

ZÖLDTETŐK



Ajánlás

A zöldtetők létesítésének lehetősége egyre fontosabb eszközévé válik a városok biológiai sokféleségének fokozásában, a vízmegtartásban, raktározásban, a városi természetes légkondicionálásban, az épületek tetőszigetelésének mechanikai és sugárzás elleni védelmében, a városi hősziget jelenség elleni küzdelemben, illetve az építési telkeken belüli nagyobb zöldfelületi arány biztosításában egy helyhiányos szituációban. A zöldtetők kialakítása és fenntartása összetett szaktudást, az építészek, statikusok, építőmérnökök, épületgépészek, tájépítészek és kertészek összehangolt csapatmunkáját feltételezi.

Éppen ezért szabályozás és támogatás nélkül még mindig ritkán jönnek létre. Jó építésszabályozással eddig abiotikus, élettelen felületek válhatnak a városban biológiailag is aktív, városökológiai jelentőségű felületeivé, amelyek hasznos rovaroknak és tág tűrésű növényeknek adnak életteret, s közben a természet erejével csökkentik az épület hűtési, fűtési kibocsátását, vagy csökkentik a várost egyre nagyobb valószínűséggel sújtó nagy felhőszakadások és villámárvizek kialakulásának lehetőségét azáltal, hogy felszíneik részt vesznek a lehulló csapadék raktározásában, párologtatásban és a csatornákba jutó víz késleltetésben. A zöldtetők a szivacsváros részeivé tudnak válni. Nem csak késleltetik a vizet, de a csatornába jutó víz minőségét is javítják, illetve biztosíthatják a tetőről lefolyó vizek felhasználását, mert a növények és a közeg szűrőmezőként is működik. Azaz jól alkalmazva óriási hasznot tudnak hajtani a városnak, az épületet üzemeltetőknek.



A projekt a Magyar Állam társfinanszírozásával valósul meg. Az anyagban leírt vélemények kizárólag a LIFE Városi Eső projekt partnerségének felelősségi körébe tartozik. A megállapítások nem szükségszerűen tükrözik a finanszírozó szervezetek álláspontját. A finanszírozók nem tehetők felelőssé az itt közölt tartalmak bármilyen felhasználásáért.

De hogyan kell őket jól alkalmazni? Milyen technológiák állnak rendelkezésre? Az elmúlt évtizedben a zöldtetők világa óriási fejlődésen ment keresztül. Ez a zöldinfrastruktúra füzet összegzi mindazokat a technológiai, növényalkalmazási, fenntartási kérdéseket, amelyet a zöldtetőket tervező és építő szakma ma meg tud válaszolni és konkrét mankót, segítséget nyújt tervezőknek, kivitelezőknek, engedélyező hatóságoknak, helyi rendeletalkotóknak, beruházóknak és fenntartóknak arról, hogy mire érdemes figyelni a szabályozás, tervezés, engedélyezés, építés és fenntartás folyamatában. A zöldtető komplex rendszer, ahol a fenntartás és fenntarthatóság pengeélen tancol és könnyű elcsábulni a fenntarthatatlan irányba a helyes irányok helyett. Egy olyan útvesztő, amiben ez a füzet iránytűt ad a témában kevésbé járatosak kezébe egy olyan szakembertől, aki hazai viszonylatban számos zöldtető projektet elvitt a gondolattól a fenntartásig.

A főváros zöldinfrastruktúra füzetek sorozata az elmúlt évtizedben a zöld témák terén sokak által forgatott segédanyag lett számos témakörben. A zöldtetőkkel foglalkozó új füzet is azzal az ambícióval készült, hogy ennek a témakörnek egy referenciapontja és sokszor hivatkozott segédanyaga lehessen mindazok számára, akiket a zöldtetők témája mélységében, részleteiben is érdekel. Ajánlom ezt a füzetet minden a téma iránt érdeklődő figyelmébe.

Bardóczy Sándor
Budapest főtájépítésze

Tartalomjegyzék

Ajánlás	2
Előszó	4
1. Zöldtetők jelentősége	9
1.1 A modern zöldtetők kialakulása	9
1.2 Zöldtetők legfontosabb előnyei	15
2. Zöldtetők felépítése	27
2.1 Zöldtető építés szerkezeti előfeltételei	27
2.2 Zöldtetők műszaki rétegrendje	35
2.2.1 Gyökérvédelem	36
2.2.2 Mechanikai védőréteg	36
2.2.3 A vízszivárgó rendszer	38
2.2.4 Szűrőréteg	41
2.2.5 Kontrollakna	42
2.2.6 Burkolatok zöldtetőkön	43
2.2.7 Egyedi felépítmények létesítése zöldtetőkön	45
2.2.8 Ültetőközeg	46
3. Zöldtetők típusai és növényalkalmazásuk	54
3.1 Intenzív zöldtetők (tetőkertek)	54
3.2 Extenzív zöldtetők	63
3.3 Biodiverz zöldtetők	69
3.4 Bioszolár zöldtetők	83
3.5 Vízárasztásos zöldtetők	89
3.6 Retrofit zöldtetők	91
3.7 Speciális műszaki megoldások	93
3.7.1 Ferdetetők zöldítése	97
3.7.2 Moduláris zöldtetők	100
3.7.3 Extrém könnyű zöldtetők – rétegrend kikönnyítési lehetőségek	102
4. Zöldtetők kivitelezése és fenntartása	107
4.1 Kivitelezés	107
4.2 Fenntartás	113
4.3 Piac és szabályozás	117

Irodalomjegyzék	121
------------------------	------------

Előszó

A zöldfelület-gazdálkodás látványos fejlődésen ment át az elmúlt évtizedekben Magyarországon és a világ szinte valamennyi részén. A klímaváltozás és az ökológiai krízis a szakmánk felé irányította a társadalom figyelmét. A *városi zöldinfrastruktúra* iránti igény évről évre nő, miközben a szemlélet és a technológia változik. A városlakók nemcsak több zöldfelületet szeretnének, hanem *ökologikus, biodiverz, természetalapú* megoldásokat. Az új, természetközeli technológiák térhódítása több okból is megkerülhetetlen: nagyobb biológiai aktivitásúak, többet szolgálnak, ellenállóbbak a gyorsan változó időjárással szemben és üzemeltetésük is kevesebbe kerül.

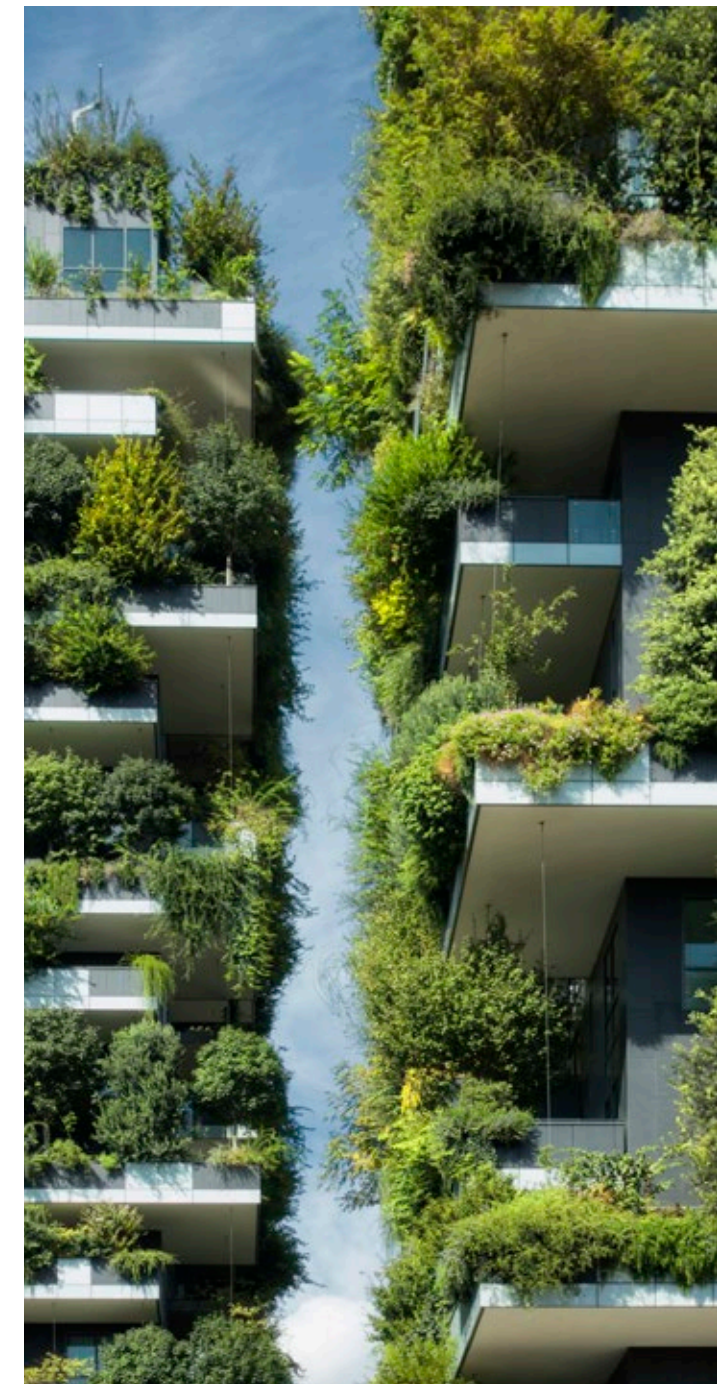
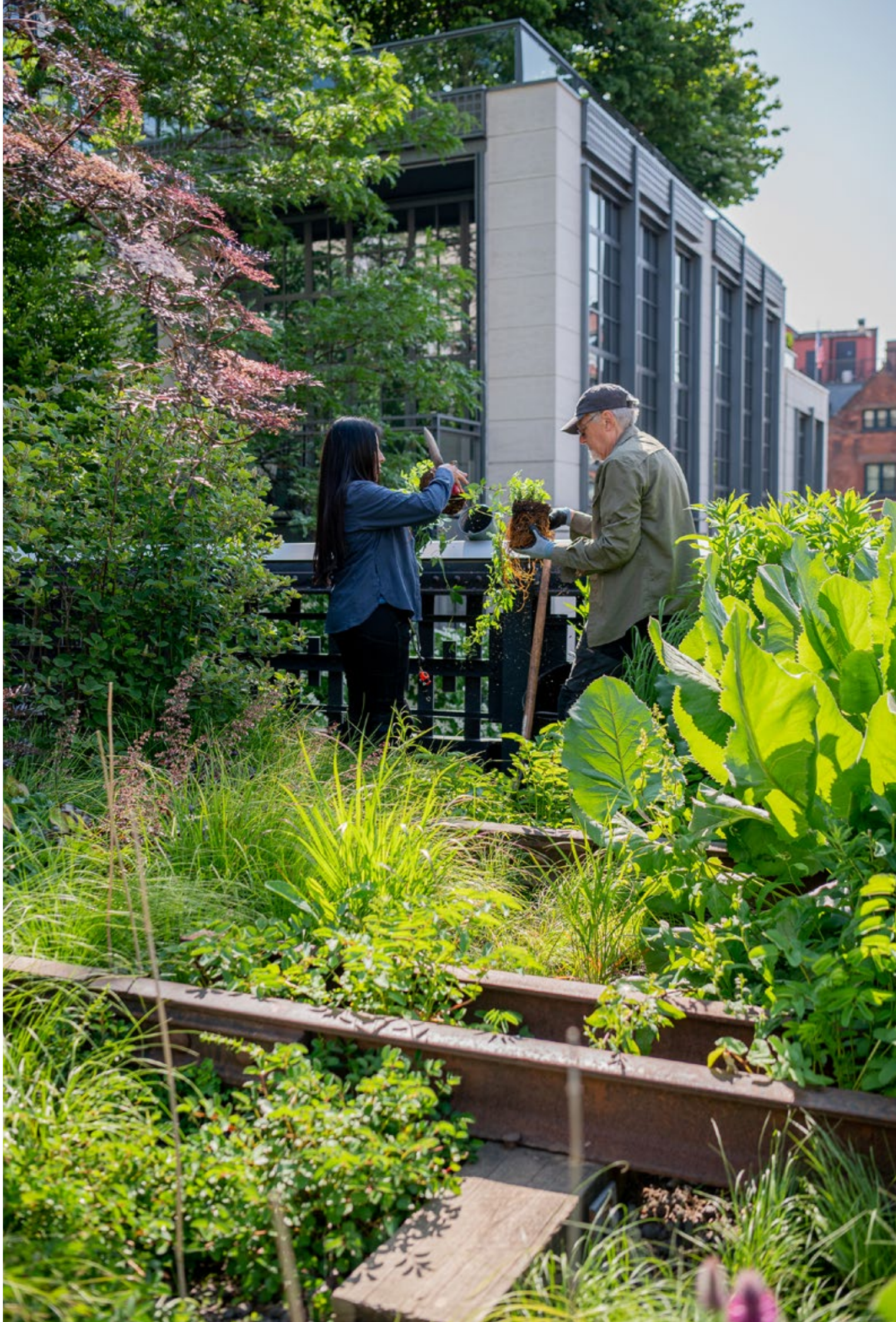
A modern zöldinfrastruktúra másik fontos trendje a növények megjelenése a város szövetének új felületein. Ezek közül a fiatal zöldfelületi elemek közül szó szerint és átvitt értelemben is magasan kiemelkednek a *zöld épületszerkezetek*.

A zöldtetők és zöldhomlokzatok a modern, klímaváltozáskori városépítészet legfontosabb és leglátványosabb technológiái közé tartoznak. Élő és élettelen építőanyagok hibrid rendszerei, az építészet és tájépítészet közös produktumai. Évezredek óta fel-feltűnnek különböző kultúrákban, de tömeges, gyors elterjedésük elsősorban az elmúlt fél évszázad technológiai fejlődésének köszönhető.

A zöldtetők és a zöldhomlokzatok sok dologban hasonlítanak. Például egy sor fontos szolgáltatást nyújtanak *az épületnek és a városnak* egyaránt. Rendkívüli jelentőségük van a városi hő csökkentésében, a csapadékvíz menedzsmentben és a levegő tisztaságának megőrzésében. Ott is létesíthetők, ahol a hagyományos zöldfelületeknek, fasoroknak és parkoknak nem jut hely a magas beépítettség és a sűrűn telepített közművezetékek miatt.

Néhány fontos dologban viszont különböznek egymástól. A zöldfalak és zöldhomlokzatok létesítése és fenntartása – különösen a mi kontinentális klímánkon - a szakmánk legnehezebb szakterülete, összetett építészeti és kertészeti ismereteket igényel, ezért a specialisták szakterülete. Ezzel szemben a zöldtetők tervezése, építése és fenntartása már széles körben elterjedt, bejáratott, szakemberekkel és erőforrásokkal jól ellátott szakág Magyarországon is.

1. kép Önkéntes kertészek a High Line-on. A háttérben egy lakóház zöldtetője, előtérben az egykori magasvasútból megőrzött sínek. Fotó: Carlos Santer



2. kép Bosco Verticale – zöldtetők alkotnak zöldhomlokzatot. Fotó: Stefano Boeri Architetti

A két technológia építészeti jelentősége is eltér. A zöldhomlokzatok központi elemei az épület város felé mutatott képének. A zöldtetők ezzel szemben egy másik települési dimenzióban jelentősek: ők a városi szabadterek bővítésének aranytartalékai.

A zöldtetők gyors elterjedése Európában igazi sikertörténet. Van-nak nagyvárosok, ahol 2030-ban már *több lapostető lesz zöld, mint szürke*. Több száz tartományi és települési önkormányzat tette kötelezővé zöldtetők építését az elmúlt 25 évben a kontinensen – köztük van már két budapesti kerület is. Németország pedig nemcsak megteremtette a modern zöldtetőépítészetet a 60-as, 70-es években, de azóta is diktálja a tempót fejlesztésekben, innovációkban, piaci növekedésben, valamint a szabályozási és támogatási környezet alakításában egyaránt.

Kiknek szól ez a könyv

A Zöldinfrastruktúra füzetek többi kötetéhez hasonlóan igyekeztünk olyan kiadványt készíteni, amely a szakmai és civil célközönségnek egyaránt hasznos és élvezetes olvasmány. Bízunk benne, hogy az önkormányzati döntéshozók, építészek és tájépítészek éppúgy használják majd könyvünket, mint a zöldfelületek civil szerelmesei, a városlakók, idősebb és fiatalabb korosztályok egyaránt. Őszintén reméljük, hogy sok beruházót és házépítőt meggyőzünk a következő oldalakon arról, hogy minden épületre érdemes zöldtetőt építeni.

Fontos meghatározni a kereteket, amelyeken belül a kiadvány a zöldtetők gazdag világával foglalkozik.

Az épületfizikai és -szerkezeti részletekre csak olyan terjedelemben térünk ki, amennyi az elvárható minimum egy átlagos kertész vagy tájépítész számára. A könyv elsősorban a kertészeti felépítmény – azaz a teherhordó szerkezet és a szigetelés feletti élő és élettelen részekkel foglalkozik. Ezért az itt található ismeretanyag önmagában nem nyújt elegendő tudást ahhoz, hogy a csatlakozó szerkezeti részeket, a teherhordó födémet, a csapadékvíz-szigetelést vagy a vízelvezető rendszert bárki felelősséggel megtervezze és megépítse. Ehhez mindenképpen szükséges megfelelő jogosultsággal és tapasztalattal bíró szakemberek – építészek, statikusok és szigetelők bevonása.

A könyvben általában emberi tartózkodásra alkalmas épületek zöldtetőiről esik szó. Fontos megjegyezni, hogy számos olyan építményen létesülhet zöldtető, ahol az épületfizikai szempontok eltérőek vagy kevésbé szigorúak. Például egy nyitott buszváró vagy egy fűtetlen kerti fészker tetején más feltételek hatnak, ezért a könyvben leírtakat megfelelően adaptálva szakember bevonásával kell alkalmazni rájuk.

A kiadvány elsősorban az új épületeken létesített zöldtetőkre koncentrál, de külön fejezetet szentelünk az utólagosan létesített, úgynevezett retrofit zöldtetőknek. Bízunk benne, hogy a zöldtetők gyors elterjedése Magyarországon hamarosan eléri ezt a piaci szegmenst is, és egyre többen kapnak majd kedvet a tetőszigetelés felújításakor retrofit zöldtető építésére.

Extenzív és intenzív

A világon fellelhető legfontosabb zöldtető típusokat részletesen tárgyalja kiadványunk. Ezek a típusok műszaki felépítés szempontjából mindannyian elhelyezhetők egy olyan képzeletbeli tengelyen, amelynek két végpontján az extenzív és az intenzív zöldtető található. Azért, hogy a könyv első fejezete - amely a zöldtetők műszaki felépítéséről szól - teljes egészében érthető és befogadható legyen, szükséges itt a kiadvány legelején röviden definiálnunk e két típust.

Az extenzív zöldtető és az intenzív zöldtető is teljes értékű zöldtető, elvi rétegrendi felépítésük azonos. Ugyanakkor lényeges különbséget mutatnak elsődleges funkciójukban és az egyes részek minőségében – különösen ültetőközegükben és növényalkalmazásukban.



3. kép Délutáni piknik egy lakóház biodiverz zöldtetőjén Essexben. Fotó: Dezsényi Péter



4. kép A Római Kert társasház tetőkertje a 2004-es átadást követően. A rekreáció tere játszótérrel, patakka



5. kép Extenzív zöldtető egy dunaparti társasház tetején. Ökológiai védőréteg. Fotó: Glázer Attila

Az extenzív zöldtetők vékony rétegrendű, könnyű, alacsony költség szinten létesített rendszerek, amelyek elsősorban ökológiai védőrétegként funkcionálnak az épületek tetején. Az alkalmazott növények szárazságtűrő lágyszárú évelők, amelyek kifejezett állapotukban általában öntözés nélkül, kvázi önfenntartó társulásként funkcionálnak. Az extenzív zöldtetők nem járható felületek, díszítő értékük csekélyebb – bár ezzel az állítással sok kertész és ökológus vitába szállna. A világ zöldtetőinek túlnyomó többsége ebbe a kategóriába tartozik.

Az intenzív zöldtetők, azaz tetőkertek ezzel szemben olyan emberi tartózkodásra alkalmas terek, amelyek gazdagon bírnak használati funkciókkal és épített elemekkel, növényzetük többszintes, öntözöttek, fenntartási igényük magas. A tetőkertek robusztusabb rétegrendű, drágább kertészeti felépítmények, rekreációs kertek vagy parkok, magas esztétikai értékkel.

Ajánlott szakirodalom

- Ha valaki több ismeretanyagra vágyik, mint ami ebben a könyvben elfér, kezdésnek az alábbi kiadványokat forgassa:
- Zöldtetők tervezési és kivitelezési irányelvei – ÉMSZ, 1999
 - Hidy-Gerzson-Prekuta: A zöldtető a városi tetőtáj koronája – Terc, 2011
 - Walter Korb: Zöldtetők – Cser, 2019
 - Dachbegrünungsrichtlinien – Richtlinien für die Planung, Bau und Instandhaltungen von Dachbegrünungen – FLL, 2018



6. kép Zöldtetős biciklitároló beehotellel. Fotó: Dezsényi Péter

Köszönet

Ez a könyv nem jöhetett volna létre néhány kiváló szakember, kolléga és barát hozzájárulása nélkül. Nagy köszönettel tartozom különösen, de nem kizárólagosan az alábbi személyeknek: Csabina Péter, Patkós István, Máté András, Horváthné Pintér Judit, Burmeister Zsuzsa, Glázer Attila, Koros András, Kulich Gábor, Hegymegi Artúr, Peter Küsters, Elisabeth Weiss-Tessbach, Vera Enzi és Dusty Gedge.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm a támogatást Nagy Eszternek, Sintár Norbertnek, Dimitrievics Dórának, Bregovics Klárának, Szekeres Péternek, Bucskó Baláznak és a Deep Forest valamennyi kollégájának az elmúlt 25 évben, akikkel együtt tanultunk meg zöldtetőket építeni.



7. kép A bécsi Hundertwasser-ház fái az élő építőanyag és a biofil városépítészet hírnökei. Fotó: Cristiano Alessander

1. Zöldtetők jelentősége

1.1 A modern zöldtetők kialakulása

Az ókor és a középkor különböző kultúrái számtalan emléket hagytak ránk zöldtetőkről és növényekkel beültetett teraszokról. Szemiramisz függőkertjétől a skandináv fűtetőkön át az itáliai reneszánsz tetőkertekig rendkívül változatos formában és célból kerültek a növények a magasba az évezredek során.

A modern zöldtetők kialakulása elsősorban a 19-20. század ipari forradalmának és a polgárosodás nyomán kibontakozó új építészeti irányzatoknak köszönhető. A korabeli zöld épületszerkezetek esetében is már jól meghatározható előnyök vagy szolgáltatások álltak az innováció mögött.

A 20. század fordulóján Németországban az ipari üzemek tetején „spontán” elszaporodó zöldtetőket tűzvédelmi megfontolások keltették életre: a gyúlékony kátránnyal szigetelt födémeket homokkal vagy termőfölddel takarták be, hogy elkerüljék a gyakori tüzeseteket. Ezeket azután gazdagon benőtte a helyi őshonos vegetáció.



8. kép Tradicionális izlandi ház, a torfbaeir. Abból építkeztek, ami kéznél volt: kőből, tőzegből, uszadékfából. A félig földbe süllyesztett épület falai és a tetője tőze ges gyeptéglából készültek. Fotó: Dezsényi Péter



9. kép Az Ökowerk környezetvédelmi oktatóközpont zöldtetője a Berlin melletti Grunewald erdőben, egy tó, a Teufelssee közelében. Ez a legrégebben fennmaradt zöldtető (1872) az ipari forradalom korából. Fotó: Ökowerk Berlin

Az egyik legszebb és legismertebb háború előtti zöldtető a svájci Wollishofenben található, ahol egy 4 hektáros ivóvízmű épült 1913-ban négy különálló épülettel. A beltéri vízmedencék nyaranta túlmelegedtek, ezért az épületek hőcsillapítását úgy javították, hogy a szomszédos rét talajának felső 25 cm-es rétegét növényzettel együtt felrakták a lapostetőkre. Egy évszázaddal a telepítés után 200 őshonos fajnak – köztük egy tucat védett orchideának – adnak otthont a wollishofen-i zöldtetők, amelyek különleges élőhelynek számítanak és szigorú természetvédelmi oltalom alatt állnak. A tetőt minden nyáron lekaszálják, a kaszálékot elszállítják és újonnan épített zöldtetőkön terítik szét szaporítóanyagként a zürichi tartományban (lásd: Biodiverz zöldtetők című fejezet).

A zöldtetők Hundertwasser organikus épületeinek nemcsak kiegészítő elemei, de a design és esztétika szerves részei lettek. Az élő építőanyag az elmúlt 50 évben számos ikonikus épület központi elemévé vált.

A modern zöldtetők korszaka 1961-ben a Berlini Szabadegyetem egyik kutatója, Reinhard Bornkamm tudományos publikációjával kezdődött. A zöldtető építés ezután Németországban az építészet figyelmének középpontjába került. 1975-ben megalakult az FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. – a Tájfejlesztés és Tájépítészet Kutatási Szervezete), amely 1982-ben publikálta a világ első irányelvét zöldtetők tervezésére és építésére vonatkozóan. A 80-es évek elejére ezzel a németek lerakták a modern zöldtetőépítészet műszaki és ökológiai alapjait, amely az egész világon néhány év alatt elterjedt és megalapozta a technológia globális térhódítását.



10. kép Friedensreich Hundertwasser (1928–2000) a 70-es évek közepén telepedett le Új-Zéland északi részén, a festői Bay of Islands öbölben. 1986-ban megkapta az állampolgárságot és haláláig főleg ezen a birtokon élt. Kívánsága szerint itt temették el egy Liliomfa alá. Hundertwasser elkötelezett természetvédő volt, birtokán százezer fát ültetett. Emlékét őrzi Whangareiben a képen látható Hundertwasser Art Centre. Fotó: Hundertwasser Art Centre



11. kép A Westend tetőteraszának egy részlete. Fotó: Westend

Magyarországon az új német technológiával tervezett és épített zöldtetők a 90-es évek legelején jelentek meg. A legelső ilyen tetőkert 1990-ben épült Keszthelyen, a Hotel Helikon tetején, amelyet számos ikonikus hazai projekt követett a Központi Szennyvíztisztító 5 hektáros extenzív zöldtetőjétől a Westend tetőteraszain át a Néprajzi Múzeum tetőkertjéig.

1998-ban az ÉMSZ (Épületszigetelők, Tetőfedők, Bádogosok és Ácsok Magyarországi Szövetsége) lelkes építészei és szigetelő szakemberei a Budapesti Műszaki Egyetem és a Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem néhány oktatójával közösen szervezte az első hazai zöldtető konferenciát Győrben. 1999-ben megalakult a ZÉOSZ (Zöldtető és Zöldfal Építők Országos Szövetsége) és megjelent a Zöldtetők tervezésének és építésének műszaki irányelvei (ÉMSZ, 1999).





12. kép Alföldi szitakötő
(*Sympetrum sanguineum*)
hím egyede landol egy
biodiverz zöldtetőn.
Fotó: Stefan Brenneisen

1.2 Zöldtetők legfontosabb előnyei

A zöldtetők a városi zöld infrastruktúra fontos és egyre nagyobb figyelmet kapó elemei. A hagyományos zöldfelületekhez hasonlóan számos ökoszisztéma-szolgáltatást nyújtanak, amelyek jelentősen hozzájárulnak a városi környezet fenntarthatóságához. Mégis azok az előnyök teszik őket igazán különlegessé, amelyek az épületek energiahatékonyságát, életciklusát és vízmenedzsmentjét közvetlenül javítják.

A sűrűn beépített városi területeken, ahol a hagyományos zöldfelületi elemek nem találhatók meg elegendő mértékben, a zöldtetők jelentős expanziós felületeket biztosítanak, új lehetőségeket teremtve a növényzet és az élővilág számára. Ezen kívül javítják a városi lakosság életminőségét, hiszen hozzájárulnak a levegőminőség javításához, csökkentik a zajszennyezést, és esztétikai értékükkel is gazdagítják az épített környezetet. Mindezek által a zöldtetők nem csupán az épületek részei, hanem a városi léttér aktív kiterjesztései is.



- 1. ábra** A zöldtetők legfontosabb előnyei
- 1.** Csapadékvíz gazdálkodás **2.** Hőszigetelés és energiahatékonyság **3.** Városi hősziget hatás (UHI) mérséklése
 - 4.** Biodiverzitás növelése **5.** Légszennyezés csökkentése **6.** Szén-dioxid megkötés **7.** Épületek élettartamának növelése
 - 8.** Esztétikai érték **9.** Egészségügyi előnyök **10.** Ingatlanérték növelése **11.** Szabadidős és közösségi terek létrehozása
 - 12.** Zajcsökkentés



13. kép

Villámárvíz Bécsben.
Fotó: Elisabeth Weiss-
Tessbach

1.2.1 Csapadékvíz-gazdálkodás

A klímaváltozás egyik fontos következményeként átalakulóban van a városok csapadékvíz menedzsmentje. Az egyre koncentráltabb esőzések miatt gyakoribbá válnak a villámárvizek, a hagyományos csatornahálózatok túlterhelése, a kiömlő szennyvíz közegészségügyi kockázatot jelenthet. Eközben kulcskérdéssé válik a vízkészletek megőrzése a zöldfelületek védelme és a városi klíma javítása céljából.

Az integrált városi csapadékvíz gazdálkodás, vagy népszerű nevén szivacs város koncepció a városok vízmegtartó képességét fokozza, többek között a zöld infrastruktúra növelésével, a burkolt felületek csökkentésével és a meglévők átalakításával *(részletesen lásd: Vízáteresztő burkolatok – Zöld infrastruktúra füzetek első kiadványa, illetve Szivacs város – a Zöld infrastruktúra füzetek 7. kötete).*

A zöldtetők növényzete és az ültetőközegek a lehulló esővíz nagyobb részét megtartja, a maradékot pedig megszűri, megtisztítja és jelentősen lelassítja. Egyre népszerűbbek a dombornyomott drénlemezek is, amelyek tovább javítják a rendszer víz visszatartását. A vízáraztásos zöldtetők pedig 100%-os vízmegtartást eredményeznek. Ma már pontosan méretezhető minden egyes zöldtető vízmegtartó képessége és lefolyási tényezője. *(lásd: 1. táblázat, 31. oldal)*

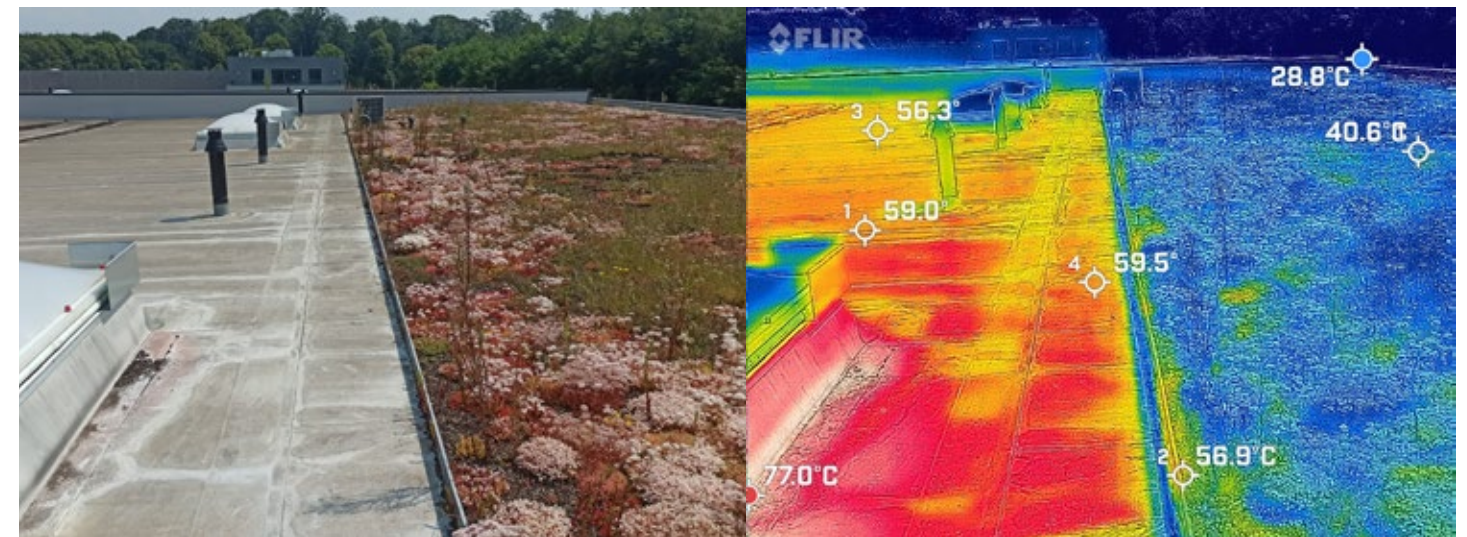
Az extenzív zöldtetők éves átlagban 50-60%-os, míg az intenzív zöldtetők akár 70-80%-os vízmegtartó kapacitással rendelkeznek. Egy 2012-es német tanulmány szerint a zöldtetők akár 60%-kal csökkenthetik az egyes csapadékcúcsokat is, jelentősen tehermentesítve a városi csatornarendszereket.

Németország, Ausztria, Svájc és számos európai ország több száz városában ma már hivatalosan elismerik a zöldtetőket átmeneti víztározóként. A berlini helyi szabályozás szerint például a zöldtetők nemcsak kötelező elemei a városi vízgazdálkodási tervnek, de pénzügyi támogatást is nyújtanak a telepítésükhöz.

Összességében a zöldtetők jelentős előnyöket nyújtanak az esővíz kezelése és víz visszatartása terén, hozzájárulva a fenntartható városi környezet kialakításához és a klímaváltozás hatásainak mérsékléséhez. A zöldtetők, mint átmeneti víztározók hivatalos elismerése és támogatása Magyarországon is fontos lépés lenne a klímarezisztens települések megvalósításához vezető úton.

1.2.2 Hőszigetelés és energiahatékonyság

A zöldtetők másik kiemelkedő előnye a hőszigetelés és energiahatékonyság javítása. Télen a zöldtetők csökkentik az épületek hővesztességét, ezáltal mérsékelve a fűtési költségeket, míg nyáron korlátozzák a hőnyereséget, amivel hozzájárulnak a hűtési költségek csökkentéséhez. Ezen túlmenően, a zöldtetők hőkomfortot biztosítanak azáltal, hogy stabilizálják a belső hőmérsékletet és csökkentik a hőmérsékleti ingadozásokat.



14. kép Nyári hőkamerás felvétel egy félig zöld bécsi tetőről. A színek magukért beszélnek.

Fotó: Peter Köstler

A magyarországi klímán a nyári hőcsillapító hatás különösen jelentős, az épület fekvésétől, kitettségétől és geometriájától függően a zöldtetők a légkondicionálók 50%-át is helyettesíthetik.

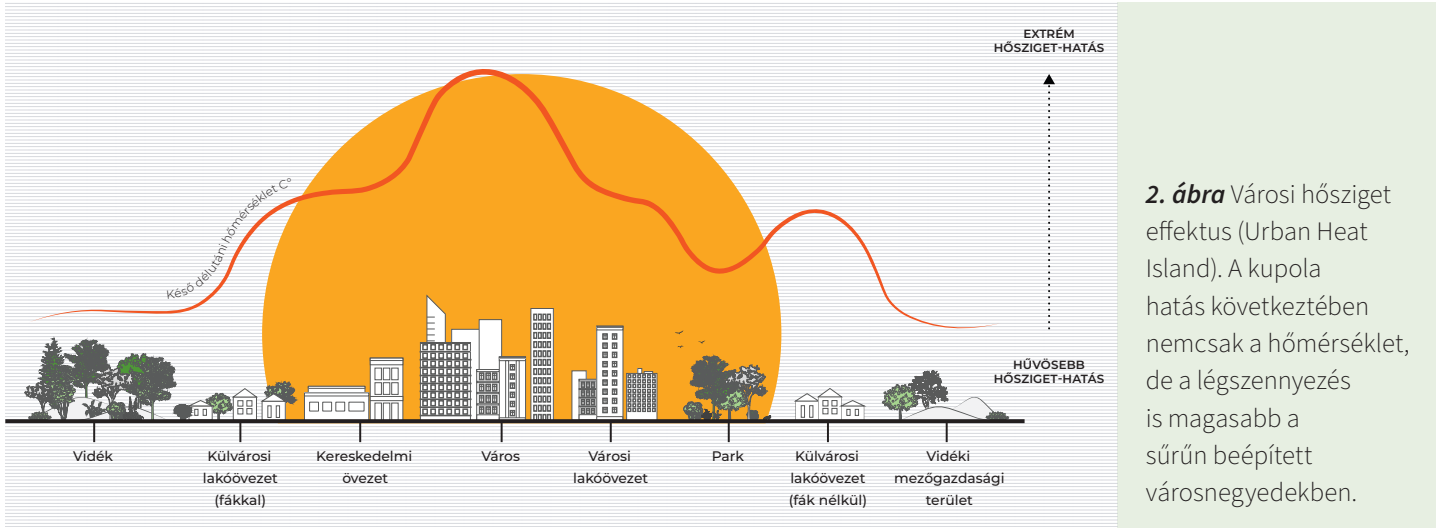
A zöldtetők és zöldfalak alkalmazása számos előnnyel jár a légkondicionáló berendezésekkel szemben. A légkondicionálók cserélik a hőt: belül hűtenek, kívül fűtenek, növelve a városi hősziget hatást. A mesterségesen lehűtött belső tér atmoszférája rosszabb, mint a természetes módon temperált helyiségeké. A városlakók jelentős része érzékeny az ilyen módon túlűtött terekre, a légkondicionáló berendezések ráadásul zajosak, a kültéri egységek látványa pedig rontja a városképet.

A zöldtetők ezzel szemben párologtatnak, amivel hőt vonnak el a környezetükből, így egyszerre hűtenek belül és kívül, miközben szebbé és egészségesebbé teszik a városokat.



Az éghajlatváltozás elleni küzdelemben is fontos szerepet játszanak a zöldtetők, mivel csökkentik az energiafelhasználást, így közvetve a szén-dioxid-kibocsátást is mérsékelik. A kutatások szerint a zöldtetők akár 25%-kal is csökkenthetik a teljes fűtési és hűtési energiaigényt, jelentős költségmegtakarítást eredményezve az épülettulajdonosok számára.

