ZÖLDINFRASTRUKTÚRA FÜZETEK 2.

BUDAPEST

ZÖLDHOMLOKZATOK

Függőleges zöldfelületek tervezésének, kivitelezésének műszaki és kertészeti útmutatója



ZÖLDINFRASTRUKTÚRA FÜZETEK 2.

BUDAPEST

ZÖLDHOMLOKZATOK

Függőleges zöldfelületek tervezésének, kivitelezésének műszaki és kertészeti útmutatója

Budapest, 2016.

MEGBÍZÓ

Budapest Főváros Önkormányzata

SZAKMAI IRÁNYÍTÓ

Budapest Főváros Főpolgármesteri Hivatal, Városépítési Főosztály

Mártonffy Miklós	főosztályvezető, főépítész
Maczák Johanna	osztályvezető, okl. építészmérnök
Deák Krisztina Erzsébet	csoportvezető, okl. építészmérnök
Hámori Péter	okl. településmérnök
Keresztes-Sipos Andrea	okl. tájépítészmérnök

Budapest Főváros Városépítési Tervező Kft. (BFVT Kft.)

Tatai Zsombor	okl. tájépítészmérnök

KIADÓ

Budapest Főváros Városépítési Tervező Kft.
1061 Budapest, Andrássy út 10.
web: www.bfvt.hu

ISBN 978-963-12-8006-7 nyomtatott változat
ISBN 978-963-12-8007-4 digitális (pdf) változat

SZERZŐK, KÖZREMŰKÖDŐK, SZAKMAI LEKTOROK

Zöldtető- és Zöldfal Építők Országos Szövetsége (ZÉOSZ)
1089 Budapest, Villám utca 4.
web: www.zeosz.hu

Szerkesztő:	Pataky Rita	okleveles építészmérnök, egyetemi mestertanár BME Épületszerkezettani Tanszék Pataky és Horváth Építésziroda Kft.
Szerzők:	Csibi Katalin	okleveles kertészmérnök, kerttervező Relax Garden Kft.
	Dezsényi Péter	okleveles kertészmérnök Deep Forest Kft. vendégoktató Universität für Bodenkultur, Wien
	Fári Miklós Gábor	okleveles kertészmérnök, biológus, az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár, Mezőgazdasági Botanikai, Növényélettani és Növényi Biotechnológiai Tanszék, Debreceni Egyetem MÉK, Debrecen
	Koroknai Judit	okleveles kertészmérnök, FH Gasztro Kft. Budapest; Mezőgazdasági Botanikai, Növényélettani és Növényi Biotechnológiai Tanszék, Debreceni Egyetem MÉK, Debrecen.
	Pataky Rita	okleveles építészmérnök, egyetemi mestertanár
	Szentkirályi-Tóth Ferenc	okleveles táj- és kertépítészmérnök, zöldhomlokzat specialista greenwall.pro
Közreműködők:	Csige Anna	
	Frei Helga	okleveles tájépítészmérnök
	Németh Zsófia	

Lektorok: Dr. Gerzson László okleveles kertészmérnök, c. egyetemi tanár
Szent István Egyetem Tájépítészeti és Településtervezési Kar

Horváth Sándor okleveles építészmérnök, egyetemi adjunktus
BME Épületszerkezettani Tanszék
Pataky és Horváth Építésziroda Kft.

Képek forrása:
Patrick Blanc [245., 246. kép]
Csibi Katalin [5., 7., 146., 163., 164., 177. kép]
Csige Anna [1., 3., 9., 13, 47., 188., 243., 244., 250., 251., 254., 256. kép]
Czégeni Csaba [111. kép]
Rob Deutscher [239., 240. kép]
Dezsényi Péter [11., 57., 71., 90., 93., 104., 150., 176., 235., 255., 257. kép, 4., 28., 108., 120. oldal]
Dimitrievits Dóra [23. kép]
Prof. Fári Miklós Gábor [20. kép]
Horváth Sándor [15., 16., 17., 44., 48., 81., 83., 122., 125., 134., 142., 143., 144., 147., 171., 186., 202., 204., 233. kép, 88. oldal]
Kiss László [242. kép]
Kis Viktória [224. kép]
Koroknai Judit [252., 253. kép]
Pataky Rita [18., 21., 25., 28., 30., 34., 35., 36., 37., 38., 39., 41., 43., 45., 51., 54., 61., 65., 80., 85., 91., 92., 94., 95., 100., 101., 102., 105., 108., 110., 120., 121., 123., 124., 126., 127., 128., 129., 132., 133., 135., 136., 137., 139., 141., 148., 151., 155., 156., 161., 165., 167., 168., 169., 170., 179., 180., 181., 183., 184., 185., 193., 194., 198., 199., 200., 201., 203., 205., 206., 207., 208., 209., 215., 217., 219., 220., 225., 226., 227. kép, 18., 46., 58., 138., 140. oldal]
Reisch Richárd [221. kép]
Szentkirályi-Tóth Ferenc [33., 103., 115., 114., 115., 116., 117., 119., 152., 153., 154., 157., 190., 212. kép, 8., 146. oldal]
Tompa Mihály [248., 249. kép]
biotekt.de [229. kép]
fassadengruen.de [138., 230., 230., 232. kép]
Garten Studio [237., 238. kép]
J. Paul Getty Museum [19. kép]
Green Fortune Hungary [27. kép]
The Rubens at the Palace [címlap, 213., 234., 258., 259. kép]
IKEA Lakberendezési Kft. [46. kép]
internet [130., 140., 241., 247. kép, 12., 114. oldal]
Jakob AG. [166. kép]
Legi GmbH. [172., 173. kép]
Leitfaden Fassadenbegrünung [74., 131., 174., 211., 214., 216., 228. kép]
MA22 Umwelt, Wien [162. kép]
Mobilane East Europe Kft. [22., 26., 40., 69., 76., 77., 109., 112., 158., 159., 160., 175., 178., 187., 189., 192., 193., 195., 196., 197., 218., 222. kép, 38. oldal]
MOPA Kft. [29. kép]
Optigrün AG. [182., 210. kép]

Látványtervek: Frei Helga [2., 4., 6., 8., 10., 12., 14. ábra]

Tipográfia: Éger György

Grafika: Csige Márta, Frei Helga, Honosi Rita



Tartalomjegyzék

Ajánlás 9

Előszó 11

1. Bevezető 13

1.1 Miért szükséges egy ilyen útmutató készítése? 13

1.2 Kiknek szól? 13

1.3 Mire vonatkozik? 13

1.4 Hol lehetnének zöldhomlokzatok? 16

2. Városi klíma és zöldinfrastruktúra 19

2.1 Városi klíma 19

2.2 Zöldinfrastruktúra 21

2.2.1 Mi a városi zöldinfrastruktúra? 22

2.2.2. A városi zöldinfrastruktúra ökológiai, társadalmi és gazdasági hatásai 22

2.2.3 Zöldtetők, zöldhomlokzatok a zöldinfrastruktúrában 24

2.3 Beltéri zöldfalak 24

2.3.1 A beltéri növényzet hatásai 25

2.3.2 Dekorációs szerep 25

2.3.3 Kültéri és beltéri zöldfalak összehasonlítása 25

2.3.4 Növényalkalmazás 27

3. Zöldhomlokzatok jelentősége 29

3.1 Ökológiai előnyök 30

3.1.1 Mikroklíma befolyásolása 30

3.1.2 Levegőminőségre gyakorolt hatás 31

3.1.3 Biodiverzitás növelése 32

3.2 Társadalmi szerep és gazdasági hatás 32

3.3 Műszaki előnyök 33

3.3.1 Csapadék elleni védelem 33

3.3.2 Energetikai szerep 33

3.3.3 Élettartam-növelés 35

3.3.4 Hangszigetelés 35

3.4 Tévhitek és megfontolandó szempontok 36

4. Zöldhomlokzatok megvalósítási lehetőségei 39

4.1 Kúszónövényekkel kialakított zöldhomlokzatok 41
4.1.1 Támszerkezetet nem igénylő kúszónövényekkel (direkt típus) 42
4.1.2 Támszerkezetre futtatott kúszónövényekkel (indirekt típus) 44
4.1.3 Csüngő habitusú növényekkel 48
4.1.4 Alakfákkal, redélyekkel 48

4.2 Ültetőedény-soros rendszerek 50

4.3 Függőleges gyökérzónás rendszerek (függőleges kertek) 52
4.3.1 Filces rendszerek 52
4.3.2 Kazettás rendszerek 54

4.4 Az egyes megoldások összehasonlítása 56

5. Zöldhomlokzatok alkotóelemei 59

5.1 Növényalkalmazás 59
5.1.1 Kúszónövények 59
5.1.1.1 Támszerkezetigény, kapaszkodási forma 59
5.1.1.2 Alkalmazást befolyásoló egyéb tényezők 65
5.1.1.3 Fontosabb taxonok és tulajdonságaik 68
5.1.2 Növényalkalmazás függőleges gyökérzónás és ültetőedény-soros zöldhomlokzatokon ... 72
5.1.2.1 Kiültetési típusok 72
5.1.2.2 Növénytípusok 72
5.1.2.3 Méretek, növekedési karakterisztika 75
5.1.2.4 Élettartam, életciklus 77
5.1.2.5 Ökológiai igények 77

5.2 Segédszerkezetek 78
5.2.1 Támszerkezetek kúszónövényekhez 78
5.2.1.1 Kialakítás 80
5.2.1.2 Anyaghasználat 80
5.2.2 Ültetőkonténerek és rögzítésük 82

5.3 Ültetőközegek 84
5.3.1 Ültetőközegek mennyisége és minősége 84
5.3.1.1 Épület lábazatánál eredő növényzet esetén 84
5.3.1.2 Talajkapcsolattal nem rendelkező növények esetén 85
5.3.2 Ültetőközeg alkotók 85

6. Zöldhomlokzatok tervezése 89

6.1 Zöldhomlokzatok kialakításának építészeti céljai 89
6.1.1 Díszítés 90
6.1.2 Védelem 90
6.1.3 Árnyékolás 90
6.1.4 Burkolat 92
6.1.5 Térelhatárolás 92

