fátyolszerűen (McDonald és Spencer, 2011; Seattle Public Utilities, 2021).

5.2 Mérnöki megoldások

Mérnöki megoldásként olyan eszközöket említek, amely a talaj vízháztartását tisztán épített elemekkel tudják javítani, vagy a vizet tározni. Ezeknek a rendszereknek nem minden esetben van közvetlen kapcsolata az élő talajjal, többségében tározzák a vizet öntözőrendszerben való hasznosításhoz, párologtatják, vagy szikkasztják.

5.2.1 Drénárok – felszíni szikkasztás

A drénárok a szikkasztóárkokhoz hasonlóan működik. Ezt a műtárgyat leggyakrabban épületek körül létesítik az épület alapzatának védelme érdekében. Szikkasztásra is használható, viszonylag gyorsan képes nagy mennyiségű csapadékot elszikkasztani, de a szűrés hiánya miatt a csapadékvíz minőségét nem javítja, így az tisztítás nélkül jut vissza a talajba, majd onnan a talajvízbe. Mivel ezek az eszközök legtöbbször nem rendelkeznek előszűrőssel hamar eltömődnek, eliszapolódnak, ezért gyakran tisztításra szorulnak. Méretezésük a szikkasztani kívánt mennyiségtől függ (Csizmadia, 2018).

A drénárok egyszerű építmény. Egy geotextil réteg veszi körül a bele töltött drén kavicsot/kulé kavicsot. A többletvíz elvezetése érdekében ellátható dréncsővel is. Ezen keresztül elvezethető a víz további szikkasztást segítő eszközbe (Csizmadia, 2018).

A drénárok magában való alkalmazása nem egy környezetbarát megoldás. Alkalmazását minden esetben más természetén alapuló eszközökkel való ötvöztetését javaslom. Így a drénréteg elkoszolódása is csökkenthető, valamint esztétikai értéke is növelhető.

15. ábra Drénárok épület mellett
(Forrás: <http11>)



5.2.2 Felszín alatti szikkasztás

Ezek a rendszerek lehetnek a legjobb megoldások olyan helyen történő szikkasztásra, ahol magas a burkoltsági arány, ugyanis ezekkel a rendszerekkel lehetséges burkolatok alatt szikkasztani a csapadékvizet. Telepítésük költséges és nagy munkaigényű. Kapacitásuk tetszőleges, legtöbbször 5, vagy 10 éves csapadékeseményekhez vannak méretezve (Csizmadia, 2018).

16. ábra Szikkasztóalagút autóbeálló alatt
(Forrás: <http12>)



Felszíni helyigényük nagyon kicsi az esőkertekhez képest, csak az aknafedelelek foglalnak helyet. Bár felszíni helyigényük kicsi, de nagyban befolyásolják mik kerülhetnek föléjük. Ilyen szikkasztók nem kerülhetnek épület közelébe, ugyanis pontszerűen megemelhetik a talajvíz magasságát, továbbá közvetlen környezetükben nem telepíthető fa a szikkasztó szerkezeti sérülésének elkerülése érdekében. Felettük gyepes, vagy burkolt felület létesítése a legpraktikusabb, ezért ökológiai értékük nagyon alacsony (Csizmadia, 2018).

Gyorsan képesek nagy mennyiségű víz szikkasztására, ugyanakkor fenntartásigényesek. A csapadékvíz megtisztítása érdekében ülepítő, valamint szűrő aknával rendelkeznek. Ezek az aknák elkoszolódhatnak, ezért rendszeres odafigyelést igényelnek (Csizmadia, 2018)

A szikkasztók két fő típusa a szikkasztóblokk/alagút, valamint a drénkút.

17. ábra Szikkasztóblokkok telepítése
(Forrás: <http12>)



A szikkasztóblokkok és szikkasztóalagutak műanyagból készült struktúrák, amik a szerkezet stabilitását szolgálják, valamint olyan üres teret hoznak létre, ahol a víz felhalmozódhat. Ezek az eszközök telepítéskor geotextílbé vannak csomagolva ezzel megakadályozva, hogy a talaj befolyjon a szikkasztó térbe (Esővízgyűjtés.hu, 2025).

A drénkutak gyakran áttört falú beton, vagy műanyag aknák. Ezeknél az eszközöknél gyakran cél lehet a felső vízzáró réteg áttörése a hatékonyabb vízelvezetés érdekében. A drénkutak kisebb kiterjedésű aknák, ugyanakkor a környezetükben történő talajlazítás egy fontos lépés a megfelelő szikkasztás érdekében (Csizmadia, 2018).

5.2.3 Kéktető

A kéktetők víz tározására alkalmas medenceként működő, 2 %-nál alacsonyabb lejtésű lapostetők. Nagy kiterjedésük miatt jelentős mennyiségű vizet képesek tározni. A mélységükhöz képest nagy felületük miatt intenzív a párologtatásuk. Önmagukban

18. ábra Kéktető vízbtorítással Kanadában
(Forrás: http13)



öntözővízként használhatjuk fel az így begyűjtött csapadékvizet. Ha ezt nem szeretnénk felhasználni, úgy párologtattatással távozzhat a tetőről a csapadék. A kéktetők esetében a födémnek megfelelő teherbírással kell rendelkeznie. A maximális vízbtorítás ezért függ a födémről. A maximális vízbtorítás túllépésének megakadályozására túlfolyóval kell felszerelni őket (Csizmadia, 2018).

Kéktetők hatékony megoldások lehetnek, de önmagukban egy alacsony ökológiai értékű vízvisszatartó eszközök. Hátrányuk, hogy a tető vízszigetelésének tökéletesnek kell lennie, ellenkező esetben az épület szerkezete károsodhat. Ez a módszer zöldtetővel kombinált rendszerként sokkal hatékonyabb és ökológikusabb módszer lehet, de kivitelezése nehezebb is.

A felszíni víztározók elhelyezkedhetnek akár a talajszinten is. Ezek elárasztható burkolatok formájában jelennek meg. Ezek olyan speciális területek, amelyek normál esetben térként, nagy burkolt felületként üzemelnek, de nagy csapadékesemények alkalmával ide vezetődnek a lefolyó vizek és ez a terület elárasztás alá kerül. Ezek a területek csapadékos időszakokon kívül sportpályaként (19.ábra), közösségi térként, vagy akár játszótérként is működhetnek.

19. ábra Süllyesztett kosárlabdapálya, ami záportározóként működik
(Forrás: http14)



5.2.4 Előregyártott víztározók

Az előregyártott tározók olyan föld alá ásható elemek, amelyek csapadékvizet képesek tározni az öntözőrendszer számára. Ezek a tározók készülhetnek fémből, műanyagból, de akár beton ciszternák is lehetnek. Fő feladatuk, hogy a vizet szivárgásmentesen akár hosszabb ideig tározni lehessen. Helyigényes eszközök és csakúgy, mint a föld alatti szikkasztás esetében korlátozott a feljük helyezhető elemek skálája. Legfőképp burkolat alá érdemes őket elhelyezni, ahol egyéb funkciót nem zavarják a kertben.

20. ábra Esővíz tározó öntöző rendszerrel összekötve

(Forrás: <http12>)



Ezek a megoldások, ha elég nagy kapacitással rendelkeznek, képesek egész évben megfelelő mennyiségű öntözővízzel ellátni a kertet. Ennek a kapacitásnak a kiszámításához tudni kell mennyi öntözővizet használ fel a rendszer az intenzív öntözési időszakban. A tartályokat szűrőrendszerrel, illetve ülepítővel kell ellátni a megfelelő vízminőség biztosítása érdekében. Ezek a tartályok, ciszternák egymás után sorolhatóak és ha a kertben van hely elhelyezni őket akár egész éves öntözővíz szükséglet is eltárolható bennük (Esővízgyűjtés.hu, 2025).

5.3 Kombinált megoldások

Kombinált megoldásként olyan eszközök kerülnek említésre, melyek két, vagy több fentebb említett egyedül is helyállni képes eszköz tulajdonságainak egyesítésével még hatékonyabb és a talaj vízháztartására hasznos eszközöket mutatnak be.

5.3.1 Víztározó zöldtető

A víztározó zöldtetők a kéktetők és zöldtetők kombinációi. Ezek az eszközök több csapadék hasznosítására képesek, mint a hagyományos zöldtetők, ugyanis ezeknél az eszközöknél a beépített vízviisszatartó elemek lassítják a csapadékvíz lefolyókhöz való eljutását. Ezzel növelve a tetőkert által felvehető víz mennyiségét. Ezeknek a vízviisszatartó elemeknek a segítségével a

21. ábra Kék-zöld tető az USA-ban

(Forrás: <http15>)



tető akár hosszabb ideig is képes vizet tárolni. Ezek a víztároló rétegek 10-20 liter vizet képesek tárolni m²-enként. Emiatt a súlynövekedés miatt a víztározó zöldtetők telepítésekor a födém teherbíró képességét tovább kell növelni a hagyományos zöldtetőkhöz képest (ODU Green Roof, 2018).

5.3.2 Szűrőárok

A szűrőárok különleges kombinációja az esőkerteknek és a drénárkoknak. Ez egy olyan vonalas elem, amely nem csak gyűjti és szikkasztja is a csapadékot, hanem annak tisztítását is elvégzi szűrő és ülepítő akna nélkül. Ezek a rendszerek az esőkertekhez hasonlóan időszakosan eláradnak, de annak érdekében, hogy a lehető legtöbb csapadékvíz legyenek képesek kezelni, egy alsó drén réteggel rendelkeznek. Ennek a drénrétegnek az alján egy dréncső fut végig, ami elvezeti a szűrt csapadékot. A lehető legtöbb víz tározásáért az alsó drénréteg alá vízzáró fóliát telepítenek. Ezzel a rendszerrel összegyűjtött csapadékvíz belevezethető egy föld alatti tározóba, amivel a locsolórendszer vízellátása biztosítható (EPA Tasmania, 2012; Csizmadia, 2018).