Összességében a zöldtetők hozzájárulnak a fenntartható városi környezet kialakításához és az éghajlatváltozás hatásainak mérsékléséhez, miközben javítják az épületek energiahatékonyságát és hőkomfortját.



2. ábra Városi hősziget effektus (Urban Heat Island). A kupola hatás következtében nemcsak a hőmérséklet, de a légszennyezés is magasabb a sűrűn beépített városnegyedekben.

1.2.3 Városi hősziget hatás (UHI) mérséklése

A városi hősziget hatás (angolul UHI – Urban Heat Island) a modern nagyvárosok egyik legsúlyosabb környezeti problémája. Az épületek, utak és más felületek alacsony albedóval, vagyis hővisszaverő képességgel rendelkeznek, ezért elnyelik a napenergiát, majd hőként sugározzák vissza azt. Ez a jelenség drámaian megemeli a városi területek hőmérsékletét a környező vidéki területekhez képest.

Az UHI azonban nem csupán a magasabb hőmérsékleteket jelenti. A sűrűn beépített, alacsony zöldfelületű városi blokkok felett egy mikroklimatikus „kupola” alakul ki, amely lassítja a légmozgást és csapdába ejti a szennyező anyagokat. Ez a hőmérséklet emelkedésével és a zöldfelületek hiányával súlyosbodik, tovább rontva a levegő minőségét: növekszik a légszennyezés, a finompor koncentráció és a légszárazság, amelyek mind komoly egészségügyi és környezeti problémákat okoznak.

A zöldtetők rendkívül hatékony megoldást kínálnak a hősziget hatás mérséklésére: a nyári hőhullámok idején akár 2,5 – 6 Celsius fokkal csökkenthetik a városi levegő hőmérsékletét. A növényzet és az ültetőközeg csökkenti a hőelnyelést és növeli a hővisszaverést, míg a párologtatás (evapotranspiráció) révén hőt von el a környezetből.



1.2.4 Biodiverzitás növelése

A zöldtetők egyik legfontosabb előnye a városi biodiverzitás növeléséhez való hozzájárulás. A nagyvárosi területek túlnyomó része természetes élőhelyekben szegény, a zöldtetők azonban új lehetőségeket teremtenek a helyi flóra és fauna számára.

A növényfajok magas diverzitására érdemes törekedni a zöldtetőkön (részletesen lásd: Biodiverz zöldtetők c. fejezet), mivel a sokféle növényfaj jelenléte növeli az ökoszisztémák stabilitását, valamint a betegségekkel és kártevőkkel szembeni ellenálló képességét, ezért ezek a zöldfelületek folyamatosan nagyobb biológiai teljesítményt, ezáltal pedig még több és még jobb ökoszisztéma szolgáltatást nyújtanak.

Az őshonos növényfajok előnyben részesítése hozzájárul a helyi biodiverzitás megőrzéséhez, míg az invazív fajok elkerülése csökkenti a helyi ökoszisztémák károsodását.

A természetes pollinátorok - mint például a poszméhek, lepkék és mézelő méhek - számára menedéket nyújtó biodiverz zöldtetők épülnek világszerte. Ezek a fajok gyorsuló ütemben szorulnak ki eredeti élőhelyeikről az intenzív monokultúras mezőgazdasági termelés miatt. Ma már az egyik legsúlyosabb globális probléma a beporzók fajgazdagságának és egyedszámának csökkenése, ami komoly fenyegetést jelent az élelmiszertermelésre és az ökológiai egyensúlyra. A zöldtetők biztonságos menedéket nyújtanak, hozzájárulva a beporzás fenntartásához és az élelmiszerbiztonság megőrzéséhez.



17. kép Bejárás az Örs Vezér téri Ikea biodiverz zöldtetőjén – szemléletformálás és biofília.
Fotó: Ruzsa Rania

A zöldtetők nemcsak önálló élőhelyeket biztosítanak, hanem ökológiai folyosókat is létrehoznak a városi zöldfelületek között. Ezek a folyosók lehetővé teszik az állatok és növények számára, hogy szabadon mozogjanak és terjedjenek, így növelve a városi ökoszisztémák összekapcsoltságát és stabilitását. A zöldtetőkkel kiegészített ökológiai folyosók szerepe különösen fontos a városi környezetben, ahol a zöldfelületek széttagoaltsága gyakori probléma.

A biodiverz zöldtetők oktatási célokra is kiválóan alkalmasak, mivel lehetőséget biztosítanak a természet megfigyelésére és a környezeti nevelésre. A közösségi bevonás révén a zöldtetők növelik a biofiliát: az emberek természet iránti szeretetét, érdeklődését és tudatosságát, ami nélkülözhetetlen a civilizációnk túléléséhez.

1.2.5 Levegőminőség javítása

A zöldtetők jelentős szerepet játszanak a légszennyezés csökkentésében, különösen azokon a sűrűn beépített városi környezetekben, ahol a hagyományos zöld infrastruktúra hiányzik. A zöldtetők növényzete képes megkötni és lebontani a levegőben található különféle szennyező anyagokat, például a finom port és a nitrogén-oxidokat, a fotoszintézis során kibocsátott oxigén pedig hozzájárul a friss, tiszta levegő biztosításához.

A zöldtetők különösen hatékonyak a szálló finom por csökkentésében: a levelek felületén megtapadnak ezek az apró, mikroszkopikus méretű részecskék, és a növények anyagcseréje során lebomlanak. A finom por (PM2,5) egészségkárosító hatásai a 21. századi városokban rendkívül súlyosak és széleskörűek. A finom részecskék belélegzése mélyen a tüdőbe jutva asztmát, tüdőrákot, stroke-ot vagy szívrohamot is okozhat. A WHO szerint a PM2,5-nek való kitettség évente körülbelül 4,2 millió korai halálozáshoz vezet világszerte, ami a légszennyezés által okozott összes halálestet 62%-át teszi ki.

A zöldtetők és a városi zöld infrastruktúra növelésével tehát jelentősen csökkenhet a súlyos megbetegedések száma, mivel a tisztább levegő kevesebb irritáló anyagot tartalmaz. Ez különösen fontos a gyermekek, idősek és krónikus betegségekkel küzdők számára.



18. kép Poszméh a svédasztalon. Az Ikea Örs Vezért téri biodiverz zöldtetőjén márciustól októberig közel 200 lágyszárú biztosítja a táplálékot a pollinátoroknak.
Fotó: Dezsényi Péter

1.2.6 Egyéb előnyök

Szén-dioxid megkötés

A zöldtetők a zöld infrastruktúra valamennyi eleméhez hasonlóan jelentős szerepet játszanak a szén-dioxid megkötésében, ami hozzájárul a globális felmelegedés csökkentéséhez. A növényzet a fotoszintézis során szén-dioxidot vesz fel, és oxigént bocsát ki, ezzel tisztítva a levegőt és javítva az általános levegőminőséget. A zöldtetők különösen hatékonyak lehetnek azokon a városi területeken, ahol a szén-dioxid-koncentráció magasabb.

A beruházások CO₂ egyenlegét nemcsak közvetlenül javítják a növények fotoszintézisükkel: a zöldtetők hozzájárulnak az épületek energiatakarékosságához, csökkentik a fűtési és hűtési igényeket, ami közvetett módon is mérsékeli a szén-dioxid-kibocsátást.

Épületek élettartamának növelése

A zöldtetők segítenek meghosszabbítani az épületek élettartamát azáltal, hogy védelmet nyújtanak a tetőszerkezetek számára. A növényzet és az ültetőközeg rétegei minimálisra csökkentik a tetőt érő hőmérsékleti ingadozásokat, felfogják az UV-sugárzást és megakadályozzák a mechanikai sérüléseket. Ez csökkenti a tető karbantartási és javítási költségeit, és jelentősen, akár 20-40 évvel megnöveli a vízszigetelés élettartamát.



19. kép Zöldtetőre és zöldfalra néző hotelszoba Bécs belvárosában.
Fotó: Boutique Hotel Stadthalle

Esztétika

A zöldtetők esztétikai értéke jelentős, mivel zöldfelületekkel gazdagítják a városi környezetet, javítva a városképet, növelve a lakók életminőségét. A növényzet nyugalmat és természetes szépséget kölcsönöz a városi tájnak, ami hozzájárul a lakók mentális jólétéhez. Emellett a zöldtetők javítják az épületek piaci értékét, vonzóbbá téve azokat a vásárlók és bérlők számára.

Egészségügyi előnyök

Számtalan kutatás, megfigyelés és közegészségügyi adat bizonyítja, hogy a zöld infrastruktúra hozzájárulása a városlakók fizikai és mentális egészségéhez felbecsülhetetlen értékű. A zöldtetők maguk is sokféleképpen óvják a lakók egészségét. A növényzet javítja a levegő minőségét, csökkenti a szálló por koncentrációját és szűri a káros anyagokat. A zöld épületszerkezetek távol tartják a város zaját, hőszabályozó képességük mérsékeli a hőhullámok hatásait, ami különösen fontos az idősek és a krónikus betegségekkel küzdők számára. Nyugodt, természetközeli környezetet teremtenek, ami segít csökkenteni a stresszt és javítja az általános mentális egészséget.

Ingatlanérték növelése

A világ legnagyobb ingatlanfejlesztői minden olyan tényező hatását mérik, amely versenyelőnyt jelent a beruházások piacán. A vonatkozó adatsorok pedig azt mutatják, hogy a zöldtetők 10-15%-kal is növelhetik egy épület értékét elsősorban azért, hogy esztétikai és környezeti előnyeik vonzóbbá teszik ezeket az ingatlanokat a potenciális vásárlók és bérlők számára. Emellett a zöldtetők energiahatékonysági és karbantartási előnyei hosszútávon is pénzügyi megtakarításokat eredményeznek, ami még vonzóbbá teszi a várható megtérülést.

A zöldtetők a fenntarthatósági és környezettudatossági szempontok (LEED BREEAM) miatt is egyre értékesebbé teszik az épületeket a modern piacokon. A fenntarthatósági szempontok (ESG) a már meglévő épületek tulajdonosait és üzemeltetőit is arra ösztönzik, hogy több zöldtetőt építsenek, illetve a meglévők biodiverzitásának szintjét tovább emeljék. Az új európai uniós beruházási direktívák néhány éven belül kizárólag karbonsemleges épületek létesítését engedik majd, ami várhatóan a zöldtetők és zöldhomlokzatok piacának még gyorsabb növekedéséhez vezet.

Szabadidős és közösségi terek létrehozása

A zöldtetők olyan szabadidős, pihenésre, rekreációra és közösségi eseményekre is alkalmas közösségi terekké alakíthatók, ami növeli a szociális kohéziót és javítja a városi életminőséget. A zöldtetőkön kialakított kertek lehetőséget nyújtanak a kertészkedésre, friss zöldségek és más haszonnövények termesztésére, ami tovább erősíti a közösségi kapcsolatokat.



3. ábra Belvárosi társasház tetőkertjének látványrajza. Gyorsabban és magasabb áron kelnek el a zöldtetős lakások és ingatlanok.



20. kép Bicikliverseny a koppenhágai Copenhill hulladékfeldolgozó 90 méter magas tetőkertjén. Fotó: Ernhorn Hummerston

A manhattani High Line ma a világ egyik legtrendibb parkja, egy 2 mérföld hosszú tetőkert, amely nemcsak hihetetlenül izgalmas növényalkalmazásának és művészeti alkotásainak, de pezsgő közösségi életének is köszönheti elképesztő népszerűségét.

Zajcsökkentés

A zöldtetők hatékonyan csökkentik a városi zajszennyezést, ami nagymértékben hozzájárul a lakók komfortérzetének javításához. A növényzet és az ültetőközeg rétegei elnyelik és szigetelik a külső zajokat, így csökkentve a belső tér zajszintjét. Ez különösen fontos azokon a sűrűn beépített belvárosi területeken, ahol a közlekedés, kereskedelem és vendéglátás jelentős zajforrást jelentenek. A zajszűrés javítja az alvás minőségét és csökkenti a stresszt, ami hozzájárul a mentális és fizikai egészség megőrzéséhez.

2. Zöldtetők felépítése

A zöldtetők olyan *statikai-, hő- és páratechnikai szempontból méretezett, csapadékvíz szigeteléssel ellátott, növényzettel telepített tetőszerkezetek*, melyeken a teherhordó födém, a tetőszigetelés rétegei és a kertészeti felépítmény szerves egységet alkot.

Az első nagy fejezet a *kertészeti felépítmény* – azaz a teherhordó födémszerkezet és a tetőszigetelés feletti élő- és élettelen részek műszaki rétegrendjét mutatja be. A zöldtetők bár sokfélék és változatosak, a mechanikai védelem, a gyökérbehatalás elleni védelem, a víz- és vízpárakezelés műszaki elemei, valamint az adott típushoz és növényalkalmazáshoz tartozó ültetőközeg minden esetben megtalálhatók rajtuk.

Mielőtt azonban részletesen elkezdünk foglalkozni a kertészeti felépítménnyel, nézzük meg, hogy építés előtt milyen feltételeknek kell teljesülnie egy hosszútávon jól működő zöldtetőn.

2.1 Zöldtető építés szerkezeti előfeltételei

Nomen est omen: a zöldtető hibrid termék, az épületszerkezeti és kertépítészeti szakágak közös produktuma. Jól működő zöldtető létrehozásához az épületszerkezettani alapok ismerete legalább annyira szükséges, mint az ültetőközeggel és növényzettel kapcsolatos szaktudás.

A zöldtető, mint tető - különös tekintettel a vízelvezetésre, a csapadékvíz szigetelésre, a tető páratechnikai működésére, az épület és a tetőszigetelés védelmére, valamint a statikai terhelésre - mindig prioritást kell, hogy élvezzen. Ha ezek közül bármelyik sérül vagy működése tartósan hibás, annak javítása körülményes, és magas költségeket igénylő munkákkal jár.

Ebben a fejezetben a sikeres zöldtetőépítést megalapozó legfontosabb feltételeket vesszük számba *a huzamos emberi tartózkodásra alkalmas épületek* esetében:

- anyag-összeférhetőség
- statika, terhelhetőség
- szélszívás elleni védelem
- páratерhelés
- vízelvezetés és vízellátás
- tűzhatás elleni védelem
- leesés elleni védelem
- tetőszerkezet- illetve tetőszigetelési típusok

Anyag-összeférhetőség

A zöldtetők építésénél használt anyagoknak kölcsönösen összeférhetőnek kell lenniük egymással. Ahol ez nem áll fenn, ott tartósan működő elválasztó réteget kell alkalmazni; ez különösen a hő- és vízszigetelő anyagok érintkező felületein lehet indokolt.

Környezeti kompatibilitás: zöldtetőkön tilos olyan anyagot használni, amelyből környezetkárosító, vagy az épület működését veszélyeztető vegyületek oldódhatnak vagy párologhatnak ki. Különösen kerülendő mészkő- és dolomitszármazékok használata az ültetőközeg keverékekben, a burkolati alépítményekben, a szivárgóban, vagy a kertészeti felépítmény bármelyik rétegében. A kioldódó karbonát ugyanis lerakódik a vízbevezető nyíláson és a lefolyók falán, és akadályozhatja a víz szabad lefolyását a tetőről.

Növényi kompatibilitás: a kertészeti felépítményben alkalmazott anyagok nem bocsáthatnak ki növényekre káros fitotoxikus vegyületeket. Szükség esetén ellenőrizni kell az anyagok növénykompatibilitás szempontjából való alkalmasságát.



22. kép Így néz ki egy átlagos lefolyó zöldtetőn. A szűk keresztmetszetű cső felületén lerakódó mészkő akadályozhatja vagy elzárhatja a víz útját.
Fotó: Dezsényi Péter

21. kép Spontán megtelepedett természetes növényzet a háztetőkön Tenerifén
Fotó: Dezsényi Péter

Terhelésre vonatkozó előfeltételek

A teljes kertészeti felépítményt vízzel telített állapotban, valamennyi funkcionális rétegével együtt - beleértve a kifejlett növényzet felületi terhelését is - az állandó terhelés részeként kell figyelembe venni. A nagyobb méretű szoliter cserjék, fák és felépítményi elemek, például pergolák, vízmedencék és napvitorlák pont-terhelését külön kell meghatározni.

Statikai méretezéskor figyelembe kell venni a teljes szerkezeti rétegrend terhelését, és az egyes műszaki rétegek (például a hőszigetelés, csapadékvíz szigetelés, szivárgólemez) terhelhetőségét és összenyomódását is.

A különböző zöldtető típusok felülettömege rendkívül széles tartományban mozog. A vékony rétegrendű extenzív zöldtetők esetében általában 1,0 – 1,5 KN/m², azaz 100 – 150 kg/m² tömeggel kalkulálhatunk, míg intenzív zöldtetők esetében ez az érték jellemzően 5 KN/m², azaz 500 kg/m² vagy annál nagyobb.

A zöldtetők kertészeti felépítményének legnagyobb tömegét az ültetőközeg adja. A hazai kereskedelmi forgalomban kapható ültetőközegek vízzel telített állapotban jellemzően 1,3-1,7 tonnát nyomnak köbméterenként.

A földém korlátozott teherbírása esetén szükség lehet a létesítendő zöldtető rendszer kikönnyítésére. Erre többféle megoldás létezik, amelyekkel részletesen a *Különleges műszaki megoldások* című fejezetben foglalkozunk.



23. kép Extenzív zöldtetők egy német lakóépületen. Egy vékony rétegrendű extenzív zöldtető teljes kertészeti felépítménye vízzel telített állapotban 100-150 kg/m². Fotó: Mariana Serdynska



24. kép Biodiverz zöldtető növénytelepítés után. A széleken futó szivárgó kavicssáv a szélszívás ellen is véd.
Fotó: Dezsényi Péter

A szél emelő hatása elleni védelem

A szél örvényárama a tető egyes rétegeit megemelheti, illetve az ültetőközeg finomszemcse részeit elhordhatja. A növényzet, de különösen a fák lombkoronája a szél számára támadási felület, ami további terhelést jelent a tető rétegeire.

A tetőszigetelés egyes rétegeit a szél szívóhatása ellen már az építés közben le kell terhelni; ez ragasztással, tárcsás-dűbeles rögzítéssel, vagy a felépítményi rétegek tömegével való leterheléssel lehetséges. A felemelkedés megakadályozásához szükséges legkisebb leterhelést a zöldtető ültetőközegének már a telepítéskor, száraz állapotban is biztosítania kell, a növényzet átgökerezése nélkül. Mivel a szélszívás mértéke a tetők peremei mentén, de különösen a sarkokban nagyobb, az ide telepített kavics-sáv – a tűzterjedés megakadályozásán és a csapadék vízszigetelésre történő lejuttatásán túlmenően – e többlet igénybevétellel szembeni stabilitásnak is fontos eleme. A vékony rétegrendű extenzív zöldtetőkön ennek még nagyobb jelentősége van.

Páraterhelés

A zöldítendő épületszerkezeteket a tervezés során páratechnikai szempontból is méretezni kell. Ez egyaránt vonatkozik az újépítésű és a régi épületek tetőinek növényzettel való utólagos telepítésére is.

Valamennyi térelhatároló épületszerkezeten keresztül – az őszi és tavaszi, de különösen a téli időjárási körülmények esetén – számítani kell a páradiffúziós folyamatra. Ez a melegebb, magasabb páratartalmú tér irányából a hidegebb, alacsonyabb páratartalmú tér irányába történő páraáramlást jelenti; ennek mozgatója a nyomás- illetve hőmérséklet-különbség. Az akadály nélkül a szerkezeti rétegekbe jutó pára a hidegebb hőmérsékleti zónába jutva kicsapódik, és elszíneződést, penészedést, súlyosabb esetekben beázási jellegű tüneteket okoz.

Ennek megakadályozása érdekében – egyenes rétegrendű tetőkben – a földém és a hőszigetelés közé párazáró tulajdonságú lemezt, leginkább egy bitumenes vastaglemezt kell fektetni, ami megakadályozza a meleg-párás levegő bejutását. Mivel a korszerű csapadékvíz elleni szigetelések – az emberi bőrhöz hasonlóan – „lélegző” tulajdonságúak, az esetlegesen bejutó, csekély mennyiségű párat átengedik, amennyiben a fölöttük lévő felépítményi rétegek páratechnikai szempontból nyitottak, azaz átszellőzésre képesek.

A csapadékvíz-szigetelés feletti gyökérvédő- és mechanikai védőrétegek páradiffúziós ellenállásának kisebbnek kell lennie a csapadékvíz-szigetelés páradiffúziós ellenállásánál, vagy a csapadékvíz-szigetelés felett levegővel átjárható réteget kell alkalmazni. A tetőre épített szivárgó rétegek, illetve a megfelelő összetételű ültetőközeg e követelményt teljesíti. A légréteg a tető szélein a függőleges kavicssávon keresztül összeköttetésben kell legyen a külső levegővel.

Fordított rétegrendű tetőknél maga a vízszigetelés teljesíti a párazárás feladatát, de a felettes rétegek levegővel való átjárhatóságát ez esetben is biztosítani kell.

Általánosságban kerülni kell az olyan kivitelezési hibákat, amelyek az épület páradiffúziós működését akadályozhatják a kertészeti felépítményen keresztül. A pára útját elzárhatják például vízmegtartó műszaki geotextilek, a szivárgó réteg teljes vagy részleges hiánya, illetve az ültetőközeg túl magas agyag/vályog-tartalma (az úgynevezett leiszapolható részek magas részaránya).

Vízelvezetés

A jól működő zöldtető egyszerre képes késleltetni a csapadékvíz lefolyását, ezáltal megtartja annak jelentős részét a növényzet számára, ugyanakkor biztosítja a felesleg szabad elvezetését is.

A zöldtetők alatti csapadékvíz-szigetelésnek és a vízvezetési rendszer kialakításának a hatályos építési szabványoknak meg kell felelnie.

A méretezésnél a tetőhöz csatlakozó, magasabb homlokzati felületekről lecsorgó vízzel is számolni kell. A csapadékvíz felesleg akadálytalan elvezetését több síkon biztosítani kell. Az eső- és az öntözővíz felül az ültetőközeg felszínén, ez alatt a szivárgó rétegben, fordított rétegrendű tetőn pedig a hőszigetelés felületén, majd a csapadékvíz-szigetelésen folyik el.

Belső vízvezetésű, azaz attikafalakkal, vagy magasabb épületszárnyakkal körülvett tetőkön – a tető méretétől függetlenül - legalább két tetőösszefolyót, vagy egy tetőösszefolyót és egy biztonsági túlfolyót kell létesíteni.

A tetőösszefolyók a csapadékvíz-szigeteléshez minden esetben vízhatlanul csatlakoznak, felettük tisztító-ellenőrző akna beépítése szükséges, a zöldfelület, vagy a burkolat síkjához igazodva.



25. kép Tisztítóakna extenzív zöldtetőn kavicsszivárgóval körülvéve.
Fotó: Dezsényi Péter

A csapadékvíz-szigetelés teljes felületén legalább 2%-os pontra-lejtést kell kialakítani a tetőösszefolyó irányába. Kivételt képeznek ez alól az úgynevezett vízárasztásos zöldtetők, amelyről a „Speciális zöldtető típusok” című fejezetben esik szó részletesen.

Az egyes zöldtető típusok vízmegtartó képessége és jellemző vízfolyási tényezője:

Zöldtetők éves vízvisszatartása és átlagos lefolyási tényezője a kertészeti felépítmény szerkezeti vastagságának függvényében				1. táblázat Zöldtetők éves vízvisszatartása és átlagos lefolyási tényezője.
	Szerkezeti vtg. (cm)	Éves átlagos vízvisszatartás %-ban	Átlagos lefolyási tényező	
Extenzív zöldtető	8 - 10	50	0,50	
	10 - 15	55	0,45	
	15 -20	60	0,40	
Intenzív zöldtető	20 -50	70	0,30	
	> 50	≥ 90	≤ 0,10	

Vízellátás biztosítása

Zöldtetőkön a csapadékvíz képezi a növények vízellátásának alapját, azonban a hazai éghajlati viszonyok (a kevés, és egyenlőtlen eloszlású csapadék) miatt minden esetben helyszíni vízvételi lehetőséget kell biztosítani valamennyi zöldtető típushoz. Extenzív zöldtetőkön a kézi öntözéshez szükséges vízkiállítás elegendő, intenzív zöldtetőkön viszont szabályozottan működő automata öntözőrendszer kiépítése javasolt. Ennek részleteit a *Kivitelezés és fenntartás* című fejezetben tárgyaljuk.

Tűzhatás elleni védelem

A zöldtetőknek futótűzzel és sugárzó hővel szemben ellenállónak kell lenniük.

Intenzív zöldtetőkön ennek feltétele a rendszeres öntözés és karbantartás, a legfeljebb 20% szervesanyagtartalom, illetve a legalább 20 cm vastag ültetőközeg megléte. Extenzív zöldtetőkön legalább 3 cm vastag ültetőközeg és legfeljebb 20% szervesanyag tartalom a peremfeltétel ahhoz, hogy a teljes felület tűzvédelmi szempontból ellenállónak minősüljön.

A tűzszakasz határokra vonatkozó előírások szerint a zöldtetőt 80 cm magas attika falnak, vagy 50 cm széles kavicssávnak kell határolnia. Nagy kiterjedésű, 40 méternél hosszabb vagy szélesebb zöldtetőkön közttes tűzterjedés elleni sávokat kell kialakítani. Ilyen esetekben 30 cm magas elválasztó fal, vagy 1 méter széles kavicssáv, vagy járólap terítés kialakítása szükséges.

Leesés elleni védelem

A biztonság mindenek felett! Mivel a növényzettel telepített tetők a karbantartási igény miatt munkaterületnek minősülnek, a leesés elleni védelem megoldása az építés ideje alatt, és az üzemszerű használatra átadott zöldtetőn is jogszabályi előírás alapján kötelező. Ennek eszközeit már a tervezés során elő kell irányozni, a kivitelezésnél be kell építeni, és a használatbavételi eljáráshoz ezek alkalmazását bizonylatokkal igazolni kell. Kialakításukat a *Leesés elleni védelem eszközeinek tervezési és kivitelezési irányelvei (ÉMSZ, 2022)* részletesen szabályozza.

A balesetek megelőzése érdekében fontos a megfelelő hozzáférés biztosítása, vagyis a zöldtetőre vezető biztonságos útvonal kiépítése az építő és karbantartó személyek és eszközeik számára egyaránt.

A leesés elleni védelmi rendszer elemeit a használat intenzitása és a zöldtetőt látogatók célcsoportja határozza meg. Az extenzív zöldtetők általában a nem-járható tetők kategóriájába tartoznak, azokra csak ellenőrzési, karbantartási céllal lehet felmenni. Az intenzív zöldtetők a járható tetők kategóriájába tartoznak, állandó emberi tartózkodásra alkalmasak.



26. kép Zöldtetőn használatos kikötési pont. A műszaki geotextilre terített ültetőközeg biztosítja a megfelelő ellensúlyt.
Fotó: Csabina Péter

Az intenzív zöldtetőkön, illetve az extenzív zöldtetők járható részein állandó korlát vagy megfelelő magasságú attikafal építésére van szükség.

Az olyan nem járható extenzív zöldtetőt, amelyet kizárólag képzett karbantartó látogat legfeljebb évi két-három alkalommal, elegendő kikötési pontokkal ellátni.

A hazai kereskedelmi forgalomban számos olyan termék kapható, amelyek leterheléssel rögzülnek. E rendszerek nagy előnye, hogy nem kell a födémszerkezetbe kötni őket, telepítésük a csapadékvíz elleni szigetelés és a szivárgó rendszer felett történik, a kikötéshez szükséges ellensúlyt pedig az ültetőközeg, a kavicssterítés, vagy a burkolati réteg biztosítja.



27. kép Karbantartók munka közben.
Fotó: Hegymegi Artúr

Zöldítésre alkalmas tetőszerkezet- és tetőszigetelés típusok

A zöldtetők túlnyomó többsége lapos- vagy alacsony hajlásszögű tetőn létesül (5 fok, azaz 8,8%-os dőlésszög alatt), de megfelelő lecsúszás elleni segédszerkezetekkel közepes- vagy magas hajlásszögű tetőn is sikeresen kialakíthatók, amint azt a *Speciális műszaki megoldások* című fejezetben részletesen bemutatjuk.

Zsindelyen, cseréptetőn, fémtetőn, hullámlemezen, illetve más tetőfedő anyagokon zöldtető közvetlenül nem létesíthető. A meglévő tetők zöldtetővé alakításával a *Retrofit zöldtetők* című fejezet foglalkozik részletesen.

A legtöbb zöldtető olyan belső terek fölött létesül, melyek az épület „termikus burkolataként” hőszigetelés beépítését is szükségessé teszik. E tetők alapvetően „egyenes” és ún. „fordított” rétegrenddel is megvalósulhatnak. Előbbiekben a vízszigetelés a hőszigetelés fölé kerül, míg az utóbbiak esetén a nedvességre nem érzékeny, zárt cellás (XPS) hőszigetelés a vízszigetelés fölé kerül.



28. kép Izlandi kerti fészer. A zöldtetők túlnyomó többsége lapos- vagy alacsony hajlásszögű tetőn létesül.
Fotó: Dezsényi Péter

Hőszigetelt tetők egyenes rétegrenddel:

Egyenes rétegrendű tetőkön a hőszigetelés a csapadékvíz szigetelés alatt található. Ezt a típust játékosan a „víziló csupasz bőréhez” hasonlítjuk zöldtetős képzéseken.



29. kép Az egyenes rétegrendet a víziló szimbolizálja, amely kívül hordja „vízszigetelő” vastag bőrét.

Az egyenes rétegrend valamennyi zöldtető típus létesítésére alkalmas. Egy nagy hátránya van: közvetlenül a vízszigetelés felett kell dolgozni, így a zöldtetőépítési- és más szakági befejező munkák során nagyobb a vízszigetelés mechanikai sérülésének kockázata. Ezért a vízszigetelés és a vízszivárgó közé egyenes rétegrendű tetőszigetelésnél kötelező elemként meghatározott vastagságú és anyagszerkezetű termék, az úgynevezett mechanikai védőréteg kerül. *(Részletesen lásd: Mechanikai védőréteg című fejezet)*

Melegtetők fordított rétegrenddel:

A zöldtetők túlnyomó többsége fordított rétegű tetőszigetelés felett épül. Ebben az esetben a hőszigetelés a csapadékvíz szigetelés felett kerül elhelyezésre. Ezt képzéseken a „jegesmedve bundájával” illusztráljuk, amely a bőr feletti vastag bundával védekezik a hideg ellen.

Ennek a rétegrendnek nagy előnye, hogy a hőszigetelő lemezek kiváló mechanikai védelmet biztosítanak a csapadékvíz szigetelés feletti munkák során. Fordított rétegrend esetén csak nedves- és fagyálló, többnyire zárt cellás (XPS) anyagú hőszigetelő habok alkalmazhatók. A hőszigetelés és a szivárgó közé fordított rétegrendű tetőkön nem szükséges további mechanikai védőréteg, mindössze egy réteg műanyag fátyol, az úgynevezett elválasztó réteg kerül elhelyezésre.

Milyen szigetelési rétegrend legyen a zöldtető alatt?

Lehetőség szerint a fordított rétegrendet válasszuk! A modern lépésálló hőszigetelő táblák megfelelő védelmet nyújtanak a mechanikai sérülések ellen a zöldtető építése során.

Egyenes rétegrend felett csak kisebb területű extenzív zöldtetők létesítése ajánlott, például családi házak vagy kisebb társasházak zárófödémjén.

Minél nagyobb a zöldtető mérete, kiterjedése és rétegrendi vastagsága, annál nagyobb kockázati tényezőt jelent a vízszigetelés feletti munkavégzés. Minél nagyobb a beruházás mérete, annál gyakoribb az egyéb építőipari szakágak jelenléte a tetőn, és annál nehezebb a szigorú vízszigetelés-védelmi protokoll betartása és betartatása a zöldtető építő mellett dolgozó társvállalkozókkal.



30. kép A fordított rétegrend szimbóluma a jegesmedve: a vastag bunda hőszigetelő réteggént funkcionál a bőr felett.



31. kép A Varsói Egyetem könyvtárának (BUW) impozáns, kétszintes zöldtetője 2002-ben készült el. A több, mint egy hektáros tetőkert tematikus részekből áll és pompás kilátást nyújt a Visztulára, valamint Varsó modern városképére.
Fotó: Roksana Bashyrova

2.1 Zöldtetők műszaki rétegrendje

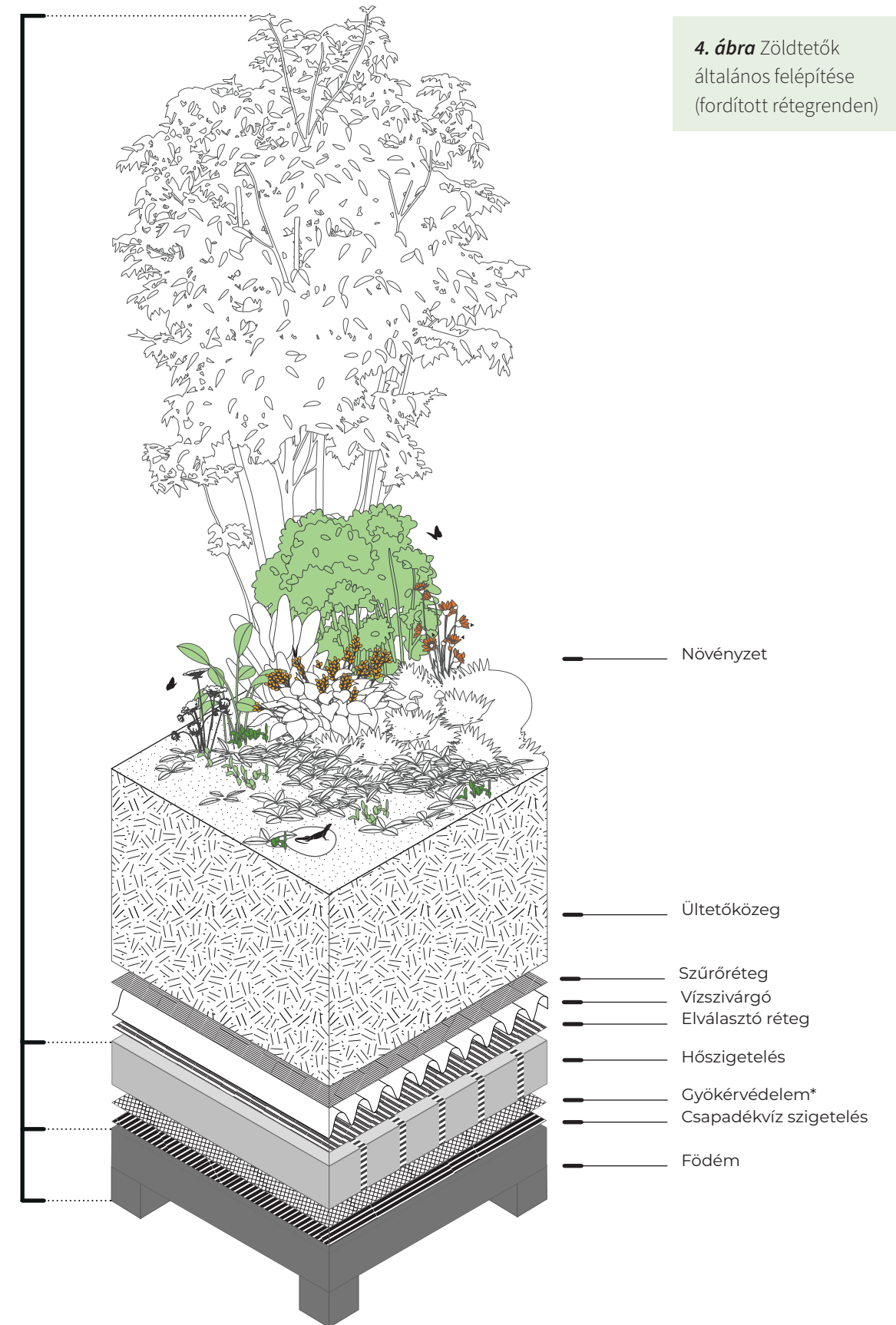
A következő oldalakon a tetőszigetelés feletti részek, összefoglaló nevén a kertészeti felépítmény műszaki elemeit mutatjuk be. A növényzettel részletesen a *Zöldtető típusok növényalkalmazással* című fejezetben foglalkozunk.

A zöldtetők rétegrendjének sematikus felépítését a **4. ábra** mutatja.