6.2 Műszaki szempontok ... 93
6.2.1 Statika ... 93
6.2.2 Épületszerkezetek ... 94
6.2.3 Épületfizika, épületenergetika ... 96
6.2.4 Helyi környezetterhelés ... 97
6.2.5 Üzemeltetés ... 98
6.2.6 Épületgépészet ... 99
6.2.6.1 Közműcsatlakozások méretezése, elhelyezése ... 99
6.2.6.2 Öntöző- és tápanyag-utánpótló rendszerek ... 100
6.3 Jogszabályi környezet ... 104
6.3.1 Építési előírások ... 104
6.3.2 Tűzvédelem ... 106
6.4 A tervezés lépéseinek összefoglalója ... 106

7. Kivitelezés ... 109
7.1 Szakkivitelező-választás ... 109
7.2 Munkaterület átadás-átvétel ... 109
7.3 Baleset- és munkavédelem ... 109
7.4 Növénytelepítési időpont ... 110
7.5 Garancia ... 110
7.6 Leggyakoribb hibák ... 111

8. Üzemeltetés ... 115
8.1 Növényápolás ... 115
8.1.1 Kúszónövények esetén ... 115
8.1.2 Függőleges gyökérzónás és ültetőedény-soros zöldhomlokzatok esetén ... 116
8.2 Növénypótlások, -cserék ... 117
8.3 Víz- és tápanyag-utánpótlás ... 117
8.3.1 Megfelelő öntözővíz-minőség és -mennyiség biztosítása ... 117
8.3.2 Öntözőrendszer karbantartása ... 118
8.3.3 Tápoldatozó rendszer karbantartása ... 118
8.4 Téli üzemeltetés ... 119
8.5 Szerkezetek és műszaki elemek karbantartása ... 119
8.6 Üzemeltetési modellek ... 119

9. Megvalósult példák ... 121

10. Fogalmak ... 139

11. Irodalomjegyzék ... 141

12. Vonatkozó jogszabályok jegyzéke ... 147



Ajánlás

A Fővárosi Önkormányzat fontos célkitűzése a városi zöldfelületek tervezéséhez kapcsolódó szemléletformálás és iránymutatás, ezért gondozásában *Zöldinfrastruktúra füzetek* címmel kiadványsorozat készül, amely a szakemberek, döntéshozók munkáját, illetve a városlakók tájékoztatását kívánja segíteni. A *füzetek* célja, hogy bemutassa a zöldinfrastruktúra fejlesztések komplex eszközrendszerét a hazai és nemzetközi jó gyakorlatok révén.

Az Olvasó most a Zöldinfrastruktúra füzetek sorozat második kiadványát tartja kezében, amely egy alternatív zöldfelületi elem, a zöldhomlokzat tervezéséhez, kivitelezéséhez és fenntartásához nyújt segítséget.

A zöldhomlokzatok, zöldfalak alkalmazásának különösen a belvárosban, illetve az intenzíven beépített városrészekben van jelentősége, ahol a sűrűn beépített vagy burkolt felületeken problémát okoz új, kondicionáló zöldfelületek létrehozása. A függőleges növényfalak révén a kedvező ökológiai és esztétikai tulajdonságoknak köszönhetően élhetőbbé, fenntarthatóbbá, zöldebbé tehető a főváros, ami a 21. század városökológiai törekvéseinek egyik legfőbb követelménye.

A zöldhomlokzatok egyes típusainak nagy múltja van hazánkban is, hiszen a borostyánnal, vadszőlővel befutatott épületek és tűzfalak még a sivár épített környezetet is kellemesebbé, üdébbé teszik. Az alternatív zöldfal-létesítési és -építési módszerek nálunk még gyerekcipőben járnak, jóllehet ezek a szerkezetek a napjainkban épülő irodaépületek szinte elengedhetetlen elemei.

Kiadványunk legfőbb célja, hogy a kialakítási lehetőségek bőséges tárházát bemutassa a szakembereknek és az érdeklődőknek egyaránt, ezzel is elősegítve a zöldhomlokzatok elterjedését, a városkép javítását, az egyedi karakter megerősítését és a helyi klíma kedvezőbbé alakítását.

Mártonffy Miklós
Budapest főépítésze

Előszó

A mai építészet egyik izgalmas technológiája a zöldfal, vagy ahogy az angol nyelvterületeken kifejezően hívják, az „élőfal” (Living Wall). Patrick Blanc első függőleges kertjének (Cité des Sciences et de l’Industrie, Párizs, 1998) megépítése óta azonban nemcsak az új technológiák nagyarányú fejlesztése indult meg, hanem a hagyományos zöldhomlokzati technológiákat is egyre többrétűen alkalmazzák az egész világon.

A klímaváltozás és a növekvő környezetterhelés a településeken komoly kihívást jelent, amelyre az egyik válasz a városi zöldinfrastruktúra integrált fejlesztése. Ennek hagyományos elemei mellett – mint például a közparkok vagy fasorok – rendkívül gyors ütemben fejlődnek az épületszerkezeteket borító vegetációs technológiák, a zöldtetők és zöldfalak, amelyekből szerte a világon sok millió négyzetméter épült az elmúlt néhány évtizedben.

A zöldfalak a városokban sokirányú és rendkívül értékes szolgáltatásokat nyújtanak a környezet, a városlakók és az épületek használói számára. A klímaberendezésekkel ellentétben a növényzet képes egyszerre hűteni az épület belsejét és az utcát – miközben számos egészségügyi, ökológiai és műszaki előnyt is biztosít. Ráadásul a sűrűn beépített városrészekben is alkalmazhatók a zöldhomlokzatok, ahol a hagyományos zöldfelületi technológiáknak már nem maradt fejlesztési területe.

Számos olyan zöld épület létesült a 21. században, amelyek világszerte inspirálják az építészeket hasonló technológiák alkalmazására. Gondoljunk a milánói Bosco Verticale függőleges erdejére, ahol a különböző szinteket támszerkezetre futtatott kúszónövények kötik össze, mint az esőerdők liánjai, a bécsi MA 48 őshonos növényekkel betelepített hatalmas zöldhomlokzatára, vagy akár a zürichi MFO Park kúszónövényekkel befuttatott, lenyűgöző méretű fémszerkezeteire. Kiadványunkban mi is számos megvalósult projektet mutatunk be, remélve, hogy hamarosan itthon is felismerik a döntéshozók azt a még ki nem használt lehetőséget, amely a zöldfalak és zöldhomlokzatok alkalmazásában rejlik.

Könyvünkkel egy meglehetősen összetett terület feldolgozására vállalkoztunk: bemutatjuk azokat az évszázados zöldhomlokzati megoldásokat, amelyek kúszónövények alkalmazásán alapulnak, de részletesen kitérünk azokra a modern zöldfalakra is, ahol a növények gyökérzónái változatos segédszerkezetek segítségével felkerülnek a homlokzati síkra. Bemutatjuk a költséghatékonyabb megoldásokat ugyanúgy, mint a legkülönlegesebb rendszereket. Útmutatónk képekkel, összefoglaló táblázatokkal és ábrákkal gazdagon illusztrált, így reményeink szerint hasznos segédeszköz lesz a tervezőirodák, a döntéshozók és az érdeklődő lakosság számára egyaránt.

E néhány gondolattal tisztelettel ajánlom kiadványunkat,

Dezsényi Péter
elnök
Zöldtető- és Zöldfal Építők
Országos Szövetsége

1. Bevezető

1.1 Miért szükséges egy ilyen útmutató készítése?

A cél az, hogy

- a zöldfal, zöldhomlokzat fogalma minél inkább bekerüljön a köztudatba;
- a települések szabályzatai írják elő a zöldhomlokzatok alkalmazását;
- minél több szakszerűen megépített, hosszú távon jól működő, fenntartható zöldhomlokzat létesüljön, növelve ezáltal a zöldfelület-szegény területek zöldfelületi ellátottságát.

1.2 Kiknek szól?

A zöldhomlokzat egy olyan építészeti, tájépítészeti, kertészeti elem, mely több szakma egyidejű közreműködésével valósulhat meg. Éppen ezért az útmutató elsősorban ennek a széles szakmai körnek (építészek, tájépítészek, kertészek, gépészmérnökök) nyújt támpontot, de ugyanakkor a települések hosszú távú jövőjét meghatározó szakemberek (településtervezők, településmérnökök, városépítési és városenergetikai szakemberek, önkormányzati és kormányzati döntéshozók, beruházók) számára is segítséget nyújt a döntésekben. Végül, de nem utolsósorban az érdeklődő lakosság is hasznos információkat talál benne.





1–2. ábra A szálloda szalagablakai közötti felületek lehetőséget nyújtanak vadszőlővel futtatásra

1.3 Mire vonatkozik?

A zöldfalak különböző típusaival kapcsolatos fogalmak és meghatározások eltérő használata terjedt el a világ különböző országaiban, kultúrköreiben, sőt akár az egyes országokon belül is. Ez számos félreértésre adhat okot, ezért jelen kiadványunkban nemcsak a kialakítással kapcsolatos kertészeti és műszaki alapvetéseket igyekszünk tisztázni, hanem a vonatkozó szakkifejezéseket is. Szeretnénk mind a szakmai, mind a lakossági felhasználók számára érthető és a gyakorlatban is jól használható terminológiákat definiálni.

Kiadványunkban a zöldfal kifejezést a kültérben vagy beltérben kialakított, növényzettel borított függőleges szerkezetek gyűjtőfogalmaként használjuk. Ezen szerkezeteknél a növényzet növekedhet a falszerkezetbe integrált ültetőközegben gyökerezve, de növekedhet közvetlenül a falszerkezeten vagy azzal párhuzamos segédszerkezeten, függetlenül attól, hogy a növény a talajban vagy a falra rögzített szerkezetben elhelyezett ültetőközegben ered. (Pataky, 2016)

A kültéri zöldfalaknak két nagy csoportját különböztetjük meg:

- az épületektől függetlenül kialakított, növényekkel burkolt, jellemzően függőleges jellegű kertépítészeti elemeket (pl. növényes támfalak, térfalak, lugasok, pergolák stb.),
- a zöldhomlokzatokat.