Ezek a rendszerek felépítése hasonló egy száraz esőkert szerkezetéhez. A rendszer képes

22. ábra Út menti szűrőárok az USA-ban
(Forrás: [http16](http://16))



lassítani a felszíni lefolyást a növények, illetve a nagy vízáteresztő képesség miatt. A közeg kiválasztása fontos lépés a kialakításnál, ugyanis ez a réteg nem csak ültetőközegeként szolgál, hanem egy szűrőréteget is képez a drénréteg felett. A szűrőárok egy trapéz formájú árok, amelynek oldalfalainak rézsúja 1:9 és 1:3-as meredekség között kell, hogy legyen. A szűrőárok alsó vízelvezető részének mérete legalább 30 centiméternek kell lennie, de

legtöbb esetben ez 60 és 100 centiméter között van. A rendszer teljes eláradása érdekében túlfolyót szükséges létrehozni a rendszer legalacsonyabb pontján, ezzel szabályozva a szűrőárok maximális vízmagasságát (EPA Tasmania, 2012).

Ez az eszköz széles körben felhasználható. Kerítések, telekhatárok mentén akár feltűnés nélkül alkalmazhatóak és magas esztétikai és ökológiai értékkel bírnak. Felhasználásuk jelenleg főként utak mellett jelenik meg, de akár intézménykertekben is lehet őket alkalmazni. Magánkerti telepítésük csak nagy terület esetén lehetséges, mert hosszirányú kiterjedésükből adódóan helyigényes eszközök.

5.3.3 Szikkasztó-tározó meder

Ezek az eszközök az év legnagyobb részében egy kerti tóra hasonlítanak, de nagyobb esőzések esetén megtelnek és segítenek elszikkasztani a bele vezetett esővizet. A tó kialakításánál létre kell hozni egy vízzáró fóliával elhatárolt részt, ez adja a tó maximális állandó vízborítását. Az állandó meder mellett ki kell alakítani egy elárasztási zónát.

A csapadékesemények alatt ez az a zóna, ami megtelik vízzel és lassan szikkasztja el az állandó vízszint feletti vizet. Ez a szikkasztás lassan történik meg, a vízszint fokozatosan csökken vissza

23. ábra Szikkasztó/tározó meder vízállásai
(Forrás: Csizmadia, 2018)



az eredeti szintre. Ezzel lehetővé teszi, hogy a meder környezete tavi, mocsári növényekkel legyen beültethető. A növényzettel ellátott szikkasztó zóna megszűri a csapadékvizet, így az nem jelent veszélyt a talajvíz minőségére.

Ezeknek az eszközöknek nagy mennyiségű csapadékra van szüksége, hogy megteljenek, így képesek a legnagyobb esőzések kezelésére is. Magas ökológiai értékkel rendelkeznek, ugyanis nem csupán szikkasztanak, hanem megfelelő kialakítás mellett egy vizes élőhelyként szolgálhatnak, ami egy egész ökoszisztémát vonzhat magával. Dekoratív megjelenésükkel nagyon sok helyre beilleszthetőek és kialakításukban is végtelen lehetőség van. A lassabb szikkasztás miatt felmerülhet az a probléma, hogyha egy nagy esőzés alatt megtelik a meder és az elszikkadt víz eltelíti a környező talajt és egy a telített talajra érkező újabb nagy mennyiségű csapadék mennyire képes elszikkadni (EPA Tasmania, 2012).

5.4 Téli öntözés

A téli öntözés hatásait kevés kutatás vizsgálja. Ezek főként mezőgazdasági kutatásokban jelennek meg, ahol a szikesedés folyamatát lassító tulajdonságait mutatják be a fagypont feletti öntözővíz kijuttatásnak. Megjelenik még, hogy az öntözéssel minimálisan növelhető a talaj hőmérséklete. A hőmérsékletváltozást zöldtetők esetében is vizsgálták, ahol a téli öntözés növelte a növények áttélésének esélyeit.(Price és mtsai., 2011; Shan és mtsai., 2023)

Díszkerti példákra kevés irodalmi forrás tér ki, kivéve nagyon száraz téli időszakok esetén az örökzöldek öntözését, ez bevett szokás itthon is. A szárazság nem csak a melegebb hónapokban alakulhat ki, hanem a téli időszakban is. Az evapotranspiráció télen sem áll meg a fedetlen talaj esetében. A hóval, illetve jéggel borított talajok nagyobb mértékben tartják meg a vizet, de az ilyen időszakok hazánkban az utóbbi években nagy mértékben lerövidültek.

Ez a téma további kutatásoknak adhat helyet a vízviisszatartással kapcsolatban. Kérdésként merül fel, ha télen fagymentes időszakokban pótlásra kerül a talajból evapotranspiráció által távozott vízmennyiség, az mennyiben segíthet a tavaszi szárazság megelőzésében, illetve mennyire tudja meghosszabbítani a talaj vízkészletét a nyári időszakban?

6. Mintaterület

Dolgozatom ezen fejezetében egy gyakorlati példán keresztül szeretném bemutatni egy telken belüli vízvisszatartó rendszer lehetséges kialakításának példáját egy általam választott mintaterületre. Választásom a komlói Felsőszilvási Általános Iskolára esett, melyhez személyes kötődésem is van, ugyanis itt végeztem általános iskolás tanulmányaimat.

6.1 Felsőszilvási Általános Iskola ismertetése

Az intézmény Magyarországon, Baranya vármegyében, Komlón, Szilvás városrészben helyezkedik el, Pécestől északra 20 kilométerre.

Az épületegyüttes egy lejtős területen létesült. A szintkülönbségek áthidalása érdekében a terület rendezésekor rézsúk és támfalak is kialakításra kerültek. A támfalak 3 aszfaltos teraszra osztják a kertet, amelyek peremterületein helyezkedik el a gyepes rézsűrendszer.

A támfalak vasbeton szerkezettel rendelkeznek, melyeknek belső tere üreges. ezeket az üregeket termőfölddel töltötték fel és emelt ágyásokként is funkcionálnak. Sajnos ez a támfaltípus az iskolától kapott kiviteli tervekben nem került részlettervi kidolgozás alá, ezért további szerkezeti információm nincs róla. Valószínűleg helyszínen öntött elemekről van szó.

A terület részsűi nagyon változatosak, de mindegyik gyeppel borított. Az idő során a környezeti hatások miatt erősen erodálódtak és a gyerekek által használt gyakori útvonalakon pedig még az eróziót csökkentő gyepfelület is kikopott. Szerkesztésük architektonikus, reflektálva a kert többi épített elemére. A rézsúk tetején mindenhol 1 m és 0,5 m közötti erózió elleni védőtávolság van az épített elemek mellett.

Az intézmény általam vizsgált területe 11 351,4 m² kiterjedésű. Az intézményhez tartozik a mellette álló óvoda épülete és kertje is, melyet dolgozatomban nem vizsgálok.

A területről készítettem egy felmérési helyszínrajzot, amelyhez az iskolától kapott eredeti kiviteli terveket, valamint az azokon nem szereplő területekhez saját, mérőállomással végzett felmérésemet használtam fel (M2).

Ezek alapján elmondható, hogy a vizsgált terület zöldfelületi aránya 54,3% (3.táblázat), valamint a lombkorona borítottsága 11,7 % jelenleg (M1).

Az iskolától kapott dokumentumok között megtalálható volt egy talajmechanikai szakvélemény. A területen végzett talajszelvény vizsgálatok alkalmával 9 fúrás eredménye az alábbiakat tükrözte:

3. táblázat Zöldfelületi arány számítása

(Forrás: Saját munka)

Terület típus	Terület m ²	Százalékos eloszlás
Vizsgált terület mérete	11 351,4 m ²	
Épület	1 389,8 m ²	12,2 %
Burkolat	3804,9 m ²	33,5 %
Zöldfelület	6156,7 m ²	54,3 %
Zöldfelületi arány		54,3 %

„Az agyag meszes, változó plaszticitású réteg, $I_p = 15-61\%$, természetes víztartalma általában a plasztikus határnál alacsonyabb, kemény állapotú, konzisztencia indexe általában 1, vagy 1-nél nagyobb.” (FTI, 1976)

Ez azt jelenti, hogy a területen a szikkasztás az agyag tömörödött állapota miatt nehézkes, illetve a víz beszívargása lassú, az 10^{-8} és 10^{-10} m/s közé esik. Sajnos ez az agyagréteg nagyon kemény, szinte vízzáró réteggént viselkedik. Ezért a szikkasztás csak a felső humuszos talajrétegekben lehetséges.

A dokumentumban megemlítik, hogy a területen a humuszos termőréteg vékony. Ezt a fúrásokban találtak alapján 0,5-0,8 méter vastagságúnak becsülik.

Az intézmény általam vizsgált részén jelenleg a csapadékvíz elvezetése a mind burkolt felületekről, mind az épületekről egy csapadékelvezető csatornarendszeren keresztül, illetve a zöldfelületekre vezetve történik, az előbbi jellemzőbb a területen. A burkolt felületek vízelvezetése egyértelműen csatornarendszerrel van megoldva, amelybe a víz csapadékvíz gyűjtőkön keresztül jut, ez pontszerűen gyűjti a felületekre hulló csapadékot. Ezek a pontgyűjtők közvetlenül csatlakoznak a csapadékelvezető hálózathoz. A területen nyolc vízgyűjtő található, melyből hét burkolatról, egy pedig zöldfelületről gyűjti a lefolyó csapadékot.

Az épület egy nagy kiterjedésű lapostetővel rendelkezik, melynek vízelvezetése szintén a már említett csapadékelvezető rendszerbe torkollik. A tetőről a vizet levezető ereszcatornák az épület szerkezetén belül futnak, azok rejtett elemek. A jelenlegi vízelvezető rendszer nem használja fel a keletkező csapadékvizet helyszíni szikkasztásra, hanem elvezeti a területről.