KERTÉPÍTÉSZETI
FELÉPÍTMÉNY

SZIGETELÉS

TEHERHORDÓ
SZERKEZET



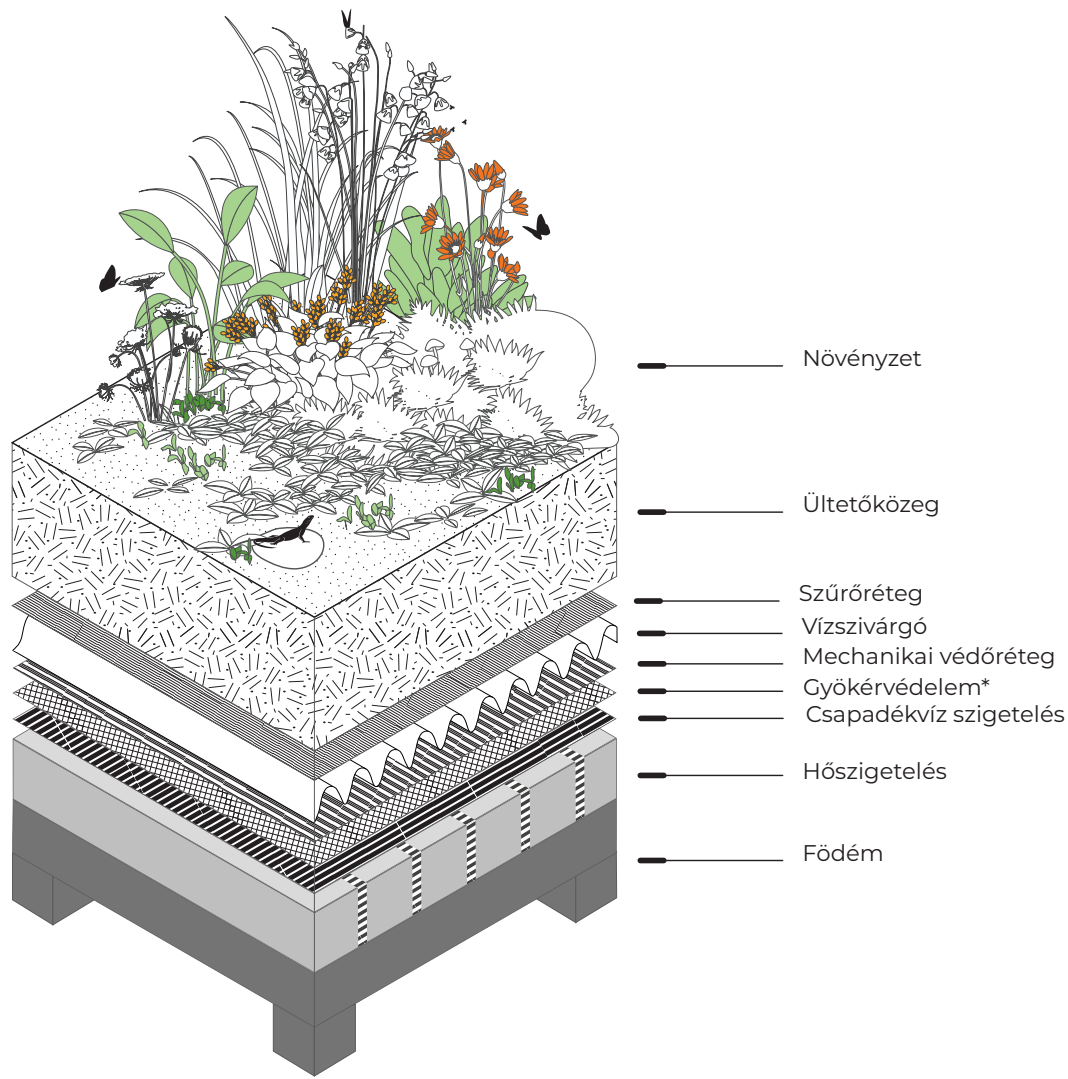
2.2.1 Gyökéráthatolás elleni védelem

A növények gyökérzete nemcsak mechanikai erővel, de gyökérsavakkal is rést nyithat a kritikusnak tekinthető vízszigetelő rétegekben, ami a tető használhatóságát jelentősen befolyásolja. Ezért kiemelt fontosságú a teljes gyökérzet fizikai és kémiai kontrollja. A kertészeti felépítmény egyéb részei – mint a szűrőréteg, a különböző vízszivárgó lemezek, vagy a mechanikai védőréteg – minden hiedelemmel ellentétben nem gyökérállóak, ezért a gyökérvédelem minden zöldtető önálló, legalsó védelmi vonala kell, hogy legyen.

A vízszigetelés és az épületszerkezeti részek gyökérbehatolás elleni védelme általában magában a vízszigetelő anyagban valósul meg: ma már szinte valamennyi újépítésű zöldtetőre „gyökérálló” minősítéssel ellátott vízszigetelő anyag kerül. Amennyiben valamilyen okból kifolyólag mégsem ez a helyzet – például meglévő, régebbi tető zöldítésénél – közvetlenül a vízszigetelés fölé egy külön gyökérálló lemezt vagy fóliát kell teríteni, extenzív tetőkön legalább 20 cm-es, míg intenzív tetőkön vízhatlanul hegesztett átlapolással.

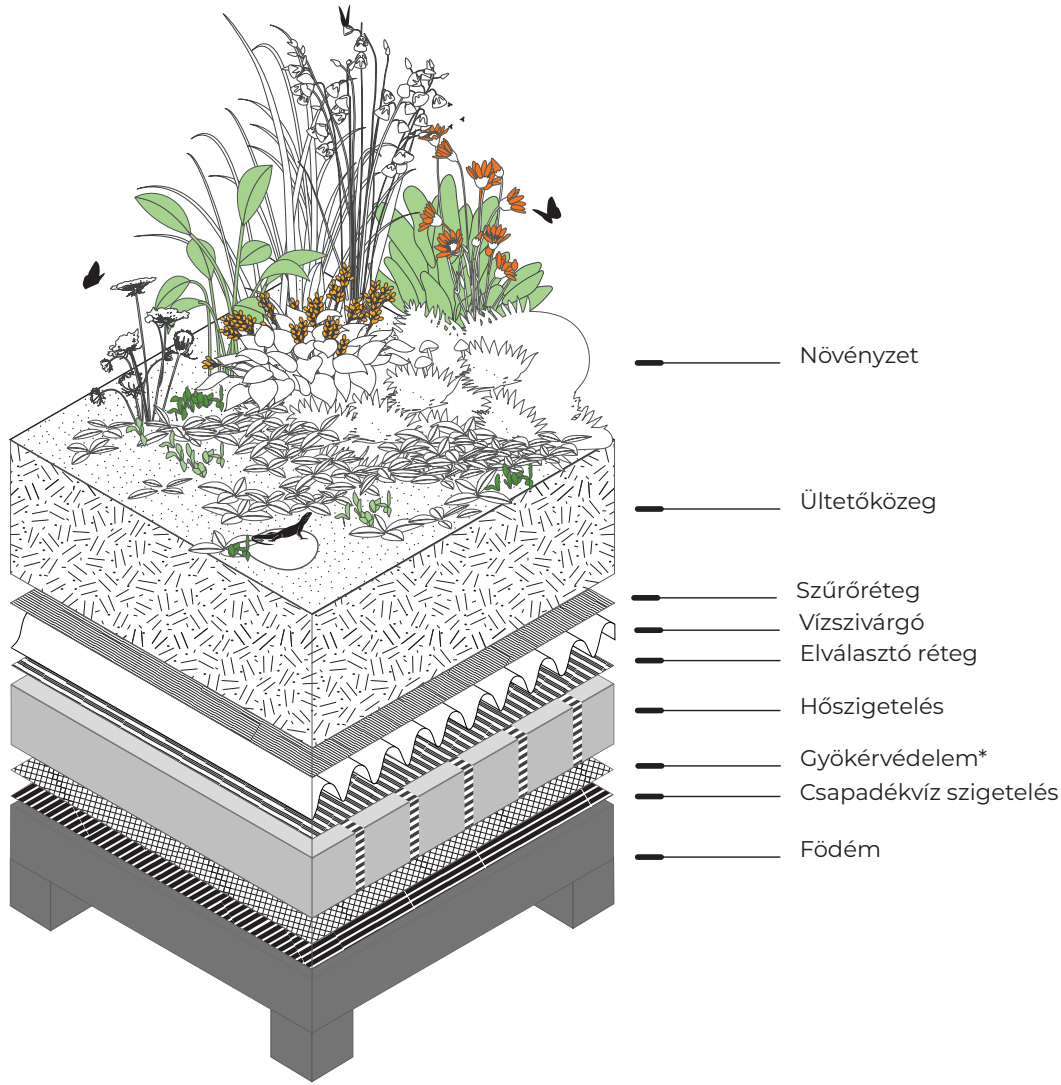
2.2.2 Mechanikai védőréteg

A mechanikai védelem feladata megvédeni a vízszigetelést és a teherhordó szerkezetet a sérüléseket okozó fizikai behatásoktól – a zöldtetőépítés ideje alatt és azután.



5. ábra Egyenes rétegrendű zöldtető felépítése

Egyenes rétegrendű tetőkön a vízszigetelés fölé közvetlenül egy legalább 500 g/m² vastag, külön erre a célra gyártott, nedvességtaszító, technikai műanyagfilcréteg kerüljön minimum 10 cm-es átlapolással. Kereskedelmi forgalomban különböző anyagokból változatos vastagságban gyártott mechanikai védőrétegek kaphatók. Fontos, hogy olyan terméket használjunk, amely víztaszító, nehogy az épület kipárolgását akadályozza. (5.ábra)



6. ábra Fordított rétegrendű zöldtető felépítése

Fordított rétegrendű tetőkön a vízszigetelés fölé kerülő nedvességnek ellenálló hőszigetelő táblák megfelelő mechanikai védelmet nyújtanak, ezért nincs szükség külön mechanikai védőréteg használatára. A hőszigetelés tetejére ilyenkor elválasztó réteg kerül. Egy 150 g/m² vastag, jó minőségű, nedvtaszító műanyag fátyol elegendő, hogy megakadályozza a vízszivárgó tálcák benyomódását a hőszigetelő lemezek síkjába. (6. ábra)

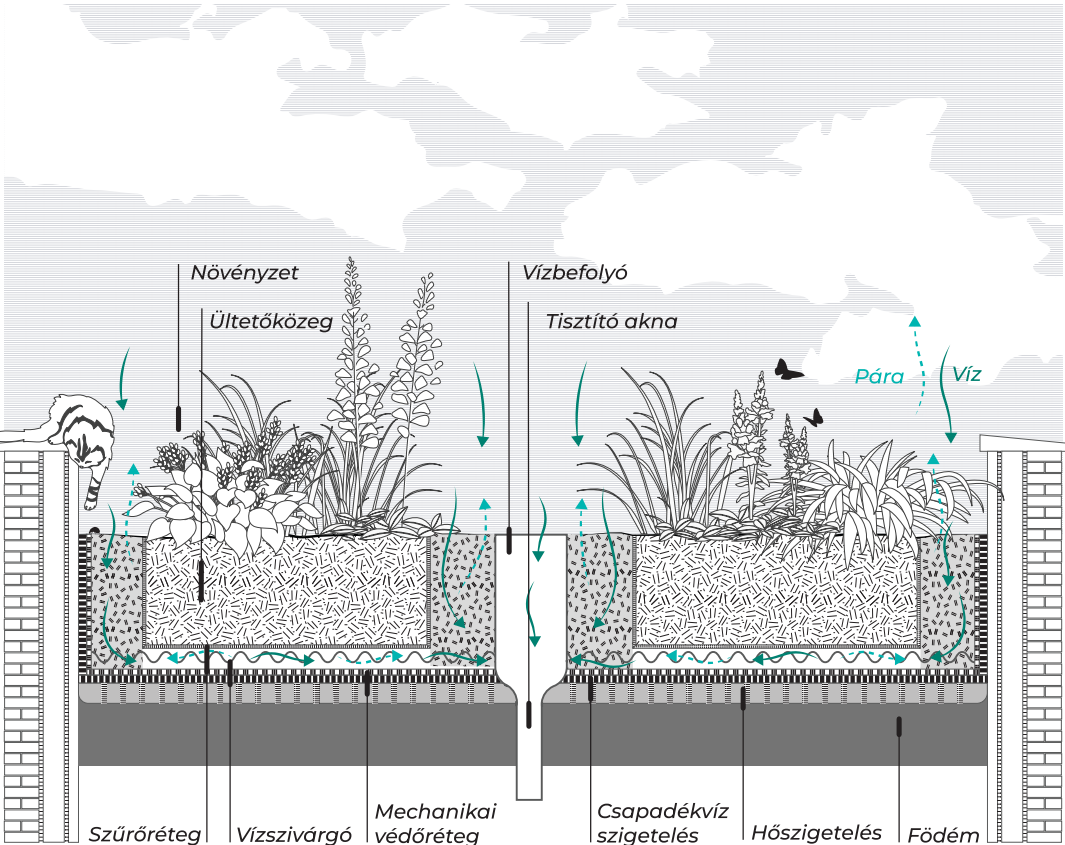
A mechanikai védőréteget (egyenes rétegrend) vagy az elválasztó réteget (fordított rétegrend) a széleken felhajtjuk és felvezetjük a teljes rétegrend mentén az attika vagy a homlokzat függőleges, vízszigetelt részeinek védelme érdekében.

2.2.3 A vízszivárgó rendszer

A zöldtetők kertészeti felépítményének egyik legfontosabb eleme a vízszivárgó rendszer, amelynek fő feladata a vízfelesleg elvezetése a zöldfelületekről és burkolatokról, valamint a felszín alatti rétegekből a vízvezető rendszerbe.

A zöldtetők csapadékvíz gazdálkodásában fontos szerepet játszik az ültetőközeg is, amely a jelentős vízmegtartó képessége mellett a vízfelesleg lassú, de akadálytalan átengedésére is képes kell legyen.

A teljes vízszivárgó rendszer vízszintes és függőleges részekből áll, amelyek összeköttetésben állnak egymással, mint azt a **7. ábra** mutatja.



7. ábra Zöldtetők vízszivárgó rendszerének sematikus ábrája

Vízszintes drénréteg

A vízszintes drénréteg a födém teljes síkjában, egyenes rétegrendnél a vízszigetelés és mechanikai védőréteg fölött, míg fordított rétegrend esetén a hőszigetelés és az elválasztó réteg felett található.

Elsődleges feladata az összegyűlt víz gyors és akadálytalan elvezetése a tetőösszefolyók felé. *Homogén*, azaz vastagsága és anyaga állandó a teljes felületen, nincsenek benne olyan illesztések vagy anyagváltások, amelyek víztorlaszt képezhetnek. Legalább ennyire fontos feladata az épületből kifelé tartó pára szabad áramlásának biztosítása. Végül, de nem utolsósorban a profilozott műanyag drénlemezek, vagy a megfelelő vastagságú, és kellően porózus ásványi zúzalék vízmegtartó funkcióval is rendelkezik.

A vízszintes drénréteg lehet ásványi anyag: osztályozott zúzottkő vagy kavics. A kétezres évek előtt a zöldtetők szivárgói ásványi termékekből készültek. Ma már elsősorban műanyag drénlemezeket alkalmazunk. A dombornyomott, perforált drénlemezek kialakításánál a gyártók folyamatos innovációja egyre jobb lefolyási és vízmegtartási értékeket produkál.

Fontos azonban megjegyezni, hogy a drénlemezek vízmegtartó képessége másodlagos jelentőségű a vízvezetéshez képest, az előbbi nem mehet az utóbbi rovására. Ráadásul a drénlemezek vízmegtartó képességének csak a vékony rétegű extenzív zöldtetőkön van gyakorlati jelentősége, ott is csak korlátozottan - hiszen a bennük tárolt víz a forró nyári időszakban hamar visszapárolog a gyökérzónába.

A műanyag drénlemezek legnagyobb előnye a *méretezhetőség és homogenitás*. Az ásványi anyagból épített szivárgó a kivitelezés pontatlansága és a frakció változó minősége miatt túlméretezést igényel, ezáltal nagyobb rétegrendi vastagságot és magasabb statikus terhet jelent. Drénlemezek alkalmazásával a tervezett lefolyási tényező megvalósítása egy-

szerűbb és biztonságosabb. Ráadásul a műanyag drénlemezek könnyűek, és megépítésük olcsóbb, mivel az ásványi drénréteg helyszínre szállítása és megépítése jelentős munkaerő költségtöbblettel jár.

A drénlemezek specifikációjában két fontos értéket ellenőrizzünk: a lefolyási tényezőt és a nyomószilárdságot. Csak a vékony rétegrendű extenzív zöldtetők perforált drénlemezeinél legyen a vízmegtartóképesség szempont.



Az ültetőközeg vastagsága határozza meg a beépítendő drénlemez méretét, amelyet a **2. táblázat** mutat be.

Zöldtető típusa	Ültetőközeg mélysége (cm)	Drénlemez vastagsága (mm)	2. táblázat Drénlemez javasolt mérete a rétegrend vastagságának függvényében
Extenzív	8 - 20	25	
Félintenzív	20 - 40	40	
Intenzív	40 - 60	40	
Intenzív	60+	60	

A drénlemezeket szorosan egymás mellé helyezve rakjuk le, átlapolásuk nem szükséges, amennyiben közvetlenül felettük szűrőfátyol is beépítésre kerül.

A vízszintes szivárgó, akár ásványi anyagból akár drénlemezekből épül, a födém széléig kifut, azaz a függőleges kavicsszivárgó alá is beépül. A vízszintes és függőleges szivárgó kapcsolódása és teljes átjárhatósága fontos alapelve a zöldtetőépítésnek.

Zöldtetőn, teraszon lévő burkolatok alatt minden esetben javasoljuk drénlemez alkalmazását akkor, ha azok zöldfelülethez kapcsolódnak. Ideális esetben az ilyen hibrid tetőkön a vízszigetelés feletti teljes vízszivárgó ugyanolyan méretű drénlemezrel van kialakítva az egységes rétegfelépítés elve miatt.

32. kép Mechanikai védőréteg, műanyag drénlemez és szűrőréteg kivitelezés közben egyenes rétegrendű zöldtetőn. A három műszaki réteget lerakás után rögtön le kell súlyozni. Fotó: Dezsényi Péter



33. kép Kétoldalán dombornyomott preforált drénlemez. Fotó: Csabina Péter

Függőleges szivárgó

Zöldtetőkön szintén kötelező elem a függőleges szivárgó, vagy *kavicsszivárgó* megépítése. A gyakorlatban legtöbbször osztályozott folyami kavicsból épülő függőleges drént *kulé* sávnak is hívja az építőipar szleng. Nem egy sávról van azonban szó, mivel a kavicsszivárgó a zöldtető rétegrendjének *teljes mélységében* meg kell, hogy épüljön – akkor is, ha a kertészeti felépítmény teljes rétegrendje több méter vastag.

Hol építsünk függőleges szivárgót? A széleken keretszerűen megépített függőleges szivárgó építése kötelező, akár attikához vagy más felmenő síkhoz kapcsolódik, akár nem. Ez a *laterális szivárgóréteg* a tető víz- és páramenedzsmentje mellett ugyanis fontos szerepet játszik a tűzvédelemben és a szélszívás elleni védelemben is.

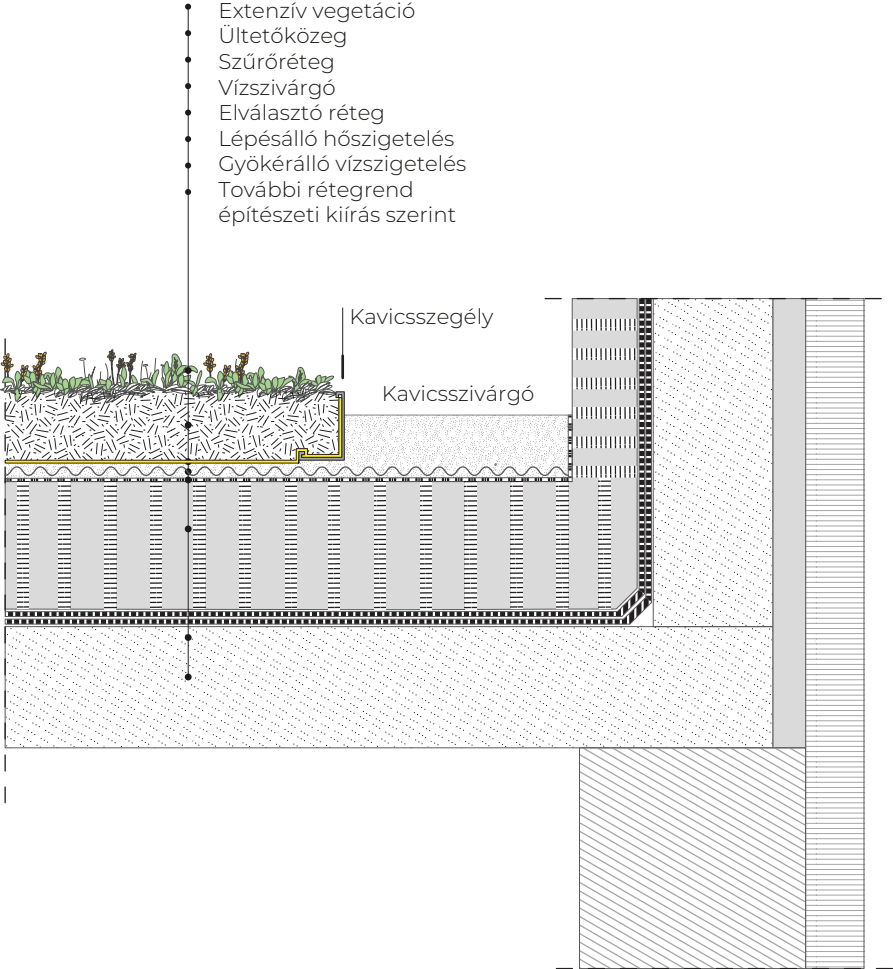
A másik hely a zöldtetőn, ahol mindig szükség van a kavicsszivárgóra, a zöldfelületi kontrollakna, amely később még részletesen bemutatásra kerül.



34. kép Pozsonyi zöldtető felülnézetből. Jól kivehető a függőleges kavicsszivárgó a zöldtetőn szélein és a tetőn található felépítmények és műszaki elemek körül. Fotó: Elisabeth Weiss-Tessbach

Milyen széles a függőleges szivárgó? A laterális (széleken futó) kavicsszivárgó legalább 50 cm széles kell legyen. Ettől csak akkor lehet eltérni, ha a szivárgónk az épület homlokzata vagy egy legalább 80 cm magas attikafal mellett fut - ilyen esetekben se legyen azonban keskenyebb, mint 30 cm.

Hogyan válasszuk el a kavicsszivárgót? A függőleges szivárgó és az ültetőközeg közé a felhajtott szűrőréteg, az attika vagy homlokzat felőli oldalon pedig a felhajtott mechanikai védőréteg (egyenes rétegrend) vagy elválasztóréteg (fordított rétegrend) kerül.



8. ábra Függőleges kavicsszivárgó metszetrajza

2.2.4 Szűrőréteg

A szűrőréteg feladata megakadályozni az ültetőközeg finom részecskéinek kimosódását a vízzivárgó és a vízelvezetés felé.

Anyaga víztaszító, nem szőtt műanyag fátyol, felülete sima, fitotoxikus anyagoktól mentes. A sűrűn szőtt szálak nyílásai a párárt és a vizet átengedik, a finom közegalkotó részecskéket viszont nem. Sima felülete miatt ez utóbbiak nem tudnak megtapadni sem a jó minőségű szűrőréteg felszínén – nem úgy, mint az olcsó, bolyhos felületű, hagyományos geotextíliákon. Ez a lerakódott iszapos-agyagos réteg súlyos esetben akár teljesen el is zárhatja a víz és a pára útját a szűrőrétegen át. A szűrőréteg jelentős terhelésnek van kitéve, ezért szakítószilárdsága jóval magasabb az egyszerű geotextileknél.

A szűrőréteg – minden esetleges gyártói híreszteléssel szemben – sohasem gyökérálló, ezért nem helyettesíti a szakszerű gyökérát-hatolás elleni védelmet a zöldtetőn!

A szűrőréteget a vízzivárgó fölé fektetjük: lerakásakor nagyvonalú, legalább 20 cm-es átlapolásokkal dolgozzunk, és ügyeljünk arra, hogy az ültetőközeget az illesztéseknél a felülfekvő réteg irányából terítsük a felületre.



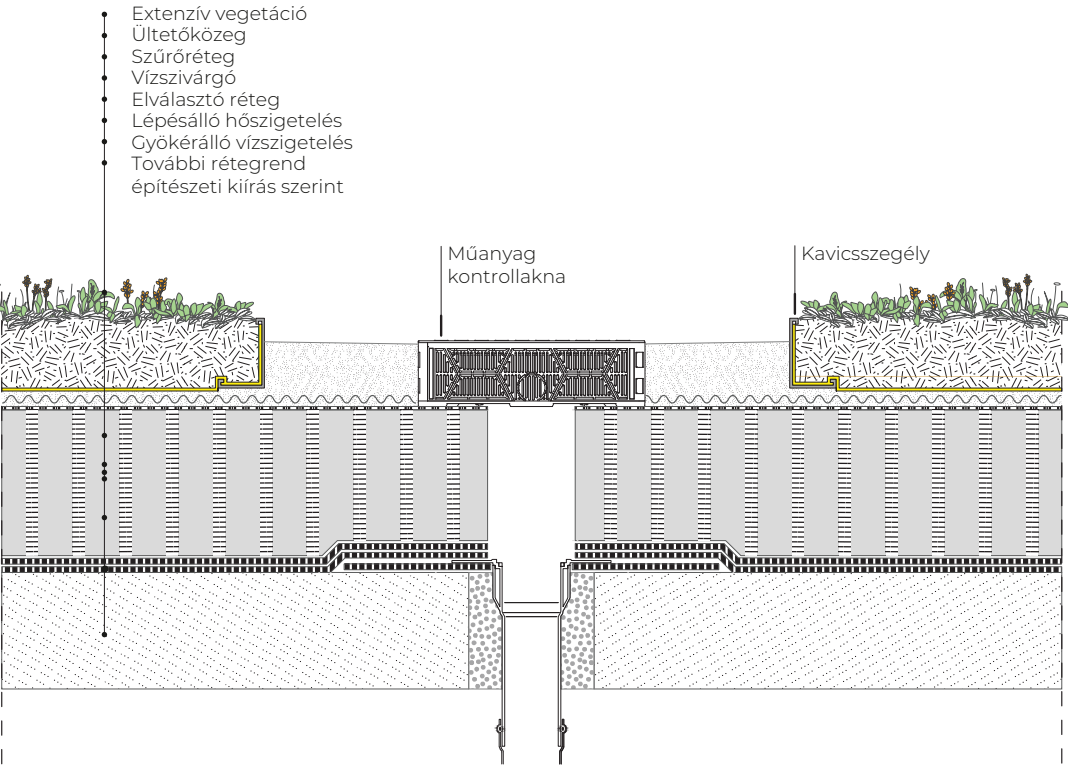
35. kép Ültetőközeg terítése szűrő geotextil felett fordított rétegrendű garázsfordőmen. Fotó: Dezsényi Péter

2.2.5 Kontrollakna

A kontrollakna vagy tisztítóakna lehetővé teszi a lefolyók rendszeres ellenőrzését és szükség szerinti tisztítását.

A zöldfelületekbe vagy burkolatokba épített kontrollaknák általában 40 cm átmérőjűek és változatos beépítési magasságban kaphatók. A perforált kontrollakna ház anyaga fém vagy műanyag, a fedlap lépésálló. A zöldfelületi kontrollaknák zárt, műanyag fedlappal, a burkolatokban lévők általában fémrácsos fedlappal készülnek.

A zöldtetős kontrollaknák elméleti magassága az adott gyártótól és terméktől függően akár a 100 cm-t is meghaladhatja. 80-100 cm felett azonban egyre nehezebb a használatuk, mivel kézzel ilyen távolságból már nem lehet lenyúlni a lefolyóig. 100 cm magasság felett ezért olyan átmérőjű beton- vagy műanyag aknát telepítsünk, amibe a karbantartó szükség esetén le tud mászni a lefolyóhoz.



9. ábra Zöldfelületi kontrollakna metszetrajza

2.2.6 Burkolatok zöldtetőkön

Épületek tartószerkezetein szinte bármilyen járóburkolat, vagy egyéb célból épített burkolt felület létesíthető. Ezek típusát a design mellett elsősorban a rendelkezésre álló rétegvastagság, a földem teherbírása és a használat intenzitása határozza meg.

Két fontos alapelv zöldtetők és teraszok burkolt felületeire:

- 1. Mindig törekedjünk vízáteresztő burkolat építésére.
- 2. A burkolat alépítménye minden esetben az alsó vízszivárgó réteg fölé épüljön.



36. kép Vízáteresztő teraszburkolat zöldtetőn. Fotó: Dezsényi Péter

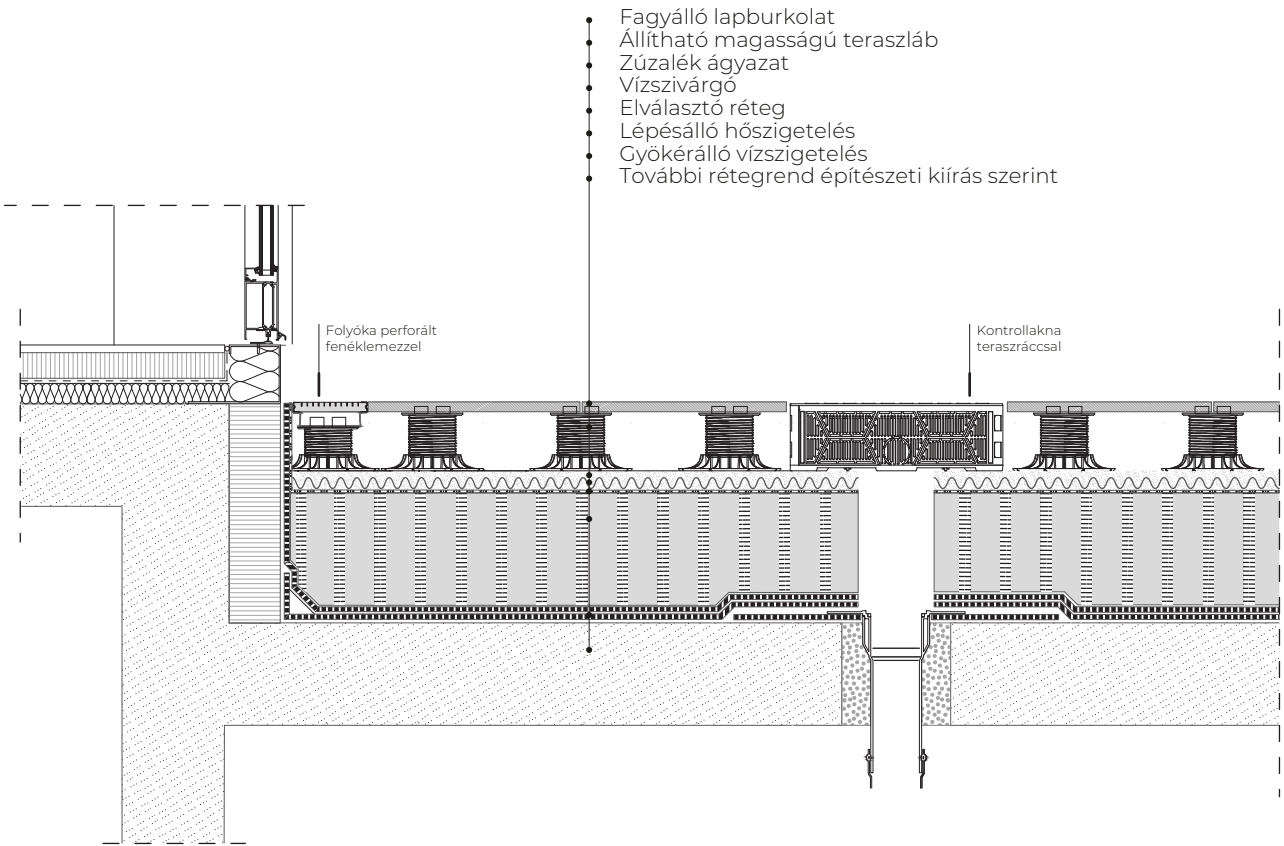


37. kép Zártfűgás, hagyományos térkő burkolat intenzív zöldtetőn. Fotó: Glázer Attila

Egyre népszerűbbek zöldtetőkön a nyílthézagú teraszburkolatok. Ezek jellemzően vékony keresztmetszetű, 2-3 cm vastag beton vagy kerámia burkolólapokból épülnek, zúzottköves alépítményre vagy teraszlábakra. A járófelület lejtés nélküli vízszintes sík, a lapok közti távtartó fugakereszteknek köszönhetően a víz az egész felületen szabadon lefolyik az alsó vízszivárgó réteg irányába. Ahhoz, hogy a fugákat a bemosódó por és szennyeződés ne zárja el, pontosan 5 mm-es távtartókat használjunk. Az ennél szélesebb fugák már botlásveszélyesek lehetnek, az ennél keskenyebbek pedig eltömődhetnek.

Zöldtetőkön, ha csak tehetjük, minden esetben nyílthézagú burkolatokat alkalmazzunk a hagyományos zártfűgás burkolatok helyett. Kisebb terhelés, kevesebb beépített anyag és jobb vízvezetés jellemzi őket.

A csatlakozó homlokzatok, attikafalak és egyéb függőleges felületeken lecsorgó víz alá perforált testű folyókákat telepítsünk.



10. ábra Vízáteresztő teraszburkolat rétegrendi felépítése

Nagy személyi forgalmú vagy magasabb terhelési osztályú helyeken viszont hagyományos, homokkal hézagolt, zártfűgás térkő burkolatokat építsünk - például közintézmények vagy nagy forgalmú épületek mélygarázsai felett. Ezeken a vízvezetést hagyományos módon, lejtésképzéssel, folyókákkal és felszíni összefolyókkal kell megvalósítani.

Extenzív zöldtetőkön kő vagy beton járólapokból alakítsunk szervízutakat, mivel az itt található lágyszárú növényzet rosszul tűri a taposást.



38. kép Futópálya a budapesti H2O irodaház félintenzív zöldtetőjén. Fotó: Glázer Attila

39. kép Copenhill: A Copenhill 85 méter magas hulladékfeldolgozójának zöld lankái Kopenhágában. Egy hektáros tetőkertjén télen-nyáron üzemelő sípálya, túraútvonalak és egyéb szabadidős létesítmények vannak. Itt található a világ egyik legmagasabb mesterséges mászófala is. Fotó: Ehrhorn Hummerston



2.2.7 Egyedi felépítmények létesítése zöldtetőkön

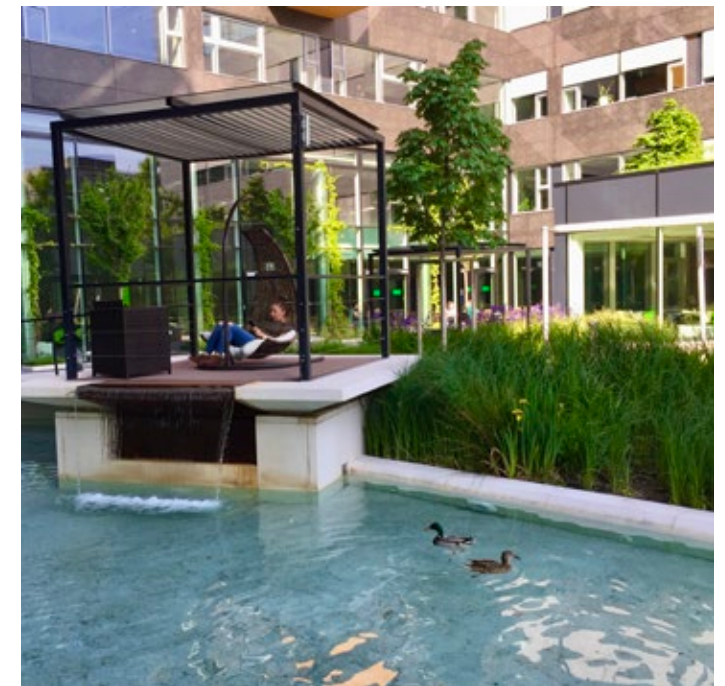
A zöldtetők világában csak a pénztárca és a földem terhelhetősége szab határt a megrendelői igényeknek. A növényzet mellett megfelelő körültekintéssel bármilyen megálmodott tájépítészeti funkció, és az ahhoz tartozó műtárgy megvalósítható. A különböző vízarchitektúráktól a sport és rekreáció szabadtéri létesítményein át a pergolák, napvitorlák és árnyékolók sokaságáig mindenre van előkép és precedens – itthon és külföldön egyaránt.

Az egyedi felépítmények létesítésével kapcsolatban néhány dolgot érdemes kiemelni:

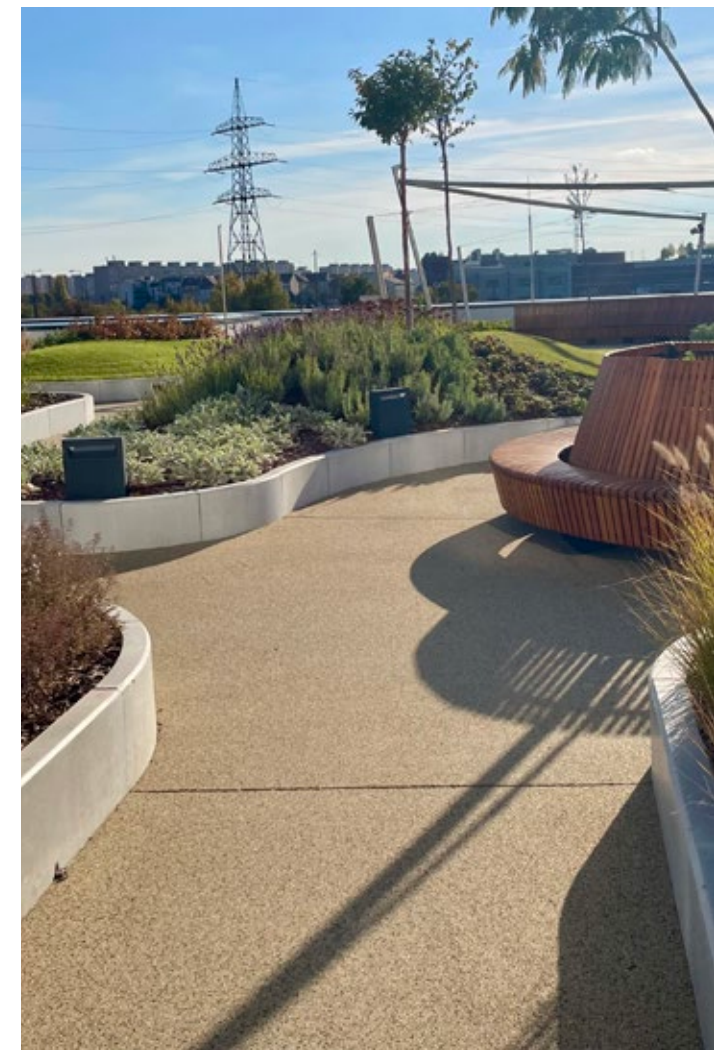
- A tervezéskor statikus szakember bevonására van szükség a teher és a szélszívás figyelembevételé miatt.
- A legtöbb zöldtetőre telepített berendezési tárgy és egyszerű felépítmény rögzítése, alapozása a vízszivárgó réteg felett történik. Ügyeljünk rá, hogy az alépítmény ne okozzon víztorlaszt az alsó vízszintes drénrétegben.
- Amennyiben mégis szükséges a földmszerkezetben rögzíteni az eszközünket – mint például napvitorlák esetében a jelentős szélterhelés miatt – akkor a vízszigetelés ellenőrzése, vagyis az *árasztásos vízpróba* csak azután történjen meg, miután ezeknek a csomópontoknak a szigetelése is megtörtént.