Zöldhomlokzatok esetén az épületek homlokzati (külső térelhatároló, függőleges vagy a terepsík felé döntött közel függőleges) felületeire telepítenek növényeket. Megfelelő technológia megválasztásával szinte bármilyen falszerkezet esetén kialakíthatók. A különböző típusokkal, vagy akár azok együttes alkalmazásával rendkívül változatos megjelenésű függőleges zöldfelületek hozhatók létre.

Az útmutató bemutatja a zöldhomlokzatokat, meghatározza a tervezési, kivitelezési és üzemeltetési alapelveket. Az útmutató alapelveinek betartása esetén elvárható, hogy a megvalósított zöldhomlokzatok hosszú távon működjenek, és a várt előnyöket biztosítsák. Az útmutató valamennyi hazai – és hasonló földrajzi, időjárási körülmények között készülő – épület zöldhomlokzatának kialakításakor alkalmazható.





3–4. ábra A belvárosi környezetben különleges látvány lehet az irodaház vadszőlővel befuttatott homlokzata





Az útmutató az épületektől függetlenül kialakított, növényekkel burkolt, jellemzően függőleges jellegű kertépítészeti elemekről és a beltéri zöldfalakról csak említést tesz, kitekintés jelleggel. Növényalkalmazási szempontból az útmutató nem foglalkozik az egynyári kúszónövényekkel, és csupán említésszinten tartalmazza a redélyként és alakfaként nevelhető növényeket.

A kiadványban szereplő ábrák csak a könnyebb szövegértelmezést szolgálják, nem helyettesíthetik az egyes termékekre vonatkozó alkalmazástechnikai kiadványokat, ahogy a tényleges zöldhomlokzat kialakításához szükséges tervezést sem. Hosszú távon jól működő zöldhomlokzat kizárólag valamennyi érintett szakterület közös munkája révén valósulhat meg.

Az útmutató a legfrissebb tudományos eredmények, gyakorlati tapasztalatok felhasználásával készült, de a folyamatos kutatások és fejlesztések következtében nem zárható ki, hogy egyes információk idővel túlhaladottá váljanak.

5–6. ábra Belvárosi irodaépületeknél a függönyfal sem zárja ki növényzet alkalmazását





7–8. ábra A középület tömör homlokzati felülete lehetőséget ad, hogy előnevelt borostyán panelekkel hozzunk létre zöldfalat





9–10. ábra Vízszintes ültetőedényes rendszerrel látványos zöldhomlokzat alakítható ki irodaház esetén is

1.4 Hol lehetnének zöldhomlokzatok?

Zöldhomlokzatok a rendkívül széles lehetőségek miatt szinte bármilyen épület esetén kialakíthatók. Erre mutatunk az 1–14. ábrákon néhány – akár ikonikus vagy műemléki – épület esetén elvi, ötletadó, figyelemfelkeltő lehetőséget. A látványképek készítése során nem vizsgáltuk, hogy a bemutatott zöldhomlokzat kialakításának van-e műszaki, jogi vagy esetleg bármilyen más akadálya.







11–14. ábra Belvárosi tűzfalak „szürke rengetege” különböző technikákkal zöldhomlokzatokká átalakítva látványos felületek lehetnek





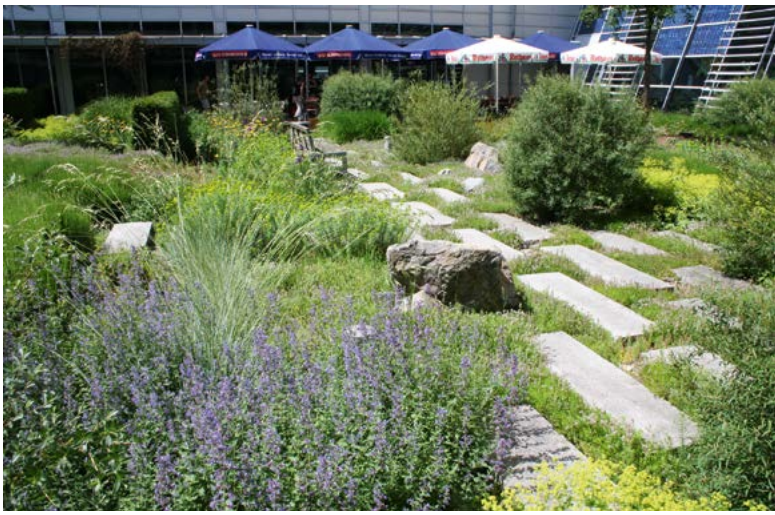
2. Városi klíma és zöldinfrastruktúra

Budapest 2030 hosszú távú városfejlesztési koncepciója szerint a települések megítélésében alapvető jelentősége van az ott lakók és dolgozók életminőségének. Ennek egyik legfontosabb eleme az egészséges környezet, amely döntően befolyásolja a lakosok egészségi, pszichés és mentális állapotát. A környezet jelentős hatással van a városlakók fizikai és szellemi teljesítőképességére, összességében pedig a város versenyképességének egyik fő meghatározója. Az egészséges környezetet alapvetően befolyásolják a településeken kialakuló sajátos klimatikus hatások.

2.1 Városi klíma

A településeken koncentráltan jelentkező emberi tevékenység következtében a helyi éghajlati viszonyok akár jelentősen is módosulhatnak. Ez vezet a városi hőszigetjelenség kialakulásához. A hőszigetjelenség és a városi klímát befolyásoló egyéb tényezők az alábbiak szerint foglalhatók össze:

- A nagy hőtehetetlenségű szerkezetek (épületeket, építményeket, közlekedési úthálózatot képező anyagok), az épületek (fűtés, hűtés) és az ipar hőterhelése, valamint a szűk utcák miatt a külterületek felől a belső városrészek felé haladva erőteljesen megemelkedik a hőmérséklet. Ez legkevesebb 3-5 °C-kal magasabb léghőmérsékletet eredményez a belső városrészekben a természetes környezetben mért értékekhez képest. A hőmérséklet-különbség azonban a nagyvárosokban, így például Budapest egyes területein meghaladhatja az akár 8–12 °C-os különbséget is. Ez a hőmérséklet-különbség nemcsak vízszintesen jelenik meg, hanem a városi felszín fölé nyúló, vertikális kiterjedése is van (akár 2000–3000 m magasság).
- A burkolt felületek nem képesek a por megkötésére, így a légáramlat hatására a megülepedett finom szennyeződés állandóan felkavarodik, és újratermelődik.
- A légszennyezés következtében szmogkupola alakul ki, amely a természetes terepalakulatokhoz hasonlóan befolyásolja a légáramlatokat és a csapadékot.
- A beépítetlen területek felől érkező légáramlatok átszellőztető hatását gátolja a természetes légcsatornák beépítése, az erőteljesen tagolt felszín, a sűrű beépítés okozta súrlódás, így a belső városrészekben gyakran mozdulatlan légpárna alakul ki. Itt a levegő sokszor egy helyben kering (csak a felső és alsó légrétegek cserélődnek fel) anélkül, hogy a szennyezett levegő elszállítása megtörténne.
- Ezzel ellentétben a házsorok képezte szűkületekben a kanyonhatás miatt a beáramló levegő sebessége megnőhet, irányuk a keresztutcák miatt megváltozhat, így szélörvények alakulhatnak ki.



15. ábra Biodiverz zöldtető egy irodaház közbenső födémén (Freiburg)



16. ábra Közösségi kert egy lakóépület legfelső szintjén (Bécs)

- A sajátos áramlási rendszerek miatt egyenetlen a csapadékeloszlás. Ez a csapadék gyors elvezetésével párosulva a csatornahálózat túlterhelését eredményezi, és a hirtelen, nagy intenzitású záporok esetén visszatorlódáshoz vezethet, de csökkenti a talajvízszintet és a párolgást is. Ezáltal szárazabb levegő alakul ki.
- A fenti jelenségeket fokozza a biológiailag aktív felületek hiánya.

Kutatások alapján a településeken a hőszigetek a jelenleg zajló klímaváltozás negatív hatásait (hosszan tartó hőhullámok, szmog, hőségriadó szempontjából kritikus napi középhőmérséklet stb.) tovább fokozhatják:

- Az Országos Meteorológiai Szolgálat 2010-ben megjelent modellezési eredményei, valamint Krüzsely és munkatársai számításai alapján országos átlagban a század közepére legkevesebb 1,7 °C-kal, míg a század végére 3,5 °C-kal emelkedik a nyári legmagasabb hőmérséklet az 1961–1990 közötti időszak modellátlagaihoz képest. Ezzel párhuzamosan a hűvös éjszakák száma szignifikánsan csökken, míg az extrém meleg napok száma szignifikánsan nő (>300%).
- A Budapesten hullott csapadék mennyiségének csökkenése az utóbbi közel 100 év alatt megközelítette a 10%-ot.

A változó időjárási körülmények, a szélsőséges hőmérsékletek, a vízzel, levegőminőséggel és UV-sugárzással kapcsolatos problémák, a megváltozott időjárási körülmények miatt terjedő kórokozók (vektorok) okozta betegségek jelentősen befolyásolják az emberek egészségét is. Az európai országokban a 2030-as évekre a hőséggel összefüggő halálozások száma évente 30 000-rel növekedhet. De a változó körülmények nemcsak az emberekre hatnak, hanem az állatokra és a növényekre egyaránt. A budai erdők



17. ábra Bevásárlóközpont közparkként kialakított tetőkertje (WestEnd City Center, Budapest)





természetközeli társulásaiban is a melegkedvelő fajok veszik át a vezető szerepet. A hosszú évtizedeken át jól működő fenyőerdőkben az erdei fenyő helyett a magas kőris, illetve a mediterrán virágos kőris válik uralkodóvá. A kedvezőtlen hatás a városi fasoroknál is tapasztalható. Gyakoribbak a hőség okozta lombperzselések és az új mediterrán kártevők (pl. platánpoloska, cincérek) pusztításai.

Ezen tendenciák káros hatásait csak hosszú távon gondolkodva, tudatos, összehangolt cselekvések sorozatával lehet szinten tartani vagy csökkenteni.