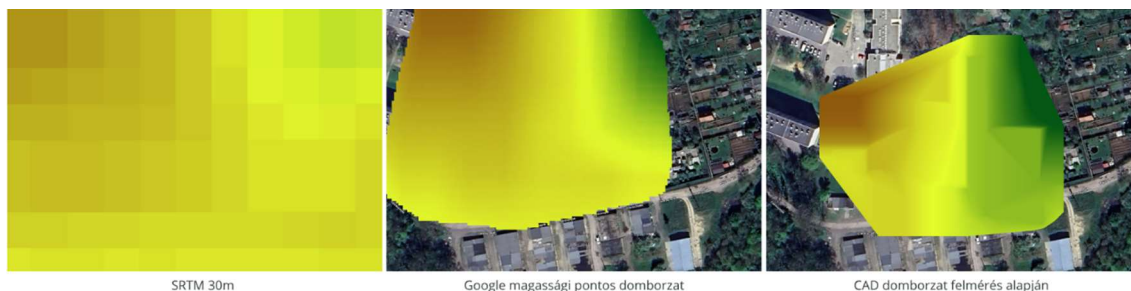
Az iskola területén számos lombos és örökzöld fa található, melyekről készítettem egy katasztert. Ebben a kataszterben az egyedek faját, törzskerületét (cm), lombkorona átmérőjét (m), illetve azok alaprajzi vetületet (m²) vettem fel (M1). A felmérésről készült helyszínrajzon a lombkorona fedettség is megfigyelhető (M3) A területen található fás szárú növények jó egészségügyi állapotban vannak, fenntartásukat tekintve megfelelően vannak kezelve. Néhány

egyeden fagyöngy kártétel tapasztalható, de más kártevő jelenléte nem jellemző a vizsgált terület növényállományára.

6.2 Csapadékvíz gyülekezési helyeinek elemzése csapadékesemények utáni terepbejárással

A terület lefolyás elemzéséhez először digitális szoftvereket alkalmaztam (QGIS, EPA SWMM). Ehhez létrehoztam a vízgyűjtő terület domborzatmodelljét, valamint GIS szoftveres elemzéseket végeztem a lefolyási irányok, valamint a gyülekezési területek meghatározásához. Később a rendszer modellezéséhez az EPA SWMM rendszerével készítettem modellt a vízgyűjtő terület részletesebb elemzéséhez. Sajnos ez a módszer nem bizonyult megfelelőnek ugyanis ezek a modellek és számítási eljárások nagyobb vízgyűjtő területek, valamint nagyobb kiterjedésű rendszerek elemzésére alkalmasak. A területen a racionális módszerrel végzett számítások sem hoztak eredményt a már fent említett okok miatt. A számítások nem hoztak a terepbejáráskor látott eredményekkel megegyező, vagy hasonló eredményeket, ezért a lefolyási irányok és gyülekezési területek meghatározását terepbejárások segítségével végeztem el.

24. ábra Felszínmodellek
(Forrás: NASA SRTM, Google earth, Saját felmérés)



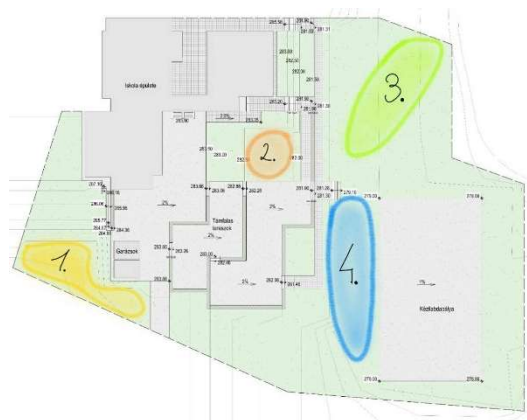
Az intézmény területén tett látogatások alatt több gyülekezési pontot is megfigyeltem, ahol nagyobb esőzések során tócsák alakultak ki, valamint a csapadékvíz lefolyása által erózióra utaló jelek találhatók. ezeket a mellékelt 8. ábrán jelöltem.

Az iskola teljes területe lábazatos kerítéssel van körbevéve, aminek alapozásáról sajnos pontos információt nem találtam, ezért a fagyhatár értékét veszem alapul, ami 80 cm. Ez a mélységű betonlap visszatartja a zöldfelületről a felszínen lefolyó vizet, aminek szikkasztása akár helyben is végezhető, amennyiben arra alkalmas a terület.

1. Csapadékvíz gyülekezési terület, Játszótér, 1. Zöldfelület

Ezen a gyülekezési zónán belül található a már korábban említett pontszerű vízelvezető. A vízelvezetésre azért volt szükség, mivel itt található az intézmény játszótere. A terület lejtése a sarokban elhelyezkedő vízelvezetés felé lejtett eredetileg, de az évek során itt egy olyan mikrodomborzat alakult ki, amin részben tócsák keletkeznek, helyet adva vízviSSzatartást segítő eszközök létesítésére.

25. ábra Csapadékvíz gyülekezési területek
(Forrás: Saját munka)



2. Csapadékvíz gyülekezési terület, 2.Zöldfelület

Erre a területre nagy terhelés koncentrálódik. A zöldfelület mérete viszonylag kicsi ahhoz képest, hogy mekkora felületre érkező csapadék. A rossz lejtésviszonyok és az alulméretezett csapadékelvezető rendszer következtében nagyobb csapadékesemények ideje alatt a terület mélyebben fekvő részén mély tócsák alakulnak ki, amik gyakran napokig használhatatlanná teszik a gyepet. Ezen a területen számos lombos fa található, ezért a nagyobb talajmozgatás nehezen kivitelezhető a gyökérzónák védőtávolságának betartásával.

3. Csapadékvíz gyülekezési terület, Szabad játék tere, 3. zöldfelület

A hármas terület egy nagy, kis lejtésű terület a sportpálya mellett. Jelenleg ez a terület egy szabad, játékra alkalmas gyepes felület. Itt a nagyobb csapadékesemények alatt tócsák alakulnak ki. Ez a terület nagy kiterjedése miatt potenciális helyszín lehet vízviSSzatartó eszközök alkalmazására, mivel a terület legmélyebb pontján helyezkedik el.

4. Csapadékvíz gyülekezési terület, Lelátó, 4. Zöldfelület

Ez a terület a sportpálya és az utolsó rézsű közötti terület. Hosszabb esőzések esetén ez a terület feltelik vízzel és nagy tócsák alakulnak ki. Ez a rész akadályozza meg a sportpálya elárasztását. A terület hosszirányú kiterjedése jelentősen nagyobb a szélességéhez képest, de hosszirányú lejtéssel nem rendelkezik. A gyepes felület a sportpálya és a rézsű felől is enyhén lejt a terület közepe felé.

6.3 A területen elhelyezhető vízvisszatartó eszközök és azok kapacitása

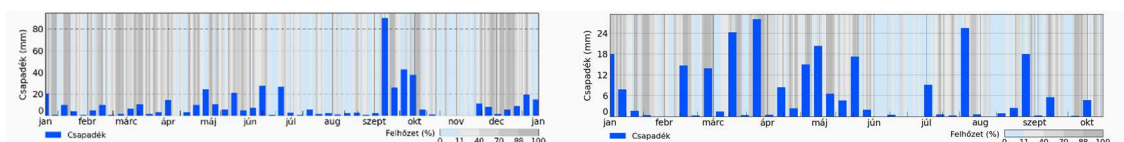
A mintaterület adottságait figyelembe véve a csapadékvíz helyben tartására több eszköz is használható. Ehhez először megállapítottam mennyi csapadék hullik le egy a területre jellemző csapadékesemény alatt.

Ehhez a Meteoblue, valamint a Hungaromet becsléseit vettem alapul. A 3. ábra alapján Komlón az átlagos csapadékösszeg 700 és 750 mm között van. A Meteoblue becslései alapján (26. ábra) pedig elmondható, hogy leggyakrabban a csapadékesemények során 10 és 15 mm közötti csapadékmennyiség hullik le. Ezért számításaimban 15 mm csapadékkal számoltam. Nem vettem figyelembe a nagyobb, rendhagyó csapadékeseményeket.

15 mm csapadék esetén a lehulló víz mennyisége $170,271 \text{ m}^3$, ami egyenlő 170 271 literrel. Ebből a burkolatra 57 074 l, míg épületre 20 841 l csapadék érkezik.

26. ábra Meteoblue Csapadékesemények 2024 (balra), 2025 (jobbra)

(Forrás: [http17](http://17))



A területen meghatározott gyülekezési helyek alapjául szolgálnak a javaslatomhoz. Mivel ezeken a területeken jelenleg is mélypontok, csapadékvíz összefolyások vannak, ezért megfelelő helyek lehetnek csapadékvíz visszatartó eszközök alkalmazására.

A lapostető lejtése megfelel zöldtető telepítéséhez. A tető teljes területe $1321,9 \text{ m}^2$. Ebből a tető hasznosítható felület $994,8 \text{ m}^2$. Sajnos a tetőszerkezet nem zöldtetőhöz lett tervezve, így teherbírását kizárólag a hőteherre tervezték. Az épület terveit megtekinthettem az iskolában, amiből az derült ki, hogy a tető tervezésénél a födém terhelhetőségét 72 kg/m^2 -re tervezték.

Mivel ez a súly túllépése esetén a szerkezet sérülhet, ezért zöldtető nem telepíthető az épületre, ugyanis ez állandó terhelést jelent a födémre és a szükséges hőteher bírás már nem biztosítható zöldtető mellett.