A zöldtetőkön burkolatok és zöldfelületek határolására és megtámasztására használt különböző szegélyek és támfalak vonatkozásában szintén vezérelv a szivárgó feletti létesítés. Ennek megfelelően a gyakorlatban legtöbbször egyedi- vagy előre gyártott szögtámfalakat és L profilú szegélyelemeket alkalmazunk.

Vízarchitektúrák, dísztavak, medencék, szökőkutak építése esetén fontos alapelv, hogy a teljes szerkezet alépítménnyel együtt a tetőszigetelés és a vízszivárgó felett épüljön. A megépítendő vízlemnek megfelelően tervezett és méretezett vízforgató rendszerre és önálló vízszigetelése (vagy tófóliája) kell, hogy legyen, amely a földem vízelvezető rendszerétől és vízszigetelésétől függetlenül működik.



40. kép Díszmedence mélygarázson létesített tetőkertben. Fotó: Dezsényi Péter



41. kép Szögtámfalak, ülőfelületek és napvitorla félintenzív zöldtetőn. Fotó: Dezsényi Péter



42. kép A High Line az egyik leglátogatottabb közösségi tér New Yorkban.
Fotó: Timothy Schenk

2.2.8 Ültetőközeg

Az ültetőközeg a zöldtetők lelke, a jól működő rendszer legfontosabb alkotóeleme. Az ültetőközeg - másnéven termőközeg vagy szubsztrát - multifunkciós építési termék, amelynek előírt műszaki teljesítmény-jellemzői vannak, összetétele és minősége a gyártó által tanúsított kell, hogy legyen.

Általában a legdrágább része a zöldtetőnek – talán ezért sem véletlen, hogy a legtöbb hiba nem megfelelő ültetőközeg alkalmazása miatt fordul elő a hazai zöldtetőépítési gyakorlatban.

A zöldtetők ültetőközegei általában több komponensből összeállított keverékek, mivel önmagában egyik komponens sem tudja optimálisan biztosítani azokat az épületfizikai és növényélettani feltételeket, amelyek a hosszútávú működéshez szükségesek.

Funkciói és legfontosabb tulajdonságai

Az ültetőközeg a növényzet gyökérzónája, ezért rétegvastagsága, fizikai szerkezete, kémiai tulajdonságai, pH-ja, víz- és tápanyag-megtartó képessége meg kell, hogy feleljen a telepítendő növények igényeinek.

Az ültetőközeg ugyanakkor az épület csapadékvíz menedzmentjének is fontos szereplője: a jó vízmegtartó képességgel párhuzamosan biztosítania kell a csapadékvíz-többlet áteresztését lefelé, a vízszivárgó réteg irányába.



44. kép Varjúhájak salakos extenzív ültetőközegben.
Magyarországon a zöldtető szubsztrátok jelentős része a nőgrádi meddők vörös salakjából készül.
Fotó: Dezsényi Péter



43. kép Pozsgás varjúhájak vulkanikus őrlemény alapú extenzív ültetőközegben.
Fotó: Dezsényi Péter

A zöldtetők ültetőközegei általában porózus, levegős, ásványi alapú keverékek, amelyekben alacsony a legkisebb mérettartományba eső agyagos és vályogos frakció, az úgynevezett *leiszapolható részek* ($d < 0,063\text{mm}$) aránya. A túl magas agyag- és vályogtartalmú termőközeg egyszerre akadályozhatja a víz útját lefelé és az épület páradiffúzióját felfelé. A rossz vízáteresztő képesség miatt kialakuló pangó víz komoly problémákat okozhat a növényzetnek, de az igazán kellemetlen tünetek az épületen belül jelentkező páralecsapódások, súlyos esetben akár beázások lehetnek. A jelentős mennyiségben felhalmozódó pangó víz a födém tartós többletterhelését is okozhatja, ezért akár az ültetőközeg teljes cseréje is elkerülhetetlenné válhat.

A jó ültetőközeg a zöldtető teljes életciklusán keresztül megtartja szerkezeti stabilitását. Ennek titka a közeget alkotó vázelemek geometriájában rejlik: a tört szemcsék képesek kiékelődni és így hosszútávon biztosítani a közeg hézagterefogatát.

Az *ültetőközeg színe* kritikus tulajdonság olyan zöldtetőkön, ahol a magról, sarjról vagy palántáról telepített fiatal növényzet *megtelepedését és záródását* rendszeres öntözéssel nem tudjuk támogatni. A sötét színű szubsztrát annyira átforrósodhat a nyári melegben, hogy a frissen telepített lágyszárú növények gyökere kiég. A világosabb árnyalatú szubsztrátok ezzel szemben visszaverik a napfény jelentős részét és nem tudnak úgy átforrósodni, hogy a növények gyökerei elpusztuljanak, így az állomány záródásának esélyei sokkal jobbak lesznek.

A hazai ültetőközegek térfogatsúlya vagy térfogatsűrűsége vízzel telített állapotban jellemzően 1,3 -1,7 t/m³ között található. Amennyiben a földém maximális terhelhetősége szükségessé teszi, ennél könnyebb, akár 1 t/m³ térfogatsúly alatti keverék is előállítható (részletesen lásd: Különleges műszaki megoldások című fejezet).

A különböző ültetőközeg típusok legfontosabb fizikai és kémiai jellemzőit a **3. táblázat** tartalmazza.

Meghatározások	Mérték-egység	Intenzív zöldtető	Extenzív zöldtető
Szemcseeloszlás			
leiszapolható frakció (d<0,063 mm)	tömeg %	≤ 20	≤ 15
finom szemcsék aránya (d < 4 mm)	tömeg %	≤ 40	≤ 50
Térfogatsűrűség			
Száraz állapotban			
feltalaj alapú keverék	t/m³	1,0-1,6	–
ömlesztett szemcsés anyagok keveréke	t/m³	0,6-1,3	0,6-1,3
Vízzel telített állapotban			
feltalaj alapú keverék	t/m³	1,4-2,2	–
ömlesztett szemcsés anyagok keveréke	t/m³	1,0-1,8	0,8-1,4
Víz- és levegőgazdálkodás			
maximális vízkapacitás	térfogat %	45 - 65	35 - 65
levegőtartalom maximális vízkapacitásnál	térfogat %	≥ 10	≥ 10
vízáteresztő képesség kF	l/m²/óra	≥ 18	≥ 36
	mm/perc	≥ 0,3	≥ 0,6
pH-érték, mész- és sótartalom			
pH-érték		6,0-8,5	6,0-8,5
karbonáttartalom	tömeg%	≤ 5	≤ 3
vízben oldható sótartalom	g/l	≤ 2,5	≤ 3,5
Szervesanyag-tartalom			
feltalaj alapú keverék	tömeg %	≥ 5	–
ömlesztett szemcsés anyagok keveréke	tömeg %	≥ 8	≤ 6,5
többrétegű intenzív zöldtető altalaj szubsztrátja	tömeg %	≤ 8	–

3. táblázat
Ültetőközegek legfontosabb fizikai és kémiai jellemzői
Az extenzív ültetőközeg és az intenzív ültetőközeg számos fontos tulajdonságban különbözik egymástól.

Extenzív ültetőközegek

A klasszikus *extenzív ültetőközeg* a világ leggyakoribb zöldtetőtípusára, a sedumos (varjúhájás) zöldtetőre optimalizált termék. A varjúhájfélék számára a szubsztrát alacsony szervesanyag tartalma és relatíve gyors vízelvezetése biztosítja a hosszútávú versenyelőnyt a spontán betelepülő növényekkel szemben.

Minél magasabb a szervesanyag tartalom ugyanis, annál nagyobb eséllyel jelennek meg később kétszikű gyomok és fűfélék a zöldtetőn. Ezek véglegesen felboríthatják az ökológiai egyensúlyt, és szélsőséges esetben néhány év alatt teljesen elnyomhatják az eredeti növénytakarót. Ezért *az extenzív zöldtető ültetőközegek szervesanyagtartalma zéró, vagy rendkívül alacsony.*



45. kép Ebben a rossz minőségű ültetőközegben a gyomok már néhány héttel a növénytelepítés után elnyomják a varjúhájakat. Fotó: Dezsényi Péter

Az extenzív zöldtető ültetőközegek fizikai szerkezete ezenkívül nagy pórustérfogatot és jó vízáteresztőképességet biztosít. Ez a varjúhájfélék hosszútávú versenyelőnyének második lába, hiszen ők a szárazságtűrés koronázatlan királyai.

Az extenzív zöldtetők legújabb irányzata, a biodiverz zöldtetők ültetőközeg igénye ettől kisebb-nagyobb mértékben eltérhet, a megálmodott céltársulás jellegétől és az adott hely környezeti feltételeitől függően. Erről részletesebben a *Biodiverz zöldtetők* című fejezetben lesz szó.



46. kép Frissen telepített biodiverz zöldtető egyedileg tervezett és helyszínen kevert extenzív ültetőközzel. Fotó: Dezsényi Péter

Intenzív ültetőközegek

Az intenzív zöldtetők közegei tápanyagokban és szervesanyagban gazdagok, vízmegtartó képességük kiváló, szerkezetük finomabb, a szemcseeloszlásuk közelebb áll a hagyományos, jó minőségű, nem kötött talajokéhoz. A vízgazdálkodásra vonatkozó alapelvek azonban itt is ugyanazok.

Ültetőközegek legfontosabb alkotóelemei

A nemzetközi gyakorlatban rendkívül változatosak az ültetőközegekben használt elsődleges, szerkezetalkotó anyagok.

Legkiválóbbak a vulkanikus eredetű ásványi őrlemények, amelyek optimális fizikai és kémiai tulajdonságokkal bírnak ahhoz, hogy akár extenzív, akár intenzív ültetőközegek fő vázalkotói legyenek.

Jelentős a a gyári tégl- és cseréptörmelék alapú ültetőközeg gyártás Európa egyes országában. Ezeknek az anyagoknak kiemelkedő a víz- és tápanyagmegtartó képessége.



47. kép Remekül érzi magát a kötőrő szegfű (Petrorhagia saxifraga) ebben a riloittufa alapú keverékben. Fotó: Dezsényi Péter

A magyar piacon az elmúlt 20-25 évben a vörös salak alapú ültetőközegek adták a kínálat legjavát.

A vörös salak jó vízmegtartó, tápanyag megkötő képessége megfelelő, fizikai szerkezete kiváló. Legnagyobb előnye, hogy olcsó – bár az utóbbi években a növekvő kereslet következtében folyamatosan emelkedik az ára.

Legnagyobb hátránya, hogy nem homogén anyag. Néhai iparterületek, szénbányák és erőművek melletti erdőkkel benőtt meddőkből termelik, ezért származási helytől függően eltérőek lehetnek a kémiai tulajdonságai.

Intenzív ültetőközeg alapanyagnak kiváló, extenzív és biodiverz zöldtetőkhöz is megfelelő.

A hazai kereslet többségét még ki tudják szolgálni az észak-magyarországi forgalmazók, de a következő évtizedben szükség lesz az ültetőközeg piac diverzifikációjára ahhoz, hogy a minőség és a kereskedelmi árak megfelelően alakuljanak.

Az intenzív zöldtetők keverékei általában jelentős mennyiségben tartalmaznak nem kötött, azaz *homokos feltalajokat*. Ideális esetben a gyártók ezek arányát úgy határozzák meg a vázelemekhez képest, hogy a keverék hosszútávon meg tudja őrizni stabil szerkezetét és vízáteresztő képességét.

A megfelelő szervesanyagtartalom kialakításához intenzív ültetőközegekben a jó minőségű növényi eredetű komposzt alkalmazása a kulcs. Extenzív ültetőközegekhez viszont egyáltalán ne, vagy csak nagyon kis mennyiségben adjunk szervesanyagot. A megfelelő arány kialakításához a **3. táblázat** ad útmutatást.

A fentiekén kívül, a teljesség igénye nélkül az alábbi vázelemek és adalékok használatosak még ültetőközegek gyártásánál: homok, agyag granulátum, perlit, zeolit, riolit, habkő granulátum, érett szervestrágya, különböző tápanyag-granulátumok és talajéletet segítő készítmények.

Kőzetgyapot alapú rendszerek

A kőzetgyapot-alapú zöldtetők extrém könnyűek és gyorsan telepíthetőek. Magas bekerülési költségük mellett nagy hátrányuk a tartósság- és fenntarthatóság hiánya. Az európai tapasztalatok hosszútávú működésükkel kapcsolatban eddig meglehetősen kedvezőtlenek:

- *Vízmegtartás problémák.* A kőzetgyapot induló műszaki adatai kiválóak, a gyakorlatban azonban gyors amortizációval, csökkenő vízmegtartással kell számolnunk.
- *Tömörödés.* A rendszer idő előtt tömörödik, ami rontja a gyökerek számára felvehető oxigént és a vízelvezetést.
- *Mechanikai sérülések.* A kőzetgyapotból gyomokat és magoncokat eltávolítani nem lehetséges. Ráadásul nem lépésálló, mint ahogy más, könnyű mechanikai sérülések is (pl. madarak kártétele) irreverzibilis károkat okoznak az anyagszerkezetben.
- *Talajélet hiánya.* A kőzetgyapot alapú rendszerekben nem tud kialakulni az ásványi keverékekre jellemző talajélet, ami a növényzet hosszútávú önálló működése szempontjából nélkülözhetetlen.
- *Fenntartás igényesek.* A kőzetgyapot alapú extenzív zöldtetők a fenti okok következtében rendszeres vízutánpótlást igényelnek, amely növeli az üzemeltetési költségeket, valamint rontja az ökológiai rendszer stabilitását (lásd még: Extenzív zöldtetők c. fejezet).

Szerencsére van jól működő alternatívája a kőzetgyapotos, alacsony tömegű rendszereknek: az extrém könnyű ültetőközegek és kikönynyített zöldtetők létesítésével részletesen a *Speciális műszaki megoldások* című fejezetben foglalkozunk.



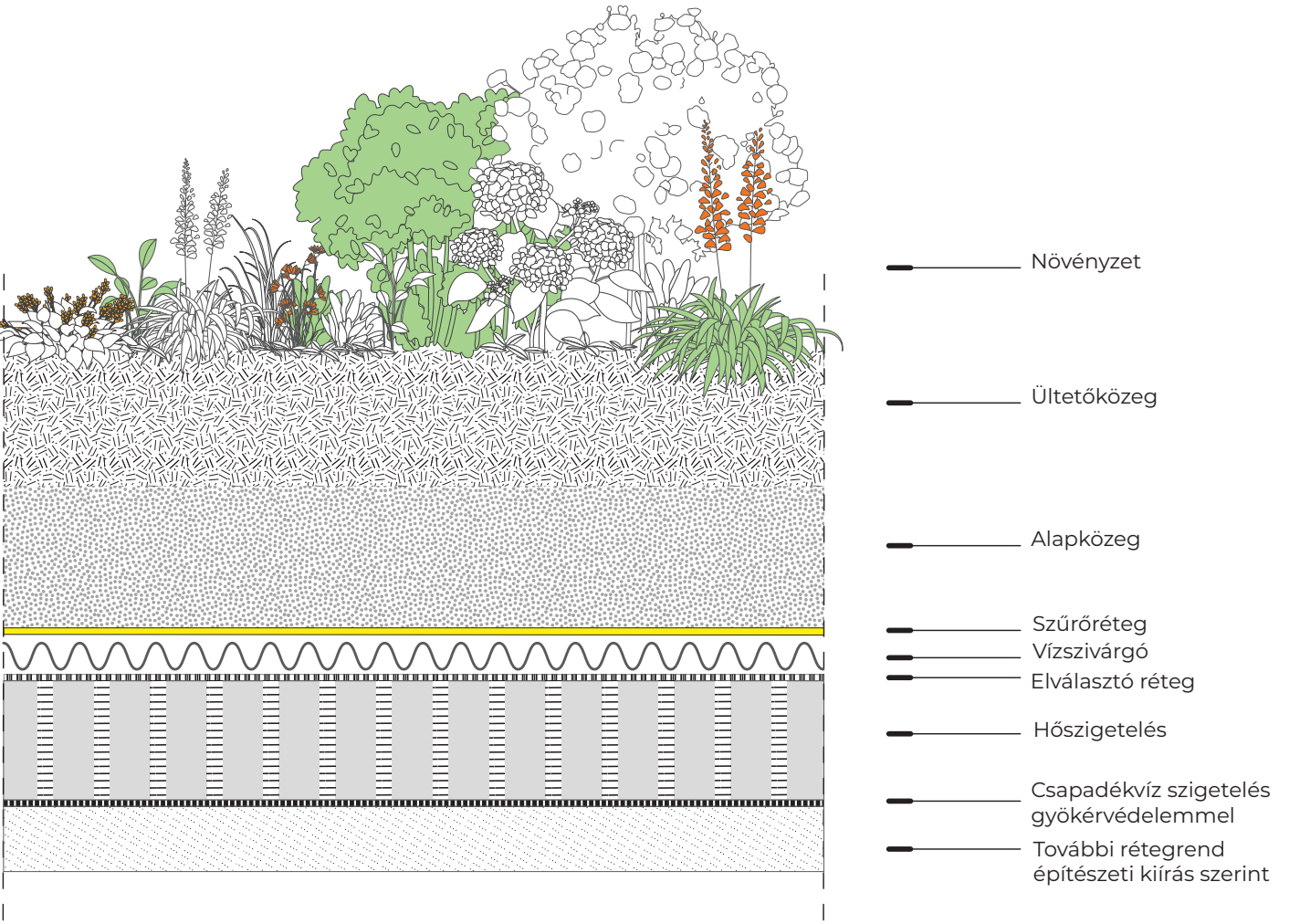
48. kép Zöldtető keverékhez előkészített vörös salak kétszeri rostálás után. A fagyálló, tört szemcsék jó szerkezetet biztosítanak. A víz- és tápanyagmegtartó képessége miatt kiváló alapanyag extenzív és intenzív ültetőközegbe egyaránt. Fotó: Székely Gábor

Többrétegű intenzív zöldtetők közegei

Többrétegű intenzív zöldtetőn az ültetőközeg két rétegből áll:

A felső, vegetációt hordozó réteg általában valamilyen nem kötött (homokos) feltalaj-származék, komposzt és ásványianyag keveréke magas szervesanyag tartalommal. Ennek vastagsága gyeperő, cserjék és kisebb bokorfák esetén minimum 40 cm, de nagyobb méretű fák alatt ennek akár a többszöröse is lehet.

Az alsó, szerkezeti réteg ezzel szemben nem, vagy alig tartalmaz szervesanyagot, jellemzően ásványi eredetű vázelemekben gazdag keverék. Egy jó minőségű extenzív ültetőközeg tökéletesen megfelelő erre a célra. Ez a technológia elsősorban a 80 cm-nél nagyobb rétegvastagságú intenzív zöldtetőkön tudja biztosítani az ideális szerkezeti és biológiai feltételeket többszintes növénytakaró kialakításához.



11. ábra Többrétegű intenzív zöldtető felépítése

Ültetőközegek leggyakrabban előforduló hibái

A nem megfelelő szubsztrát alkalmazása rendkívül drága hibákat eredményezhet, az esetek többségében a zöldtető teljes területén ki kell cserélni az ültetőközeget. Ennek összköltsége egy már átadott, üzemelő épületen az eredeti bekerülés többszörösére rúghat.

A leggyakoribb hiba humuszos termőföld használata extenzív vagy intenzív zöldtető ültetőközeg helyett. *Ez valamennyi zöldtető típuson a legsúlyosabb szakmai vétségnek tekinthető.*

A hazai termőföldek jelentős részének agyag- és vályogtartalma túlságosan nagy, ezért még intenzív zöldtetők adalék komponensének sem alkalmasak. A leiszapolható részek magas aránya rossz szerkezetű gyökérszótát biztosít a növényeknek, ráadásul pangó víz kialakulásához vezethet. A pangó víz páradiffúziós problémákat, súlyos esetben beázást, vagy akár földémtúlterhelést is okozhat.

Extenzív zöldtetők termőközegeinél a következő két súlyos hiba, amit elkövethetünk a túl magas szervesanyag tartalom és a csíra-mentesség hiánya. Ez utóbbi azt jelenti, hogy valamelyik közegalkotónk csírázásra képes növényi magokat és egyéb szaporítóanyag képleteket tartalmaz. A sok szervesanyag és a keverékben lévő gommagok együttes jelenléte az extenzív zöldtető célfajainak gyors kiszorulásához vezet.

Szigorúan tilos olyan anyagok használata zöldtető ültetőközegében vagy a kertészeti felépítmény egyéb rétegeiben, amelyből mészhálható ki. A kalcium-karbonát lerakódik a vízelvezető rendszerben és akadályozza, vagy akár teljesen elzárja a vízelvezetést a zöldtetőről. A mész- és dolomitszármazékokon kívül *darált beton* és *lössös homok* sem alkalmazhatók zöldtetőn.

Végül, de nem utolsósorban kerüljük a *tőzeg* alkalmazását is. A tőzeg kitermelése súlyosan rombolja a természetes élőhelyeket, ezért semmilyen kertészeti alkalmazása nem fenntartható. Az ültetőközegbe kevert tőzeg ráadásul néhány év alatt elbomlik, a szubsztrát szerkezete összeesik, porózussága megváltozik, a zöldfelület szintje megsüllyed.



49. kép Jó minőségű ültetőközeg helyett termőföldet használtak ezen az extenzív zöldtetőn. Néhány évvel az átadás után már csak egy- és kétszikű gyomok borítják. Fotó: Dezsényi Péter



50. kép A zöldfelület szintje néhány év alatt jól láthatóan megsüllyedt, mivel az ültetőközegben használt tőzeg lebomlott. Fotó: Dezsényi Péter



51. kép Tetőkert öreg olajfákkal Portó belvárosában egy modern üzletközpont tetején. Fotó: Dezsényi Péter

3. Zöldtetők típusai és növényalkalmazásuk

A zöldtetők spektrumában, ahogy azt már a bevezetőben megismertük, a két végpontot és alaptípust az *intenzív* és az *extenzív* zöldtetők képviselik.

Tetőkert vagy ökológiai védőréteg

Az intenzív zöldtetők tetőkertek. Ahogy nevük is sugallja födémre telepített rekreációs zöld terek: kertek, parkok, vagy egyéb zöldfelületek. Kertészeti felépítményük ennek megfelelően robusztusabb, megépítésük és fenntartásuk drágább. Az extenzív zöldtetők ezzel szemben *ökológiai védőrétegg*ként funkcionálnak az épületszerkezet felett, könnyűek, kialakításuk olcsóbb, fenntartási igényük minimális.

Az intenzív zöldtetők hagyományos, *kertész szemléletű* zöldfelületek, míg az extenzív zöldtetők általában *ökológikus szemléletű* mikro-élőhelyeknek tekinthetők. Ez nagymértékben meghatározza növényalkalmazásukat és üzemeltetésüket is: az extenzív zöldtetőkön a vegyesen telepített fajok versengenek a területért, az állomány záródása után nem szükséges, és csak korlátozottan lehetséges a társulás fejlődését befolyásolni. Ezzel szemben a tetőkertek növényfelületei a legtöbbször hagyományos kertészeti telepítéssel létesülnek, intenzív fenntartást igényelnek és szükség szerint alakíthatóak.

3.1 Intenzív zöldtetők (tetőkertek)

Az intenzív zöldtetőket négy fontos tulajdonságuk különbözteti meg az extenzív zöldtetőktől:

- a kertészeti felépítmény súlya és rétegrendi vastagsága,
- az ültetőközege minősége,
- a többszintű növénytakaró,
- az intenzív fenntartási, víz- és tápanyagutánpótlási igény.

Klasszikus vagy *teljes intenzív zöldtetőről* akkor beszélünk, amikor az ültetőközege vastagsága legalább 40 cm.

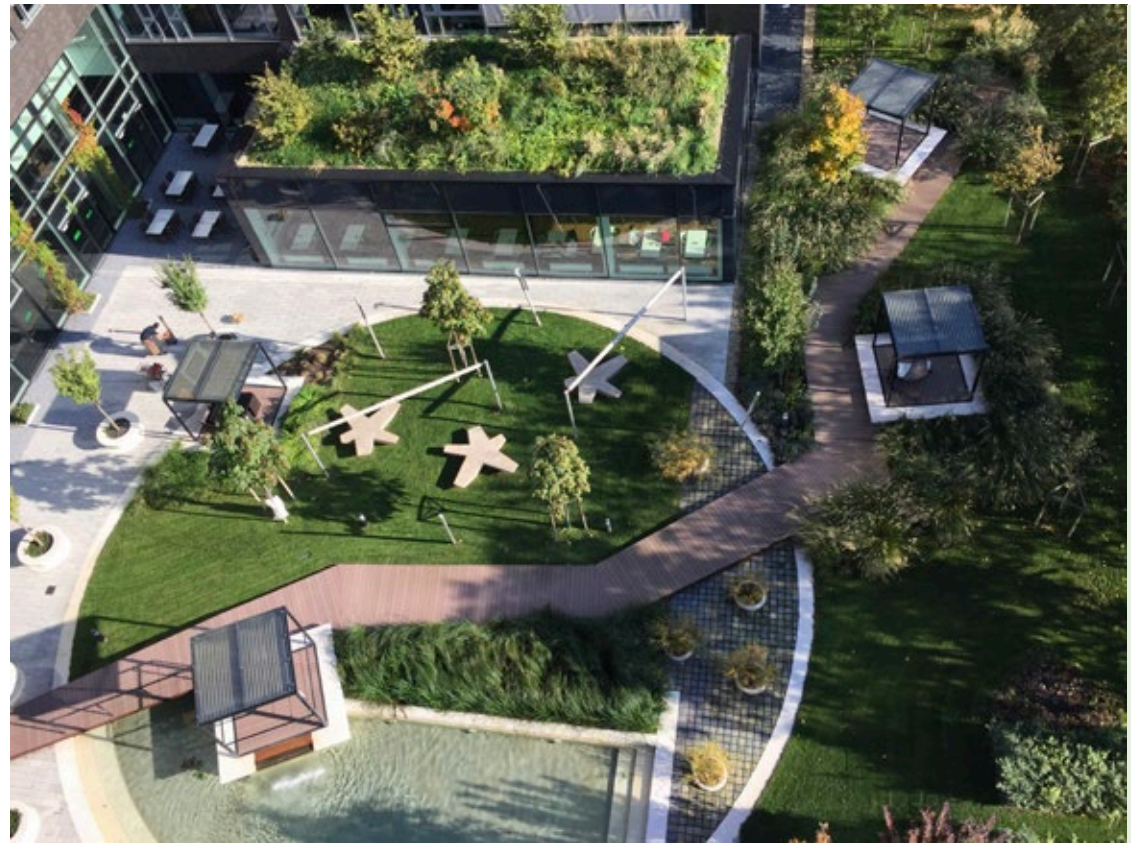
Az intenzív ültetőközege tápanyagban és szervesanyagban gazdag, jó szerkezetű és vízgazdálkodású keverék, ahogy azt az *Ültetőközege* című fejezetben részletesen bemutatunk.

Az intenzív zöldtetők a közeg vastagságától függően alkalmasak lehetnek 2, 3, 4 vagy akár 5 szintű növénytakaró kialakítására.

A hazai klímán a megfelelően kialakított automata öntözőrendszer kötelező eleme minden intenzív zöldtetőnek, amelyről részletesebben a *Kivitelezés és fenntartás* című fejezetben lesz szó.

A modern zöldtetőépítés *tetőkertekkel* indult Németországban az 1960-as években. Az intenzív zöldtetők a megrendelő pénztárcájától és a szerkezet teherbírásától függően szinte bármilyen zöldterületi funkciót kaphatnak, ennek megfelelően a világ tetőkertjei elképesztő változatosságot mutatnak.

Építmények teherhordó szerkezetein létesíthetünk magánkertet vagy közparkot, haszonkertet vagy közösségi kertet, játszóteret, sportpályát, sőt, akár sípályát is. Építhetünk vízarchitektúrát: tavat, patakot, díszmedencét vagy akár szökőkutat. Tetőkertek segítenek a betegek regenerációjában, az óvodai-iskolai szemléletformálásban, az inspiráló munkahelyi környezet megteremtésében.



52. kép A budapesti Green House Irodaház tetőkertjei a mélygarázs födémjén és a kántin tetején.
Fotó: Dezsényi Péter

Növényalkalmazás

Az intenzív zöldtetőkön a növényalkalmazás lehetőségeit a rendelkezésre álló gyökérzóna mélysége, az ültetőközege minősége és a mikro-környezeti feltételek határozzák meg elsősorban. Ezek függvényében a talajkapcsolatos zöldfelületekre telepíthető lág- és fásszárú növények szinte teljes spektruma alkalmazható intenzív zöldtetőkön is.

Speciális környezeti feltételek

Az építendő zöldtető környezeti feltételei közül az alábbiakat kiemelten figyelembe kell venni:

- a szélkitettséget,
- a benapozottságot,
- az üvegfelületek és más homlokzatok reflexióját,
- a füstgáz koncentrációját,
- az épület csapadékeloszlást befolyásoló felületeit,
- kapcsolódó műszaki és gépészeti elemek hatását – pl. légkondicionálók, napelemek, napvitorlák.

Intenzív ültetőközegek minősége

Intenzív zöldtetőkön sokszor jobb minőségű termőréteget tudunk biztosítani, mint egy átlagos városi, talajkapcsolatos zöldfelületi projekt-nél. Az intenzív zöldtetős szubsztrátok többsége tápanyagokban gazdag, jó levegő- és vízgazdálkodású, ezért a honi kertépítészeti gyakorlatban előforduló fás- és lágyszárú fajok többségének remek körülményeket biztosítanak, de szárazság- vagy stressztűrő növények ültetésére nem ideálisak (Lásd: **3. ábra** – ültetőközegek legfontosabb fizikai és kémiai paraméterei).

Félintenzív zöldtetők

40 cm-nél kisebb ültetőközege vastagság esetén *félintenzív vagy egyszerű intenzív* zöldtetőkről beszélünk. Ezeken gye, évelők vagy talajtakaró cserjék ültetése lehetséges. A félintenzív zöldtetők alsó alkalmazási határa a 20 cm vastag termőközege, ezalatt csak extenzív – varjúhájas vagy biodiverz – zöldtetőt építsünk.

A félintenzív zöldtetőkre javasolt évelők listáját a **4. táblázat** mutatja.

nemzetségek, fajok és fajták, latin név	magyar név	örökzöld, télizöld, félörökzöld	talajtakaró	hosszú élet- tartamú	magról könnyen megújuló	20 cm alatti termőréteg	20-40 cm mély ter- mőréteg	félárnyékba ültethető
ÉVELŐK:								
Achillea filipendulina és fajtái	jószagú cickafark és fajtái			x			x	
Achillea millefolium és fajtái	közönséges cickafark és fajtái						x	
Alyssum fajok és fajták (syn.: Aurinia)	ternye nemzetség fajai és fajtáik	x				x		
Amsonia fajok és fajták	csillagmeténg nemzetség fajai és fajtáik			x			x	x
Anaphalis alpicola, A. triplinervis és ezek fajtái	havasi gyöngykosárka, ezüstös gyöngykosárka és ezek fajtái	x	x				x	
Antennaria dioica és fajtái	parlagi macskatalp és fajtái	x	x			x		
Anthemis fajok és fajták	pipitér nemzetség fajai és fajtáik				x		x	
Anthericum liliago és A. ramosum	bernáthegyi liliom, ágas homokliliom						x	
Aquilegia vulgaris, A. caerulea és ezek fajtái	közönséges harangláb, kék harangláb és ezek fajtái				x	x		
Artemisia ludoviciana, A. stellariana, A. schmidtiana ezek fajtái	gyopáros üröm, lisztes üröm, japán üröm és ezek fajtái	x				x		
Asphodeline lutea	sárga virágoszlop						x	
Asphodelus albus	fehér virágoszlop						x	
Aster ageratoides és fajtái	apróvirágú őszirózsa és fajtái		x	x			x	
Aster amellus, A. x frikartii és ezek fajtái	csillag őszirózsa, Frikart- őszirózsa és ezek fajtái				x		x	
Aster cordifolius, A. oblongifolius, A. ericoi- des és ezek fajtái (syn.: Symphiotrichum)	szívlevelű őszirózsa, aromás őszirózsa, tűlevelű ősziró- zsa és ezek fajtái				x		x	x
Aster dumosus, A. novii-belgii, Aster novae-angliae és ezek fajtái (syn.: Symphiotrichum)	törpe őszirózsa, kopasz őszirózsa, mirigyes őszirózsa és ezek fajtái				egy része		x	
Aubrieta x cultorum és fajtái	kerti pászitviola és fajtái	x	x	x		x		
Bergenia cordifolia és fajtái	szívlevelű bőrlevél és fajtái	x	x	x			x	x
Calamintha fajok és fajták (kivéve a 'Triumphator')	pereszlény menzetség fajai és fajtáik (kivéve a 'Triumphator' fajtát)			x	x	x		
Calamintha nepeta 'Triumphator'	mirigyes pereszlény 'Triumphator' fajtája					x		
Calylophus serrulatus	napcsepp virág		x		x		x	
Campanula persicifolia és fajtái	baracklevelű harangvirág és fajtái				x		x	x
Campanula poscharskyana, C. portenschla- giana, C. glomerata és ezek fajtái	balkáni harangvirág, dalmát harangvirág, csomós harangvirág és ezek fajtái	x	x	x		x		x
Campanula rotundifolia és fajtái	kereklevelű harangvirág és fajtái						x	x
Centaurea dealbata	szürkés imola						x	
Centranthus ruber és fajtái	piros sarkantyúvirág és fajtái				x		x	
Cerastium tomentosum	molyhos madárhúr	x	x	x		x		
Chamaemelum nobile és fajtái	római kamilla és fajtái	x	x			x		
Coreopsis verticillata és fajtái	keskenylevelű menyecskeszem és fajtái						x	
Cotula squalida, C. potentilla, C. dioica és ezek fajtái (syn.: Leptinella)	barna lúgvirág, sárga l. valamint szőrtelen lúgvirág és ezek fajtáik	x	x			x		

nemzetségek, fajok és fajták, latin név	magyar név	örökzöld, télizöld, félörökzöld	talajtakaró	hosszú élet- tartamú	magról könnyen megújuló	20 cm alatti termőréteg	20-40 cm mély ter- mőréteg	félárnyékba ültethető
Delosperma fajok és fajták	délvirág / kristályvirág menzetség fajai és fajtáik	x	x		x	x		
Dianthus carthusianorum	barátságzfű				x		x	
Dianthus gratianopolitanus, D. plumarius és ezek fajtái	pünkösdi szegfű, tollas szegfű és ezek fajtái	x	x			x		
Digitalis purpurea, D. thapsi és ezek fajtái	piros gyűszűvirág, lila gyűszűvirág és ezek fajtái				x		x	x
Echinops ritro, E. bannaticus és ezek fajtái	sötétkék számárkenyér, bánsági számárkenyér és ezek fajtái						x	
Erigeron karvinskianus	spanyol küllőrojt		x		x	x	x	
Euphorbia amygdaloides, E. polychroma és ezek fajtái	erdei kutyatej, színeváltó kutyatej és ezek fajtái	x					x	x
Euphorbia 'Blue Haze', E. seguieriana subsp. Niciciana	'Blue Haze' kutyatej, pusztai kutyatej	x	x				x	
Euphorbia myrsinites, E. cyparissias és ezek fajtái	délszaki kutyatej, farkas kutyatej és ezek fajtái	x	x		x	x		
Galatella linosyris (syn.: Aster linosyris)	aranyfürt						x	
Geranium macrorhizzum, G x cantabrigiense és ezek fajtái	illatos gólyaorr, angol gólyaorr és ezek fajtái	x	x	x		x		x
Geranium pratense, G. x magnificum, Geranium renardii és ezek fajtái	mezei gólyaorr, pompás gólyaorr, ráncoslevelű gólya- orr és ezek fajtái		x				x	x
Geranium 'Rozanne'	gólyaorr 'Rozanne' fajta		x				x	x
Geranium sanguineum és fajtái	piros gólyaorr és fajtái		x	x			x	x
Gypsophila repens és fajtái	kúszó fátyolvirág és fajtái	x	x			x		
Gypsophila paniculata és fajtái	bolyhos fátyolvirág és fajtái						x	
Helianthemum fajok és fajták	napvirág menzetség fajai és fajtáik	x	x	x			x	
Helychrysium italicum	olasz szalmagyopár	x					x	
Hemerocallis fulva és hibridjei	rezes / lángszínű sásliliom és hibridjei			x			x	
Herniaria glabra	borzas porcikafű	x	x			x		
Hylotelephium spectabile és H. telephium és ezek fajtái (syn.: Sedum)	pompás varjúháj, kárpáti (hegyi) varjúháj és ezek fajtái			x			x	
Hypericum calycinum, H. polyphyllum	örökzöld orbáncfű, aprólevelű orbáncfű	x	x				x	
Hyssopus officinalis, H. officinalis subsp. aristatus és ezek fajtái	kerti izsóp valamint alafaja és ezek fajtái	x	x		x	x		
Iberis sempervirens és fajtái	örökzöld tatárvirág és fajtái	x		x		x		
Iris barbata, I. pumila, I. germanica és ezek fajtái	szakállas nőszirm, apró nőszirm, kerti nőszirm és ezek fajtái			x		x		
Kniphofia fajok és fajták	fáklyaliliom nemzetség fajai és fajtáik		x				x	
Lavandula fajok és fajták	levendula nemzetség fajai és fajtáik	x	x	x			x	
Leucanthemum és fajtái	margaréta / margitvirág nemzetség fajai és fajtáik						x	x
Limonium fajok és fajták	sóvirág nemzetség fajai és fajtáik	x			x		x	
Linum perenne és fajtái	évelő len és fajtái				x	x		
Lychnis coronaria	bársonyos kakukkszegfű				x	x		