2.2 Zöldinfrastruktúra

Az új évezredben a világ fejlett városainak jelentős részében nagyszabású, integrált zöldfelület-fejlesztési programok indultak el. A változások legfontosabb mozgatórugói az egészséges városi környezet iránti társadalmi igény erősödése, a klímaváltozás elleni küzdelem, illetve a természeti környezet és a biodiverzitás védelme – tágabb értelemben a városi zöldinfrastruktúra ökológiai, társadalmi és gazdasági előnyeinek széles körű felismerése.

Az új fejlesztési hullám eredményeként nemcsak több zöldfelület létesül, de változik ezek minősége, helye és finanszírozásának módja is. Míg a 20. században szinte csak a hagyományos zöldfelületi elemek (pl. intenzív fenntartást igénylő közparkok) fejlesztése volt jellemző, az új évezredben számottevő arányban jelennek meg az extenzív fenntartású természetközeli területek, valamint a speciális szolgáltatásokat nyújtó vegetációs technológiák. A megnövekedett finanszírozási igények ma már több érdekelt csoport között oszlanak meg: Nyugat-Európában például jelentős pénzügyi eszközök állnak rendelkezésre az uniós programokon túl állami





18–21. ábra Alternatív elemek: füvesített villamospálya (Budapest), fapótló „növényernyők” (J. Paul Getty Museum, Los Angeles), növényekkel kombinált kültéri installációk (Kína, és a bilbaoi Guggenheim Múzeum – Frank O. Gehry – előtt)

és regionális pályázatokban, de ezzel párhuzamosan megnőtt a vállalati szektor és a városi közösségek részvétele is a zöldinfrastruktúra fejlesztésében és fenntartásában.

2.2.1 Mi a városi zöldinfrastruktúra?

Zöldinfrastruktúrának a természetes, illetve féltermészetes, biológiailag aktív felületek hálózatos rendszerének összességét nevezzük, amely fontos ökoszisztéma szolgáltatásokat nyújt az adott területen. A városi zöldinfrastruktúra elemei a növényzettel és vízzel borított felületek. Ilyenek

- zöldterületek (fásított közterek, közkertek, közparkok, városi parkok), fasorok és zöldsávok, vízparti zöldsávok, zöldfelületi intézmények, intézménykertek, lakókertek,
- egyéb városias zöldfelületek (zöldtetők, zöldfalak, közösségi kertek, esőkertek stb.),
- mezőgazdasági, erdőgazdasági területek,
- gyepek, erdők,
- vízfelületek (álló és folyó), vizes élőhelyek.

A zöldinfrastruktúra kialakítása során azonban a települések belső területein a zöldfelület közterületen történő jelentős növelésére jellemzően nincs reális lehetőség, mivel a kialakult városszövet miatt elsősorban csak magánterületeken a belső udvarokban vagy a tömbbelsők kibontásával lehetne növelni a zöldfelületet. Alternatív megoldások születnek, mint például a gyepesített villamos sínpálya Szegeden, illetve Budapesten az 1-es és 3-as villamos útvonalán, vagy Budapest VII. kerületében megfigyelhető kúszónövényekből kialakított „fapótló" elemek, az egyre több településen felfedezhető virágos oszlopok és a változatos térbeli megjelenésű és méretű zöldfal-installációk.



22. ábra Vegetációval kombinált zajárnyékoló fal

2.2.2. A városi zöldinfrastruktúra ökológiai, társadalmi és gazdasági hatásai

A zöldinfrastruktúra elemeinek már ma is kulcsszerepe van a városok klímavédelmében. Ezen belül két területet érdemes kiemelni.

- Az integrált városi csapadékvíz-gazdálkodás szemlélet elterjedése jelenleg a világon a zöldinfrastruktúra fejlesztések első számú motorja. Az új típusú csapadékvíz-gazdálkodás részeként az ismert műszaki infrastruktúra elemeken és a hagyományos városi zöldfelületeken túl egyre nagyobb szerepet kapnak a vegetációval borított árkok, esőkertek, vízáteresztő burkolati rendszerek, zöldtetők is. A növényzettel borított felületek és a speciális ültetőközegű gyökérzónák ugyanis nemcsak megtartják, lelassítják és szűrik a csapadékot, de vissza is párologtatják a megtartott nedvességet, amelynek különösen nagy szerepe van a száraz nyári időszakok és egyre szélsőségesebb hőhullámok idején.
- A szélsőséges intenzitású zivatarok elsősorban növekvő gazdasági terhet, az egyre hosszabb forró és száraz időszakok komoly népegészségügyi kihívást jelentenek a városok számára. A városi hőszigetjelenség negatív hatásainak mérséklésére, az intenzív hőhullámok elleni védekezésben az egyik legköltséghatékonyabb megoldás a biológiailag aktív felületek arányának növelése, ezen belül is elsősorban az árnyékot adó lombfelületek és az épületek külső felületét borító vegetációs technológiák fejlesztése.

Természetesen jelentős szerepe van a városi zöldinfrastruktúrának más környezeti terhelések mérséklésében is. A levelek felületei rendkívül hatékonyan szűrik a levegőt, megkötve ezáltal a légnemű és szilárd szennyezőanyagok jelentős részét.

A különböző kialakítású erdősávok, növénnyel ültetett rézsűk csillapítják a zajterhelést is. Különösen fontos szerep hárul a növényekkel kombinált zajárnyékoló falakra.

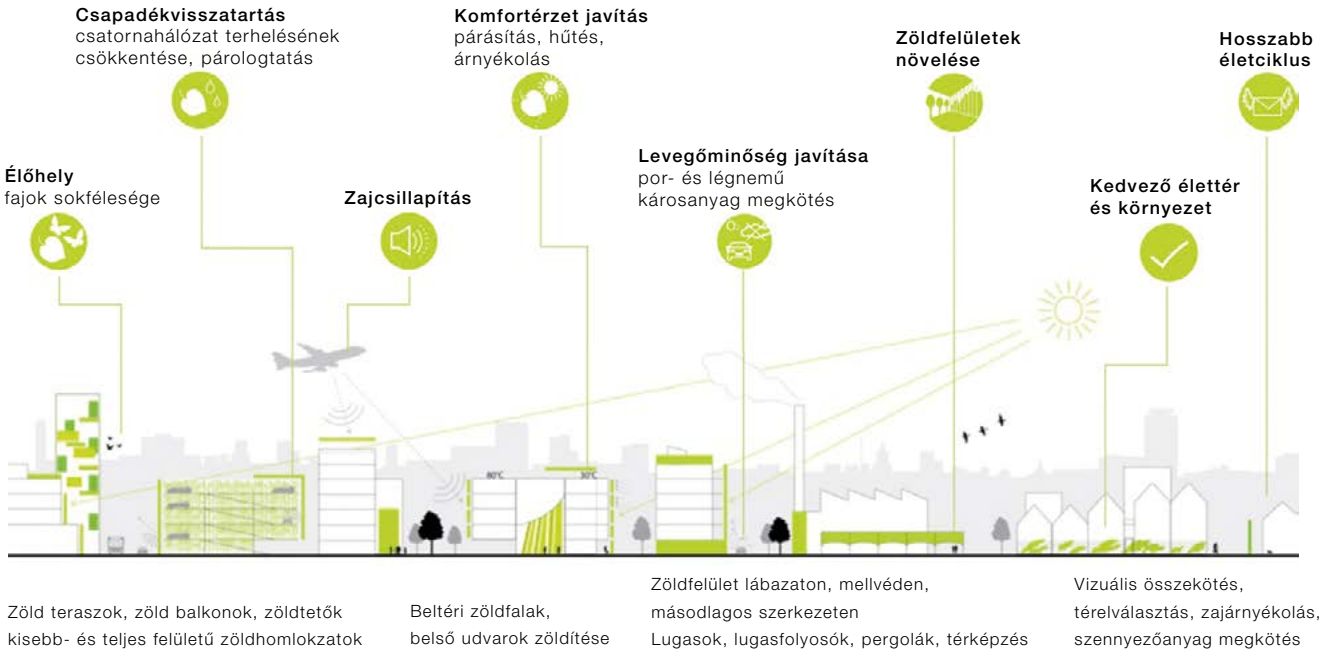
A zöldinfrastruktúra ökológiai előnyeinek másik jelentős területe a biodiverzitás, azaz a biológiai sokszínűség támogatása. A városok ma már egyre aktívabban veszik ki részüket a természetes élőhelyek és a veszélyeztetett fajok védelmében, hiszen a különböző ökológiai folyosók és biotópok nem érnek véget a városhatároknál. Egyes területeken pedig akár kiemelt szerep is juthat a települések zöldfelületi rendszereinek: ilyen például a beporzásért felelős rovarok életfeltételeinek biztosítása. Ezek a fajok ugyanis egyre jobban kiszorulnak az intenzív mezőgazdasági termelést folytató vidéki területekről. A városi környezet sok rovarfaj számára ma már



23. ábra High Line Park 1,6 km² területű nyilvános park Alsó-Manhattanban (New York), amit a hajdani West Side Line magasvasút helyett alakítottak ki 2006–2014 között

kedvezőbb élőhelyi körülményeket képes biztosítani, ezért egyre gyakrabban jelennek meg a tájépítészeti tervekben is a pollinátor-barát növényalkalmazások.

Az utóbbi években számos kutatás foglalkozott az aktív rekreáció jelentőségével, a zöldfelületek fizikai és mentális egészségre gyakorolt pozitív hatásával. Egy amerikai kormányzati tanulmány (Carlson et al., 2015) szerint egy rendszeresen aktív testmozgást végző felnőtt állampolgár több mint 1000 dollárral kevesebb költséggel terheli az USA egészségügyi ellátórendszerét évente, mint hasonló korú inaktív társa. New York egyik konkrét fejlesztési célja ezért az, hogy a városlakók legalább 85%-a 10 percen belül akár gyalog is elérhessen egy parkot vagy sportpályát. Ennek keretében nemcsak



24. ábra Épületeken kialakított zöldfelületek előnyei (Leitfaden Fassadenbegrünung nyomán)



25. ábra Belső udvar zöldtetővel és zöldhomlokzattal (Boutiquehotel Stadthalle, Bécs)

zöldfelületi beruházásokat hajtanak végre, hanem a városi közlekedési hálózat fejlesztését is részben a rekreációs projekthez igazítják.