4. táblázat Tetőfelület megoszlása

(Forrás: Saját munka)

Terület típusa	Kiterjedés m^2
Teljes terület	1321,9
Oldalfalak kiterjedése	120,1
Épületgépészeti területek	35
Nem hasznosítható felület	172
Hasznosítható felület	994,8

A lapostető miatt kéktető viszont kialakítható az épületen, amennyiben az csak a hőteher fennállásának időszakán kívül üzemel kéktetőként. Ekkor a kéktető maximálisan 7,2 cm vastagon képes befogadni csapadékvizet. 40 évnél idősebb szerkezet esetén teherbírás

csökkenés történhet, amelynek mértéke akár 15-30 % is lehet. Az amortizáció maximumával számolva ez 5 cm-es vízborítást jelent. Ebben az esetben a felületen összesen 5356 liter, azaz 5,35 m³ víz tárolható.

27. ábra Kéktető kapacitása és hőteher
(Forrás: Saját munka)

Teljes terület	1389,9 m ²	Tényleges hőteher	$\mu = 0,8 \text{ kN/m}^2$
Kéktetőként felhasználható terület	1062,8 m ²	$s = \mu \cdot sk$	$sk = 0,9 \text{ kN/m}^2$
Nem alkalmas terület	327,1 m ²		$s = 0,72 \text{ kN/m}^2 = 72 \text{ kg/m}^2$
		Hőteher min	72 kg/m ²
Megtartható víz a kéktetőn maximum kapacitással	7652,16 l 7,65 m ³	maximális vízmagasság	7,2 cm
Megtartható víz a kéktetőn amortizációs kapacitással	5356,51 l 5,35 m ³	amortizációs vízmagasság	5,04 cm

A fent említett csapadékkal számolva egy átlag esőzés esetében a tetőre 19,82 m³ csapadék hullik le. Tehát kéktetővel csökkenthető időszakosan a lefolyó csapadékvíz mennyisége 27%-kal.

A területen belül az épületen kívül csapadék a burkolt felületeken keletkezik. Ennek tekintetében kiszámolható a szikkasztáshoz szükséges esőkert mérete Seattle város segédlete alapján. A területen található összes burkolat felülete 3804,9 m². Mivel a talaj humuszos rétegének vízáteresztő képességére nem találtam pontos adatot, ezért a 2. táblázatban található legalacsonyabb vízáteresztő képességgel számolok. A számítás alapján ekkora méretű burkolatra leeső csapadékvíz elszikkasztásához 325,8 m² esőkertre van szükség.

Iskolakerti környezetben egy ekkora területű esőkert korlátozhatja a szükséges funkciók területigényeit. A sportpálya mellett található nagy kiterjedésű szabad, jelenleg gyepes felület alkalmas lehet esőkert kialakításra.

Bár ez az eszköz hatékonyan lenne képes elszikkasztani a felületre érkező csapadékvizet, de felszíni területigénye magas. A megfelelő szikkasztási képesség eléréséhez a talaj tömörödését minél jobban csökkenteni kell, ez pedig egy általános iskola kertjében nehéz feladat, ahol a gyerekek játék közben, akár az esőkert felületén, taposással kompaktálhatják a talajt. Azonban egy ilyen eszköz megjelenése a kertben edukatív hatással is lehet a gyerekekre és segítheti a kritikus gondolkodásuk fejlesztését a fenntartható jövőkép kialakításában.

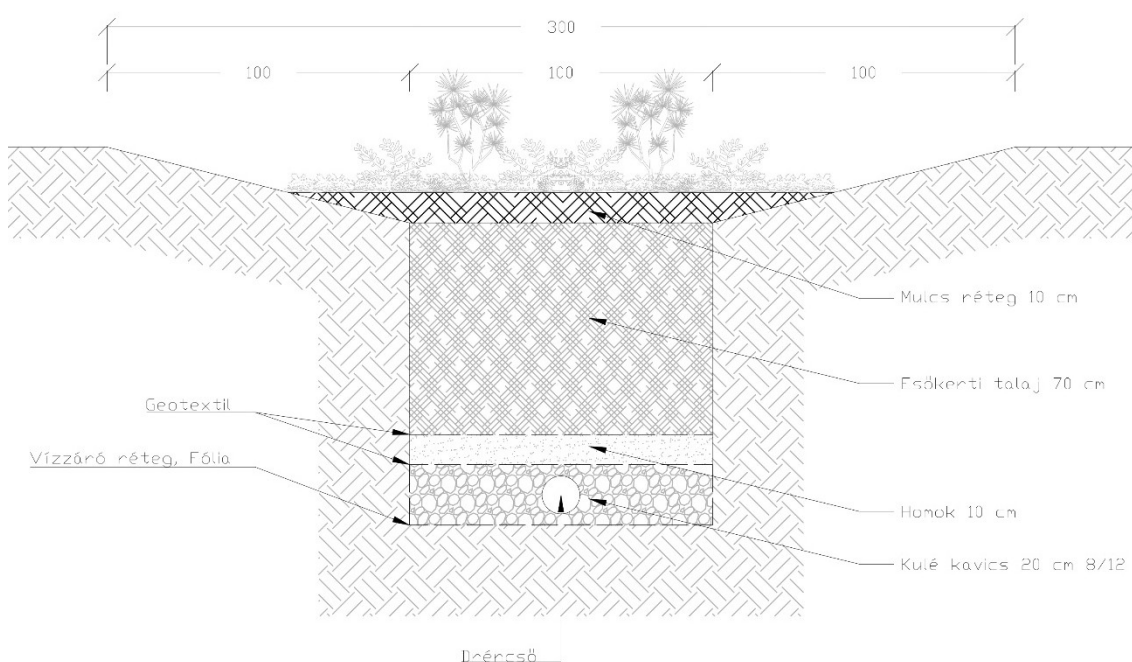
Tehát ekkora méretű esőkert kialakítható, de hátrányokkal is jár. A területen a csapadékvíz elvezetés jelenleg egy csatornarendszeren keresztül történik. Ez a rendszer nagyon messze helyezkedik el a lehetséges alkalmazási területtől. Amennyiben kialakításra kerül ez a rendszer

abban az esetben a csapadékvíz majdnem teljes térfogata belevezethető az esőkertbe. Ez az eszköz azonban csak szikkasztani képes, tározni nem tudja a csapadékot.

A sportpályának hosszanti oldalával párhuzamos telekhatárán a lábazatos kerítés véget ér és itt a zöldfelületen lefolyó csapadék szabadon távozhat. Ennek megakadályozása érdekében a telekhatárral párhuzamosan vonal menti vízviisszatartó eszköz telepíthető. Drénárok alkalmazása szóba jöhet, de ez az eszköz nem képes javítani a csapadékvíz minőségét, illetve esztétikai értéke alacsony. Ha a drénárok és az esőkert ötvözésével egy szűrőárkot hozunk létre, abban az esetben a csapadékvíz minősége javítható, és annak gyűjtése is létrejöhet.

28. ábra Szűrőárok jellemző keresztmetszete

(Forrás: Saját munka)



A domborzati viszonyok figyelembevételével egy hosszanti lejtéssel rendelkező szűrőárok összegyűjtheti a vizet egy kútba, vagy egy tározásra kialakított eszközbe. A kút falát nem szükséges szigetelni víz ellen, ugyanis a termőrétegnél mélyebben elhelyezkedő talajrétegek kemény agyagtalajok. Ezek vízáteresztő képessége nagyon alacsony, szinte vízáró tulajdonságokkal rendelkeznek. Amennyiben a kútban összegyűlik a csapadékvíz, az a létrehozott esőkert, valamint szűrőárok öntözésére is felhasználható.

Megfelelő méretű tározó esetén akár az egész kert öntözővíz szükséglete megoldható. A sportpálya alatti tározás erre megoldás lehet. A szerkezet védelme érdekében itt egy légüres tér, mint egy ciszterna vagy tartály nem alkalmazható, valamint ezek szerkezete nagy teherbírás igényel. Hogyha a pálya alatt egy fóliával vízszigetelt réteget hozunk létre, és ezt a teret megtöltjük külé kaviccsal, abban az esetben a szerkezet terhelhető lesz. A biztonság érdekében

a tározást végző szerkezet köré vasbeton gerendák helyezhetők, amelyek lemezalappal láthatóak el. Ez meggátolja a kulé kavics kimosódását és védi a sportpálya szerkezetét.

A kulé kavics nem 100%-ban tölti ki a rendelkezésére álló teret, ezért levegővel telt hézagok alakulnak ki. Ha ezt a hézagterefogatot vízzel töltjük meg, akkor hatékonyan tározhatuk csapadékvizet. A rendszer alját dréncsővel ellátva egy kivételi pont alakítható ki, így a csapadékvíz öntözésre is alkalmas. Abban az esetben, ha 8/16 frakciójú kulé kavicsot használunk, annak hézagterefogata 40,05 %. Ez azt jelenti, hogy a tározó teljes kapacitásának 40,05 %-a feltölthető csapadékvízzel. A tározó akár összekapcsolható a szűrőárok rendszerével. Ebben az esetben az esőkert szikkasztó funkciója is kihasználható, valamint a tisztított csapadékvíz tározása is lehetséges (KK Kavics Beton Kft., 2019).

Az esőkert, valamint a szűrőárok együttes alkalmazásával fedezhetjük azok öntözési vízszükségletét. A területen nagyobb változások létrehozásával, valamint minimális beavatkozásokkal is elvégezhetjük a burkolaton keletkező csapadékvíz eszközökbe juttatását.

A minimális beavatkozások esetében a már meglévő csapadékvízgyűjtő hálózatra való csatlakozással felszín alatt csöveken keresztül juttathatjuk a csapadékvizet az esőkertbe, valamint a szűrőárokba.