nemzetségek, fajok és fajták, latin név	magyar név	örökzöld, télizöld, félörökzöld	talajtakaró	hosszú élet- tartamú	magról könnyen megújuló	20 cm a latti termőréteg	20-40 cm mély ter- mőréteg	télárnyékba ültethető
Lythrum fajok és fajták	<i>fűzény nemzetség fajai és fajtáik</i>			x			x	
Macleaya cordata	<i>magas mákkóró</i>						x	
Marrubium supinum	<i>pemetefű</i>	x	x	x			x	
Monarda fajok és fajtái	<i>méhbalzsam nemzetség fajai és fajtáik</i>						x	
Nepeta x faassenii, N. racemosa és ezek fajtái	<i>kerti macskamenta, kaukázusi macskamenta és ezek fajtái</i>	x		x		x		
Oenothera fajok és fajták	<i>ligetszépe nemzetség fajai és fajtáik</i>				x		x	
Origanum vulgare és fajtái	<i>közönséges szurokfű és fajtái</i>	x	x	x	x		x	
Paronychia kapela és fajtái	<i>kereklevelű ezüstvirág és fajtái</i>	x	x			x		
Perovskia atriplicifolia és fajtái	<i>sudárzsálya és fajtái</i>			x			x	
Persicaria affinis és fajtái	<i>örökzöld keserűfű és fajtái</i>	x	x			x		x
Phlomis russeliana	<i>kisázsiai macskahere</i>		x				x	x
Phlox douglasii, P. subulata és ezek fajtái	<i>Douglas-lángvirág, árlevelű lángvirág és ezek fajtái</i>	x	x	x			x	
Prunella grandiflora és fajtái	<i>nagyvirágú gyíkfű és fajtái</i>	x	x		x	x		x
Pulsatilla vulgaris és fajtái	<i>nyugati kökörcsin és fajtái</i>							x
Rudbeckia fulgida és fajtái	<i>pompás kúpvirág és fajtái</i>		x	x			x	
Salvia nemorosa, S. pratensis valamint ezek fajtái	<i>ligeti zsálya, mezei zsálya és azok fajtái</i>				x		x	
Salvia officinalis és fajtái	<i>orvosi zsálya és fajtái</i>	x	x	x			x	
Salvia sclarea és fajtái	<i>muskotályzsálya és fajtái</i>				x		x	
Salvia verticillata és fajtái	<i>lőzsálya és fajtái</i>						x	x
Santolina chamaecyparissus, S. viridis és ezek fajtái	<i>hamvas cipruska, zöld cipruska és ezek fajtái</i>	x	x	x			x	
Saponaria ocymoides	<i>gyepes szappanfű</i>		x				x	
Satureja montana és S. spicigera	<i>hegyi pereszlény és kúszó borsfű</i>	x	x			x		
Sedum fajok és fajták	<i>varjúháj nemzetség fajai és fajtáik</i>	x	x	x		x		
Sempervivum fajták	<i>kővirózsa nemzetség fajai és fajtáik</i>	x				x		
Stachys byzantina	<i>gyapjas tisztesfű</i>	x	x	x		x		
Stachys monieri és fajtái	<i>nagyvirágú tisztesfű és fajtái</i>	x					x	x
Teucrium chamaedrys és fajtái	<i>sarlós gamandor és fajtái</i>	x		x		x		x
Teucrium hircanicum és fajtái	<i>kaukázusi gamandor és fajtái</i>			x			x	x
Teucrium x lucydris	<i>hibrid gamandor</i>			x		x		x
Thymus doerflerii és fajtái	<i>albán kakukkfű és fajtái</i>	x	x			x		
Thymus praecox, Th. serpyllum, Th. vulgaris és ezek fajtái	<i>korai kakukkfű, keskenylevelű kakukkfű, kerti kakukkfű és ezek fajtái</i>	x	x	x		x		
Thymus pseudolanuginosus	<i>törpe / gyapjas kakukkfű</i>	x	x			x		
Tradescantia x andersoniana és fajtái	<i>kerti tradeszkancia / pletyka és fajtái</i>							
Verbascum bombyciferum, V. olympicum, V. phoeniceum	<i>gyapjas ökörfarkkóró, kis-ázsiai ökörfarkkóró, lila ökörfarkkóró</i>				x		x	

nemzetségek, fajok és fajták, latin név	magyar név	örökzöld, télizöld, félörökzöld	talajtakaró	hosszú élet- tartamú	magról könnyen megújuló	20 cm a latti termőréteg	20-40 cm mély ter- mőréteg	télárnyékba ültethető
Verbena bonariensis, V. hastata és ezek fajtái	<i>óriás vascfű, dúsvirágú vascfű és ezek fajtái</i>				x	x		
Veronica spicata subsp. Incana	<i>macskafarkú veronika 'Incana' alfaja</i>	x	x			x		
Viola odorata, V. sororia és ezek fajtái	<i>illatos ibolya, amerikai ibolya és ezek fajtái</i>		x		x	x	x	x
Yucca filamentosa	<i>fürtös pálmaliliom</i>	x		x			x	
DÍSZFÜVEK:								
Calamagrostis brachytricha	<i>korai nádtippan</i>			x			x	x
Calamagrostis x acutiflora és fajtái	<i>hibrid nádtippan és fajtái</i>			x			x	
Carex flacca, C. panicea, C. laxiculmis és ezek fajtái	<i>deres sás, muhar sás, hamvaszöld levelű sás és ezek fajtái</i>	x	x	x		x		
Carex morowii, C. oshimensis és ezek fajtái	<i>tarka sás, oshimai sás és ezek fajtái</i>	x	x	x			x	x
Deschampsia caespitosa és fajtái	<i>gyepes sédbúza és fajtái</i>	x		x			x	x
Eragrostis spectabilis és fajtái	<i>tőtippan és fajtái</i>				x		x	
Festuca amethystina és fajtái	<i>lila csenkesz és fajtái</i>	x			x	x		
Festuca gautieri és fajtái	<i>medveszőrccsenkesz és fajtái</i>	x	x			x		x
Festuca glauca és fajtái	<i>deres kék csenkesz és fajtái</i>	x	x		x	x		
Helictotrichon sempervirens	<i>örökzöld zabfű</i>	x		x		x		
Imperata cylindrica 'Red Baron'	<i>vörös alangfű</i>			x			x	
Koeleria glauca	<i>deres fényperje</i>	x	x		x	x		
Melica ciliata	<i>prémes gyöngyperje</i>						x	x
Miscanthus sinensis és fajtái	<i>virágos nád és fajtái</i>			x			x	
Panicum virgatum és fajtái	<i>vesszős köles és fajtái</i>			x			x	
Pennisetum alopecuroides és fajtái	<i>évelő tollborzفű és fajtái</i>			x			x	
Pennisetum orientale és fajtái	<i>keleti tollborzفű és fajtái</i>		x	x			x	
Sesleria fajok és fajtái	<i>nyúlfarkfű fajok és fajtái</i>	x	x	x		x	x	x
Sporobolus heterolepis	<i>özönفű</i>			x			x	
Stipa tenuissima	<i>keskenylevelű árvalányhaj</i>	x	x		x	x		
HAGYMÁSOK:								
Allium fajok és fajták	<i>hagyma nemzetségbe tartozó fajok és fajták</i>			x		x		
Allium schoenoprasum és fajtái	<i>metélőhagyma és fajtái</i>			x	x	x		
Allium senescens és hibridjei valamint ezek fajtái	<i>díszhagyma (hegyi fokhagyma), hibridjei valamint ezek fajtái</i>					x		
Crocus fajok és fajták	<i>sáfrány nemzetségbe tartozó fajok és fajták</i>			x		x		
Galanthus fajok és fajták	<i>hóvirág nemzetségbe tartozó fajok és fajták</i>			x		x		x
Muscari fajok és fajták	<i>gyöngyike nemzetségbe tartozó fajok és fajták</i>			x		x		x
Narcissus fajok és fajták	<i>nárcisz nemzetségbe tartozó fajok és fajták</i>			x		x		
Tulipa fajok és fajták	<i>tulipán nemzetségbe tartozó fajok és fajták</i>			x		x		



53. kép A chicagói városháza 2001-ben épült tetőkertjének nagy része félintenzív zöldtető, amelyre több, mint 150 őshonos, többségében légyszárú évelő fajt telepítettek. Fotó: Studio Sustena

Intenzív gyepek

Az intenzív gyepek gyökerei a talaj felső 15-20 cm-ét hálózzák be. Ez az elméleti mélység zöldtetőkön – például a német irányelv alapján (FLL). A gyakorlati tapasztalatok azonban mást mutatnak: ahhoz, hogy a gyeperendszeres használat, azaz taposás mellett is jól működjön hosszútávon legalább 30 cm vastag termőréteg szükséges a hazai klímán. Ez alatt nincs elég puffer a stabil vízgazdálkodáshoz: nyáron a túllöntözött talajszelvény süppedős, járásra, taposásra alkalmatlan felületté válik.



54. kép Jó minőségű ültetőközeget, megfelelően kialakított vízutánpótlás és minimum 30 cm vastag gyökérzóna kell ahhoz, hogy egy ilyen kitett helyen lévő gyepterület évtizedeken át fenntartható legyen. Ez a bécsi tetőkert közel 40 éve hiba, jelentősebb felújítás vagy átépítés nélkül működik. Fotó: Gerold Steinbauer

Fák ültetése zöldtetőkre

A gyakorlatban szinte minden városi fafaj telepíthető zöldtetőre is. Természetesen a fák esetén hatványozottan igaz, hogy az adott hely környezeti feltételeit szigorúan figyelembe kell venni – nem mindegy például, hogy egy épületszárnyak által védett földszinti garáztetőről, vagy egy 40 méter magas zárófödémről van szó.



55. kép A Római Kert társasház tetőkertjének fái 20 évvel a telepítés után. A háttérben látható nagyméretű fáknak másfél méter mély gyökérzónájuk van. Fotó: Dezsényi Péter

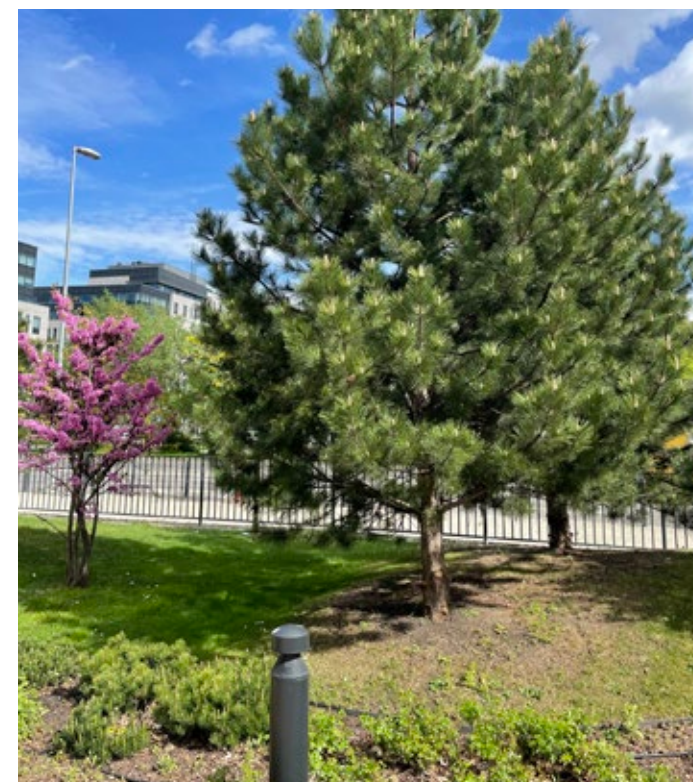
Milyen mély legyen a fák gyökérzónája?

Tapasztalatok és kísérletek igazolják, hogy a városi fák jelentős része jól alkalmazkodik a korlátozott méretű gyökérzónához. Különösen, ha a kisebb mélységet oldalirányban kiterjedt gyökérzóna, jó minőségű termőréteg, valamint gazdag tápanyag- és vízellátás kompenzálja.

Általános irányelveként legalább 100 cm mély ültetőközeget biztosítsunk a fáknak. A városi fák többsége azonban már 60 cm-es mélységtől biztonságosan és sikeresen telepíthető zöldtetőre. Ilyen esetekben különösen fontos, hogy a gyökérzet oldalirányú expanziójának megfelelő teret biztosítsunk.

A gyökérzóna mélysége tükröződni fog az egyedek felnőttkori magasságában, azaz minél sekélyebb termőrétegbe kerülnek a fák, annál kisebb vertikális növekedésre képesek, de vitalitásukat nem befolyásolja számottevően a korlátozott gyökérmélység.

A csúcstartóink ebben a kategóriában azok a fák, amelyek természetes származási helyükön, például hegyvidéki környezetben sikeresen alkalmazkodtak a sekély termőréteghez. Ilyenek a teljesség igénye nélkül az ezüst juhar (*Acer sacharrinum*), az ezüst hárs (*Tilia argentea*), a júdásfa (*Cercis siliquastrum*), a krisztustövis (*Gleditsia triacanthos*), a feketefenyő (*Pinus nigra*) és az erdeifenyő (*Pinus sylvestris*).



56. kép A Duna Tower mélygarázsának tetejére ültetett feketefenyők. A gyökérzóna mélysége 40 cm. Fotó: Dezsényi Péter

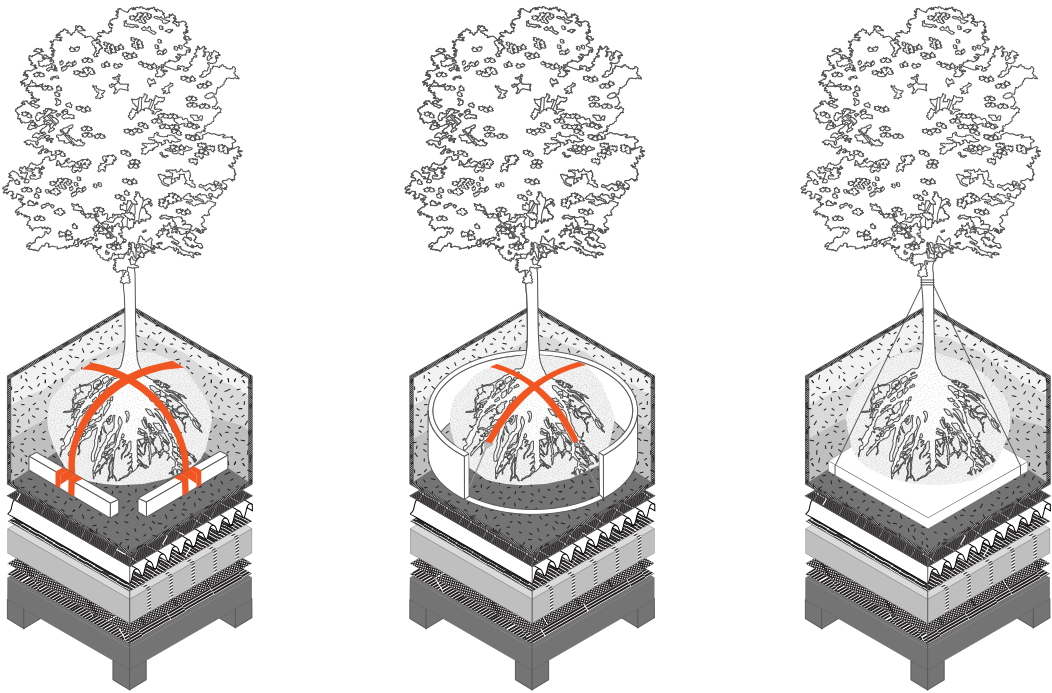
Gyökérzóna mélysége az egyes vegetációs típusokhoz

A zöldtetőkre telepíthető különböző vegetációs típusok gyökérzóna igényét összefoglalóan az **5. táblázat** mutatja.

Ültetőközeg vastagság vegetációs típusonként																	
A helyi környezeti feltételek alapján kell meghatározni a megvalósítandó rétegrendi vastagságot!																	
Gyökérzóna vastagság (cm)	8	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	150	200
Extenzív																	
Varjúhájás																	
Biodiverz																	
Egyszerű intenzív																	
Gyep																	
Alacsony évelők és cserjék																	
Közepes méretű évelők és cserjék																	
Magas évelők és cserjék																	
Intenzív																	
Szoliter cserjék, bokorfák, kisméretű fák																	
Közepes méretű fák																	
Nagyméretű fák																	

Fák rögzítése zöldtetőn

A fák megfelelő rögzítése a szélkitettség és a sekélyebb termőréteg miatt kötelező feladat. Intenzív zöldtetőkön a fákat nem karózzuk, hanem pányvázzuk – azaz a földlabdát a talajszint alatt lehorgonyozzuk. A fák pányvázásának lehetséges módjait az **1. ábra** mutatja.



Agresszív gyökerű növények

Egyes fajok föld alatti hajtásai évente akár több méteres növekedést produkálhatnak. A gyökérvédelem a vízszigeteléstől és a födém-szerkezettől távol tartja a rizómákat, azonban annak az elméleti lehetőségét, hogy a növény a lefolyó felé utat talál magának nem lehet teljesen kizárni, ezért zöldtetőkön mindenképpen kerüljük az agresszív gyökérzetű fajok telepítését. Ilyenek például a bambuszfélék (*Bambusa spp.*, *Phyllostachys spp.*), a *Leylandii ciprus* (*X Cupressocyparis leylandii*), illetve a vadszőlőfélék (*Parthenocissus spp.*).

Fenyőkéreg helyett ásványi mulcs

A szélkitettség miatt fenyőkéreg és faapríték helyett ásványi eredetű osztályozott zúzottkő használatát javasoljuk talajtakarásra minimum 6-8 cm vastagságban. Az ásványi mulcs alkalmazása Európa egyes országaiban ma már sztenderdnek számít nemcsak zöldtetőkön, de közterületeken és magánkertekben egyaránt. Az ásványi mulcs tartós, nem esik össze, nem hordják szét a madarak, nem fújja ki a szél az ágyásokból. A gyomokat hatékonyan távol tartja, a vízgazdálkodásra gyakorolt hatása pedig kiváló.



57. kép Ásványi mulccsal borított évelőágyás.
Fotó: Dezsényi Péter

3.2 Extenzív zöldtetők

Az extenzív zöldtető az épület *ökológiai védőrétege*. Vékony, könnyű kertészeti felépítmény, egyszerű növényalkalmazás, alacsony bekerülési és fenntartási költség jellemzi, mégis számos fontos szolgáltatást nyújt az épületeknek, a városlakóknak és az ökológiai rendszereknek egyaránt (*lásd: Zöldtetők jelentősége című fejezet*). Nem véletlen, hogy a világ zöldtetőinek túlnyomó része extenzív zöldtető, és építési támogatást szinte kivétel nélkül csak erre a típusra adnak a fejlettebb országokban.

Az extenzív zöldtetők szárazságtűrő növényeit vegyesen telepítjük, az ott lévő fajok versengenek és keverednek, térben és időben nagy változatosságot mutathatnak. Az extenzív zöldtető a *használaton kívüli* zárófödémek tipikus technológiája – azok a tetőké, amelyekre sokszor közvetlen kilátásunk sincs. Ennél a típusnál az esztétika kevésbé fontos, mint az egyéb gazdasági, műszaki és ökológiai előnyök.

Ültetőközeg

Az extenzív ültetőközeg vastagságának előírt minimuma Magyarországon 8 cm, az ideális mélység 10-15 cm között van. 8 cm alatt itthon a varjúháj félék sem élnek meg hosszútávon. 15 cm felett pedig egyre több problémát jelenthetnek a betelepülő idegen fajok, közülük is elsősorban a fűfélék és a különböző magoncok.

Az ültetőközeg több tulajdonságában lényegesen eltér az intenzív keverékektől. Ezek közül a legfontosabbak az alacsony szervesanyag tartalom, illetve a magasabb pórustérfogat (*lásd: Ültetőközegek legfontosabb kémiai és fizikai tulajdonságai táblázat*).

Extenzív keverékekben soha ne használjunk feltalaj-származékokat, termőföldet, vagy olyan adalékot, amelyben magas a leiszapolható részek aránya vagy nem csírámentes – azaz gyomok, fűfélék és más nemkívánatos növények szaporítóképleteit tartalmazhatja. A gyakorlati tapasztalatok alapján a hozzáadott szervesanyag nélkül épített extenzív zöldtetők ökológiai egyensúlya a legjobb hosszútávon.

Növényalkalmazás

Az extenzív zöldtetők egyszintű növénytakaróját a száraz sziklagyepek élőhelyein előforduló lágyszárú növények alkotják. A legelterjedtebbek a gyakorlatban a pozsgás varjúhájfélék, amelyeknek több, mint egy tucat alapfaja és számos fajtája kiválóan alkalmas a hazai felhasználásra.

fajok és fajták	magyar név	örökzöld	talajtakaró
Sedum nemzetség		x	
Sedum acre fajták	borsos varjúháj fajták	x	x
Sedum album fajták	fehér varjúháj fajták	x	x
Sedum cyaneum fajták	rózsáskék varjúháj fajták		x
Sedum floriferum fajták	dúsvirágú varjúháj fajták	x	x
Sedum hispanicum és fajtái (rövid életű, magjával könnyen terjedő évelő)	deres varjúháj fajták	x	
Sedum hybridum és fajtái	örökzöld varjúháj és fajtái	x	x
Sedum kamtschaticum és fajtái	kamcsatkai varjúháj és fajtái		x
Sedum montanum és fajtái	hegyi varjúháj és fajtái	x	x
Sedum rupestre (syn. S. reflexum) fajták	kövi varjúháj fajták	x	x
Sedum sarmentosum	indás varjúháj		x
Sedum sediforme fajták	termetes varjúháj fajták		x
Sedum selskianum	szőrösszárú varjúháj		x
Sedum sexangulare	hatsoros varjúháj	x	x
Sedum spurium fajták	kaukázusi varjúháj fajták	x	x
Sedum takesimense	koreai varjúháj		x
Egyéb díszítő fajok			
Aubrieta ssp.	pázsitviola	x	x
Delosperma cooperi, D. lavisiae, D. nubigenum és fajtái	bíborvörös, lila és sárga délvirág és fajtái	x	x
Euphorbia cyparissias és fajtái	farkas kutytej és fajtái	x	
Euphorbia myrsinites	délszaki kutytej	x	x
Iris pallida 'Variegata'	tarka dalmát nőszirm		
Iris pumila	apró nőszirm		
Iris reichenbachii	balkáni nőszirm		
Iris x barbata és fajtái	szakállas nőszirm és fajtái		
Jovibarba fajok és fajták	gömbös kövirózsa fajok és fajták	x	
Sempervivum fajták	kövirózsa fajták	x	
Talinum calycinum (rövid életű, magjával terjedő évelő)	rózsaszín hírvirág		
Thymus praecox, serpyllum és fajtái	korai kakukkfű, keskenylevelű kakukkfű és fajtái	x	x
Télálló kaktuszok	télálló kaktuszok	x	

6. táblázat Extenzív zöldtetőre ajánlott évelők listája (Patkós István közreműködésével).



58. kép Virágzó Sedum floriferum ‘Weihenstephaner Gold’ egy német szálloda extenzív zöldtetőjén. Fotó: René Notenbomer

A varjúhájás vagy sedumos zöldtetők a legellenállóbbak a szárazsággal és forró nyári időszakokkal szemben. Kevés karbantartást igényelnek, a teljes lefedettség elérése után akár évtizedekig önellátóvá válhatnak. Rendezett felületet képeznek, amelyet a virágzási időszakban szívesen látogatnak a különböző pollinátorok.

A hétköznapi szóhasználatban extenzív zöldtető alatt általában az egyszerű varjúhájás zöldtetőket értjük. A 21. század új trendje a biodiverz zöldtetők, amelyek műszaki értelemben szintén extenzív zöldtetők, növényalkalmazásuk azonban jelentősen gazdagabb, ezért a biodiverz zöldtetőkkel önálló fejezetben foglalkozunk.

Szaporítóanyag és telepítés

A sedumos (varjúhájás) zöldtetőkön a legolcsóbb telepítési mód a sarjvetés, azaz a varjúháj föld felett levágott sarjainak kiszórása a felszínre. A kis növényi darabok néhány hetes öntözés után legyökeresednek.

A sarjvetést időjárástól függően tavasszal vagy ősszel, április-májusban, illetve szeptember-októberben végezzük. Minimum 25-30 dkg sarjat használjunk négyzetméterenként.

A szél és madarak ellen jó védelem lehet a kiszórt sarjak takarása raschel-hálóval. A hálót a legyökeresedés után távolítsuk el, mielőtt a növények belenőnek. Ha háló alkalmazására nincs lehetőség gereblyével meghúzott 1-2 cm-es ültetőárkokba szórjuk a növényi darabkákat.

A sedum palánták ültetése kezd háttérbe szorulni az emelkedő anyag- és munkaerő költségek miatt, mivel ezekből négyzetméterenként legalább 16 darab kell a jó lefedettség eléréséhez.



59. kép Ültetésre váró sedum palánták. Fotó: Dezsényi Péter

Ezzel szemben egyre népszerűbb az előnevelt sedum-paplan, másnéven *varjúháj szőnyeg* fektetése, amely a leghatékonyabb módja a telepítésnek.

Az ideális sedum-paplan legalább fél tucat különböző varjúhájfajból áll, a Kárpát-medencében vagy kontinentális klímán készül, és nem tartalmaz tőzeget. Az óceáni klímáról érkező import varjúháj szőnyegek telepítés után sokkot kaphatnak az új környezetben, könnyen kiszáradnak és hosszútávon sem képesek ugyanarra a lefedettségre vagy biológiai teljesítményre, mint itteni társaik.



60. kép Varjúháj szőnyeg fektetése.
Fotó: Hegymegi Artúr



61. kép Frissen telepített sedum palánták beöntözése. A telepítés utáni első nyáron hetente két-három alkalommal alapos beöntözés szükséges a növényállomány sikeres záródásához.
Fotó: Dezsényi Péter

Megtelepedési időszak

A *megtelepedési időszak* a szaporítóanyagunk legyökeresedésétől a *teljes borítottság* kialakulásáig tart. A teljes borítottság fontos mérőjelző extenzív zöldtetőkön, a növényzet a záródással válik ugyanis ellenállóvá, önellátóvá.

A teljes borítottság eléréséhez néhány évtizeddel ezelőtt csupán türelemre volt szükség: a legyökeresedett palántákkal vagy sarjakkal betelepített extenzív zöldtetők a hazai klímán legfeljebb 3-4 év alatt önállóan összezárdtak.

Manapság azonban erre már nincs garancia; a szélsőségesse váló időjárási körülmények miatt a garantált sikerhez kiegészítő öntözésre van szükség. A frissen telepített sarjakat vagy palántákat a gyorsabb záródás érdekében az első évben májustól szeptemberig a száraz időszakokban hetente kétszer-háromszor bőségesen locsoljuk be. Tekintettel arra, hogy az ehhez szükséges munkaerő költsége igen magas, ma már a sedum-paplan számít a legolcsóbb szaporítóanyagnak, amennyiben a megtelepedési időszak gondozásigényét is beleszámítjuk a költségeinkbe.

Megtelepedési időszak utáni ápolás

A zárt növénytakaró kvázi önellátóvá válik, ami azt jelenti, hogy évi kétszeri ellenőrzésen túl általában nincs szükség karbantartásra (lásd: *Kivitelezés és fenntartás című fejezet*).

Más lehet a helyzet, ha a varjúhásas extenzív zöldtetőnkkel szemben magasabb esztétikai igényt támasztunk. Ebben az esetben indokolt lehet a hosszú forró kánikulai időszakokban a kiegészítő öntözés akkor is, ha a növénytakaró már záródott, mivel a növényeken szemmel is jól látható (ideiglenes) elváltozásokat okozhat az extrém hőség, az eltelepített fajok közül pedig hamar kikophatnak a kevésbé ellenállóak.

Szukcesszió és egyensúlyi állapot az extenzív zöldtetőkön

A természetes növénytársulások fokozatos változása, egyirányba történő fejlődése a szukcesszió. Az extenzív zöldtetőkön ez a jelenség gyönyörűen megfigyelhető, hiszen a világ varjúhásas vagy biodiverz zöldtetőinek a többségén hagyományos kertészeti fenntartás nem történik, a betelepített fajok szabadon versengenek, a talaj lassan átalakul, a kívülről spontán betelepülő növények pedig előbb-utóbb megjelennek a társulásban.

Klasszikus extenzív zöldtetőnél a cél a telepített növényeink, azaz a varjúhásas társulás dominanciájának fenntartása minél hosszabb ideig. Ehhez a kulcs a megfelelően „nomád”, hozzáadott szervesanyag nélküli, jó vízáteresztő ültetőközeg. Minél magasabb ugyanis a szervesanyag és a megkötött-megtartott víz a termőközegben, annál hamarabb megjelennek olyan fajok, elsősorban fűfélék, amelyek beborítják és elnyomják a pionír növényeket.

A legjobban megtervezett és megépített varjúhásas zöldtetőket is eléri a szukcesszió, és előregednek. A nemzetközi és hazai tapasztalatok azt mutatják, hogy 20-30 év után az elhulló növényi részek miatt a talaj átalakul, felhalmozódik a szervesanyag, és a sedumok mellett sok tucat vagy akár több száz új faj megtelepedik a magára hagyott tetőkön.



62. kép Természetes szukcesszió nyomai egy idős extenzív zöldtetőn.
Fotó: Denis Boma

63. kép Az Örs Vezér téri Ikea áruház biodiverz zöldtetője. A 6500 m²-es zöldtető eredetileg varjúhájas extenzív zöldtetőként létesült. A szigetelés felújítása után, 2015-ben indult meg a biodiverz élőhely fejlesztése. A 2022-es felmérés során a teljes vegetációs időszak alatt közel 200 lágyszárú, többségében őshonos természetes faj került feljegyzésre.
Fotó: Dezsényi Péter

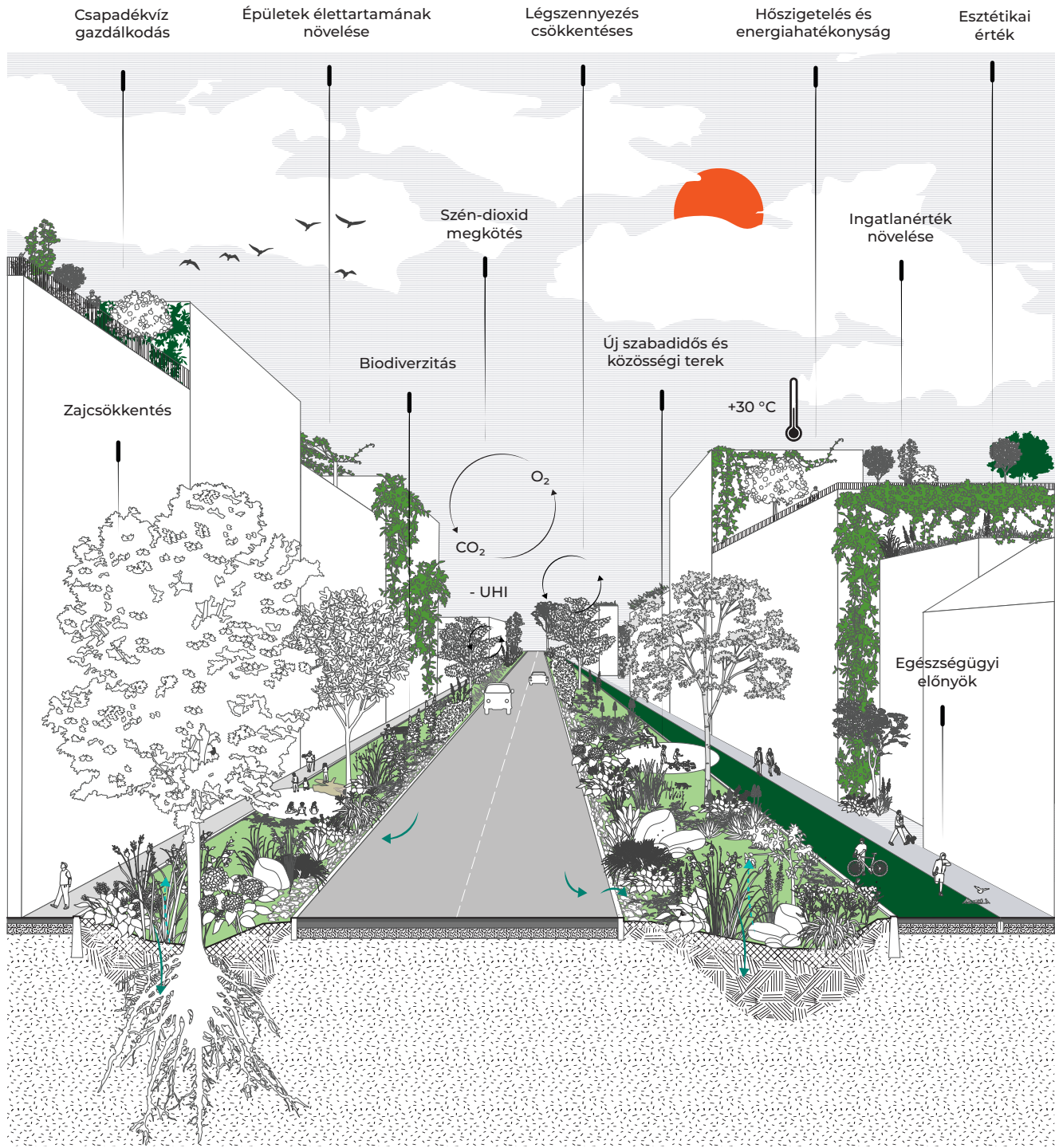


3.3 Biodiverz zöldtetők

Természetalapú megoldások

Az ezredforduló óta a városi zöld infrastruktúra iránti társadalmi igény folyamatosan növekszik. Ezzel párhuzamosan szépen lassan változnak az újonnan létrehozott zöldfelületek is: az egyedek tömeges ültetése helyett egyre inkább társulások vagy élőhelyek létesítése a cél. Olyan magasabban szervezett növényi közösségeké, amelyek alacsony fenntartási költség mellett sokkal nagyobb biológiai aktivitást nyújtanak, és ellenállóak az extrém időjárási viszonyokkal szemben.

Ezeknek a természetközeli technológiáknak, vagy természetalapú megoldásoknak (TAM) a díszítő értéke egyre kevésbé-, a társadalmi, ökológiai és gazdasági hasznossága viszont egyre inkább fontos. A cél klímarezisztens települések létrehozása a városi ökoszisztéma szolgáltatások maximalizálásán keresztül.



13. ábra Városi ökoszisztéma szolgáltatások

Ez az új szemlélet vagy ökológiai fordulat nem pusztán múló divat, sokkal inkább gazdasági és ökológiai kényszer, hiszen a zöldfelület-gazdálkodási szakma komoly kihívásokkal néz szembe: a meglévő, hagyományos zöldfelületek fenntartása egyre drágább, miközben növelni kell a klímarezisztens zöld infrastruktúrát úgy, hogy az erre fordítható fajlagos költségek csökkennek. Ennek az ellentmondásos helyzetnek az egyetlen megoldása, ha a zöldfelületi növekmény javát az új, természetközeli technológiák adják, mivel fenntartási költségük lényegesen alacsonyabb, mint a régi zöldfelületi típusoké. Ide tartoznak például a vegyes évelőágyások, a természetközeli gyepek, a vegyes fasorok - és a biodiverz zöldtetők is.

A biodiverz zöldtetők születése

A felismerés, hogy ugyanakkora bekerülési költség mellett létre tudunk hozni egy magasabb biológiai aktivitású növényzetet extenzív zöldtetőn is Svájcban származik. Bazel tartomány volt az első hely a világon, amely 2002-ben kötelezővé tette zöldtetők létesítését új épületek lapostetőin - a megélénkült kereslet pedig teret adott műszaki és ökológiai innovációknak. Stefan Brenneisen, a ZHAW (Zürichi Alkalmazott Tudományok Főiskolája) professzorának többek között egy 100 éves svájci zöldtető adta az inspirációt, hogy az extenzív zöldtetők vékony termőrétegén is létrehozható gazdag, akár több száz fajból álló természetes élőhely. Az azóta már híressé vált wollishofeni vízmű zöldtetőin közel 200 őshonos lágyszárú növény, köztük számos védett orchidea faj él teljesen zavartalanul 1913 óta.



64. kép
A Wollishofenben található Seewasserwerk Moos 4 hektáros biodiverz zöldtetője. Több, mint egy tucat őshonos orchideafaj élőhelye. Fotó: Stefan Brenneisen

Mi a biodiverz zöldtető?

Definíció szerint olyan magas diverzitású, legalább 25-30 lágyszárú növényfajból álló természetes vagy félig természetes élőhely a tetőn, amely genetikai sokszínűségét képes hosszútávon fenntartani vagy növelni.

A biodiverz zöldtető elnevezés egy gyűjtőfogalom. Biodiverz zöldtetőnek nevezhetünk egy virágzó évelő fajokkal gazdagított varjúhájás társulást ugyanúgy, mint egy több száz fajból álló őshonos sziklagyep reprodukcióját. A kulcs a fajgazdagság, a hosszútávú önellátó-képesség és a magas biológiai aktivitás.

Miért építünk biodiverz zöldtetőket?

A biodiverz zöldtető biomasszája lényegesen nagyobb, ezért jobb hőszigetelő és hőcsillapító védőréteget alkot az épületek tetején, több csapadékot tart meg és párologtat vissza nyáron a forró városi környezetbe. A nagyobb levélfelületnek köszönhetően sokkal több CO₂-ot, finomport és városi szennyezőanyagot köt meg, és még számos ökoszisztéma szolgáltatásban lekörözi egyszerű varjúhájás elődjét.

Legnagyobb értéke mégis a *biodiverzitás növelése és ökológiai élőhelyek kialakítása*. Ökológiai folyosók fontos láncszemei lehetnek a biodiverz zöldtetők, amelyek a sűrűn beépített élettelen városi szöveten keresztül összekötik egymással a zöld infrastruktúra szigetszerű elemeit.

A biodiverz zöldtetők általában valamilyen *konkrét ökológiai céllal* épülnek. Ezek közül kiemelkedik a pollinátorok, vagyis a *beporzásért felelős rovarok élőhelyeinek* bővítése a monokultúras intenzív mezőgazdasági termelés miatt vidékről kiszoruló természetes fajok számára.



65. kép
Pollinátor zöldtetőn. Fotó: Elisabeth Weiss-Tessbach

Akad azért példa bőven másfajta megrendelői szándékra is. A vancouveri kongresszusi központ (Vancouver Convention Centre) 3 hektáros biodiverz zöldtetőjét a természetes északi prérík és part menti füves élőhelyek mintájára készült, amely Kanada nyugati partvidékének és Brit Columbia part menti ökoszisztémáinak növényzetét utánozza.