Ehhez hasonló gondolatok megjelentek már Budapest 2030 hosszú távú városfejlesztési koncepciójában is.

A zöldfelületek stresszoldó, mentális egészségre gyakorolt pozitív hatásáról is számos kutatási eredmény jelent meg szerte a világban. Különösen fontos a munkahelyi körülményekben és a fekvőbetegek regenerációjában betöltött szerepük: mindkettő esetében már az élő zöldfelületre való rálátás is mérhető, számottevő jelentőségű. Természetesen annál fokozottabb a hatás, minél inkább kölcsönös kapcsolat alakul ki a növényi környezettel. Nem véletlen, hogy gyorsan szaporodnak az irodai beltéri zöldfalak, csakúgy, mint az aktív kertészkedést lehetővé tevő kórházi kertek vagy zöldtetők világszerte.

A zöldinfrastruktúra-fejlesztések pénzügyi megtérülése hatékony lehet, mivel a zöldfelület-fejlesztések eredményeként növekvő turisztikai és adóbevételek, egyben pedig csökkenő egészségügyi, szociális, valamint rendvédelmi kiadások várhatók. Jelentősen emelkedik a fejlett zöldinfrastruktúrájú területeken az ingatlanok értéke. A városi zöldfelületek jó minősége, az aktív rekreációs felületek gazdagsága nemcsak vonzza a befektetőket, a kreatív vállalkozásokat, vagy akár a regionális cégközpontokat, de a vállalkozások betelepüléséért és a beruházók tőkéjéért zajló városok közötti versenyben ma már a fontos mérlegelési szempontok közé tartozik.

2.2.3 Zöldtetők, zöldhomlokzatok a zöldinfrastruktúrában

A belső városrészek sűrű beépítése miatt a települések hagyományos zöldfelületi elemei mellett alternatív megoldásokra is szükség van, ahol az épületek tető- és falfelületeinek jelentős szerepe lehet.

Bár már az ókori kultúrákban is telepítettek növényeket mind tető-, mind falfelületekre, a zöldtetőket és zöldfalakat az 1980-as években kialakult különböző építészeti irányzatok közül elsősorban a „zöldépítészet" és az „ökologikus" építészet alapgondolatai hatására kezdték ismét nagyobb arányban alkalmazni. Zöldtetők mára nagy számban épülnek, és már a szabályozásban is elfogadottá váltak Magyarországon is (pl. OTÉK). A nemzetközi építészetben – különösen Patrick Blanc perzsaszőnyeg-jellegű, tarka, függőleges kertjeinek megjelenése óta – egyre több zöldhomlokzattal kialakított kortárs épület található, napjainkban a zöldfal építészeti, tájépítészeti eszközzé vált.

2.3 Beltéri zöldfalak[1]

Magyarország népességének 70%-a jelenleg városokban él, ebből 42% az ország 38 legjelentősebb városában, ideértve a fővárost is a maga 18%-ával. A városi ember teljes életének 85-90%-át zárt térben, épületen belül tölti. Belátható tehát, hogy a belső tartózkodó terek minősége jelentős hatással van a városlakók általános életminőségére. A lakosok számos más faktor mellett közvetlenül, és nagymértékben kitettek a beltéri levegő minőségének, amit az US Environmental Protection Agency az öt vezető humán egészségügyi kockázat közé sorolt.

1 Dancsuly Kriszta, Kiss Márton, Kovács Andrea nyomán

2.3.1 A beltéri növényzet hatásai

A levegőminőséget befolyásoló kémiai, fizikai és biológiai szennyezőanyagok felelősek nagy részben az úgynevezett „beteg épület szindrómáért" és az épülettel összefüggő betegségekért. A NASA kutatói már 1989-ben kimutatták, hogy a beltérben elhelyezett növények nem kizárólag esztétikai jelentőséggel bírnak, hanem kiváló levegőszűrők is. Az azóta született kutatási eredmények is mind ezt támasztják alá.

A festékekből, bútorokból, szőnyegekből, elektromos berendezésekből a belső terek levegőjébe kerülő jelentős mennyiségű mérgező szerves anyagot (formaldehid, benzol, toluol stb.) a beltéri növényfajok többsége hatékonyan képes megkötni. A kültéri zöldfelületekhez hasonlóan képesek megkötni a port, növelni a levegő páratartalmát, a fotoszintézis során oxigént termelni és szén-dioxidot felhasználni. Ezen tulajdonságaik által javítják a belső terekben tartózkodók általános közérzetét, egészségi állapotát. A növények a zöld szín, az organikus formák által hangulatjavító hatásúak, csökkentik a fáradtságérzetet, valamint a munkahelyi hiányzások mértékét. A növényfelület mérete, koncentráltsága és zártsága folytán az épületen belüli zajterhelés csökkentésében is jelentőségük lehet.

2.3.2 Dekorációs szerep

A függőleges zöldfelületek jelentősége elsősorban abban áll, hogy a hagyományos beltéri növénytartási módokhoz viszonyítva elenyésző mértékű hasznos alapterület elfoglalása mellett képesek jelentősebb biológiailag aktív felületet, egyúttal látványosabb díszt adni.

További érv mellettük, hogy (a kisebb növényméret miatt) jóval kisebb értékű növényekből épülnek fel, így az esetlegesen szükségessé váló növénycserék nem igényelnek magas anyagi ráfordítást, üzemeltetésük összességében költséghatékonyabb, mint a hagyományos, nagyobb értékű beltéri növényeké.

A sűrűn egymás közelébe ültetett növények kedvező mikroklímát biztosítanak önmaguk számára, ezért jobban fejlődnek, megmaradási esélyük nagyobb, mint szoliter vagy kisebb csoportokban ültetett fajtársaiké. Előnyük, hogy a belső terek fényszegény részein is telepíthetők, mivel mesterséges megvilágításuk – ellentétben a klasszikus növényekével – nagy pontossággal és működési hatékonysággal kiépíthető.

A zöldfal képes arra, hogy egy belső tér meghatározó élő jelensége legyen, ezzel növelve a hely különlegességét és/vagy meghittségét.



26. ábra Monokultúrás növényalkalmazású beltéri zöldfal a letisztult térképzést hangsúlyozza

2.3.3 Kültéri és beltéri zöldfalak összehasonlítása

A legnyilvánvalóbb hasonlóság, hogy mindkét esetben függőleges zöldfelületekről van szó. A kültéri zöldhomlokzatoknál bemutatott alapvető műszaki és növényalkalmazási szabályok (kialakítási alaptípusok, öntözőrendszer, ültetőközegek stb.) érvényesek beltérben is.

Alapvető különbség, hogy a beltéri klíma fontosabb meghatározó elemei (hőmérséklet, páratartalom) viszonylag állandók, csapadék, szél pedig nincs. Összességében ezért a beltéri zöldfalak kialakítása és üzemeltetése lényegesen egyszerűbb, mint kültéri társaiké.

Míg kültérben víz- és tápanyag-utánpótlás, valamint drénvízelvezetés tekintetében számos kialakítási mód esetén lehet számolni természetes „segítséggel" addig beltérben mindent mesterségesen kell biztosítani a növények számára.



27. ábra A tér különlegességét hangsúlyozó beltéri zöldfal nagyszámú taxon kevert alkalmazásával (Pátria Takarékszövetkezet, Gyömrő)



28. ábra Kevés taxonnal kialakított beltéri zöldfal (Eiffel Palace, Budapest)

Beltéri zöldfalak sajátos műszaki kérdései

A beltéri zöldfalak műszaki kialakításának követelményrendszerét a beltéri környezetre vonatkozó követelmények határozzák meg.

Beltéri zöldfalaknál szinte soha nincs talajkapcsolat, így víz- és tápanyag-ellátásról, valamint a drénvíz elvezetéséről minden esetben gondoskodni kell oly módon, hogy a vízre érzékeny beltéri épületszerkezetek ne károsodjanak. A gyakorlatban ez elsősorban a falszerkezethez csatlakozó szerkezetek, illetve a drénvízgyűjtő, -elvezető rendszer vízhatlan kialakításának követelményeként jelenik meg.

Beltérben fontos követelmény, hogy sem az ültetőközeg, sem az alkalmazott zöldhomlokzati rendszer egyéb anyagai ne legyenek kellemetlen szagúak hosszú távon sem.

Elegendő természetes fény hiányában mesterséges megvilágítás szükséges. Megfelelő mennyiségű és



29. ábra Nagyterű iroda recepciójánál nagyszámú taxonnal kialakított beltéri zöldfal (Keler Zrt., Budapest)

spektrális összetételű fény nélkül a növények jobb esetben sínylődni fognak, rosszabb esetben elpusztulnak.

Nagyon száraz belső klíma esetén párásító berendezés alkalmazása is szükségessé válhat.

2.3.4 Növényalkalmazás

A beltéri klíma meghatározza az alkalmazható növények körét. Így olyan taxonok alkalmazhatók sikerrel, melyek a beltéri viszonyokhoz hasonló meleg, kiegyenlített klímájú élőhelyekről származnak – ezek a köznyelvben a „szobanövény”-ként ismert növények. Azonban a különböző belterek klímája is nagy változatosságot mutathat, a növényeket az adott beltér mikroklímájának megfelelően kell megválasztani. Fontos, hogy egy falba lehetőleg hasonló fény-, víz- és tápanyagigényekkel bíró szobanövények kerüljenek.

Kültéri (magyar klímán kültérben életképes) növények beltérben való alkalmazása az esetek túlnyomó többségében nem lehetséges, mivel túlélési esélyeik – elsősorban a téli nyugalmi időszak szükségszerű elmaradása miatt – igen-igen csekélyek.