Nagyobb változások esetén csapadék folyosókat hozhatunk létre a felszínen. Ezek a folyosók akár a támfalak áttörésével kihasználják a terület lejtését és patakokat, folyókákat hozhatnak létre, amelyen keresztül az összefolyási pontokból a kívánt felület felé terelik a vizet. Ennek a lehetőségnek a már említett felszíni helyigény a legnagyobb hátránya.

Ha mindkét említett eszközt alkalmazzuk, abban az esetben az esőkert mérete csökkenthető. Az esőkert túlfolyója a szűrőárok kezdőpontja kell legyen. Így a túlfolyó csapadékvíz a szűrőárok drénezésén keresztül a tározó rendszerbe kerülhet. A Sportpálya alapterülete 1400 m². Hogyha az egész pálya alatt 30 cm vastagságban tározót alakítunk ki, akkor 168,2 m³ vizet tárolhatunk. Ez csupán elméleti szám. A szerkezetvastagságok miatt csökkentett értéket veszek figyelembe, ezért ennek a területű kapacitásnak csak a negyedét veszem alapul. Így a tározó eszköz kapacitása 42,1 m³, kiterjedése pedig 350 m².

A burkolt felületekre összesen 57,1 m³ csapadékvíz érkezik, a kéktetőről pedig 14,5 m³ víz folyik túl. A burkolt felületre érkező csapadék 36,8%-a sportpályára érkezik. Ez a csapadékmennyiség a szűrőárokba vezetődik a domborzat miatt. Figyelembe véve a lefolyási

tényezőt, ennek csak 90%-a érkezik meg az eszközbe, valamint annak 40%-a folyik tovább a drén rétegbe, majd kerül be a tározóba. Ez 7,6 m³-t jelent.

5. táblázat Javasolt eszközök kapacitása

(Forrás: Saját munka)

Csapadék visszatartó eszköz neve	Eszköz/eszközök kiterjedése (m ²)	Maximális kapacitás (m ³)	Az eszközbe vezetett/érkező csapadékvíz mennyiség (m ³)	Túlfolyó víz mennyiség (m ³)
Kéktető	994,8	5,4	19,8	14,5
Esőkert	65,8	15,0	45,5	30,5
Szűrőárok	315	29,6	49,4	19,8
Sportpálya alatti tározás	49,5	19,8	19,8	0

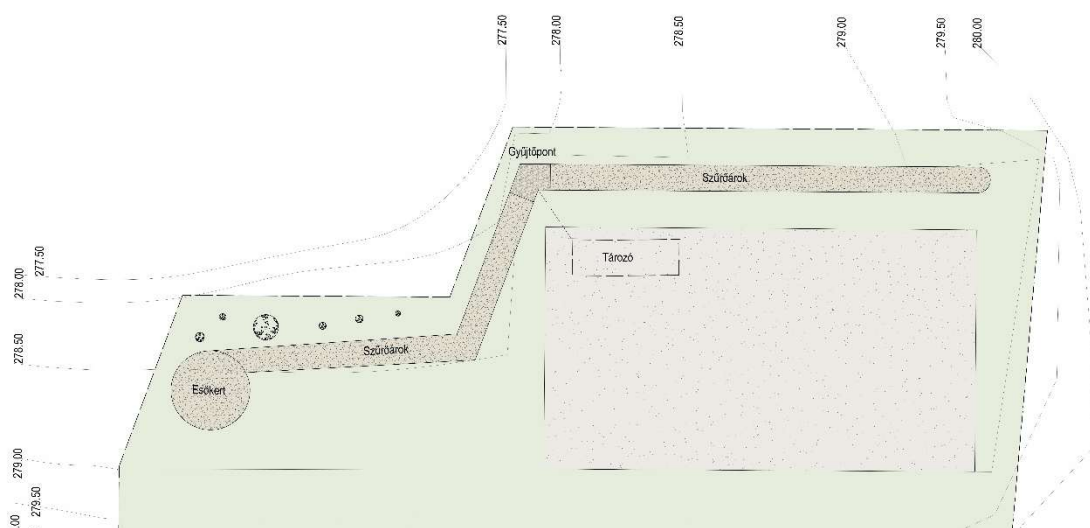
A maradék csapadékvíz 90%-a először az esőkertbe, majd annak teljes telítődésekor a szűrőárokba kerül, onnan pedig a tározóba. Ez a mennyiség 12,2 m³ csapadékvizet jelent, abban az esetben, ha az esőkert mérete 65,8 m².

Így a tározáshoz szükséges térfogat 19,8 m³. Ez a térfogat 30 cm mélységű kavicságy esetén 49,5 m²-en biztosítható.

Az esőkertek vízigényének kiszámításával meghatározható, egy ilyen intenzitású esőzés alkalmával leesett csapadék mennyi ideig tudja visszapótolni öntözéssel a csapadékot. Ehhez ki kell számolnunk az esőkertek vízszükségletét, valamint az egy napra eső evapotranspiráció mértékét. A terület öntözéséhez szüksége a tényezők figyelembevételével három scenáriót vettem alapul, ahol csak a növények ültetési sűrűségében van eltérés. (Antal és mtsai., 2024)

29. ábra Javasolt vízelvezető rendszerek elhelyezkedése

(Forrás: Saját munka)



30. ábra vízszükséglet számítása az esőkertek öntözéséhez

(Forrás: Saját munka)

Vízszükséglet (Nagy egyedsűrűséggel)				Vízszükséglet (Közepes egyedsűrűséggel)			
Területen mért legmagasabb hőmérséklet	= T_{max}	=	40 C°	Területen mért legmagasabb hőmérséklet	= T_{max}	=	40 C°
Evapotranspiráció	= ET_0	=	6,7 mm	Evapotranspiráció	= ET_0	=	6,7 mm
Tényleges evapotranspiráció	= ET_a	=	8,5 mm	Tényleges evapotranspiráció	= ET_a	=	6,5 mm
Növényi tényező	= N_t	=	0,7	Növényi tényező	= N_t	=	0,7
Egyedsűrűség	= K_s	=	1,3	Egyedsűrűség	= K_s	=	1
Mikroklimatikus tényező	= K_{nk}	=	1,4	Mikroklimatikus tényező	= K_{nk}	=	1,4
Öntözendő terület	= A	=	380,8 m ²	Öntözendő terület	= A	=	380,8 m ²
Területi tényező	= K_t	=	1,274	Területi tényező	= K_t	=	0,98
Vízigény = 3234,3 l				Vízigény = 2487,9 l			
3,2 m ³				2,5 m ³			
6 nap				8 nap			
Vízszükséglet (Alacsony egyedsűrűséggel)							
Területen mért legmagasabb hőmérséklet	= T_{max}	=	40 C°				
Evapotranspiráció	= ET_0	=	6,7 mm				
Tényleges evapotranspiráció	= ET_a	=	3,9 mm				
Növényi tényező	= N_t	=	0,7				
Egyedsűrűség	= K_s	=	0,6				
Mikroklimatikus tényező	= K_{nk}	=	1,4				
Öntözendő terület	= A	=	380,8 m ²				
Területi tényező	= K_t	=	0,588				
Vízigény = 1492,7 l							
1,5 m ³							
13 nap							

Ez azt jelenti, hogy az összegyűjtött csapadékvíz nagy egyedsűrűséggel 6, közepessel 8, alacsony egyedsűrűséggel pedig 13 napig képes ellátni az esőkertek öntözését. Ez az időszak tovább nyújtható, ha a növényeket alacsony vízigényűekkel helyettesítjük. Ebben az esetben a locsolható napok száma 35%-kal megnő. Ez az időtartam azzal is növelhető, ha a tározó méretét megnöveljük. Ebben az esetben a visszatartott csapadékvíz mennyisége is megnő, így akár nagyobb csapadékesemények is kezelhetőek a telken belül.

Amennyiben a sportpálya alatt maximálisan kihasználásra kerül a tározás 30 centiméteres mélységben, úgy a tározható víz mennyisége 19,8 m³-ről 420 m³-re nő. Ezzel a mennyiséggel a 30. ábrán található adatok alapján az esőkert öntözése nagy egyedsűrűséggel 130, közepessel 169, alacsony egyedsűrűséggel pedig 281 napig végezhető. Ez a tározó kapacitás 35 milliméternyi csapadék tározását teszi lehetővé

Télen a tározott csapadékból a vegetációs időszakon kívül, a fagymentes napokon szintén érdemes vizet kijuttatni öntözéssel a talaj megfelelő előkészítésére a nyári szárazságok mérséklése érdekében.

7. Eredmények, következtetések

A vizsgált iskolaudvar esetében a vízvisszatartó eszközök elhelyezésénél a legnagyobb nehézség a hely hiánya a meglévő funkciók és az udvar növényállományának figyelembevétele mellett. A telek területén a vizsgálatom alapján lehetséges egy 15 mm-es csapadékmennyiség kezelése, és ennek a számnak a tovább növelése is megoldható a tározó kapacitás bővítésével.

Javaslatomban a mintaterületen a csapadékvíz kezelésére alkalmas eszközök közül a kéktető, a szűrőárok, az esőkert, valamint a tározás valamely formája, utóbbi az esetben egy speciális megoldás, bizonyult a leghatékonyabbnak. Ezekkel a módszerekkel a kert öntözése akár hosszabb időszakra is megoldható. Egy eszköz alkalmazása nem elegendő megoldás, ugyanis a felszíni helyigény változó az eszközöknél, de a legtöbb esetben nagy teret igényel. Továbbá az épületeken létesített eszközök kockázatot jelentenek az épület szerkezetére, amennyiben azok méretezése nem megfelelő, ugyanakkor megfelelő tervezés mellett akár csökkenthetik az energiaszükségletüket. A vízvisszatartó eszközök teljes potenciálja abban az esetben aknázható ki a legjobban, ha rendszerben, egymással összekötve történik a létesítésük és üzemeltetésük.