66. kép
A Vancouver Convention Centre 3 hektáros biodiverz zöldtetője. A természetes északi prérík és part menti füves élőhelyek mintájára készült. Fotó: Hubert Kang



67. kép A Green House irodaház biodiverz zöldtetője az augusztusi kánikulai aszályban. Fotó: Dezsényi Péter

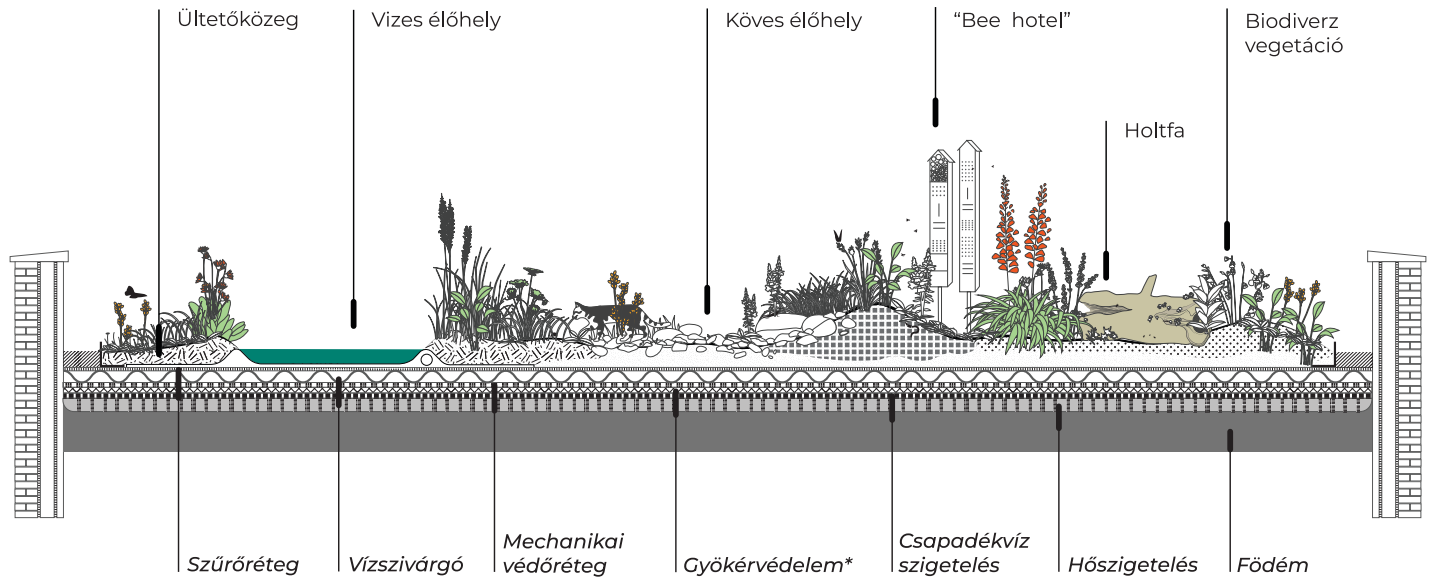
Hol építsünk biodiverz zöldtetőt?

Ide még inkább vonatkozik az ajánlás, mely szerint az extenzív zöldtető leginkább a használaton kívüli zárófödémek és a tekintetektől távolabb eső tetők technológiája. A biodiverz zöldtető nem esztétikai szempontok alapján épül, ráadásul a kialakuló növényzetet évről-évre egyre jobban meg fogják határozni a kívülről spontán betelepülő fajok. Ezen túlmenően pedig az adott év és évszak időjárása befolyásolja legjobban a növényzet aktuális állapotát, küllemét, a tavaszi és őszi virágzási időszakok hosszát és intenzitását.

Szerencsére egyre nagyobb azoknak a városlakóknak a száma, akik nem ilyednek meg a hagyományos díszkertész esztétika hiányától, de az eddigi tapasztalatok alapján a társadalom jelentős része még nehezen barátkozik meg a biodiverz zöldtetők természetközeli, rendezetlen látványvilágával.

Rétegrend és ültetőközeg

A biodiverz zöldtetők építésekor csakúgy, mint varjúhájás extenzív zöldtetőkön, egy száraz sziklagyephez hasonló élőhelyet alakítunk ki. A biodiverz zöldtetők ültetőközeg alatti műszaki rétegrendje ennek megfelelően megegyezik az egyszerű varjúhájás extenzív zöldtetőével.



14. ábra Biodiverz zöldtető felépítése

Az *ültetőközeg vastagsága* ideális esetben minimum 10-15 cm közötti, de nem haladja meg a 20 cm-t (a nemkívánatos fűfélék és magoncok távoltartása miatt).

Az ültetőközeg minősége nagymértékben függ a létrehozandó társulástól és ökológiai céljainktól. A kereskedelmi forgalomban kapható extenzív ültetőközegek önmagunkban is alkalmasak kétszikű növényekkel gazdagított varjúhájás zöldtetők létrehozásához.

Amennyiben ennél magasabb diverzitású élőhelyet szeretnénk kialakítani, olyat, amiben nemcsak díszítenek, de tömeges állományt alkotnak a puszta- és homokgyepek lágyszárú növényei, egyedi termőközegre van szükségünk. Különösen a vízmegtartó képesség igényel körültekintő finomhangolást.

A varjúhájfélék szeretik a relatíve gyors vízáteresztő képességet és a porózus, levegős ültetőközeget, ezzel szemben a pusztagyeppek fajai már valamivel jobb vízmegtartó képességet igényelnek. Ez megvalósítható a szubsztrátba kevert természetes adalékokkal, illetve a keverék szemcseméret-eloszlás változtatásával, vagyis a porustérfogat csökkentésével.

Még jelentősebb vízmegtartó képesség növekedés érhető el, amennyiben az ültetőközeg aljára, a vízszivárgó réteg fölé egy extra réteg vízmegtartó technikai geotextilt teszünk. Ebben az esetben kiemelten fontos a vízszintes és függőleges vízszivárgó rétegek makulátlan működése, hogy az épületből a vízpára biztosan el tudjon távozni télen abban az esetben is, ha a vízmegtartó geotextil teljesen átfagy. Az extra biztonság érdekében érdemes egy mérettel nagyobb drénlemezt beépíteni (25 mm-es helyett 40 mm-eset), így nemcsak az akadálymentes pára-elvezetést biztosítjuk, de a perforált drénlemez víztároló kapacitása is növekszik.

Heterogenitás

Néhány egyszerű ötlettel tovább növelhetjük a kialakítandó élőhely környezeti feltételeinek változatosságát, így még több, egymástól eltérő ökológiai igényű faj telepedhet meg sikeresen a zöldtetőn.

Alakítsunk ki *mikrodomborzatot* az ültetőközeg felszínén! Néhány centiméteres mikrodombok és mikrovölgyek már elegendőek a változatosabb gyökérzóna, -vízellátás és -kitettség megteremtéséhez.

A heterogenitást tovább növelhetjük azzal, ha *változatossá tesszük a termőréteg minőségét*. Ezt elérhetjük úgy, ha többféle közeget használunk a területen, vagy ha az alap-szubsztrátba adalékokat, például homokot, komposztot, perlitet vagy ásványi zúalékot keverünk foltszerűen. A vízáteresztő-vízmegtartó képesség, a porózusság, a szervesanyag- és ásványianyag tartalom vagy akár a pH változatossága újabb és újabb fajoknak adhat életteret a zöldtetőn.



68-69. kép Mikrodomborzat és heterogén ültetőközeg használat egy svájci kórház biodiverz zöldtetőjén növénytelepítés előtt és után. Fotó: Stefan Brenneisen

Az élőhely változatosságát tovább növelhetjük holtfák kihelyezésével, köves élőhelyek kialakításával. De felhasználhatunk szennyező-désmentes újrahasznosított anyagokat: téglá és cserép törmelékét, kerámiát, használt autógumit - bármit, ami a talaj feletti és alatti flóra és fauna számára menedéket, védettséget, eltérő élőhelyi körülményeket biztosít.



70. kép
Holtfa egy londoni biodiverz zöldtetőn.
Fotó: Dezsényi Péter

Beporzóbarát élőhely kialakítása

A beporzásért felelős természetes fajok támogatásának elsőszámú eszköze a térben és időben kiterjedt virágzó felületek. A pollinátoroknak a táplálkozás mellett a szaporodás és áttelelés védett helyeire is szüksége van. A mostanában egyre népszerűbb rovarhotelek, fatörzsekbe fúrt járatok és más föld feletti objektumok mellett fontos tudni, hogy a természetes pollinátorok számos faja, például a poszméhek is a talajban fészkelnek.



71. kép
Bee hotel az Österreichische Post AG (Osztárak Posta Részvénytársaság) bécsi logisztikai központjának biodiverz zöldtetőjén.
Fotó: Dezsényi Péter

Vizes élőhely a tetőn

Az extenzív, öntözetlen biodiverz zöldtetőn víz pontszerű kijuttatása jelentősen hozzájárulhat a flóra és fauna gazdagításához. Építhetünk olyan biodiverz zöldtetőt, amelyen állandó vagy időszakos vízfolyások, kisebb tavak vagy vízzel elárasztott területek vannak. Műszaki szempontból fontos, hogy a tófóliával vagy más módon kialakított vízarchitektúra teljes egészében a szivárgó réteg felett épüljön, függetlenül a tetőszigeteléstől. A felszíni vizek megsokszorozzák a tetőn megjelenő rovarok és madarak számát, és az egész élőhely fajgazdagságát jelentősen növelik.

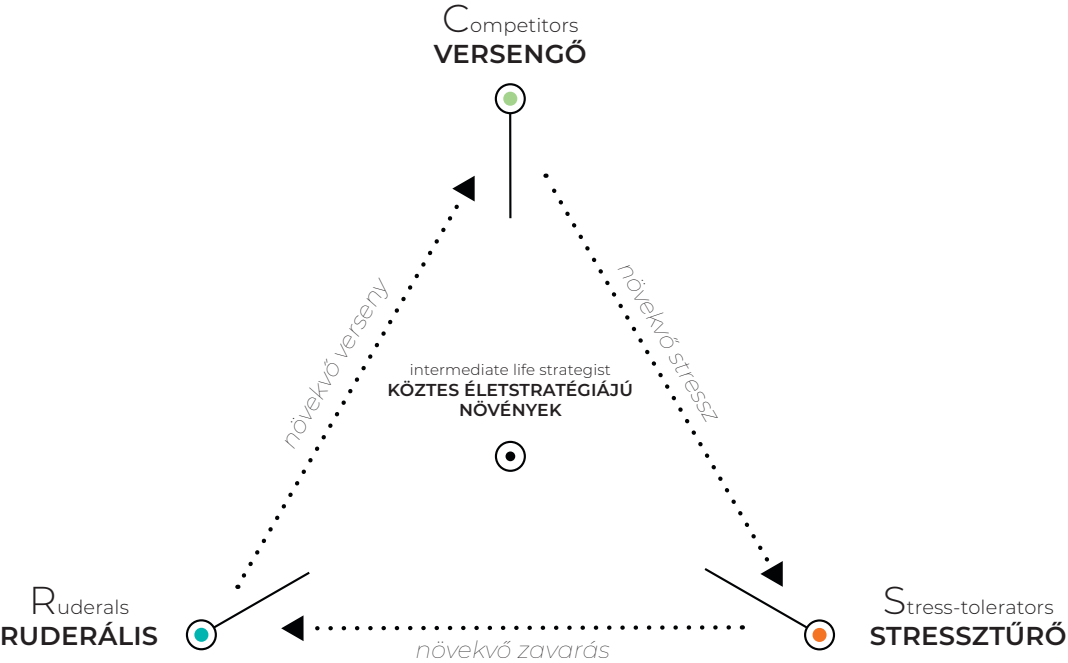


72. kép
Vizes élőhely egy londoni biodiverz zöldtetőn. Fotó: Dusty Gedge

Növényalkalmazás

A hazai biodiverz zöldtetők a száraz szikla- és pusztagyepék flórájához hasonló társulások. A termőréteg és a növényalkalmazás megtervezésekor ebben az ökológiai tartományban tudunk hosszútávon jól működő, öfenntartó, fajokban gazdag élőhelyet kialakítani.

Vékony termőréteg, alacsony szervesanyag tartalom, hosszú száraz időszakok: ez a három meghatározó környezeti feltétel. A száraz sziklagyepék fajai ugyanis S stratégiás növények, azaz magasfokú stressztűrési jellemzi őket. Ezen környezeti feltételek szűköségével, hiányával szemben ellenállóak, ez az ökológiai versenyelőnyük. Ha valamelyiken túl sokat javítunk, a növénytelepítés után rövid idő alatt felborul az egyensúly, és olyan nemkívánatos (C stratégiás, azaz kompetitív) fajok jelennek meg, amelyek kiszorítják a céltársulás jelentős részét és végül az egész területen csökkentik a biodiverzitást.



15. ábra
A CSR modell J. Philip Grime (1977) alapján. Az elmélet szerint minden faj túlélési stratégiája leírható e három típus kombinációból: C = kompetitív, S = stressztűrő, R = ruderalis, azaz bolygatástűrő.

A korábban ismertetett varjúháj fajok mellett (lásd: hazai extenzív zöldtetők varjúháj fajai... oldal) számos olyan őshonos lágyszárú faj szaporítóanyaga beszerezhető hazai termelőktől, amelyek ideálisak a biodiverz zöldtetőkre.

A sikeres növénytelepítés a biodiverz zöldtetők építésének egyik legkritikusabb és legnehezebb művelete. Kulcsai a megfelelő szaporítóanyag és a jó időzítés.

Biodiverz zöldtetőre javasolt fajok listája 8 és 20 cm ültetőközeg vastagság között

(Máté András közreműködésével).

7. táblázat

sorszám	Taxon lista - latin név	magyar név
Kiegészítő öntözés nem igénylő fajok		
1	Achillea setacea	pusztai cickafark
2	Allium flavum	sárga hagyma
3	Allium atroviolaceum	sötét hagyma
4	Alyssum alyssoides	közönséges ternye
5	Alyssum montanum	hegyi ternye
6	Alyssum tortuosum	homoki ternye
7	Anthemis ruthenica	homoki pipitér
8	Anthemis tinctoria	festő pipitér
9	Anthericum ramosum	ágas homoklilom
10	Anthyllis vulneraria	nyúlzapuka vagy réti nyúlhere
11	Artemisia campestris	mezei üröm
12	Aster linosyris (syn.: Galatella)	aranyfűrt
13	Astragalus onobrychis	zószlós csúdfű
14	Berteroa incana	fehér hamuka
15	Campanula rotundifolia	kereklevelű harangvirág
16	Cephalaria transylvanica	mezei fejvirág
17	Consolida orientalis	keleti szarkaláb
18	Dianthus pontederæ	magyar szegfű
19	Dorycnium germanicum	selymes dárdahere
20	Echium vulgare	terjőke kígyószisz
21	Eryngium campestre	mezei iringó
22	Festuca amethystina	lila csenkesz

23	Festuca pallens	deres csenkesz
24	Festuca pseudovaginata	tecei csenkesz
25	Festuca rupicola	pusztai csenkesz
26	Festuca vaginata	magyar csenkesz
27	Fumana procumbens	naprózsa
28	Geranium robertianum	nehézszagú gólyaorr
29	Globularia punctata	magas gubóvirág
30	Gypsophyla paniculata	buglyos fátylvirág
31	Helianthemum nummularium	molyhos napvirág
32	Helianthemum ovatum	közönséges napvirág
33	Linum austriacum	hegyi len
34	Muscari neglectum	fűrtös gyöngyike
35	Minuartia viscosa	enyves kőhúr
36	Onobrychis arenaria	homoki baltacím
37	Orlaya grandiflora	nagyvirágú laputurbolya
38	Petrorhagia prolifera	nyári aszúszegefű
39	Petrorhagia saxifraga	kőtörő aszúszegefű
40	Pimpinella saxifraga	hasznos földtömjén
41	Plantago arenaria	homoki útifű
42	Plantago lanceolata	keskeny levelű útifű
43	Potentilla argentea	ezüst pimpó
44	Potentilla arenaria	homoki pimpó
45	Salvia aethiopis	magyar zsálya
46	Salvia nemorosa	ligeti zsálya

47	Sanguisorba minor	kis vérfű
48	Scabiosa ochroleuca	vajszínű ördög szem
49	Seseli hippomarathrum	szilkés gurgolya
50	Silene conica	homoki habszegfű
51	Stachys recta	hasznos tisztesfű
52	Teucrium chamaedrys	sarlós gamandor
53	Teucrium montanum	hegyi gamandor
54	Thymus glabrescens	közönséges kakukkfű
55	Verbascum phoeniceum	lila ökörfarkkóró
56	Veronica arvensis	mezei veronika
57	Veronica spicata	macskafarkú veronika
58	Xeranthemum annuum	ékes vasvirág
Kiegészítő öntözést igénylő fajok		
1	Artemisia pontica	bárányüröm vagy római üröm
2	Cichorium intybus	mezei katáng vagy katángkóró
3	Galium verum	tejoltó galaj
4	Hypericum perforatum	közönséges orbáncfű
5	Medicago lupulina	komlós lucerna
6	Nepeta pannonica	bugás macskamenta
7	Potentilla recta	egyenes pimpó
8	Prunella laciniata	fehér gyilkfű
9	Rapistrum perenne	évelő rekenyő
10	Salvia austriaca	osztrák zsálya
11	Salvia pratensis	mezei zsálya
12	Salvia verticillata	lőzsálya
13	Securigera varia	tarka koronafűrt
14	Senecio jakobaea	jakabnapi aggófű
15	Seseli varium	változó gurgolya
16	Silene viscosa	ragadós mécsvirág
17	Silene vulgaris	hőlyagos habszegfű
18	Thalictrum minus subsp. minus	közönséges borkóró
19	Thalictrum simplex subsp. simplex	egyszerű borkóró
20	Tragopogon orientalis	közönséges bakszakáll
21	Trifolium pratense	réti vagy vörös here
22	Trifolium repens	fehér here
23	Viola hirta	borzas ibolya

Telepítés

Általános tapasztalat szerint minél többféle szaporítóanyag-féleséget, növényi propagulumot használunk vegyesen, annál sikeresebb lesz a betelepítés. A sarj- és magvetést kiegészíthetjük palánták ültetésével, kaszálék terítésével. A megfelelő donorterületről jó időben begyűjtött kaszálék nemcsak sokféle magot tartalmaz, de védelmet is nyújt a csírázó növényeknek. Tervezzük felül a fajgazdagságot! Legalább háromszor-négyszer annyi fajt telepítsünk, mint ahányat az első év végén szeretnénk a területen látni.

Hazai szaporítóanyagot használjunk! Az olcsó import magkeverékek ritkán hoznak jó eredményt: tele vannak közepes vízigényű generalista fajokkal és genetikai változatokkal, ezért nem tudnak jól alkalmazkodni a magyar klímához és a biodiverz zöldtető szélsőséges környezeti feltételeihez.

Az itthon előállított magkeverékekből ezzel szemben négyzetméterenként már néhány gramm elegendő a sikeres telepítéshez. A magokat két nagyságrenddel több finom homokkal keverjük el egyenletesen – tehát 100 g magkeveréket kb. 10 kg homokkal – és így juttassuk ki az ültetőközeg felszínére. Szeles időben a homokot benedvesíthetjük kijuttatás előtt.

Extenzív zöldtető alap- és díszítő fjai		
	Sedum nemzetség	
1	Sedum acre fajták	borsos varjúháj fajták
2	Sedum album fajták	fehér varjúháj fajták
3	Sedum cyaneum fajták	rózsáskék varjúháj fajták
4	Sedum floriferum fajták	dúsvirágú varjúháj fajták
5	Sedum hispanicum és fajtái (rövid életű, magjával könnyen terjedő évelő)	deres varjúháj fajták
6	Sedum hybridum és fajtái	örökzöld varjúháj és fajtái
7	Sedum kamtschaticum és fajtái	kamcsatkai varjúháj és fajtái
8	Sedum montanum és fajtái	hegyi varjúháj és fajtái
9	Sedum rupestre (syn. S. reflexum) fajták	kövi varjúháj fajták
10	Sedum sarmentosum	indás varjúháj
11	Sedum sediforme fajták	termetes varjúháj fajták
12	Sedum selskianum	szőrösszárú varjúháj
13	Sedum sexangulare	hatsoros varjúháj
14	Sedum spurium fajták	kaukázusi varjúháj fajták
15	Sedum takesimense	koreai varjúháj
Egyéb díszítő fajok		
1	Aubrieta ssp.	pázsitviola
2	Delosperma cooperi, D. lavisiae, D. nubigenum és fajtái	bíborvörös, lila és sárga délvirág és fajtái
3	Euphorbia cyparissias és fajtái	farkas kutyatej és fajtái
4	Euphorbia myrsinites	délszaki kutyatej
5	Iris pallida 'Variegata'	tarka dalmát nőszirm
6	Iris pumila	apró nőszirm
7	Iris reichenbachii	balkáni nőszirm
8	Iris x barbata és fajtái	szakállas nőszirm és fajtái
9	Jovibarba fajok és fajták	gömbös kövirózsza fajok és fajták
10	Sempervivum fajták	kövirózsza fajták
11	Talinum calycinum (rövid életű, magjával terjedő évelő)	rózsaszín hírvirág
13	Thymus praecox, serpyllum és fajtái	korai kakukkfű, keskenylevelű kakukkfű és fajtái
14	Télálló kaktuszok	télálló kaktuszok



73. kép
Felülvetés biodiverz
magkeverékkal.
Fotó: Dezsényi Péter

A *magvetés* viszonylag szűkre szabott idősávokban működik zöldtetőn. A legjobb időszak *október közepétől november közepéig* tart, a második legjobb március elejétől március végéig. Március vége után már ne vessünk biodiverz zöldtetőn magkeveréket!

A *tél alá vetés* (november közepétől – február végéig) is működhet, de az eredés valószínűsége kisebb, mint az előző két időszakban. Tél alá vetés után az esetek többségében kiegészítő vetésre lehet szükség.

Az egyes szaporítóanyag féleségek optimális telepítési időpontja biodiverz és extenzív zöldtetőkön													8. táblázat
	Jan	Feb	Már	Ápr	Máj	Jún	Júl	Aug	Sze	Okt	Nov	Dec	Utógondozás
Sedum sarjvetés													Szélerózió elleni védelem és öntözés (6 hét)
Sedum paplan													Manuális öntözés (4 hét)
Sedum palánta													Manuális öntözés (4 hét)
Biodiverz magkeverék vetése													Öntözés nélkül vagy minimális beöntözéssel
Kaszálék terítés													Szélerózió elleni védelem, öntözés nélkül

Ha a csírázás és kezdeti megtelepedés nem sikerült jól, várjuk meg a következő optimális vetési időszakot és ismételjük meg a magvetést. Az optimális vetési időszak az adott év időjárásától függően kissé változhat. Ha csak tehetjük csapadékos időszak elején vessünk, és kerüljük az adott évszagnál melegebb, száraz időszakokat.

Növénygondozás

A kevesebb több: nem fenntartjuk a növényzetet, hanem *támogatjuk, terelgetjük* a legellenállóbb állapot elérése felé. Nem kertész, hanem ökológus szemlélet kell a sikeres felneveléshez.

Ideális esetben a kora tavaszi – késő őszi időjárás elegendő csapadékot és talajnedvességet biztosít a csírázáshoz, ezért ne öntözzük a biodiverz zöldtetőt a telepítés után. Amennyiben mégis szükséges a vízpótlás, törekedjünk a minimumra. Ne feledjük a fő szabályt: ellenálló, szárazságtűrő biodiverz társulás kialakítása a cél, kerülni kell a túlöntözést, a műtrágyázást és minden olyan hagyományos fenntartási műveletet, amely a kijuttatott szaporítóanyag kevésbé stressztűrő genetikáját csalogatja elő.

A növényállomány teljes záródása néhány hónaptól akár egy-két évig is tarthat az ültetőközeg, a telepítés sikeressége és a környezeti feltételek függvényében. Az eddigi tapasztalataink alapján ebben az időszakban is erősen kontraproduktív az öntözés, mert gyengíti a későbbi növénytakaró ellenállását a szárazsággal szemben. Ha gyenge a kezdeti csírázás, a következő késő téli vagy kora tavaszi időszakban felülvetéssel támogassuk a vegetációt. Általában egy-két éven belül adódik egy megfelelően párás, csapadékos, hűvös időszak, amikor a korábban kijuttatott magok nagy része csírázásnak indul. Az ültetőközegünk egy-két év után egy rendkívül *gazdag magbankká* változik és a zöldtető különböző életszakaszaiban más és más fajokat varázsol a szemünk elé.



74. kép
Allium tuberosum
(kínai metélőhagyma)
októberi virágzásban.
A több száz fajból
álló magbanknak
köszönhetően az Őrs
Vezér téri Ikea biodiverz
zöldtetője minden év
minden hónapjában
más arcát mutatja.
Fotó: Dezsényi Péter

A gyomnövényekkel is nagyvonalúan kell bánnunk biodiverz zöldtetőn. A ruderalis, azaz talajbolygatással megjelenő R stratégiás gyo-mok általában nem okoznak tartós problémát. Ha a közegünk az ajánlás szerint szervesanyagban szegény az első évben kikopnak a területről. Általános alapelvként csak akkor avatkozunk be, ha C stratégiás, versengő faj kezd el gyorsan terjedni a területen.



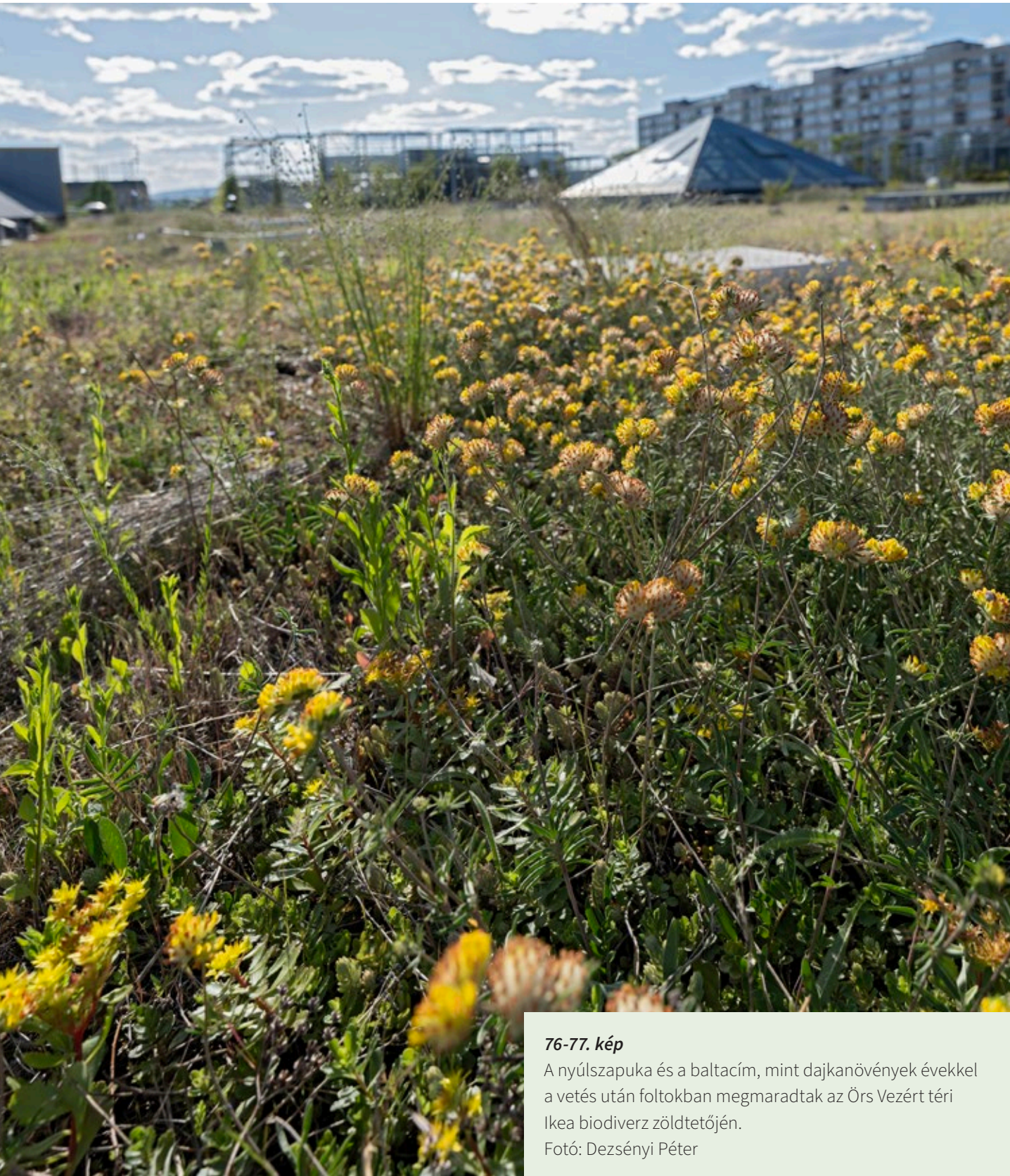
75. kép
A seprence azon kevés
fajok egyike, amelyet
érdemes eltávolítani a
biodiverz zöldtetőről,
mivel hónapokon át
virágzik és agresszíven
szórja a magjait.
Fotó: Dezsényi Péter

A záródott, megtelepedett állományt évente egyszer, a nyár derekán érdemes kaszálni, hogy lassítsuk a szervesanyag felhalmozódását a területen. 10 cm vágási magasság alá ne menjünk, az összegyűjtött kaszálékot pedig maradéktalanuk vigyük le a tetőről.

Dajkanövények alkalmazása

Az élőhely restaurációs munkák bevett technológiája induláskor *dajkanövényekkel* betelepíteni a célterületet. Ezek általában olyan mezőgazdasági takarmánynövények, amelyek gyorsan záródó állományt nevelnek a restauráció kezdeti időszakára. A dajkanövények védettséget, jobb vízgazdálkodást és ideális mikroklimát biztosítanak a célfajok csírázásához. Mire 2-3 év alatt a dajkanövények kikopnak, a célfajok megerősödnek és átveszik az uralmat a terület felett.

Azokon a biodiverz zöldtetőkön, ahol a terület nagy kitettsége miatt lassú a növényállomány záródása, érdemes lehet dajkanövényekkel próbálkozni. A megfelelő faj vagy fajok kiválasztásához vonjunk be ökológus szakembert. Budapesten lucerna, baltacím, nyúlszapuka és tarka koronafürt került kipróbálásra az Ikea Örs Vezér téri zöldtetőjén.



76-77. kép
A nyúlszapuka és a baltacím, mint dajkanövények évekkal a vetés után foltokban megmaradtak az Örs Vezért téri Ikea biodiverz zöldtetőjén.
Fotó: Dezsényi Péter

Biodiverz zöldtetők szukcessziója, öregedése

A biodiverz zöldtetők folyamatosan változó arcukat mutatják. Az adott évre és évszakra jellemző csapadék, hőmérséklet és páratartalom más és más növényeknek biztosít ideális feltételeket a magbankunkban őrzött fajkészletből. Az évek előrehaladtával megindul és felgyorsul a természetes cserekereskedelem: egyre több faj települ be a környező zöldfelületekből, és egyre több zöldtetős növényünk üti fel a fejét a szomszédságban.

Ha megfelelően alacsony szervesanyaggal és optimális vízmegtartó képességgel sikerül az indulás, a biodiverz zöldtető hosszú ideig megmarad a zárt sziklagyepek és pusztagyeppek fajgazdag, változatos, hosszú virágzási idejű élőhelyeinek szintjén. A magas szervesanyaggal megépülő zöldtetőket ezzel szemben hamar ellepik a domináns fűfélék, amelyek kiszorítják a virágzó kétszikűek többségét.





78. kép
Bioszolár tető, azaz napelemek zöldtetőn. A két technológia szimbiózisa számos előnnyel kecsegtet. Fotó: Elisabeth Weiss-Tessbach

3.4 Bioszolár zöldtetők

A 21. század elhozta az *inaktív városi tető* korszakának végét. De nem a zöldtető az egyetlen aspiráns, aki felfedezte magának ezt a hatalmas kiaknázatlan felületet: a megújuló energia korszakának legnagyobb sztárja a *napelem*. Az elmúlt 20 évben a PV-k, azaz fotovoltaiikus panelek mindennapi életünk részévé váltak, és szükségszerűen megjelentek az épületek tetején és homlokzatain egyaránt. A két technológia nem vív élethalál harcot a tetőfelületekért - sőt, valójában nagyon jól megvan egymás mellett. Németországban és Svájcban már 20 éve épülnek napelemes zöldtetők, amelyeket 2013 óta bioszolár zöldtetőknek hívunk.

Kölcsönösen előnyös együttműködés

A bioszolár tető a *zöldtető* és a *napelemek szimbiózisa*. A két technológia ugyanis - a tervezési és telepítési irányelvek betartása esetén - növeli egymás hatékonyságát.

A napelemek energiatermelési képessége a hőmérséklet csökkenésével növekszik, a zöldtetők pedig hatékonyan hűtik a forró levegőt a nyári kánikulában. Ez forró napokon átlagosan 6-8%-kal több villamosenergiát jelent, de ha világos színű szubsztrátot használunk és a növényzetben megemeljük az ezüstös levelű taxonok arányát, akkor a növekvő albedónak, azaz fényvisszaverő képességnek köszönhetően akár 20% hatékonyság növekedést is elérhetünk a nyári csúcsidekban.

A napelemek cserébe védeltséget, félárnyékos és árnyékos területeket biztosítanak a növényeinknek. Ezáltal nő a biodiverzitás és a biológiai teljesítmény, ami pozitív visszacsatolást eredményez: a dúsabb növényzet még többet párologtat, így még alacsonyabb lesz a léghőmérséklet a napelemek körül.



79. kép
A napelemek árnyékolják a növényeket, így közvetve növelik a biodiverzitást és a biológiai aktivitást. A növények cserébe hűtik a levegőt, ezáltal nő a PV panelek hatékonysága. Fotó: Elisabeth Weiss-Tessbach

Műszaki megoldások és növényalkalmazás

A bioszolár zöldtetőkhöz számos hazai és európai gyártó kínál komplett rendszer megoldásokat. Alacsony lejtésű tetőkön (0-5 fok) a napelemeket tartó konzolok a vízszivárgó réteg fölé telepített, úgynevezett leterheléses rendszerek. A speciális tartóelemekhez olyan szivárgólemezek tartoznak, amelyek a napelemek alatti növények vízellátását is hatékonyan támogatják.

A bioszolár zöldtetők szél- és födémterhelésének számítása minden esetben statikus szakember bevonásával történik. Minden bioszolár zöldtetőn kiemelt fontosságú a függőleges vízszivárgó, vagyis az osztályozott kavicságy megépítése a zöldtető szélein a szélszívó hatás ellen.

A bioszolár rendszer zöldtetőin *biodiverz* növényalkalmazást javasunk a legnagyobb költséghatékonyság érdekében. Kerülnünk kell a túl magas növények árnyékoló hatását, ezért olyan palántákat vagy magkeveréket használjunk, amely nem tartalmaz 20-25 cm-nél nagyobbra növekedő fajokat.

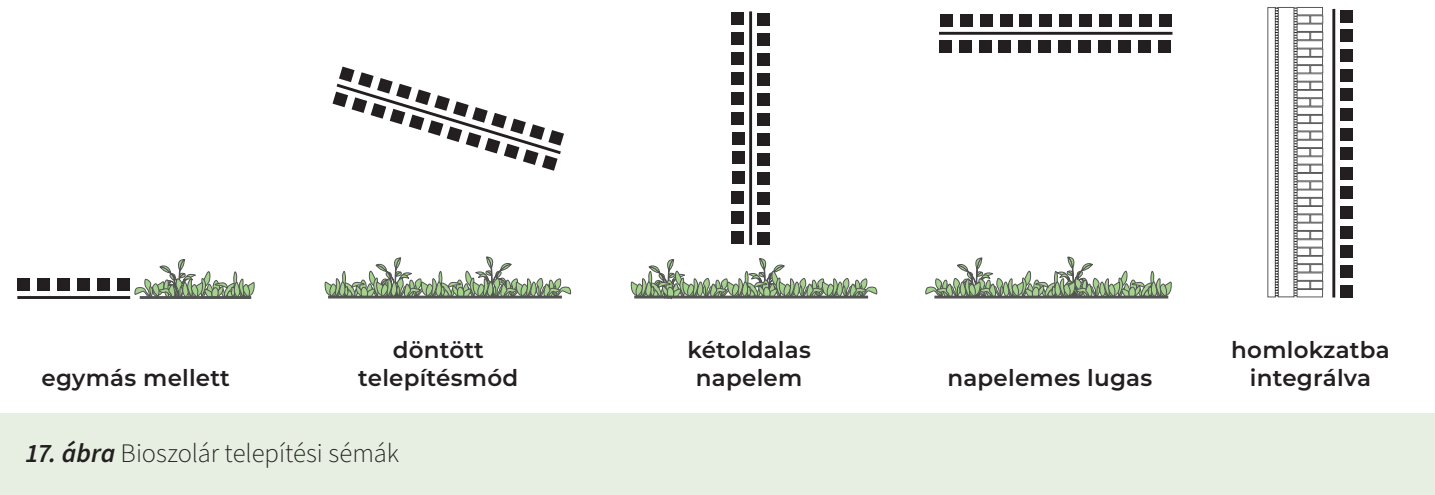
Bioszolár zöldtetőre ajánlott növényfajok listája (Máté András közreműködésével).