Az alkalmazásra kerülő növénytípusok, növényméretek és a növénykiültetés is nagyon változatos lehet. Kialakíthatók vékony, párnás hatású zöldfalak, de nagyobb termetű bokros habitusú növények vagy akár kúszónövények is használhatók. Ezek variációiból létrehozhatók monokultúrás vagy különleges hatású növényfalak. A zöldfelület „vastagsága” beltéri zöldfalak esetében jellemzően 5-50 cm közötti.

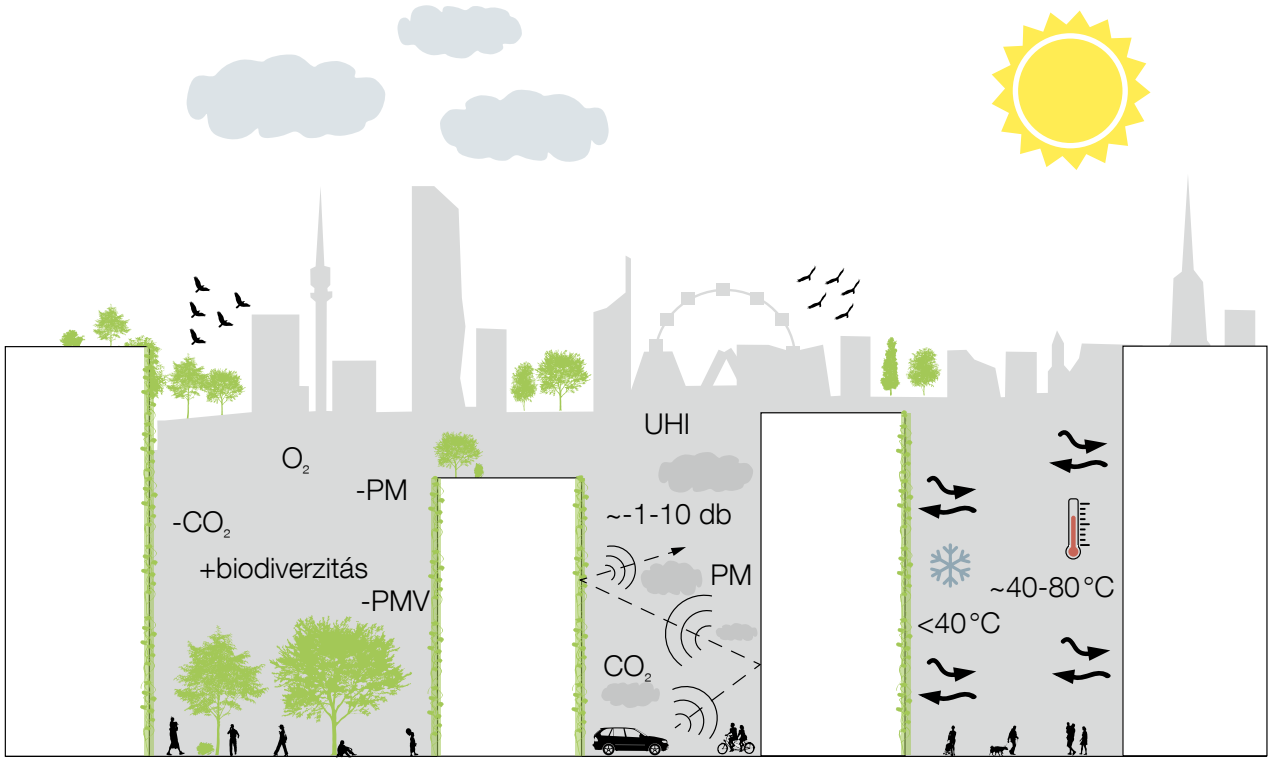


30. ábra Változatos növénybeültetésű beltéri zöldfal vízfüggönnyel kombinálva (Gyula, Várfürdő)

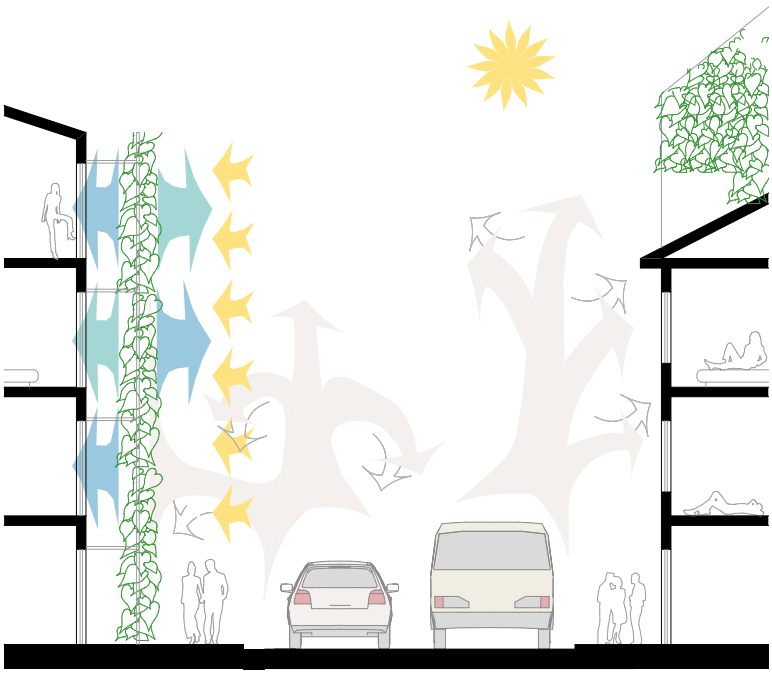
3. Zöldhomlokzatok jelentősége

A zöldhomlokzatok a zöldinfrastruktúra egyéb elemeihez hasonlóan számos kedvező tulajdonsággal rendelkeznek, ami annál figyelemreméltóbb, hogy azokon a területeken fejthetik ki hatásukat, ahol más elemek nem alkalmazhatók. Így különös jelentőséggel bírnak:

- a városi hőszigethatás csökkentésében, a mikroklíma kedvező befolyásolásában;
- a levegőminőség javításában, a por- és légnemű szennyezőanyagok megkötésében;
- a biodiverzitás növelésében;
- fontos a társadalmi, gazdasági szerepük és kedvezők a műszaki jellemzőik.



31. ábra Zöldhomlokzatok előnyei (Leitfaden Fassadenbegrünung nyomán)



32. ábra Mikroklíma szabályozás bel- és kültérben (Mobilane nyomán)



33. ábra Esővízgyűjtő tartállyal kombinált zöldhomlokzat – a szűrt esővíz biztosítja a növények vízutánpótlását (London)

3.1 Ökológiai előnyök

A mikroklíma kedvező befolyásolásával a városi hőszigethatás csökkentése, a levegőminőség javítása és a biodiverzitás növelése sorolható a legfontosabb ökológiai előnyök közé.

3.1.1 Mikroklíma befolyásolása

A különböző növények levelei felületük méretétől, érdességétől, valamint a helyi viszonyoktól függően a globális sugárzás 5–30%-át áteresztik, 5–30%-át visszaverik, mintegy 10–50%-a pedig hőátadással, illetve sugárzással távozik, 5–20%-át fotoszintézissel hasznosítják, és 20–40%-át fordítják transzspirációra. Ráadásul a növények az általuk felvett vízmennyiség mindössze 1–2%-át használják fel élettani folyamataikhoz, a többit (elsősorban a gázcsere-nyílásaikon keresztül) elpárologtatják. Ezek miatt jelentős mikroklíma-szabályozó hatással rendelkeznek.

A párolgó víz hőt von el a levegőből, ezért annak hőmérséklete csökken. Ezt a folyamatot használják ki az evaporatív (vagy párologtató) hűtés során. A természetben számos esetben hasonló folyamatok játszódnak le, így a növény élettani folyamatai során is. A levélzet párologtatása hőt von el a környezettől, ezáltal nemcsak párásítja, de hűti is azt. Minél szárazabb a levegő és minél magasabb a léghőmérséklet, annál intenzívebb a párolgás. Ezt a hatást tovább fokozhatja a függőleges ültetőközegű zöldhomlokzatok hőtároló- és párologtatóképessége.

Egy 2008-as drezdai kísérlet adatai szerint egy előnevelt borostyánból épített zöldfal egyetlen négyzetmétere több mint 1 m^3 vízpárát juttatott a levegőbe egy év leforgása alatt (Schröder, 2008). Egy, a Debreceni Egyetemen 2013-ban lefolytatott kutatás kimutatta, hogy a nyári 3 hónap alatt az egynyári növényekkel telepített zöldhomlokzatok párologtatása akár 250–350 liter/m^2 is lehet (Koroknai et al., 2015). A legmelegebb nyári hónapokban ez jelentős hűtőhatást jelenthet, hiszen 1 l víz párolgása 627 W energiát képes elvonni a levegőből.

A fenti folyamatok természetesen annál erőteljesebbek, minél nagyobb, kiterjedtebb a levélfelület. Már 100–200 m^2-nyi zöldfelület is érezhető hűtőhatással rendelkezik, melynek révén akár 3–4 °C léghőmérséklet-különbség is kialakulhat a zöldfelület környezetében. A zöldtetőkhöz képest azonban kedvező különbség, hogy a zöldhomlokzat nem a felette vízszintesen elhelyezkedő rétegekben fejti ki hatását, hanem a homlokzattal párhuzamosan, ami ráadásul légmozgás megindulását is eredményezheti. Ez javítja a hűtés hatásfokát, és segíti a belső terek szellőztetését.

Sok kisebb területű, sokrétű, egymással összefüggő vegetációs háló hatékonyabb, mint egyetlen nagyobb felület, ugyanis a hőmérséklet- és légcsere a peremzónákban bonyolódik le.

A zöldtetők egyik legnagyobb előnyeként tartják számon a csapadékvíz-visszatartást. A zöldhomlokzatok esetén elsősorban a gyűjtött csapadékvíz vízutánpótlásként történő felhasználása bír jelentőséggel.

3.1.2 Levegőminőségre gyakorolt hatás

A nagyvárosok légszennyezettségének mértéke jelentős, különösen a szállópor és a légnemű szennyezőanyagok tekintetében.