A telken belüli vízvisszatartás tehát egy hatékony módja a csapadékvizek helyben tartásának, ugyanakkor a legtöbb eszköznek nagy felszíni helyigénye van. Ebből adódóan kis méretű kertekben nem minden esetben oldható meg a helyszíni csapadékvíz kezelés. A mintaterület egy iskolakert volt, ami méreteit tekintve sokkal nagyobb, mint egy átlagos telek. Továbbá a domborzati viszonyok is nagyban befolyásolják az elhelyezésüket.

A csapadékvíz helyben tartásához nem minden esetben csak telek szintű megoldásokkal érdemes tervezni, hanem nagyobb vízgyűjtő területek vizsgálatával. Tömb, vagy akár városrész szintű eszközök alkalmazásával növelni lehet a helyszínen kezelhető csapadék mennyiségét, akár olyan esetekben is, amikor a telek szintű csapadékvisszatartó eszközök kapacitása már nem képes befogadni a nagy intenzitással érkező víz mennyiségét. A tározással és felelős öntözéssel pedig megőrizhető, vagy akár növelhető a talaj víztartalma, ezzel csökkentve az aszályok elfordulásának gyakoriságát.

8. Összefoglalás

A telken belüli vízvisszatartás egy fontos része települési kékinfrastruktúrának. Az egyre szárazabb nyarak miatt kulcsfontosságú szerepet töltenek be a fenntartható jövőképben. Dolgozatomban bemutattam a jelenleg fellelhető vízvisszatartást elősegítő eszközöket és azok felépítését. Ahol lehetőség van rá ott a méretezésükkel kapcsolatos adatokat is gyűjtöttem és iránymutatást adtam.

A mintaterület esetében vizsgáltam egy modelleszapadékkal meghatározott csapadékmennyiség útját egy annak visszatartásra alkalmas rendszerét. A rendszert kihelyeztetten erre a csapadékmennyiségre méreteztem. Iskolakerti környezetben több eszköz együttes alkalmazása bizonyul a leghatékonyabbnak. Ezekkel az eszközökkel a modell teljes csapadékmennyisége kezelhető a területen belül, valamint gyűjthető és az később felhasználható. A legnagyobb kihívás egy intézménykerti környezetben a rendszerek helyigényének megoldása. Adott esetben az iskolakerti funkciók szigorúan meghatározták a jelenlegi felületek felhasználhatóságát. Az eszközök olyan területeken kerültek elhelyezésre, ahol a talaj tömörödése nem valószínű és nincsenek más funkció terhére.

A vízvisszatartó eszközök kapacitása azok méretének növelésével tovább bővíthető. Az az eset, ha csapadékcsúcsokkal tervezünk, a kertben kialakítandó más funkciók területi igényeinek hátrányát jelenti. A területi igényt figyelembe véve a telken belül kezelhető csapadékvíz mennyisége korlátozott. A heves, nagy intenzitású csapadékesemények kezelésére nem lehet minden esetben felkészülni, mindig lesz olyan mennyiség, amely már nem szikkasztható, vagy tározható.

Ezért a csapadékvíz kezelése nem egy zárt, telken belüli rendszer. Vannak olyan területek, ahol a víz helyi szintű kezelése nem megoldható. Ezért a vízvisszatartás nem csak telek léptékű feladat. Nagy mértékű változáshoz nem elég egy kertet átalakítani. A vízgyűjtő területek feltérképezésével és azok tudatos tervezésével nagyobb hatás érhető el a területek vízvisszatartására való tekintetben.

9. Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom Takácsné Dr. Zajacz Verának, konzulensemnek a dolgozatomhoz nyújtott segítségéért és a szakmai tanácsaiért.

Szeretném megköszönni a Felsőszilvási Általános Iskolának, hogy megtekinthettem az iskolaudvar eredeti terveit.

Köszönöm Turcsányi Katalinnak és Margit-Angyal Andreának a szakmai segítséget.

Köszönöm a MATE Alapítványnak, hogy TDK felkészülési ösztöndíjban részesített, amellyel támogatta a dolgozatom elkészítését.

Végül köszönöm családomnak és barátaimnak a támogatást.

10. Irodalomjegyzék

(Almási és Jámbor, 2008) Almási B. és Jámbor I. (2008) *A kertépítés kézikönyve*. Budapest: Verlag Dashöfer Szakkiadó., pp. 189-202

(Antal és mtsai., 2024) Antal M., Bíróné Dr. O.M., Grasics P., Karlócai P., Őri B., Sudár T. és DR. Tóth CS. és Dr. Tóth Á (szerk.) (2024) *Díszkertek öntözése*. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház., pp. 24-27.

(Autixier és mtsai., 2014) Autixier L., Mailhot A., Bolduc S., Madoux-Humery A.-S., Galarneau M., Prévost M. és Dorner S. (2014) Evaluating rain gardens as a method to reduce the impact of sewer overflows in sources of drinking water, *Science of The Total Environment*, 499(1), pp. 238–247., DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.08.030

(Cordulus, 2025) Cordulus (2025) Mi az Evapotranspiráció? (Letöltés dátuma: 2025. október 21.), Forrás: <https://www.cordulus.com/hu/glossary/evapotranspiration>

(Csibi és mtsai., 2016) Csibi K., Dezsényi P., Fári M., G., Koroknai J., Pataky R., Szentkirályi-Tóth F. és Pataky R. (szerk) (2016) *Zöldinfrastruktúra füzetek 2. - Zöldhomlokzatok.*, Budapest: Budapest Főváros Városháza Tervező Kft., pp. 29-57., (Letöltés dátuma: 2025.10.04.), forrás:https://archiv.budapest.hu/Documents/V%C3%A1ros%C3%A9p%C3%ADt%C3%A9si%20F%C5%91oszt%C3%A1ly/Zoldhomlokzatok_2017.pdf

(Csizmadia, 2018) Csizmadia, D. (2018) *Zöldinfrastruktúra füzetek 3. - Vízérzékeny tervezés a városi szabadtereken.*, Budapest: Budapesti Fővárosi Főpolgármesteri Hivatal., pp. 7-25., pp. 43-69., (Letöltés dátuma: 2024.11.08.), forrás: https://budapest.hu/api/file/doc/ZOLDINFRASTRUKTURA_FUZETEK_3.pdf

(Danyi és mtsai., 2021) Danyi R., Fejes G., Halmai L., Hegyi Z. és Veres D. (2021) *Vízmegetartó megoldások a hazai vízgazdálkodásban - Megalapozó tanulmány.*, Budapest: LIFE_MIACC projekt, pp. 6-20., (Letöltés dátuma: 2025.01.16.), forrás: https://networknature.eu/sites/default/files/old_files/uploads/%C3%96nkorm%C3%A1nyzatoknak%20sz%C3%B3l%C3%B3%20kiadv%C3%A1nyok%20-%20Vízmegetartó%20megoldások%20a%20hazai%20vizegazdalkodasban_megalapozó%20tanulmány.pdf

(Dezsényi, 2025) Dezsényi P. (2025) *Zöldinfrastruktúra füzetek 7. - Zöldtetők.*, Budapest: Budapesti Fővárosi Főpolgármesteri Hivatal, (Letöltés dátuma: 2025.09.23.), forrás: <https://budapest.hu/api/file/doc/za-ldteta-k-2025-04-25.pdf>

(EPA Tasmania, 2012) EPA Tasmania (2012) *WSUD Engineering Procedures for Stormwater Management in Tasmania - Chapter 4: Bioretention Swales.*, (Letöltés dátuma: 2025.10.06.)
forrás:

https://www.derwentestuary.org.au/assets/Water_Sensitive_Urban_Design_Guidelines_04_Chapter_4_Bioretention_swales.pdf.

(Esővízgyűjtés.hu, 2025) Esővízgyűjtés.hu (2025), (Letöltés dátuma: 2025.10.05.) forrás:
<https://www.esovizgyujtes.hu/>.

(Ettinger, 2024) Ettinger F. (2024), *Arbeitsblatt DWA-A138-Anwendung bei der Regenwasserbewirtschaftung in Bayern.*, (Letöltés dátuma: 2025.10.04.) forrás:
https://www.wwa-r.bayern.de/service/antraege/doc/dwa_a138_lfu.pdf.

(Európai Bizottság, 2014) Európai Bizottság (2014) *Az EU víz-keretirányelve.*, Luxembourg: Publications Office., (Letöltés dátuma: 2024.11.06.), forrás:
https://publications.europa.eu/resource/cellar/ff6b28fe-b407-4164-8106-366d2bc02343.0015.01/DOC_1, DOI: 10.2779/50903

(Gardenfutura, 2024) Gardenfutura (2024) *Esőterek Rendszer leírás-tervezői segédlet.*, Agrofutura Magyarország Kft., (Letöltés dátuma: 2025.10.04.) forrás:
https://www.gardenfutura.hu/_files/ugd/dea0fe_838062e153ab445b99c238561affb0ac.pdf.

(Jancsó és mtsai., 2019) Jancsó B., Kaveczki G., Kóczán G., Laborezi T., Knolmár M., Raum L. és Nagy G. (szerk) (2019) *Csapadékvízgazdálkodás tervezési követelményei. Hogyan tervezzünk városi csapadék-elvezető rendszereket.* Budapest, Magyar Mérnöki Kamara (Magyar Mérnöki Kamara Kiadványsorozata 47.), pp. 20-46., (Letöltés dátuma: 2025.01.17.)
forrás: https://mernokvagyok.hu/wp-content/uploads/2024/02/06-VVT-2019_Csapadekvizgazdalkodas_tervezesi_kovetelmenyei.pdf.