9. táblázat

sorszám	Taxon lista - latin név	magyar név
1	Allium flavum	sárga hagyma
2	Alyssum alyssoides	közönséges ternye
3	Alyssum montanum	hegyi ternye
4	Alyssum tortuosum	homoki ternye
5	Anthemis tinctoria	festő pipitér
6	Astragalus onobrychis	zászlós csúdfű
7	Delosperma cooperi	bíborvörös délvirág
8	Delosperma lavisiae	lila délvirág
9	Delosperma nubigenum	sárga délvirág
10	Dorycnium germanicum	selymes dárdahere
11	Festuca pallens	deres csenkesz
12	Festuca pseudovaginata	tecei csenkesz
13	Festuca vaginata	magyar csenkesz
14	Fumana procumbens	naprózsa
15	Globularia punctata	magas gubóvirág
16	Helianthemum nummularium	molyhos napvirág
17	Helianthemum ovatum	közönséges napvirág
18	Iris pumila	apró nőszirm
19	Iris reichenbachii	balkáni nőszirm
20	Jovibarba fajok és fajták	kövirózsa fajok és fajták
21	Muscari neglectum	fürtös gyöngyike
22	Petrorhagia prolifera	nyári aszúszegefű
23	Petrorhagia saxifraga	kötőrő aszúszegefű
24	Plantago lanceolata	keskeny levelű útifű
25	Potentilla argentea	ezüst pimpó

26	Potentilla arenaria	homoki pimpó
27	Sanguisorba minor	kis vérfű
28	Sedum acre fajták	borsos varjúháj fajták
29	Sedum album fajták	fehér varjúháj fajták
30	Sedum cyaneum fajták	rózsáskék varjúháj fajták
31	Sedum floriferum fajták	dúsvirágú varjúháj fajták
32	Sedum hispanicum és fajtái	deres varjúháj fajták
33	Sedum hybridum és fajtái	örökzöld varjúháj és fajtái
34	Sedum kamtschaticum és fajtái	kamcsatkai varjúháj és fajtái
35	Sedum montanum és fajtái	hegyi varjúháj és fajtái
36	Sedum rupestre (syn. S. reflexum) fajták	kövi varjúháj fajták
37	Sedum sarmentosum	indás varjúháj
38	Sedum sediforme fajták	termetes varjúháj fajták
39	Sedum selskianum	szőrösszórú varjúháj
40	Sedum sexangulare	hatsoros varjúháj
41	Sedum spurium fajták	kaukázusi varjúháj fajták
42	Sedum takesimense	koreai varjúháj
43	Sempervivum fajták	kövirózsa fajták
45	Talinum calycinum	rózsaszín hírvirág
46	Teucrium chamaedrys	sarlós gamandor
47	Teucrium montanum	hegyi gamandor
48	Thymus glabrescens	közönséges kakukkfű
49	Thymus praecox	korai kakukkfű
50	Thymus serpyllum	keskenylevelű kakukkfű
51	Veronica arvensis	mezei veronika

Telepítési lehetőségek
5 bioszolár telepítési sémát mutatunk be az alábbiakban, ezek jelenleg az európai gyakorlatban legelterjedtebb típusok.

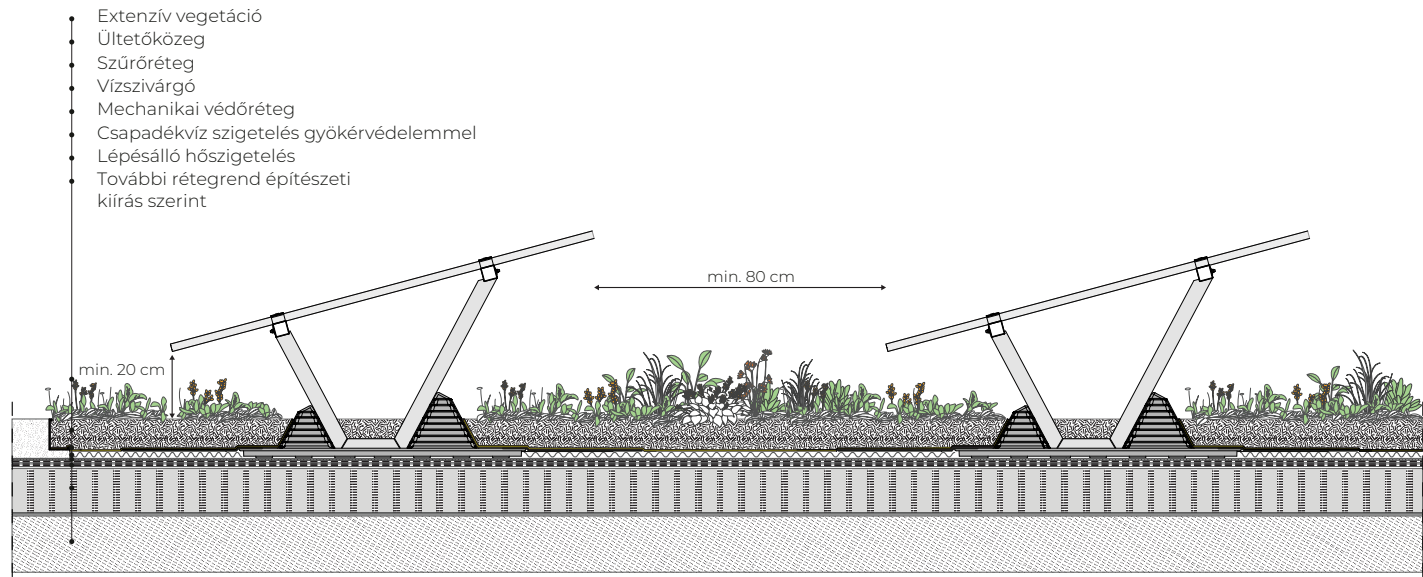


Az első esetben a napelemek egyszerűen csak a zöldfelületek mellett, közvetlenül a tető síkján vízszintesen fekszenek. Ez a legkevésbé hatékony elrendezés, a két rendszer szimbiózisa itt csak kis részben valósul meg.

A második séma az egysoros déli tájolású rendszer. Ebben az esetben a napelemek a zöldtető felett kiemelt sorokban, dél felé döntve kerülnek elrendezésre.

A szubsztrát átlagos vastagsága 8-15 cm legyen – a napelemek körüli részeken a legsekélyebb, azaz 8 cm – így a spontán betelepülő nagy növények sem fogják beárnyékolni a fotovoltaiikus cellákat.

A napelemes panelek ültetőközeg feletti legalacsonyabb pontja legalább 20-30 cm magasságban legyen. A panelsorok közötti szervíz-távolságokat a mellékelt ábrák szerint mindig tartsuk be.



16. ábra Bioszolár zöldtető mintametszete.



80. kép
A salzburgi Ikea bioszolár zöldtetője déli tájolású PV panelekkel.
Fotó: Elisabeth Weiss-Tessbach

A döntött kétsoros kelet-nyugati tájolású rendszereknek két altípusa van, az egymás melletti sorok forgatása szerint. A nyereg sémájú elrendezés szélterhelése kisebb, a pillangó forma karbantartása egyszerűbb. A kelet-nyugati tájolás több energiát termel, mint az egysoros déli.



81. kép Bioszolár zöldtető Zürichben kelet-nyugati tájolású PV panelekkel. Fotó: Elisabeth Weiss-Tessbach



82. kép Kelet-nyugati tájolású, kétoldalú vertikális PV panelek egy winterthur-i nyomdaüzem bioszolár zöldtetőjén Svájcban. Fotó: Elisabeth Weiss-Tessbach

Végül, de nem utolsósorban egyre népszerűbbek a *napelemes lugasok*, amelyek számtalan kreatív formában ölthetnek testet.



83. kép Napelemes lugas kúszónövényekkel, zöldtetővel és hallgatókkal a BOKU (Bécsi Agrártudományi Egyetem) dóblingi kampuszának teraszán. Fotó: Elisabeth Weiss-Tessbach

A fenti alaptípusok mellett a napelemek és zöld épületszerkezetek (zöldtetők és zöld homlokzatok) szimbiózisa nyomán az elmúlt évtizedben rengeteg innovatív megoldás és termék látott napvilágot.



84. kép Európa első karbonsemleges szállodája, a Boutique Hotel Stadthalle Bécs belvárosában, a Mariahilfe strasse közelében fekszik. Zöldtetők, zöldfalak és napelemek borítják a passzív épület héjszerkezetének minden szabad felületét. A zöldtetőkre kaptárokat is telepített a tulajdonos, az itt készült mézet a szállóvendégek jutányos áron megvásárolhatják. Fotó: Elisabeth Weiss-Tessbach

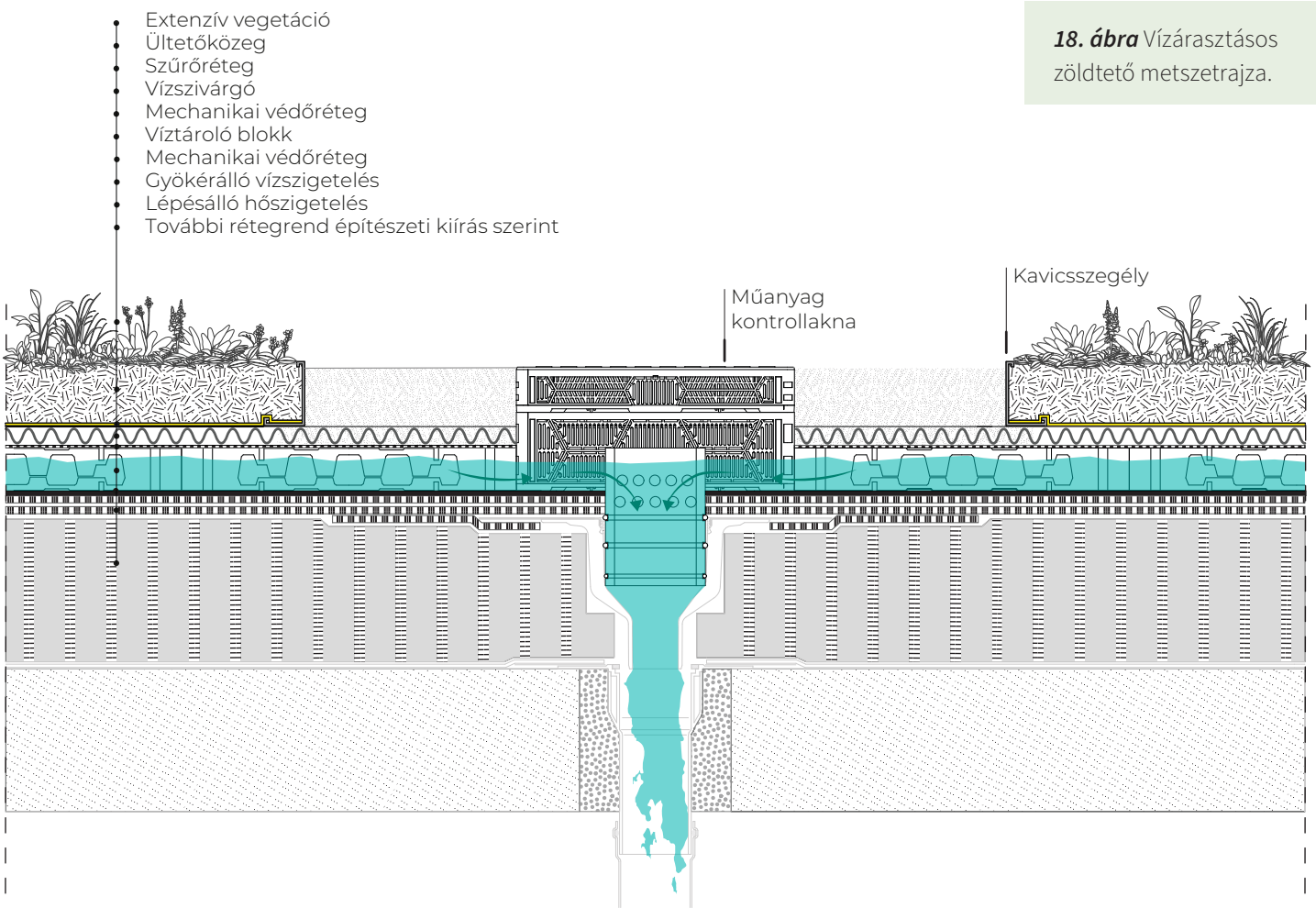
85. kép
Piet Oudolf által tervezett
évelőágyás a High Line-on,
hátterben egy tipikus New
York-i víztartállyal.
Fotó: Andrew Frasz



3.5 Vízárasztásos zöldtetők

A globális zöldtető építési trend legfőbb hajtóerője a *városi integrált csapadékvíz* gazdálkodás, vagy mostanában divatos nevén a *szivacsváros szemlélet* térhódítása. A zöldtetők ennek kulcselemei, mivel a lehulló esővíz nagy részét megtartják, a maradékot pedig hatékonyan lelassítják. A modern kertészeti felépítmények lefolyási tényezője és vízmegtartó képessége egyedileg méretezhető, az így készülő, átmeneti víztározónak minősített zöldtetők építését pedig egyre több országban jelentős anyagi támogatással ösztönzik.

Az épületek tetején létesített átmeneti víztározók másik fontos technológiai irányzata a kéktető, amely lefolyáslassítással, sok esetben pedig a tetőfelület tartós árasztásával működik. Amikor a kéktető fölé nem élettelen burkolat, hanem élő növényzet, azaz kertészeti felépítmény kerül, akkor beszélünk vízárasztásos zöldtetőről.



18. ábra Vízárasztásos
zöldtető metszetrajza.

A hagyományos lapostetőtől eltérően itt a tetősíknak nincs lejtése, a tető vízszigetelése pedig az állandó víznyomásnak megfelelően méretezett. A mechanikai védőrétegre könnyű, moduláris tartórendszer kerül, ez tölti ki a víztározó részt a teljes felületen a tervezett magasságig a kertészeti felépítmény alatt. A lefolyón található speciális nyaktag lehet állítható magasságú, kivehető, vagy akár perforált. Ez a rendszer kulcseleme, amely a lassítás mértékét szabályozza, és szükség esetén lehetőséget ad a víz leeresztésére.



86. kép Moduláris tartórendszer vízárasztásos zöldtetőn.
A lefolyócső nyaktag magassága menetes szárral állítható.
Fotó: Diadem

A vízáraztásos zöldtetők mikroklímája különleges. A felfelé szivárgó nedvesség a gyökereknek optimális életfeltételeket biztosít, a dús növényzet állandó párologtatása pedig jelentősen javítja a városi környezet levegőjét. Az épületre gyakorolt hőcsillapító hatása rendkívüli, a víztározó alatti épületszint nyári hűtését önállóan ellátja.

A technológia gyors térnyerését elsősorban az állandó víztömeg jelenlétével kapcsolatos megrendelői félelmek, másodsorban a magasabb költségek hátráltatják. Pedig ha mérlegre tesszük az előnyöket és hátrányokat, akkor kiderül, hogy a befektetésünk megtérül: az extra költségekért (erősebb földem, víznyomás elleni vízszigetelés, nyaktag és aquabox) és az egyedi engedélyezésért cserébe teljes vízmegtartást és természetes vízkörforgást, rendkívüli mikroklímát, dús növényzetet, és még számos prémium ökológiai szolgáltatást kapunk.



87. kép

Vízaráztásos tetőkert
Bécs belvárosában.

1990 óta hibamentesen
üzemel.

Fotó: Gerold Steinbauer

88. kép

A Hegyvidéki Városháza melléképületének retrofit zöldtetője varjúhájfélékkel és szárazságtűrő évelőkkel beültetett extenzív zöldtető. A 12. kerület volt az első magyar önkormányzat, amely kötelezővé tette zöldtetők létesítését új- és felújított épületek 40 m²-nél nagyobb lapostetőjén.

Fotó: Vizi Gergely

3.6 Retrofit zöldtetők

A nagyvárosok tetődzsungelei a zöld infrastruktúra bővítésének kiaknázatlan felületei. A panelházak önmagukban sokmillió négyzetméter zöldtetőnek adhatnának otthont. A zöldtetőépítési hullám azonban jellemzően az új épületekre fókuszál. A *retrofit zöldtetők* – azok a zöldtetők, amelyek meglévő, üzemelő épületek hagyományos tetőin utólag létesülnek – tömeges elterjedése még várat magára. Habár az ehhez szükséges tapasztalat és szaktudás már rendelkezésre áll, a szabályozási és támogatási ösztönzők még hiányoznak a területről.

Milyen tetők alakíthatók át?

Elsősorban a lapostetők alakíthatóak át egyszerűen zöldtetővé, egyenes vagy fordított rétegrenddel, járható vagy nem járható felülettel egyaránt.



89. kép

Hegyvidéki Városháza retrofit zöldtetője átalakítás előtt.

Fotó: Dezsényi Péter

A tető alkalmasságának megállapítása

Ahhoz, hogy egy régi lapostetőt zöldtetővé alakítsunk mindenekeelőtt egy statikusra és egy szigetelő szakemberre van szükségünk.

Először a födém teherbírását kell megvizsgálnunk. A meglévő hazai lapostetők jelentős része a tapasztalatok szerint a teherhordó szerkezet megerősítése nélkül elbírja azt a plusz 1 - 1,5 kN/m² terhet, amit egy átlagos extenzív zöldtető jelent. Amennyiben azonban rekreációs célból akarunk teraszt vagy tetőkertet építeni, legalább 2,5 - 3 kN/m², vagy még ennél is több extra teherbírásra van szükség.

Ha zöld lámpát kaptunk a statikustól jöhet a tetőszigetelés vizsgálata.

A meglévő szigetelés vizsgálatakor fel kell tárni annak esetleges hibáit, meg kell becsülni a hátralévő élettartamát, meg kell vizsgálni a lejtéviszonyokat, a vízszigetelés gyökérállóságát és a kertészeti felépítmény várható hatását az épület páradiffúziójára. Ki kell térni továbbá a tetőről való vízelvezetés és a leesés elleni védelem vizsgálatára is.

A fenti procedura viszonylag olcsón és gyorsan elvégezhető. Ha azonban a szigetelés várható élettartama már kevés, de a megrendelő még nem szeretné a teljes cserét kifizetni a zöldtetőépítés költségén felül, a kezdeményezés általában meghiúsul.

Amennyiben a meglévő régi vízszigetelésre kerül a kertészeti felépítmény, ne feledkezzünk el a gyökérvédelemről. Ha nem tudjuk egyértelműen megállapítani a szigetelés gyökérállóságát, önálló gyökérvédő réteg fektetésére van szükség.



90. kép

A letakarított, ellenőrzött csapadékvíz-szigetelés készen áll a kertészeti felépítmény fogadására. Ha nem tudjuk egyértelműen megállapítani a szigetelés gyökérállóságát, önálló gyökérvédő réteg fektetésére van szükség.

Fotó: Dezsényi Péter

A retrofit zöldtetők létesítésének magas logisztikai felára lehet, mivel egy már átadott, üzemelő épületben kell jelentős mennyiségű anyagot mozgatni. A hatékony, gyors megvalósításra kiváló megoldás lehet *moduláris zöldtető rendszerek* alkalmazása. Az előnevelt tálcák a vízszivárgót és az ültetőközeget is tartalmazzák, a helyszíni anyagmozgatás és építés pedig a töredéke a hagyományos zöldtetőépítés költségeinek. Ráadásul a növények sem igényelnek utógondozást. (Lásd: *Speciális műszaki megoldások című fejezet*)

A legjobb időpont az átalakításra

Meglévő lapostető zöldítését elsősorban akkor vegyük számításba, amikor a tetőszigetelés felújítása vagy cseréje már egyébként is esedékes. Ne feledjük, hogy a zöldtető többszörözi az új tetőszigetelés élettartamát, amivel általában már nagyrészt megtérül a kertészeti felépítmény többletköltsége.



91. kép

Az Örs Vezért téri Ikeán található Budapest legnagyobb retrofit zöldtetője. Az áruház kavicsréteggel borított lapostetővel épült eredetileg. A nyugati szárny 2002-ben kapott varjúhájás extenzív zöldtetőt, planténerekbe ültetett fákat, kúszónövényeket, virágzó cserjéket és fűszernövényeket. A tetőszigetelés felújítása után az extenzív zöldtető 2015-ben ökológiai ráncfelvarráson esett át – így született meg Közép-Európa legnagyobb, 6500 m²-es biodiverz zöldtetője. Fotó: Glázer Attila

92. kép

A Néprajzi Múzeum tetőkertje izgalmas geometriájával turisták tömegeit vonzza évről évre. A meredekség a legmagasabb ponton, az épület két szélén meghaladja a 20 fokot. Fotó: ZenitX



3.7 Speciális műszaki megoldások

3.7.1 Ferdetetők zöldítése

Zöldtetők elsősorban lapostetőkön, azaz alacsony hajlásszögű tetőkön épülnek, de szinte bármilyen meredekségre léteznek bejáratott műszaki megoldások. A magastetők tömeges zöldítésének leginkább a többletköltség jelent akadályt, a világon azonban így is számos ikonikus építészeti projektet találunk változatos geometriájú zöldtetőkkel

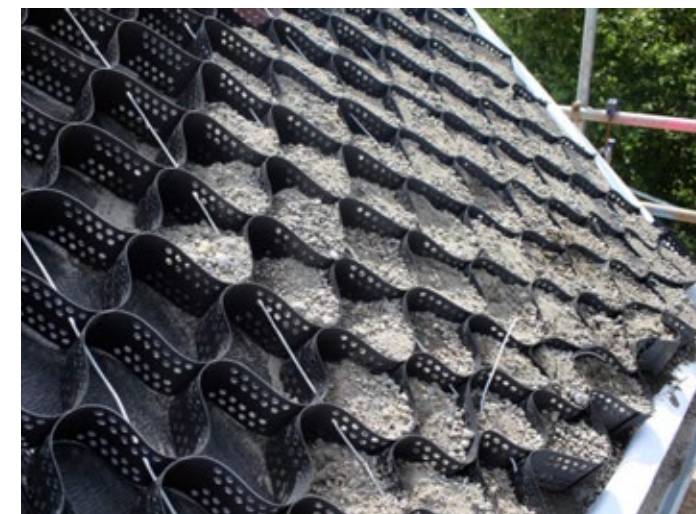
Meredek lejtésű zöldtetőkön fontos alapelv, hogy a födém feletti műszaki rétegrend valamennyi elemének külön-külön és együtt is biztosítani kell a csúszásgátlását, a szigeteléstől a növényzetig bezárólag.

A hosszútávú stabilitást két komponens biztosítja: a megfelelően méretezett és kivitelezett csúszásgátló segédszerkezet, illetve a növényzet megtelepedése és átgökeresedése. Előbbi lehet a födémszerkezet épített része, vagy különálló termék, amelyet megfelelő módon rögzítünk a födémszerkezethez.

Íme az ide vonatkozó ökölszabályok, amelyeket azonban az adott projektre jellemző sajátosságok figyelembevételével lehet csak alkalmazni:

- 20 fokos meredekség alatt – megfelelő aljzat és rétegstabil ültetőközeg alkalmazása esetén – nincs szükség külön csúszásgátló szerkezetre.
- 20 foknál meredekebb tetőkön kötelező csúszásgátló rendszer alkalmazása. Az ilyen zöldtetőkön telepítsünk előnevelt vegetációs paplant, mert a gyors vízfolyás miatt palántákból vagy sarjakkból zárt növényzetállományt nevelni reménytelen küzdelem. A vegetációs paplan begyökeresedéséig szükség lehet annak átmeneti rögzítésére is.
- 30 fok felett részletes statikai méretezés szükséges, 45 fok felett pedig technológiai értelemben már nem zöldtetőt, hanem zöldfalat építünk.

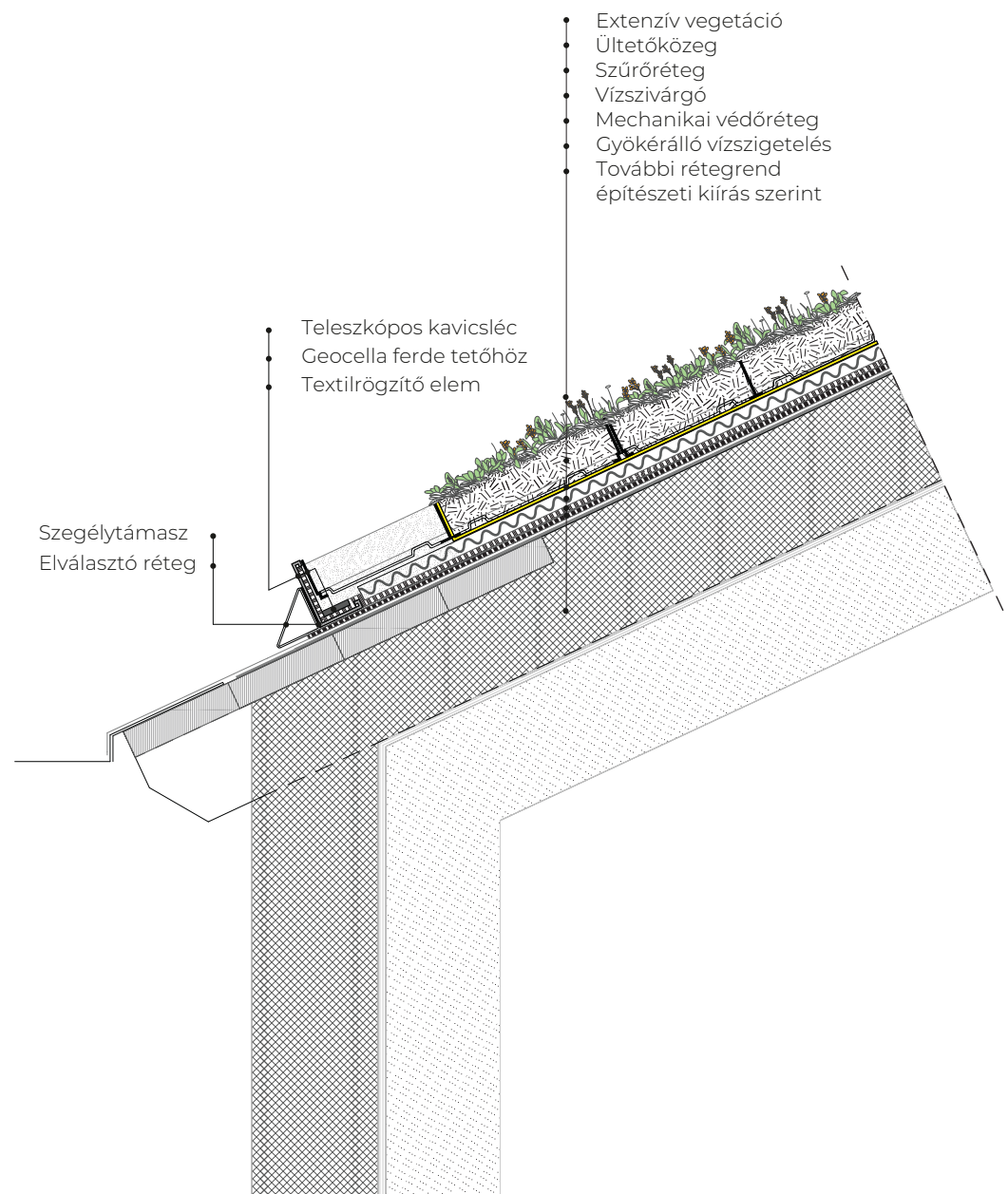
A tetősíkok találkozásánál különleges helyzetek alakulhatnak ki: a tetőnyergeken a vízhiány és szélkitettség miatt gyér lesz a növényzet. Amikor viszont egy meredek sík egy vízszintes felületbe csatlakozik pangó vizes csomópont alakulhat ki, ami megint csak gyér növényzetet eredményezhet. Előbbinél megoldás lehet az ívesen kialakított tetőnyereg, vagy valamilyen burkolat alkalmazása a legproblémásabb szakaszon. A pangó vizes csomópontokban pedig alkalmazzunk kavicsávot a felszínről lefolyó vizek gyorsabb elvezetése érdekében.



93. kép Csúszásgátló geocella meredek hajlásszögű zöldtető építése közben. Fotó: Csabina Péter



94. kép Virágzik a metélőhagyma ezen a berlini magastetőn. Fotó: Manfred Köhler



19. ábra

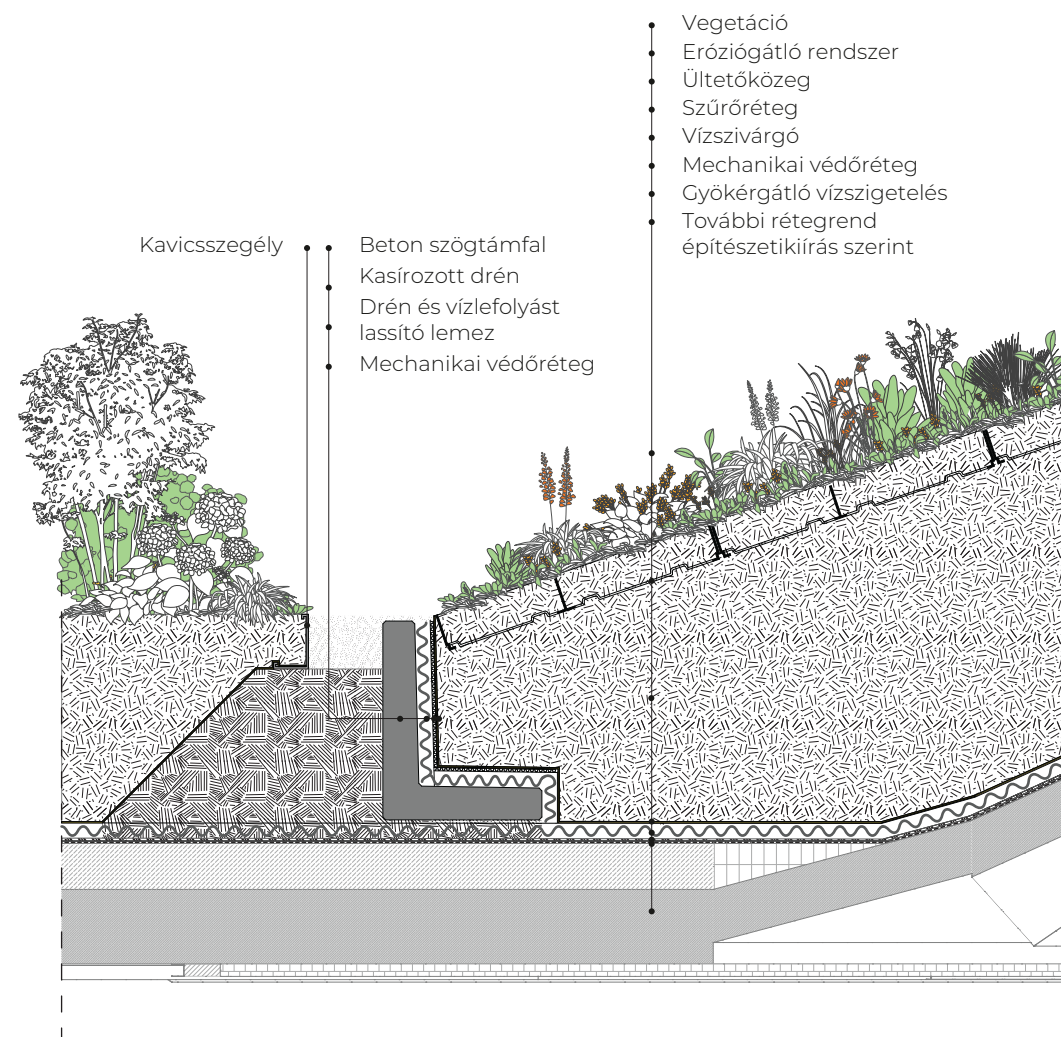
Meredek lejtésű extenzív
zöldtető mintametszete



95. kép A University of Warszawa (Varsói Egyetem)
hatalmas tetőkertjének részlete. A lefolyó víz egy kerti
tóban gyűlik össze. Fotó: Rokszana Bashyrova

Minél nagyobb a tetősík lejtése, annál gyorsabb a víz lefolyása, ami miatt csökken a rendszer vízmegtartó képessége, így a növények számára elérhető csapadék. 5 fokos tetőmeredekség felett ezt jobb vízmegtartó képességű ültetőközeggel és rétegszerkezettel, illetve kisebb vízigényű vegetációval kell kompenzálni. 20 fokos meredekség felett mindenképpen telepítsünk automata öntözőrendszert minden vegetációs típushoz, még varjúhájas extenzív zöldtetőre is.

A műszaki kihívások és magasabb költségek ellenére itthon és külföldön egyaránt nő azoknak a projekteknek a száma, ahol a zöldtető egyedi geometriája teszi az épületét még izgalmasabbá.



20. ábra

Eltérő lejtésű tetősíkok
találkozása intenzív
zöldtetőn



96. kép

Portó központjában
található ez az izgalmas
tetőkert bárral, idős
olajfákkal és kifelé lejtő
tetősíkokkal.
Fotó: Elisabeth Weiss-
Tessbach



97. kép
Moduláris
zöldtetőrendszerből
felépített extenzív
zöldtető.
Fotó: Hegymegi Artúr

3.7.2 Moduláris zöldtetők

A moduláris zöldtetők méltatlanul hiányoznak a szakmai köztudatból, pedig számos esetben a legolcsóbb és leghatékonyabb megoldást jelentik a zöldtetőépítésre. A technológia lényege, hogy a speciálisan kialakított műanyag tálcákat az előnevelt, kész növényekkel felrakjuk a födémre, majd szorosan egymáshoz rögzítve lefedjük a zöldíteni kívánt tetőfelületet.

A moduláris zöldtetők olyan extenzív varjúhájás zöldtetők, amelyek a lehető legkisebb súllyal és legvékonyabb rendszervastagsággal készülnek. A termék mindent tartalmaz: a kész vegetációt, a szubsztrátot, a szűrőréteget és a vízszivárgót - a tálcák maguk a drénlemez,



98. kép Moduláris
zöldtető rendszer
daruzása. Csak
mechanikai védőréteg
kell a tálcák alá.
Fotó: Hegymegi Artúr

amely segít a vízmegtartásban, de hatékonyan átengedi a csapadéktöbbletet is. A tálcák alá mechanikai védőréteg fektetése minden esetben szükséges.

Az előnevelt növényzet minimum 5-6 különböző taxonból álló varjúháj keverék. A tálcák csak akkor kerülnek kereskedelmi forgalomba, amikor az előnevelés végén a növényzet begyökeresedik és teljesen benövi a rendelkezésre álló felületet.

A tálcákat általában alacsony víztartalmú állapotban szállítjuk és telepítjük a kisebb súly miatt, és a telepítés után alaposan beöntözzük őket. Ezenkívül más közvetlen utógondozást nem igényelnek. A telepítés végén a zöldtető kész, a borítottság teljes, a rendszer az első pillanattól „maximális fokozatban” üzemel: az ökoszisztéma szolgáltatások és épületfizikai előnyök teljes arzenálját biztosítja az épületnek, a városnak és a környező ökoszisztémának.

A moduláris zöldtetők legnagyobb előnye, hogy telepítésük egyszerű és gyors, nem igényel különösebb szakértelmet – ideális *csináld magad* zöldtető technológia. Köszönhetően az egyszerű és tiszta telepítésnek különösen nagy potenciálja van a moduláris rendszereknek retrofit zöldtetők létesítésénél. A retrofit zöldtetők építésének gyakori akadályá ugyanis pont az, hogy a logisztikai felár elrettenti a potenciális megrendelőt. (Lásd részletesen: *Retrofit zöldtetők c. fejezet*)

A tálcák nem lépésállóak, ezért önálló szervízutak kialakítása szükséges, mint ahogy javasolt a széleken kavicsszivárgó kialakítása, illetve kontrollaknak telepítése is – a hagyományos zöldtetőépítés elvei szerint.



99. kép
Kerti fészker moduláris
zöldtetővel. A tálcák
kontúrjai hamar
eltűnnek a növények
alatt. Fotó: Hegymegi
Artúr



3.7.3 Extrém könnyű zöldtetők – rétegrend kikönnnyítési lehetőségek

Akadnak olyan helyzetek, amikor a hagyományosnál kisebb összteherrel kell rendszert építenünk. Attól függően, hogy extenzív, vagy intenzív zöldtetőről van szó többféle megoldás létezik a kikönnnyítésre.

Első lehetőségünk az *ültetőköze*g rétegrendi vastagságának csökkentése. Intenzívből félintenzív, félintenzívből pedig extenzív zöldtetős rendszerek irányába módosíthatjuk a tájépítészeti programunkat, ami a növényalkalmazási lehetőségeken túl befolyásolhatja tetőker-tünk fő használati funkcióit is.



100. kép A bázeli villamos remíz épületének faszerkezetű tetőjén létesített extrém könnyű zöldtető képe. Fotó: Stefan Brenneisen

21. ábra Növényzet és ültetőköze

Extenzív zöldtető esetében a magyar klímán 8 cm-nél vékonyabb nem lehet az ültetőköze

Az *ültetőköze*g térfogatsúlyát jelentősen le tudjuk csökkenteni az összetevők megváltoztatásával. Európában számos extrém könnyű ültetőköze

A kikönnnyített szubsztrátokat a telepítés során azonnal be kell takarni, mivel a könnyű komponenseket kifújja a szél. Ezért az ilyen zöldtetőkre kizárólag varjúháj szőnyeget lehet telepíteni, sarjvetés, magvetés vagy palántázás nem jöhet szóba. A begyökeresedésig

	Fajlagos terhelés 1 cm rétegvastagságra vetítve		közepes víztárolás 1 cm rétegvastagságra vetítve l / m²-ben
	KN/m²	kg/m²	
Intenzív zöldtető ültetőköze			
Feltalaj/komposzt/ ásványi alapú köze	0,15 — 0,19	15,0 — 19,0	3,0
Növényi komposzt / ásványi alapú köze	0,11 — 0,13	11,0 — 13,0	6,5
Extenzív zöldtető ültetőköze			
Láva keverék	0,145 — 0,165	14,5 — 16,5	4,4
Tufa keverék	0,100 — 0,140	10,0 — 14,0	4,5
Bányászott salak keverék	0,140 — 0,150	14,0 — 15,0	3,1
Salak/homok keverék	0,150 — 0,170	15,0 — 17,0	3,5
Alacsony téfogsúlyú ültetőköze			
Láva	0,10 — 0,14	10,0 — 14,0	2,0
Tufa	0,08 — 0,12	8,0 — 12,0	3,3
Duzzasztott agyag	0,05 — 0,08	5,0 — 8,0	1,9
Habkő	0,08 — 0,10	8,0 — 10,0	3,8
Téglatörmelék	0,12 — 0,14	12,0 — 14,0	2,30
Tetőcserép törmelék	0,13 — 0,15	13,0 — 15,0	1,10

10. táblázat
Ültetőköze

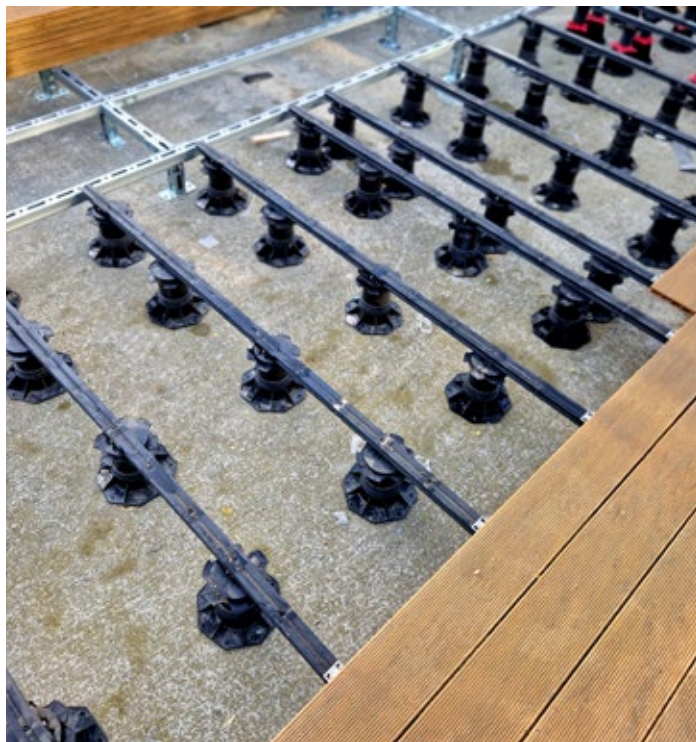
Az *intenzív zöldtetők* kikönnnyítése könnyű ültetőközeggel csak korlátozottan működik a gyakorlatban. A többszintes, intenzív növényi kultúrák számára az extra könnyű komponensekből összeállított köze

Szerencsére léteznek olyan alternatív kikönnnyítési lehetőségek, amelyek pont a vastagabb rétegrendű tetőkerteken alkalmazhatóak: ezek közül a legelterjedtebbek az *üveghab*, *műanyag térkitöltő* szerkezetek és *teraszlabák* alkalmazása.