1. Finompor megkötése

A közterületeket borító zárt, szilikát burkolatok, az épületek külső térelhatároló szerkezeteinek hőmérséklete (különösen a vörös, fekete színű, cserépfedésű magastetők, fémlemezfedések vagy a fekete színű csapadékvíz elleni bitumenes lemez szigetelésű lapostetők stb.) nyári napon jelentősen meghaladhatja a léghőmérsékletet. Ez a felmelegedés függőleges irányú légmozgást hoz létre, ami a homlokzatok előtt jelentősebb, mint a tetők felett. A felszálló meleg levegő felkavarja a megülepedett szilárd szennyeződéseket, melyek a levegőben kavarognak és a nyitott ablakon keresztül a belső térbe is bejuthatnak. Bár a levegő szilárd szennyeződésének nagy része természeti eredetű (pl. vulkáni tevékenység, kőzetek eróziója, erdőtüzek stb.), az emberi tevékenységgel összefüggő, jelentősebb egészségügyi kockázatot hordozó szennyezés (pl. koromszemcsék) közvetlenül környezetünkben koncentrálódik. Ez Budapesten akár több mint 2500 t/év porképződést is jelenthet, melyből közel 380 t por lakossági fűtésből, közel 1900 t a közúti közlekedésből ered (2002-es adatok alapján, Kémiai Nemzeti Profil tervezet 2005; 3. fejezet; KvVM). Magyarország középső és keleti területein, Európa más területeihez képest is kimagasló a szállópor-koncentráció, ami fokozza a szív- és légzőszervi megbetegedések (szívinfarktus, hörghurut, asztma, tüdőrák) kockázatát.

A zöldhomlokzatok levélfelülete kiszűri a károsanyag-részecskéket, a por megül a felületen, megkötődik, majd az esővel eltávozik. A függőleges légáramlásban a zöldhomlokzatok növényei turbulens áramlatokat hoznak létre, ami fokozza a porszűrést. A zöldhomlokzat akár közvetlenül a keletkezés szintjén is már képes megkötni a keletkező szállóport, ezáltal csökkenhet a felszálló levegővel a belső terekbe beáramló szennyeződés.

Egy városi erdő felett 200–1000-szer kevesebb, a városi park felett 5-ször kevesebb, míg egy fasorral kialakított úton 3-szor kevesebb porszennyezés mérhető, mint egy növényzet nélküli utcában (Kursche et al, 1982). Más adatokkal, egy fasorral ellátott utcában közel 3000, míg egy fasor nélküli utcában 10 000–20 000 porszemcse található levegőliterenként. Ezt átszámítva fűfélével kialakított extenzív zöldtetőre az az eredmény, hogy a levélfelület közel 2 kg port köt meg tető m^2-enként (Haluza, 2010), és ezzel egyenértékű lehet egy zöldhomlokzat levélfelületének pormegkötő képessége is. Másképp megközelítve 5 db 5×20 m-es, azaz 100 m^2 nagyságú zöldfal akár 1 t szállóport is megkötheti évente, ami jelentősen befolyásolhatja a levegőminőséget.

2. Légnemű károsanyag megkötése, oxigéntermelés

A növények a fotoszintézis során szén-dioxidot használnak fel és oxigént bocsátanak ki. Egy 10–15 cm vastag levélszőnyeget alkotó borostyánfal esetén a falfelület minden egyes négyzetméterén 3–5 m^2 levélfelület található. Ennek oxigéntermelése évente kb. 1,7 kg is lehet (Schröder, 2008), valamint egy konténeres előnevelt borostyán zöldfal esetén évi 2,4 kg szén-dioxid megkötését mérték levélfelület m^2-enként (Schröder, 2008). De a levélfelületek más gáz-halmazállapotú károsanyagokat is megkötnek, elsősorban a kén-dioxidot. A légnemű szennyezőanyagok a levelekben raktározódnak, s ősszel a levélhullással a talajra/talajba kerülnek.



34. ábra A zöldhomlokzatok életteret biztosíthatnak számos állatfajnak

3.1.3 Biodiverzitás növelése

A városok területének növekedésével nemcsak a növények szorulnak ki, hanem számos állatfaj is elveszti természetes élőhelyét. Az épületek vízszintes és függőleges felületeinek növényzettel való burkolásával nem elhanyagolható mennyiségű új életteret teremthetünk számukra, ami növelheti a városok faunájának biodiverzitását. Az épületek felületein kialakított zöldfelületek számos állatfaj számára otthonként szolgálhatnak, átteleléshez, szaporodáshoz optimális környezetet, védelmet, sőt élelmet biztosíthatnak. Bár ezek a felületek nem helyettesítik a többszintű növénytársulásokat, mégis jelentős számú rovarfaj és madárfaj spontán betelepülése figyelhető meg, köztük akár különlegesen ritka, értékes fajok egyedei is.



35. ábra Növények használatával kialakított belvárosi szűk udvar is hangulatos közösségi teret alkothat (Drezda)

3.2 Társadalmi szerep és gazdasági hatás

A zöldhomlokzat egy olyan élő alkotás, mely folyamatosan változik, az idő múlásával a növényzet átalakul és fejlődik, ezáltal a háromdimenziós felület magában hordozza a negyedik dimenziót is. Ettől válik különleges képzőművészeti alkotássá, amely a tervezőt és szemlélőt, egyaránt inspirálja. A sűrűn beépített városi környezetben megjelenő zöldfelületek megnyugtató, természetközeli élményt idéznek, jelentősen csökkentik a stresszt, javítják az életminőséget. A természet színei, formái, árnyalatai, a virágok illata pszichológiai, érzelmi hatást is gyakorolnak a szemlélőre.

A zöldhomlokzatok előnyei között meg kell még említeni:

- a függőleges zöldfelületek esztétikai hatásai fokozottan érvényesülnek, hiszen például a zöldtetőkhöz képest sokkal inkább szem előtt vannak, jobban láthatók;
- zöldhomlokzatok függőleges közösségi kertként való kialakításával (haszonnövények telepítése is lehetséges) bevonhatók a lakók is a fenntartásba, így helyi közösségek alakulhatnak ki;

A zöldinfrastruktúra más elemeihez hasonlóan a zöldhomlokzatokra is igazak az egészségügyi és gazdasági előnyök.

A zöldhomlokzatok közvetlen gazdasági előnyei:

- a kedvező műszaki tulajdonságok az épület üzemeltetésével, a homlokzat felújításával kapcsolatos költségeket csökkenthetik, ami az épület teljes életciklusának tekintetében igen kedvező;
- a kúszónövényekkel kialakított zöldhomlokzatok fenntarthatóság szempontjából is kedvezőek (pl. a szén-dioxid elnyelés révén csökkentik az épület szén-dioxid kibocsátását), különböző számítások alapján gazdasági megtérüléssel is számolni lehet;

és a közvetett gazdasági előnyök:

- ingatlanérték-növelés;
- branderősítés, turisztikai vonzerő stb.

3.3 Műszaki előnyök

A zöldhomlokzatok kitettségüktől, méretüktől, valamint az alkalmazott taxonoktól függően szolgálhatják az adott építmény védelmét a domináns szelektől, lehűléstől, túlzott globális sugárzástól, lebegő, illetve gáznemű szennyezőanyagoktól, amihez az alább részletezett kedvező tulajdonságok jelentősen hozzájárulnak.

3.3.1 Csapadék elleni védelem

A burkolatként kialakított, zárt felületet adó függőleges gyökérzónás és ültetőedény-soros rendszerek védik a hátszerkezetet a csapóesőtől, így a hátszerkezet akár száraz is maradhat. A kúszónövények levéltakarója leginkább a kettősfedésű, kiselemes tetőfedésekhez, illetve homlokzatburkolatokhoz hasonlít: a levelek rendszere „zárt" felületet hoz létre, mely így szélmentes időben a többi rendszerhez hasonlóan a csapadék ellen védő hatással rendelkezik.

Szeles időben a szél torlónyomása bejuttathatja a csapadékot a kúszónövények „felborzolt" levelei és a hézagosan elhelyezett ültetőedények között egészen a hátszerkezetig, de csak csökkentett mértékben. A száradást segíti a növény és a hátszerkezet közötti átszellőzés.

3.3.2 Energetikai szerep

1. Nyári hővédelem

Kéthéjú, átszellőztetett falszerkezetek esetén a falszerkezet és a burkolat közötti légréteg fontos tulajdonsága a nyári hőcsillapítás. A sugárzó hőátadás következtében a légrésben a levegő a külső léghőmérsékletnél melegebb, a kéményhatás következtében felfelé áramlik, míg alulról a „hűvösebb" külső levegő áramlik a helyébe. Ez a légáramlat hűti a hátszerkezetet, csökkenti annak felmelegedését és kellemesebb komfortérzet alakul ki a belső terekben.

Ez a hatás kialakul a burkolatként, megfelelő légréssel szerelt függőleges gyökérzónás és ültetőedény-soros rendszerek esetén is.

A növények levelei a napfény hatására automatikus, napérzékelő, mozgó lamellaként a fény felé fordulva megemelkednek, optimálisan árnyékolnak. A megemelkedő levelek és a hátszerkezet között kialakul a „kéményhatás", azaz megindulhat a légmozgás, így kúszónövényekből kialakított „növényburkolat" esetén a hűtőhatás – bár kisebb mértékben, de – külön átszellőző légrés nélkül is létrejön.

Egy külső fal felületi hőmérséklete anyagától, színétől függően nyári napokon jelentősen a léghőmérséklet



36. ábra A teljes homlokzatot befutó, több évtizedes vadszőlő alatt sértetlen a homlokzat (Berlin)



37. ábra Kellemes komfortérzetet biztosító zöldhomlokzat (Boutiquehotel Stadthalle, Bécs)

fölé, akár 40–60 °C-ra is emelkedhet a déli órákban. A növények a külső léghőmérsékletnél jellemzően nem melegednek fel jobban, míg a növényzet mögötti falszerkezet felületi hőmérséklete a léghőmérséklet alatt marad. Ezt igazolták a külföldi kísérletek mellett a BME-n végzett kísérletek (Pataky, 2016) eredményei is. Ennek elsődleges oka, hogy a növények árnyékoló hatása miatt a levelek felületére érkező direkt szoláris sugárzás töredéke éri a falszerkezetet, ami már lényegesen kisebb mértékben melegíti fel a homlokzat felületét. Ahátszerkezet felületi felmelegedésének csökkenéséhez hozzájárul még a párologtatás és a kialakuló légmozgás.