(Juhász 1987) Juhász J., *Hidrogeológia* (1987), Második, átdolgozott kiadás, Budapest: Akadémia kiadó., pp. 33-196

(Kew és mtsai., 2014) Kew, B., Pennypacker, E. és Echols, S. (2014) Can greenwalls contribute to stormwater management? A study of cistern storage greenwall first flush capture, *Journal of Green Building*, 9(3), pp. 85–99., DOI: 10.3992/1943-4618-9.3.85

(KK Kavics Beton Kft., 2019) KK Kavics Beton Kft. (2019) *TELJESÍTMÉNY NYILATKOZAT 11-04KK.*, (Letöltés dátuma: 2025.10.15.) forrás:

https://kavicsbeton.hu/uploads/files/Teljesitmeny_nyilatkozatok_2019/Adalekanyag_2019/11-04KK%20Teljesitmeny%20nyilatkozat%20Koanyaghalmaz%208-16%202019.pdf.

(Komárominé Kucsák, 2019) Komárominé Kucsák, M., Bíró T. (szerk) (2019) A villámárvízi elöntések enyhítése érdekében meg-növelt városi zöldfelületek hatásvizsgálata egy konkrét példán keresztül, *Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia Tanulmányok*. Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia, Budapest: Dialóg Campus Kiadó., pp. 77-89., (Letöltés dátuma: 2025.01.17.), forrás: file:///C:/Users/szabi/Downloads/web_PDF_Orszagos_telepulesi_csapadekviz_gazdalkodas.pdf.

(Magyar Tájépítészek Szövetsége, 2022) Magyar Tájépítészek Szövetsége (2022) *Mi a szivacs város-elv?* (Letöltés dátuma: 2025. október 21), forrás: <https://tajepiteszek.hu/blog/mi-a-szivacsvaros-elv>

(McDonald és Spencer, 2011) McDonald D. és Spencer B. (2011) *Rain Gardens 101*. (Letöltés dátuma: 2025.10.05.), forrás: <https://www.seattle.gov/documents/Departments/SPU/EnvironmentConservation/IPM/IPMWorkshop2011McDonaldRainGardenKeyDesignDetails.pdf>.

(met.hu, 2025) met.hu (2025) *Magyarország csapadék viszonyai*, HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt., (Letöltés dátuma: 2025.01.17.) forrás: https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/csapadek/

(NÉBIH, 2025) NÉBIH (2025) *Magyarország talajtípusai.*, (Letöltés dátuma: 2025. 01. 17.), forrás: <https://portal.nebih.gov.hu/-/magyarorszag-talajtipusai>

(Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, 2023) Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ (2023) *Csapadékvíz gyűjtésének és felhasználásának lehetőségei. Jogszályi háttér, nemzetközi tapasztalatok, köz-egészségügyi kockázatok*. Budapest: Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, pp. 8.-11. forrás: <https://www.nnk.gov.hu/attachments/article/187/Csapad%C3%A9kv%C3%ADz%20gy%C5%B1jt%C3%A9s%C3%A9nek%20%C3%A9s%20felhaszn%C3%A1ll%C3%A1s%C3%A1nak%20lehet%C5%91s%C3%A9gei.pdf>.

(ODU Green Roof, 2018) ODU Green Roof (2018) *Drén- és víztároló rétegek.*, (Letöltés dátuma: 2025.10.06.) forrás: <https://zoldtetok.hu/dren-es-viztarolo-retegek/>.

(OTÉK, 1997) OTÉK (1997) 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről

(Price és mtsai., 2011) Price J.G., Watts S.A., Wright A.N., Peters R.W. és Kirby J.T. (2011) Irrigation Lowers Substrate Temperature and Enhances Survival of Plants on Green Roofs in the Southeastern United States, *HortTechnology*, 21(5), pp. 586–592., DOI: 10.21273/HORTTECH.21.5.586

(Seattle Public Utilities, 2021) Seattle Public Utilities (2021) Rain Gardens for On-Site Stormwater Management of Sidewalk Runoff., (Letöltés dátuma: 2025.10.05.), forrás: <https://www.seattle.gov/utilities/construction-resources/sewer-and-drainage/sidewalk-rain-gardens>.

(Shan és mtsai., 2023) Shan, Y., Li, G., Bai, Y., Fu, Q., Sun, Y., Su, L., Mu, W. és Liu, H. (2023) Optimizati-on of Winter Irrigation under Freeze–Thaw Conditions: A Case Study of the Yellow River Delta, China, *Agronomy*, 13(7), p. 1743., DOI: 10.3390/agronomy13071743

(Szekrényi, 1961) Szekrényi, B. (1961) A talaj vízáteresztő képességének változása a víz ráhatási idejének függvényében, *Agrokémia és Talajtan*, 10(2), pp. 207-215.

(Autixier és mtsai., 2014; Szöllősi Gábor, 2025) Szöllősi Gábor (2025) „Esőkert”, *Gardenfutura.*, (Letöltés dátuma: 2025.10.05.), forrás: <https://www.gardenfutura.hu/esokert>.

(TÉKA 2025) TÉKA (2025) 280/2024. (IX. 30.) Korm. rendelet a településrendezési és építési követelmények alapszabályzatáról.

(Turcsányi K. és Margit A., 2025) Turcsányi, K. és Margit Angyal, A. (2025.06.07.) Beszélgetés a csapadékvíz visszatartásának lehetőségeiről. (Interjú)

(US EPA, 2025) US EPA (2025) *Soak Up the Rain: Rain Gardens*. (Letöltés dátuma: 2025.10.21.), forrás: <https://www.epa.gov/soakuptherain/soak-rain-rain-gardens>

(Zheng és mtsai., 2021) Zheng X., Zou Y., Lounsbury A.W., Wang C. és Wang R. (2021) Green roofs for stormwater runoff retention: A global quantitative synthesis of the performance, *Resources, Conservation and Recycling*, 170, o. an. 105577. DOI: 10.1016/j.resconrec.2021.105577

Ábrák forrásai

http1: https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/homerseklet/ (Letöltés dátuma: 2025.10.12)

http2: https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/csapadek/ (Letöltés dátuma: 2025.10.21.)

http3: <https://urbanspec.co.uk/intensive-v-extensive-green-roofs-on-external-storage-urbanspec/> (Letöltés dátuma: 2025.10.22.)

http4: <https://zinco-greenroof.com/systems/biodiversity-green-roof> (Letöltés dátuma: 2025.10.22.)

http5: <https://outsidelandscapearchitects.ca/portfolio/item/living-wall/> (Letöltés dátuma: 2025. 10. 22.)

http6: [google.com/maps/](https://www.google.com/maps/), Botfa, Botfa utca, (Letöltés dátuma: 2025. 10. 22.)

http7: <https://www.terrainseattle.com/blog/news/charities/designing-and-building-a-rain-garden> (Letöltés dátuma: 2025. 10. 22.)

http8: <https://royalkert.hu/kert-park/blog/elkeszult-veszprem-első-közterületi-esőkertje> (Letöltés dátuma: 2025. 10. 23.)

http9: <https://www.seattle.gov/> (Letöltés dátuma: 2025. 10. 05.)

http10: <https://hu.pinterest.com/pin/50524827064360820/> (Letöltés dátuma: 2025. 10. 23.)

http11: <https://www.whenappearancematters.com/blog-posts/what-is-a-french-drain> (Letöltés dátuma: 2025. 10. 22.)

http12: <https://www.esovizgyujtes.hu> (Letöltés dátuma: 2025. 10. 22.)

http13: <https://www.torontomu.ca/environmental-applied-science-management/news-events/2024/11/dimabalaablog/> (Letöltés dátuma: 2025. 10. 22.)

http14: <https://www.dutchwatersector.com/news/new-innovative-water-square-combines-leisure-and-storm-water-storage-in-rotterdam-the> (Letöltés dátuma: 2025. 10. 23.)

http15: <https://alternativenergia.hu/zold-teto-utan-itt-a-kek-teto/> (Letöltés dátuma: 2025. 10. 22.)

http16: <https://www.flickr.com/photos/87297882@N03/52023955837> (Letöltés dátuma: 2025. 10. 22.)

http17: https://www.meteoblue.com/hu/id%C5%91j%C3%A1r%C3%A1s/historyclimate/weatherarchive/koml%C3%B3_magyarorsz%C3%A1g_3049512?fcstlength=1y&year=2024&month=10 (Letöltés dátuma: 2025. 10. 18.)

11. Jegyzékek

11.1 Ábrajegyzék

1. ábra	Átlagos éves középhőmérséklet alakulása Magyarországon	4
2. ábra	Gyepes szikkasztóárok	5
3. ábra	Átlagos éves csapadékösszeg	6
4. ábra	A talaj vízáteresztés intenzitás változása.	7
5. ábra	Extenzív zöldtető Sedumokkal	10
6. ábra	Vizsgált zöldtetők földrajzi elhelyezkedése.....	10
7. ábra	biodiverz zöldtető vízarchitektúrával	11
8. ábra	Zöldhomlokzatok csoportosítása	13
9. ábra	Zöldhomlokzat télen és tavasszal	14
10. ábra	Általános vízelvezető/szikkasztó árok Magyarországon	15
11. ábra	Nedves esőkert az USA-ban telken belül.....	16
12. ábra	Esőkert Veszprémben.....	17
13. ábra	Esőkert méretezése Seattle város útmutatója alapján.....	18
14. ábra	Esőkert be/kifolyó szerkezete.....	19
15. ábra	Drénárok épület mellett	20
16. ábra	Szikkasztóalagút autóbeálló alatt.....	20
17. ábra	Szikkasztóblokkok telepítése	20
18. ábra	Kéktető vízborítással Kanadában.....	21
19. ábra	Süllyesztett kosárlabdapálya, ami záportározóként működik	21
20. ábra	Esővíz tározó öntöző rendszerrel összekötve	22
21. ábra	Kék-zöld tető az USA-ban	22
22. ábra	Út menti szűrőárok az USA-ban.....	23
23. ábra	Szikkasztó/tározó meder vízállásai	24
24. ábra	Felszínmodellek.....	27
25. ábra	Csapadékvíz gyülekezési területek	28
26. ábra	Meteoblue Csapadékesemények 2024 (balra), 2025 (jobbra)	29
27. ábra	Kéktető kapacitása és hőteher	30
28. ábra	Szűrőárok jellemző keresztmetszete	31
29. ábra	Javasolt vízelvezető rendszerek elhelyezkedése.....	33
30. ábra	vízszükséglet számítása az esőkertek öntözéséhez	34