Amennyiben a rétegvastagság megengedi, kialakíthatunk olyan többrétegű intenzív zöldtetőt, amelyben a vízszivárgó feletti részt 10-60 mm szemcseméretű *üveghab* *granulátummal* töltjük ki. Ez a technológiai megoldás egyre népszerűbb, elsősorban mélygarázsok tetején létesített zöldtetők építésénél. Az üveghab rendkívül könnyű (150 – 175 kg/m³), tartós, fagyálló, jó hőszigetelő anyag, amely stabil köztes réteget biztosít a felette lévő zöldfelület és burkolt felületek számára egyaránt.



101. kép Üveghab granulátum terítése és tömörítése az Új Néprajzi Múzeum pincszintjének földémszerkezetén. Fotó: D. Nagy Balázs



102. kép Fa-műanyag kompozit (WPC) burkolat építése teraszlábakra. Fotó: Dezsényi Péter

Az üveghab alternatívája lehet nagy nyomószilárdságú műanyag térkitöltő-, tartószerkezetek, vagy akár aquaboxok alkalmazása kiterjesztett vízszivárgó réteggént.

Végül, de nem utolsósorban a teraszok burkolatának hagyományos alépítményét teraszlábakkal tudjuk kiváltani, akár 100 cm-t is meghaladó magasságig.



103. kép
Iroda zöld terasszal a 13.
kerületben.
Fotó: Glázer Attila

104. kép

Apró nőszirm (Iris pumila) virágzik egy a Strassbourg-i zöldtetőn.

Fotó: Dezsényi Péter



4. Zöldtetők kivitelezése és fenntartása

A városi zöld infrastruktúra élő rendszereinek tervezése, kivitelezése és fenntartása integrált művelet, amelyben fontos a résztvevők hatékony együttműködése, a folyamatos visszajelzés és a közös tanulás. Ez különösen igaz a zöldtetőkre, amelyek létesítése összetett építészeti és ökológiai ismereteket igényel. Ne feledjük: a hibák utólagos javítása egy üzemelő épületen sokkal többbe kerül, mint a rendszer jó megépítése.

4.1 Kivitelezés

Zöldtetők építésekor *különleges munkakörülményekre és környezeti feltételekre* kell felkészülnünk:

- fokozott baleset- és munkavédelmi kockázatok,
- organizációs kihívások,
- magas környezeti kitettség.

Fokozott baleset- és munkavédelmi kockázatok

A leesés elleni védelem fontosságáról már részletesen szót ejtettünk a *Zöldtető építés szerkezeti feltételei* című fejezetben. Az emberi egészség és élet megőrzése mellett kiemelten fontos az *épített részek sértetlenségének megóvása*, különös tekintettel a tetőszigetelés védelmére és a födém túlterhelésének elkerülésére az építés során.

Organizációs kihívások

Zöldtetők építésekor nagy mennyiségű anyag emelését kell megoldanunk jól ütemezett beszállítással és előkészítéssel. A tetőre felrakott anyagok vízszintes mozgatásának és beépítésének általában nagy a kézi munkaerő igénye, ezért *a teljes lánc hatékony szervezése kritikus költségtényező*.

A legtöbb zöldtető pont azokban a sűrűn beépített városrészekben épül, ahol kisebbek az építési telkek és korlátozottak a felvonulás és anyagdeponálás lehetőségei, ezért a sikeres zöldtető építők az organizáció feketeöves mestereivé kell, hogy váljanak.

Magas környezeti kitettség

A szélkitettség fekvéstől és magasságtól függően komoly kihívást jelenthet. A könnyű és nagy felületű drénlemezek mozgatása már kisebb szélerőnél is fokozott elővigyázatosságot követel. A szigetelés feletti műszaki rétegek megépítése után fontos az elkészült részek megfelelő leterhelése.

A magasban lévő növényeket gyorsan szárítja a szél, ezért fontos, hogy már az ültetés előtt, a növények tetőre érkezésekor rendelkezésre álljanak a beöntözés megfelelő feltételei.

A sedum-paplant és gypsoszőnyeget telepítés után alaposan öntözzük be és tartuk őket vízzel megfelelően telített állapotban egészen addig, amíg jól legyökeresednek. A száraz, könnyű növényi szőnyegeket a hirtelen szállókések felszakítják és lefújják a tetőről. Magasan fekvő zöldtetőkön akár kiegészítő mechanikai rögzítésre is szükség lehet. Így például a varjúháj sarjakat érdemes raschel hálóval rögzíteni szélrózíó ellen. A hálót a begyökeresedés után el kell távolítani, nehogy a növekvő sarjak belenőjenek. 50-60 km/h szélerő esetén a daruzást és a tetőn való munkavégzést fel kell függeszteni.

A napkitettség szintén szárítja a tetőn lévő növényzetet, és nehezíti a munkavégzést. Forró kánikulai napokon több és hosszabb szünetet rendeljünk el, továbbá biztosítsunk sok folyadékot és fedett pihenőhelyet a tetőn dolgozó kollégáink részére.



105. kép Ültetőközeg daruzása. Fotó: Dezsényi Péter

A munkaterület átvétele

Kivitelezéskor az első lépés a munkaterület átvétele, amely során meg kell győződnünk arról, hogy a szigetelés hibamentesen, terv szerinti minőségben és rétegrendben készült el.

A vízszigetelés megfelelőségét a hazai gyakorlatban legtöbbször vízárasztásos próbával ellenőrzik, amely során a lefolyókat ledugózzák, majd színezett vízzel elárasztják a vizsgálandó tetőfelületet 48 – 72 órára. Amennyiben az elárasztott területen a vízszint nem változik és a födém alsó síkjában sem jelenik meg színezett víz, a próba sikeres.

Az árasztásos próba mellett létezik elektro-impulzusos vizsgálat, vákuumteszt és számos egyéb műszeres vizsgálati módszer, amelyek megbízhatósága azonban már jobban függ a vizsgálatot végző szakember felkészültségétől és alaposágától – ezért, ha lehet, ragaszkodjunk az árasztásos próbához.

A munkaterület védelme

Az átadás-átvétel után a zöldtető építő első dolga a csupasz felület gyors takarása és védelme. Ennek során megfelelő átlapolásokkal egymás után leterítjük a mechanikai védőréteget, a drénlemez és a szűrőfátyolt, majd általában le is súlyozzuk pontszerűen ültetőközeggel vagy a helyszínre tervezett ömlesztett anyaggal.



107. kép Javított pontszerű mechanikai sérülés csapadékvíz-szigetelésen. Fotó: Dezsényi Péter



106. kép Árasztásos próba csapadékvíz-szigetelés átadása előtt. Fotó: Dezsényi Péter

A munkaterület védelmének másik fontos lába a szigorú munkaterületi protokoll betartása és betartatása. Ez kizárja harmadik fél belépését zöldtetőre, amíg az el nem készül, továbbá rendelkezik a zöldtető építő csapat munkarendjéről, a tetőn használható eszközök listájáról, és minden olyan részletről, amely a munka- vagy balesetbiztonságot veszélyeztetheti.

Végül, de nem utolsósorban kiemelten fontos olyan motivációs rendszer és munkahelyi kultúra biztosítása, amelyben a kollégák rögtön jelzik, ha a szigetelés vagy más épületrész megsérül. Ennek az esélye rendkívül csekély, de előfordulhat, és az építés ideje alatt általában gyorsan és alacsony költségen javítható.

Terhelés az építés alatt

A födém terhelhetőségét a tervezők a kész, üzemelő épületre méretezik. Fontos tudnunk, hogy az építés alatt is túlléphetjük a terhelhetőség határait, ha pontszerűen deponáljuk a beépítendő anyagokat, vagy túl nehéz munkagépet akarunk a tetőn használni. Az építési műveletek födémterhelését ezért ugyanúgy tervezni és engedélyeztetni kell. Nagy területű, vastag rétegrendű intenzív tetőkert építésénél idő- és költséghatékony megoldás lehet a teherhordó szerkezet ideiglenes megtámasztása alulról annak érdekében, hogy munkagépekkel dolgozhassunk.

Függőleges anyagmozgatás

A függőleges anyagmozgatás a zöldtetőépítés idő- és költséghatékonyságát legjobban meghatározó művelet, és sokféle eszközzel megvalósítható.

A hazai gyakorlatban 7-8 méteres emelési magasság felett a toronydaru a legelterjedtebb eszköz, amely a gyakorlatban maximum 50 - 60 emelésre képes egy műszak alatt, ami 50-60 m³ ömlesztett anyag vagy ugyanennyi raklap feltermelését jelenti. Ez jelentősen kevesebb is lehet az emelési magasság, teherbírás és a darut kiszolgáló csapatok hatékonysága függvényében. A toronydaru óriási előnye, hogy pontra emel, ezért azokon a felületeken, amelyek a daru hatósugarán belül vannak a vízszintes anyagmozgatási igény minimális.

Ahol nincs toronydaru, ott az *autódaru* a második legjobb opció, amely átlagosan 10-15%-kal kisebb napi kapacitásra képes, ráadásul az esetek többségében kisebb területet ér el, ezért az utólagos kézi anyagmozgatás szükséglete nagyobb.

Az építési teherlift (GEDA) napi teljesítménye ennél egy nagyságrenddel alacsonyabb, legfeljebb átlag 5-6 m³ anyag felszállításával számolhatunk átlagos körülmények között, amikor osztozni kell a teherliften más szakágakkal. Ennek a duplája az elméleti érték, ha csak mi használjuk a liftet. Az ömlesztett anyagokat előzetesen be kell zsákolni, és a tetőn mindent kézzel kell a helyére szállítani, ezért a járulékos költségei is magasabbak.

Retrofit zöldtető építésnél sokszor a lépcsőház, személyszállító lift vagy elektromos csörló-emelő használata jöhet csak szóba. A járulékos költségeket a meglévő, már üzemelő épület belső- és külső részek takarása, védelme és tisztán tartása is növeli.

Nyugat-Európában a legtöbb zöldtetőn az ültetőközeg feltermelése ma már kompresszoros tartálykocsikból történik több tíz méter hosszú flexibilis gégecsöveken keresztül. Ez az ömlesztett anyagok kijuttatásának leggyorsabb és leghatékonyabb módja, de itthon ma még rendkívül drága ez a szolgáltatás. Reméljük, hamarosan elérhetővé válik – legalább az extenzív és biodiverz zöldtetők építésének piacán.



108. kép Helyes anyagtárolás a tetőn. Az építési műveletek födémterhelését méretezni és engedélyeztetni kell. Fotó: Dezsényi Péter



109. kép
Ültetőközeg
feljuttatása a Központi
Szennyvíztisztító
zöldtetőjére.
Fotó: Hegymegi Artúr

Függőleges anyagmozgatás eszközei és a hozzájuk tartozó napi átlagos normák **11. táblázat**

Eszköz	Jellemző emelési magasság	Átlagos napi teljesítmény	Vízszintes anyag-mozgatás a tetőn	Megjegyzés
Toronydaru	0 - 50 m	50 - 60 m³ (vagy raklap)	kevés	mindent felrak
Autódaru	0 - 30 m	40 - 50 m³ (vagy raklap)	kevés/közepes	mindent felrak
Kompresszoros tartálykocsi	0 - 30 m	20 m³/forduló*	nincs	csak szubsztrát, Magyarországon még nem elérhető szolgáltatás
Kitológémes homlokrakodó	0 - 10 m	100 - 150 m³	összes felrakott anyag	általában csak ömlesztett anyagok
Építési teherlift (GEDA)	0 - 50 m	5 - 10 m³	összes felrakott anyag	ömlesztett anyagok zsákban
Személylift		4 - 8 m³	összes felrakott anyag	ömlesztett anyagok zsákban
Elektromos csörlős emelő	0 - 15 m	4 -5 m³	összes felrakott anyag	ömlesztett anyagok zsákban
Manuális szállítás lépcsőn		2 - 5 m³	összes felrakott anyag	ömlesztett anyagok zsákban

Növénytelepítések

Az extenzív és intenzív zöldtetőkön sokféle szaporítóanyagot, propagulumot, palántát, előnevelt növényt vagy vegetációs szőnyeget telepíthetünk. Ezeknek javasolt, ideális telepítési időpontja némileg eltérhet a hagyományos, termőtalajon végzett telepítési gyakorlattól.

Növénytelepítés zöldtetőkön – időtábla														12. táblázat
		Jan	Feb	Már	Ápr	Máj	Jún	Júl	Aug	Sze	Okt	Nov	Dec	Utógondozás
Extenzív	Sedum sarjvetés													Szélérózió elleni védelem és öntözés a teljes első vegetációs időszakban
	Sedum palánta													Manuális öntözés az teljes első vegetációs idő-szakban
	Sedum paplan													Manuális öntözés teljes begyökeresedésig (mini-mum 4 hét)
	Biodiverz magkeverék vetése													Öntözés nélkül vagy minimális beöntözéssel
	Kaszálék terítés													Szélérózió elleni védelem, öntözés nélkül
Intenzív	Fűmagvetés és hidrovetés													Automata öntözés szabályozott intenzitással
	Gyepszőnyeg													Automata öntözés szabályozott intenzitással
	Hagymás													Belocsolás nélküli telepítés, csírázás után auto-mata öntözés szabályozott intenzitással
	Egynyári													Automata öntözés szabályozott intenzitással
	Évelő													Automata öntözés szabályozott intenzitással
	Konténeres cserje és fa													Alapos beiszapolás majd automata öntözés szabályozott intenzitással
	Földlabdás fa													Alapos beiszapolás majd automata öntözés szabályozott intenzitással
A táblázatban található időszakok csak iránymutatásra szolgálnak. A végleges növénytelepítés konkrét idejét az adott zöldtetőre jellemző környezeti feltételek figyelembevételével határozzuk meg!														

Vízellátás

Minden zöldtetőn legyen manuális öntözéshez vízkivételi pont, méghozzá annyi, hogy lehetőleg egy közepes hosszúságú, könnyen kezelhető locsolótömlővel elérjük a tető valamennyi szegmensét. Amíg extenzív és biodiverz zöldtetőkön a kézi locsolóhálózat az elsődleges vízkijuttatási mód, félintenzív és intenzív tetőkertekben tartalék, vészhelyzeti hálózatként telepítsük azt. Szélnek és napnak erősen kitett, magasan fekvő gypes felületeken kettős rendszer kiépítése javasolt, amely a hagyományos talajszint feletti szórófejek mellett altalaj öntözést is biztosít. Ezek külön körön és programidővel működnek. A felszín alatti csepegtető öntözés az egyenletes vízeloszlást, a felszíni szórófejek a közeg legfelső rétegének beöntözését és hűtését biztosítják.



110. kép
Nyári kép egy szélnek és napnak erősen kitett, lejtős intenzív zöldtető gypfelületéről. A felszíni szórófejes öntözés ebben az esetben önmagában nem elég hatékony a száraz és forró nyári hónapokban. Fotó: Dezsényi Péter

Bekerülési költségek

A zöldtetők bekerülési költségét ezek a tényezők befolyásolják leginkább:

- zöldtető típusa
- rétegrendi vastagság
- méretgazdaságosság
- burkolatok és épített részek aránya és ezek minősége
- növényi szaporítóanyag típusa, mennyisége, mérete és minősége
- a tető magassága és megközelíthetősége

Fentiek függvényében a zöldtetők bekerülési költsége széles tartományban mozoghat. A **13. táblázat** a zöldtetők legfontosabb típusa-
inak magyarországi bekerülési átlagárait mutatja be, 2024-es budapesti versenypiaci nettó árakon.

	Átlagos bekerülés*	Üzemeltetési igény**	Esztétika	Ökológiai érték	13. táblázat Zöldtetők átlagos bekerülési költségei.
Extenzív (sedum sarjvetéssel)	25.000 - 40.000	kvázi önfenntartó	homogén	közepes	
Extenzív (sedum szőnyeggel)	30.000 - 45.000	kvázi önfenntartó	homogén	közepes	
Biodiverz	25.000 - 40.000	kvázi önfenntartó	másodlagos, változó	kiemelkedő	
Moduláris extenzív	30.000 - 50.000	kvázi önfenntartó	homogén	közepes	
Egyszerű intenzív	60.000 - 80.000	közepes	magas	magas	
Intenzív	80.000 - 150.000	magas	magas	magas	
* teljes kertészeti felépítmény ára (teherhordó szerkezetek, tetőszigetelés és leesés elleni védelem nélkül)					
** megtelepedés és teljes borítottság elérése után					



111. kép Csendélet méhbangóval és kövi varjúháj mezővel.
Fotó: Stefan Brenneisen

Szakkivitelező választása

Magyarországon jelenleg nincs jogosultsághoz kötve a zöldtetők építése és fenntartása. E sorok írója negyedszázados zöldtető építési múlttal a háta mögött mindenkit arra bízta, hogy csak megfelelő tapasztalattal és referenciákkal rendelkező szakkivi-
telezővel dolgozzon – legyen szó egy lakóház egyszerű extenzív zöldtetőjéről vagy egy közintézmény hatalmas tetőkertjéről.

A zöldtetőépítés összetett feladat, és nem mentes olyan kocká-
zatoktól, amelyeket egy jószándékú, de képzetlen kertépítő vagy szigetelő vállalkozó nem ismer. A tudás hiánya sok esetben ala-
csonyabb árajánlatot jelent, ám súlyos hibák megjelenése ese-
tén az eredeti bekerülési ár többszörösére is rúghat az utólagos javítás költsége.

4.2 Fenntartás

A városi zöldfelület-gazdálkodás egyik legfontosabb alapelve a tervező, kivitelező és fenntartó szoros együttműködése. Ez foko-
zottan vonatkozik a zöldtetőkre - különösen az extenzív és biodi-
verz zöldtetők létesítésére és fenntartására.

A tervező felelőssége, hogy a megrendelő igényeit reális keretek
között tartva hosszú távon fenntartható, ökológiai egyensúlyban
működő rendszert tervezzen.

A kivitelező legfontosabb feladata a tervező által megálmodott
kertészeti felépítmény hibátlan megépítése - az esetleges terve-
zési hibák felismerésével és korrekciójával -, illetve a növénytele-
pítés sikeres megvalósítása, beleértve az utógondozás - csírázás
és begyökeresedés - fázisait.

Ha a tervező vagy a kivitelező hibázik, a fenntartó jobb esetben
csak jelentős többletmunkával, rosszabb esetben még úgy sem
tudja felnevelni és fenntartani a tervezett vegetációt. A legtipi-
kusabb példája ennek az, amikor a kivitelező rossz minőségű
ültetőközeget használ. De a vízszivárgó, vízelvezető rendszer hi-
ányosságai és a környezeti feltételeket figyelmen kívül hagyó nö-
vényalkalmazás is drágán, nehezen javítható hibát okoznak.

A kertész és az ökológus

Az extenzív zöldtetők és az intenzív tetőkertek létrehozása és
gondozása jelentősen eltérő gondolkodást igényel.
Az intenzív és félintenzív tetőkertek sikeres kivitelezői és üzemel-
tetői kertészek. Hagyományos telepítési módok és intenzív kerté-
szeti fenntartási technológiák jellemzik ezt a műfajt, figyelembe
véve természetesen azokat a speciális feltételeket, amelyekről
korábban tárgyaltunk.

Az extenzív zöldtetők esetében viszont ökológussá kell válnunk ahhoz, hogy egy hosszútávon jól működő, kvázi önellátó élőhelyet te-
remtsünk. Ez igaz a varjúhájás és a biodiverz zöldtetőkre egyaránt. Már a könyv legelején is így definiáltuk az extenzív zöldtetőt: ökológiai
védőréteg. A növényzet megtelepülése és terjedése, a versengés és a létrehozott növényi közösség szukcessziója egy természetes élőhely
szabályai szerint zajlik: a varjúhájás és a hazai biodiverz zöldtetők ökológiai értelemben száraz, zárt sziklagyepek.

A sikeres növénytelepítés a legkritikusabb tényező az extenzív zöldtetőn. A telepítendő fajok és a szaporítóanyag jó megválasztása
mellett az időzítés a siker kulcsa. Ha a növénytelepítés jól sikerül, az utógondozási igény minimális. Ha nem sikerül jól, az utógondozás
keveset tud rajta korrigálni.

Az extenzív és biodiverz zöldtetők fenntartásánál a lehető legkevesebb beavatkozás az alapszabály. Igaz ez a víz- és tápanyagutánpótlásra,
a gyomtalanításra és – ha szükséges – a kaszálásra egyaránt. A túl sok beavatkozás hátráltatja az önellátó ökológiai rendszer kialakulását és
növeli az egyensúly felborulásának esélyét.

Zöld hulladék eltávolítása

Valamennyi zöldtető típuson kötelező szabály, hogy a fenntartási munkák során keletkező nyesedéket, kaszálékot és egyéb zöld hul-
ladékot minden alkalommal, teljes egészében el kell távolítani a tetőről. Az ültetőközeget szervesanyag tartalmának növekedését nem
szabad gyorsítanunk. Intenzív zöldtetőkön ez a szubsztrát vízáteresztő képességének és pórustérfogatának megváltozásához vezethet.
Extenzív zöldtetőkön az ültetőközeget szervesanyag tartalmának növekedése felgyorsítja a szukcessziót és megnyitja a kapukat a nemkív-
ánatos gyomok és fűfélék számára.



112. kép A frissen eltelepített varjúháj palántákat már a
telepítés utáni hetekben kezdik ellepni a gyomok.
A kivitelező nem ültetőközeget, hanem termőföldet
használt – az eredetileg tervezett vegetáció egy-két év
alatt teljesen eltűnik, ha nem a megfelelő ültetőközeget
használjuk. Fotó: Dezsényi Péter

A növényzet fejlődési fázisai extenzív zöldtetőn

A telepítéstől a felnőtt, záródott növényzet kialakulásáig három fontos fázist különíthetünk el. Az első, a gyökeresedési időszak általában néhány hétig tart, és a kijuttatott szaporítóanyag csírázását és begyökeresedését jelenti. Speciális eset a biodiverz zöldtetőkön alkalmazott magkeverék, amelynek nagyobb része nem csírázik ki a telepítés évében, hanem magbankot alkot az ültetőközegben. Az egyes fajok akkor szökkennek szárba, amikor az adott év vagy évszak a számukra ideális hőmérsékletet, talajnedvességet és más környezeti feltételeket biztosítja.

A második szakasz, amely extenzív zöldtetők esetében kritikus, az állomány záródása: a megtelepedési időszak. A növények terjedése a szélnek és napnak kitett zöldtetőn lassú folyamat, a megfelelő fedettség kialakulása nagymértékben függ a természetes hőmérsékleti- és csapadékviszonyoktól. Varjúhájas zöldtetők esetében bátrabban segíthetjük a gyors záródást kiegészítő öntözéssel, sőt, amint arról az *Extenzív zöldtetők* című fejezetben részletesen írtunk, rendszeres manuális öntözés nélkül hosszú évekig elhúzódhat vagy akár meg is hiúsulhat az állomány záródása. Biodiverz zöldtetőknél az öntözés viszont könnyen kontraproduktívva válhat, ezért elsősorban a telepített fajok magas számával, a különböző szaporítóanyagfélések együttes alkalmazásával, dajkanövényekkel és a telepítés megismétlésével operáljunk inkább.

A harmadik szakasz, a felnőttkor a záródott állomány kialakulása után indul. Magvetésnél minimum 60%, sarjvetésnél 75% az a borítottsági szint, amelynél hivatalosan is sikeres megtelepedési időszakról beszélünk. A reziliens és önfenntartó növényzetű extenzív zöldtetőkön általában csak akkor van szükség számottevő beavatkozásra, ha a megrendelő számára fontos az esztétika a forró nyári melegben is. Ilyenkor szükség lehet a varjúhájas zöldtető kiegészítő locsolására. A biodiverz zöldtetők ökológiai rendszere erre viszont nem igazán alkalmas, a rendszeres nyári öntözés rontja a társulás ellenállóképességét és teret adhat nemkívánatos (C stratégiás) növények, elsősorban fűfélék betelepülésének.



113-114. kép Növényzet záródás előtt és után az Örs Vezér téri Ikea áruház biodiverz zöldtetőjén. Fotó: Dezsényi Péter

Zöldtetők üzemeltetési műveletei

A különböző zöldtető típusok üzemeltetésének a műszaki elemek és berendezések rendszeres ellenőrzése és karbantartása ugyanúgy elengedhetetlen része, mint a növényzet ápolása. Az intenzív, extenzív, biodiverz és bioszolár zöldtetők üzemeltetési lépéseit a **14. táblázat** tartalmazza.

	Intenzív	Extenzív	Biodiverz	Bioszolár
Növények pótlása, szétültetése, szükség szerinti cseréje	+			
Növénytársulások ökológiai szemléletű menedzsmentje (l. részletesen a leírásban)		+	+	+
Lágyszárú gyomok eltávolítása	+	+	+	+
Magoncok eltávolítása	+	+	+	+
Kaszálás	+		+	+
Napelemek körüli növényzet magassági kontrollja				+
Kaszálék és egyéb növényi maradványok összegyűjtése és eltávolítása	+		+	+
Talajlazítás/levegőztetés, felületés gyepfelületeken	+			
Növényvédelem	+			
Metszés	+			
Talajtakarás mulccsal	+			
Lehullott lomb eltávolítása	+	+		
Talajvizsgálat	+			
Tápanyagutánpótlás	+			
Vízutánpótlás automata öntözőrendszerrel	+			
Kiegészítő öntözés (csírázási, gyökeresedési és megtelepedési időszakban vagy azután)	+	+	+	+
Öntözőrendszer és vízkivételi pontok ellenőrzése, karbantartása	+	+	+	+
Öntözőrendszer időjáráshoz igazodó állítása	+			
Támasztékok és egyéb rögzítő szerkezetek megerősítése, igazítása	+			
Támasztékok és más rögzítő szerkezetek eltávolítása a megfelelő legyökeresedés után	+			
Hulladék gyűjtése	+	+	+	+
Kontrollaknák, vízelvezető és vízszivárgó rendszer ellenőrzése és tisztítása	+	+	+	+
Biztonsági sávok és karbantartási utak tisztán tartása, gyomtalanítása	+	+	+	+
Hó- és fagy elleni védelem	+	+	+	+
Leesés elleni védelem ellenőrzése	+	+	+	+
Egyéb épített elemek szemrevételezése	+	+	+	+
+	Rendszeres üzemeltetési feladat			
+	Szükség szerinti üzemeltetési feladat			

14. táblázat
Zöldtetők kertészeti és műszaki üzemeltetési feladatainak ellenőrzési listája.

115. kép
Lakónegyed extenzív zöldtetőkkel
Németországban. A lakásokhoz
zöldtető-építési támogatás és
kedvezményes csatornadíj jár.
Fotó: Martin Flossmann



4.3 Piac és szabályozás

A zöldtetők globális elterjedésében az egységes, német eredetű technológia térhódítása mellett a szabályozási és támogatási környezet dinamikus fejlődésének is fontos szerepe van. A fejlett országok jelentős részében ma kéz a kézben jár a zöldtetők kötelezővé tétele és építésük pénzügyi támogatása. Ezek az ösztönzők szinte kizárólag a fenntartható és gazdaságos extenzív technológiára fókuszálnak, aminek köszönhetően *a világon 10 zöldtetőből 9 extenzív*.

A legtöbb zöldtető jelenleg Németországban található, ahol a piac évente több, mint 8 millió négyzetméterrel bővül. Svájcban, Bázeli tartományban a legmagasabb a világon a zöldtetők aránya – több, mint 40% az összes alacsony hajlásszögű tetőfelülethez képest – mivel a világon először itt tették kötelezővé extenzív zöldtetők építését 2002-ben. A szomszédos országok közül kiemelkedő a zöldtetőépítés támogatása és szabályozása Ausztriában, Csehországban és Lengyelországban is.

Magyarországon előbb épültek meg az első modern zöldtetők, mint a többi volt szocialista országban, de a fejlődés a kétezres években sajátos fordulatot vett. Az extenzív zöldtetőket - néhány önkormányzati kivételtől eltekintve - nem ösztönzi hatékonyan semmilyen építési jogszabály szemben az intenzív tetőterekkel: az OTÉK (Országos Településrendezési és Építési Követelmények), majd a 2025. január 1-től helyére lépő TÉKA (280/2024. kormány rendelet a Településrendezési és Építési Követelmények Alapszabályzatáról) ugyanis a meglévő zöldfelületek kiváltását zöldtetőkkel úgy teszi lehetővé, hogy az ültetőközegek vastagságát és a többszintes növényállomány telepítését jutalmazza. *Ennek köszönhetően Magyarországon több intenzív tetőkert található, mint extenzív zöldtető.* Ráadásul ezen belül is felülreprezentáltak az olyan extrém, 80 cm-nél nagyobb rétegvastagságú tetőterek, amelyek a világ többi részén meglehetősen ritkán fordulnak elő.

Az épített szerkezet feletti ültetőközegek rétegvastagsága	A telepíthető növényállomány szerkezete, zöldtető jellege	A zöldtető összterületéből zöldfelületként számítható rész	15. táblázat Az egybefüggő, legalább 10 m ² -t elérő területű zöldtetők beszámítása a zöldfelületbe a 280/2024. kormány rendelet (TÉKA) alapján.
8–11,9 cm ültetőközegek	extenzív zöldtető	0,2	
12–20,9 cm ültetőközegek	magas fajgazdagságú, extenzív zöldtető; legalább 30 különböző fajjal telepített, melyből a fajok legalább fele kétszikű	0,25	
21–40,9 cm ültetőközegek	egyszintes növényállományú, félintenzív zöldtető, nagyrészt közüzemi ivóvízzel való automata öntözéssel	0,3	
21–40,9 cm ültetőközegek	egyszintes növényállományú, félintenzív zöldtető, nagyrészt csapadék- vagy szűrkevízzel való öntözéssel	0,35	
41–60,9 cm ültetőközegek	kétszintes növényállományú, intenzív zöldtető, nagyrészt közüzemi ivóvízzel való automata öntözéssel	0,4	
41–60,9 cm ültetőközegek	kétszintes növényállományú, intenzív zöldtető, nagyrészt csapadék- vagy szűrkevízzel való öntözéssel	0,45	
61–80,9 cm ültetőközegek	háromszintes növényállományú, intenzív zöldtető, nagyrészt közüzemi ivóvízzel való automata öntözéssel	0,55	
61–80,9 cm ültetőközegek	háromszintes növényállományú, intenzív zöldtető, nagyrészt csapadék- vagy szűrkevízzel való öntözéssel	0,6	
81 cm és annál vastagabb ültetőközegek	háromszintes növényállományú, intenzív zöldtető, nagyrészt közüzemi ivóvízzel való automata öntözéssel	0,75	
81 cm és annál vastagabb ültetőközegek	háromszintes növényállományú, intenzív zöldtető, nagyrészt csapadék- vagy szűrkevízzel való öntözéssel	0,8	

A zöldfelület-gazdálkodási szervezeteink lobbijának és a zöldtetők egyre nagyobb térnyerésének köszönhetően két budapesti önkormányzat már kijelölte a helyes utat: a 12. kerület 2009-ben, a 13. kerület pedig 2022-ben készítette el extenzív zöldtetők kötelező építésére vonatkozó helyi szabályozását. A hazai zöld szakma egyik közös célja az extenzív zöldtetők szélesebb körű kötelezővé tétele.

A zöldtetők pénzügyi támogatása sajnos szintén hiányzik az itthoni gyakorlatból. Különösen fontos lenne a biodiverz, bioszolár és retrofit technológiák ösztönzése, amelyek jelentősége, szolgáltatási és ökológiai értéke a legmagasabb.

Végül de nem utolsó sorban minden lefolyási-víz megtartási adat rendelkezésre áll ahhoz, hogy a hazai szennyvízkezelő vállalatok a zöldtetőket átmeneti víztározóként ismerjék el. Ez egy fontos, hiányzó mérőföldkő ahhoz, hogy a szivacsváros stratégia legfontosabb láncszemei a sűrűn beépített városi szövetekben még gyorsabban elterjedhessenek.

A magyar piac méretéről nincsenek naprakész, pontos adataink, csupán becsléseink. Ezek alapján az összes zöldtető technológiával épített vegetációs felület – beleszámítva a mélygarázsok födémjén létesített tetőkerteket – meghaladja az 5 millió négyzetmétert. Ebből az épületek teraszain és zárófödémjein létesített zöldtetők teljes felületét 3,5 millió négyzetméterre becsüljük.

116. kép

Belvárosi tetőkert, háttérben a Budavári Palota.

Fotó: Dezsényi Péter



Irodalomjegyzék

- Zöldtetők tervezési és kivitelezési irányelvei (ÉMSZ, 1999)
- Zöldtetők – tervezés, kivitelezés, gondozás. Walter Korb (Cser, 2019)
- A zöldtető. A városi tetőtáj koronája. Hidy István, Gerzson László, Prekuta János (TERC, 2011)
- Green roof guidelines – guidelines for the planning, construction and maintenance of green roofs. (FLL, 2018)
- Gartengestaltung und Landschaftsbau - Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken - Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung. ÖNORM L1131 (2010)
- Grönatakhandboken. (AB Svensk Byggtjänst, 2021)
- The GRO green roof code. (GRO, 2021)
- Maintenance guidelines for Australian green roofs. (The university of Melbourne, 2022)
- Research results on solar green roofs. (European Federation of Green Roof Associations, 2021)
- Wind design standard for vegetative roofing systems. (ANSI/SPRI, 2016)
- Solar Green Roof. (BuGG, 2020)
- Market report on building greening. Green roofs, green facades and interior greening in Germany. (BuGG, 2021)
- Dach-, Fassaden- und Innenraumbegrünung Deutschland - BuGG-Marktreport Gebäudegrün. (BuGG, 2023)
- Carbon sequestration potential of extensive green roofs. Kristin L. Getter, D. Bradley Rowe, G. Philip Robertson, Bert M. Cregg and Jeffrey A. Andresen (2009)
- CO₂-Bindungsvermögen der für die Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. Dipl.-Ing. Susanne Herfort, Dipl.-Ing. Steffi Tschuikowa, Andrés Ibañez (2012)
- Green roofs: building energy savings and the potential for retrofit. H.F. Castletona, V. Stovin, S.B.M. Beck, J.B. Davison (2010)
- Making Europe's built environment greener, healthier and more resilient. (EFB, 2024)
- The role of extensive green roofs in sustainable development. Getter, K.L., Rowe, D.B. (Ecological Engineering, 2006)
- Hydrologic restoration in the urban environment using green roofs. Palla, A., Gnecco, I., Lanza, L.G. (Urban Water Journal, 2012)
- The role of extensive green roofs in sustainable development. Getter, K.L., Rowe, D.B. (Ecological Engineering, 2006)
- Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. Vijayaraghavan, K. Water (Research, 2016)
- Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? Mentens, J., Raes, D., Hermy M. (Journal of Environmental Management, 2006)
- Hydrologic restoration in the urban environment using green roofs. Palla, A., Gnecco, I., Lanza, L.G. (Urban Water Journal, 2012)
- Environmental impact of air conditioning systems on urban heat islands. Santamouris, M. (Energy and Buildings, 2016)
- Urban heat island mitigation strategies: A state-of-the-art review on the mitigation technologies. Santamouris, M. (Solar Energy, 2014)
- Cooling effect of green roofs and green walls on the urban environment. Berardi, U., GhaffarianHoseini, A., GhaffarianHoseini, A. (Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014)
- Impact of green infrastructure on air quality and temperature. Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M., Pullin, A.S. (Environmental Pollution, 2010)
- Energy performance of green roofs: A review of key findings and parameters. Jaffal, I., Ouldboukhitine, S.E., Belarbi, R. (Energy and Buildings, 2012)
- The role of green roofs in urban sustainability. Oberndorfer, E., et al., (BioScience, 2007)
- The role of green roofs in urban biodiversity. (Urban Ecology, 2010)
- Green roofs as habitats for urban wildlife. (Journal of Environmental Management, 2015)
- Connecting urban landscapes: Green roofs as ecological corridors. (Landscape and Urban Planning, 2012)
- Biodiversity benefits of green roofs. (Ecological Applications, 2009)
- Plant diversity on extensive green roofs. (Journal of Applied Ecology, 2014)
- Green roofs and climate resilience. (Environmental Research Letters, 2017)
- Social benefits of urban green infrastructure. (Urban Forestry & Urban Greening, 2018)
- The role of green roofs in reducing air pollution in urban environments. (Environmental Science & Technology, 2008)
- Plants' capacity to remove pollutants from the air. (Journal of Environmental Management, 2015)
- Impact of green roofs on particulate matter pollution. (Atmospheric Environment, 2013)
- Green roofs as a tool for urban air quality improvement. (Environmental Pollution, 2014)
- Health benefits of green roofs in urban areas. (Public Health Reports, 2012)
- Reducing respiratory diseases through green infrastructure. (International Journal of Environmental Research and Public Health, 2016)
- Green roofs and their impact on urban microclimates. (Urban Climate, 2015)
- Indirect benefits of green roofs on air quality. (Sustainable Cities and Society, 2017)
- Quantifying the air quality improvements from green roofs. (Journal of Cleaner Production, 2018)
- Case studies on the effectiveness of green roofs in urban air pollution reduction. (Science of the Total Environment, 2019)