11.2 Táblázatjegyzék

1. táblázat Kőzetek vízmegtartó képessége	8
2. táblázat Seattle típusú esőkert méretezése	17
3. táblázat Zöldfelületi arány számítása	26
4. táblázat Tetőfelület megoszlása.....	29
5. táblázat Javasolt eszközök kapacitása	33

12. Mellékletek

M1 – 1. számú melléklet. Felsőszilvási általános iskola fafelmérésének összgezése

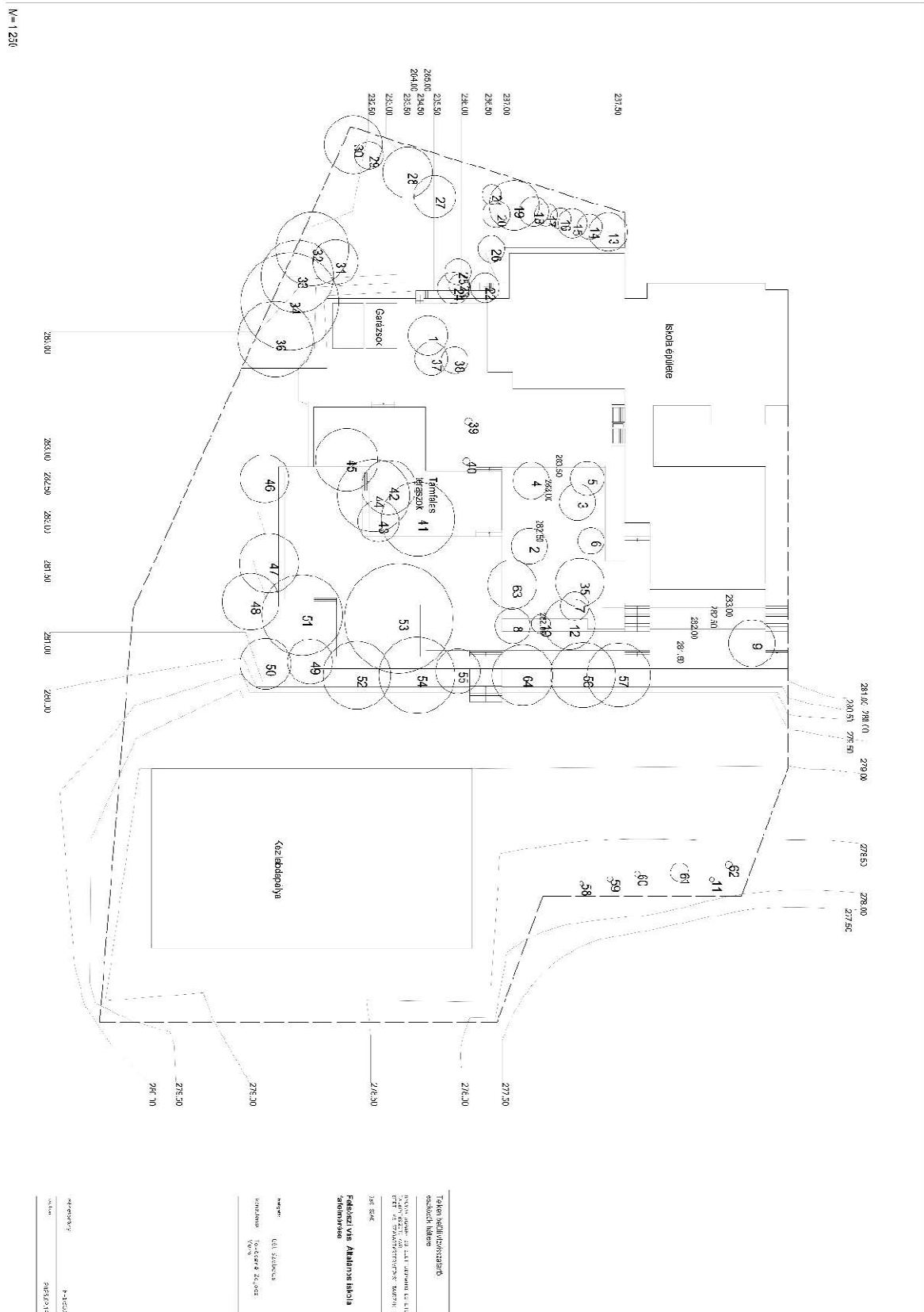
(Forrás: Saját munka)

ID	faj	Törzskerület (cm)	Lombkorona sugara (m)	Lombkorona alaprajzi vetülete m ²
1	Malus sp.	60	3,20	20,1
2	Chamaecyparis lawsoniana	116	2,86	17,9
3	Tilia sp.	52	2,78	17,5
4	Chamaecyparis lawsoniana	119	2,83	17,8
5	Chamaecyparis lawsoniana	215	2,64	16,6
6	Chamaecyparis lawsoniana	80	2,12	13,3
7	Chamaecyparis lawsoniana	52	2,20	13,8
8	Chamaecyparis lawsoniana	120	2,80	17,6
9	Acer sp.	124	3,73	23,4
10	Picea sp.	64	1,42	8,9
11	Morus alba 'Pendula	5	0,25	1,6
12	Chamaecyparis lawsoniana	92	4,00	25,1
13	Betula pendula	107	3,16	19,9
14	Betula pendula	93	1,99	12,5
15	Betula pendula	65	2,38	15,0
16	Betula pendula	57	1,70	10,7
17	Betula pendula	50	1,86	11,7
18	Betula pendula	107	2,36	14,8
19	Betula pendula	164	4,01	25,2
20	Betula pendula	94	2,25	14,2
21	Pyrus sp.	50	1,50	9,4
22	Betula pendula	104	2,24	14,1
23	Betula pendula	55	1,68	10,6
24	Betula pendula	90	2,50	15,7
25	Betula pendula	80	2,20	13,8
26	Betula pendula	68	2,08	13,0
27	Betula pendula	85	3,39	21,3
28	Tilia sp.	90	3,93	24,7
29	Betula pendula	160	2,25	14,1
30	Acer sp.	136	4,50	28,3
31	Platanus x acerifolia	92	3,60	22,6
32	Acer sp.	125	5,83	36,6
33	Acer sp.	126	5,80	36,4
34	Salix alba	157	7,90	49,6
35	Pinus sylvestris	180	3,94	24,8
36	Tilia sp.	112	5,92	37,2
37	Malus sp.	67	2,63	16,5
38	Malus sp.	57	2,15	13,5
39	Juglans regia	10	0,50	3,1
40	Robinia pseudoacacia	15	0,50	3,1
41	Tilia sp.	124	5,81	36,5
42	Tilia sp.	128	4,30	27,0
43	Pinus sylvestris	99	3,24	20,4
44	Salix alba	238	5,64	35,5
45	Acer sp.	103	4,90	30,8
46	Platanus x acerifolia	79	3,84	24,1
47	Acer sp.	125	4,69	29,4
48	Acer sp.	125	4,38	27,5
49	Platanus x acerifolia	145	3,40	21,4
50	Salix alba	270	3,95	24,8
51	Salix alba	237	6,45	40,5
52	Platanus x acerifolia	118	5,23	32,8
53	Salix alba	250	8,84	55,6
54	Platanus x acerifolia	40	6,00	37,7
55	Platanus x acerifolia	96	3,50	22,0
56	Platanus x acerifolia	108	5,13	32,2
57	Platanus x acerifolia	170	4,99	31,4
58	Prunus cerasus	4	0,25	1,6
59	Prunus avium	5	0,25	1,6
60	Malus sp.	5	0,25	1,6
61	Prunus cerasus	50	1,50	9,4
62	Prunus avium	7	0,50	3,1
63	Pinus sylvestris	144	3,94	24,8
64	Tilia sp.	170	4,78	30,1
	Lombkoronával fedett terület		1327,8 m ²	
	Vizsgált terület		11351,4 m ²	
	Lombkorona borítottság		11,70%	

(Forrás: Saját munka)



(Forrás: Saját munka)



MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

**6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója**

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

NYILATKOZAT

**a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és
eredetiségéről**

A hallgató neve: Gál Szabolcs
A Hallgató Neptun kódja: W7W05K
A dolgozat címe: Telken belüli vízviasszatartás eszközei
A megjelenés éve: 2025
A konzulens intézetének neve: Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Kert-és Szabadtértervezési Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítotam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

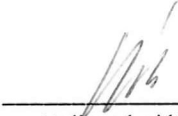
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest 2025. év 11. hó 3. nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

GAÁL SZABOLCS (név) (hallgató Neptun azonosítója: W7W05K)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védelemre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: BUDAPEST 2025. év NOVEMBER hó 03 nap

T. Zej
belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Gál Szabolcs
Neptun-kódja:	W7W05K
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	x BSc/BA ☐ MSc/MA ☐ Doktori (PhD) x Egyéb: Szakdolgozat
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat készítés "A", (TETTD109N)
A munka címe:	Telken belüli vízvisszatartás eszközei

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

☐ A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

x B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrekció, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
Szakirodalmi kutatás, ötletelés	ChatGPT, GPT-5	Szakirodalmi kutatás

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka **mellékletében való csatolása szükséges.**)

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz	MI-neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet
----------------------	--------------------	----------	---	--------------------------------------

	verziója, elérhetősége		bejegyzésének sorszáma

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Budapest, 2025. október hó 26. nap

.....

Hallgató aláírása

.....

Konzulens/Témavezető aláírása