Mivel a növényzet hőmérséklete jellemzően a léghőmérséklet alatti vagy a közeli értéket vesz fel, így lényegesebb akadályoztatás nélkül lehetővé teszi az épület éjszakai lehűlését is.



38. ábra Fotoszintézis hatására megemelkedő levelek

A növényzet árnyékoló, hűtő hatása a beltér hőkomfortjára, adott esetben hűtésére (ezzel kapcsolatban az épület energiafelhasználására és szén-dioxid kibocsátásra is) komoly hatással van. Különösen fontos ez üvegezett felületek esetén. A BME kutatási eredményei szerint (Szalai et al., 2016) különböző növényekből kialakított zöldárnyékolókkal a vászon árnyékolóval megegyező vagy annál kedvezőbb PMV (Predected Mean Vote = várható hőérzeti érték) és PPD (Predected Percentage of Dissatisfied = kedvezőtlen hőérzet várható százalékos valószínűsége) értéket lehet elérni a belső térben. Ennek következtében a beltéri alacsonyabb léghőmérséklet adott esetben már a növényalkalmazás révén előállhat, illetve a megfelelő beltéri hőkomfort eléréséhez kevesebb energiabevitelre van szükség.

2. Téli hővédelem

A téli hővédelemben jelentős hatása van annak, hogy a növényzet (és szerkezeti elemei) védőernyőként szolgál a homlokzat előtt. Ez azt jelenti, hogy sugárzásos hőcsere nem a külső falfelület és a kb. -50–-70 °C hőmérsékletű égbolt között jön létre, hanem a külső falfelület és a legfeljebb léghőmérsékletre hűlő növényfelület között. Így a falszerkezet hőmérséklete magasabb, mint a léghőmérséklet, ami jelentősen csökkenti a hőveszteséget. Emiatt korábban már pusztán örökzöld kúszónövények alkalmazása esetén is akár 5–38%-os fűtési megtakarítást is feltételeztek. Ez a hatás legfeljebb meglévő (jellemzően a 2000-es évek előtt épült) alacsony hőszigetelő-képességű falszerkezetek esetén tapasztalható.

Új épületek esetén azonban más a helyzet. A klímaváltozás hatásainak csökkentése érdekében az Európai Parlament és Tanács az épületek energiafogyasztásának jelentős csökkentését írta elő 2010-ben (EPDM, 2010). Ez alapján készült el a hazai rendelet (20/2014. (III. 7.) BM rendelet), mely szerint lépcsőzetes bevezetéssel kizárólag közel nulla energiaigényű és szén-dioxid kibocsátású épületek épülhetnek, mely elvet a jelentős felújítások esetén is be kell tartani. Az így kialakított épületek esetén a falszerkezetek igen jó hőszigetelő-képességűek, ezért a zöldhomlokzatok hőveszteség-csökkentő hatása lényegesen kisebb.

A lombhullató kúszónövények esetén a lomb elvesztése lehetőséget nyújt arra, hogy a napsütötte homlokzatokat a téli nap felmelegítse, ezáltal csökkentse azok lehűlését, illetve késleltesse a hőleadást, és ezáltal járul hozzá a hőveszteség-csökkenéshez.

Függőleges felület mellett a hőmérséklet-különbség, illetve az abból származó sűrűségkülönbség követ-

keztében élénk légmozgás és ezzel együtt nagyobb hőátadási tényező alakul ki. Az épület szél okozta hővesztesége az épület fekvésétől, kitettségétől, alakjától és szerkezeti kialakításától függően elérheti akár a teljes hőveszteség 50%-át. Alapvető érdek tehát a homlokzatok szél okozta hűtőhatásának csökkentése, ami valamennyi zöldhomlokzattípus esetén létrejön. Még kúszónövények esetén is, ahol a szél hatására a zárt, egyenletes növésű növényzet levélzete megemelkedhet. A levelek turbulens áramlatok létrehozásával csökkentik a függőleges fal előtt a szél hűtőhatását. A hűtőhatás csökkentés változatos növésű, erős ágrendszerű lombhullató kúszónövények esetén még lombkorona nélkül is jelentős lehet télen.



39. ábra Lombhullatók ágrendszere télen is csökkentheti a szél hűtőhatását, miközben a téli napsugárzás napközben akadálytalanul felmelegítheti a homlokzatot

3.3.3 Élettartam-növelés

A növények levelei (és a kiegészítő szerkezetek) által létrehozott „zárt" felület védi a hátszerkezetet a nap UV-sugárzásától, azaz annak öregítő hatástól. A csapadék és az UV-sugárzás elleni védelemnek köszönhetően megfigyelhetők olyan kúszónövénnyel borított homlokzatok, melyeket 30-70 év alatt sem kellett a növényzet mögött felújítani. Tapasztalatok alapján a festett falak, vakolatok élettartama akár 2-3-szorosára is nőhet.

A hőcsillapítás, az árnyékolás hatására csökken a hátszerkezet hőmozgása, kisebb feszültségek keletkeznek, ami az UV-sugárzás elleni védelemmel együtt lassítja a hátszerkezet öregedését, így a szerkezetek hosszabb élettartamúak lehetnek.



40. ábra Utca zajcsillapítása tömör kerítés előtt elhelyezett kúszónövénnyel

3.3.4 Hangszigetelés

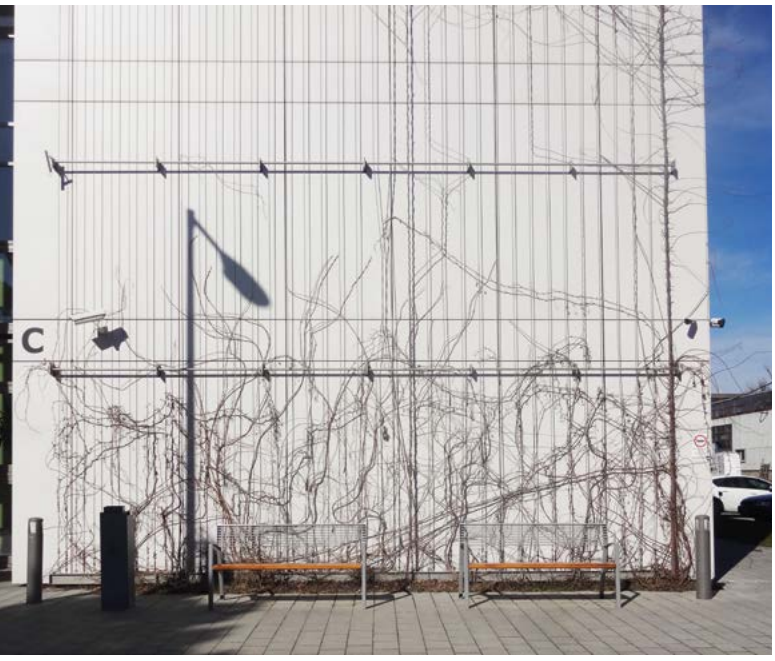
Ma még nagyon kevés kutatás foglalkozik a zöldhomlokzatok akusztikai hatásával, így tudományosan, mérési eredményekkel még nem igazolt az a kedvező hatás, amit tapasztalni vélünk növények környezetében. Az eddig végzett kutatások során a 125–1250 Hz közötti vizsgálati tartományban gyakran rontóhatás jelentkezett, míg 4000–10 000 Hz közötti vizsgálati tartományban akár 2–10 dB-es javítást is mértek (pl. Wong et al., 2010).

Magas frekvenciák esetén ezek az értékek már figyelembe vehetők lennének, azonban mindaddig, amíg az elméleti számítás modelljét nem állítják fel, vagy tényleges, különböző típusú zöldhomlokzatokon végzett laboratóriumi és helyszíni vizsgálatok nem készülnek, a zöldhomlokzatok hangszigetelő képességéről pontos képet nem kapunk. Vélelmezhető, hogy a levelek képezte „rendezetlen felület" elsősorban hangcsillapítási/hangelnyelési képességével csökkentheti a közterekenkialakuló közlekedési zajt/hangnyomásszintet, míg az épületek külső térelhatároló szerkezetei léghanggátlásánál legfeljebb a nagyobb tömegű függőleges ültetőközeggel kialakított zöldhomlokzatoknak lehet kedvező hatása.

3.4 Tévhitek és megfontolandó szempontok

A változatos kúszónövény-használat még az 1930-as években is széleskörűen elterjedt volt Magyarországon is. A II. világháború után elsősorban olyan épületeken jelentek meg a támszerkezetet nem igénylő kúszónövények (vadszőlő, borostyán), melyek felújítása hosszú évekig, évtizedekig elmaradt, így a nagyfelületű növénytakaró képe összefonódott a műszakilag leromlott állapottal, a kedvezőtlen életkörülményekkel. Az 1990-es évek ingatlantulajdonos-váltásai, illetve az energiatudatosságra törekvés következtében számos homlokzatfelújítás esetén az első lépés a növényzet eltávolítása volt, melynek újranövekedését a növény teljes kiirtásával akadályozták meg. Talán ez is oka lehet, hogy zöldhomlokzatok kialakításának tervezésekor számos ellenérv és félelem merül fel a lakosságban, használókban. Ezek közül veszünk sorra néhányat.

1. Zöldhomlokzatot bárki tud tervezni és kivitelezni
A megfelelő műszaki és kertészeti szakértelem nélkül létrehozott zöldhomlokzatok könnyen csalódást okozhatnak. Különösen igaz ez a függőleges gyökérzónás vagy ültetőedény-soros zöldfalakra. Ezek kialakítása esetén csak számottevő elméleti és gyakorlati tapasztalattal rendelkező szakcég megbízása vezethet megfelelő eredményre.



41. ábra Lombhullató kúszónövények ágrendszere télen láthatóvá válik (ÉMI épülete, Szentendre)

2. A növényzet károsítja a homlokzatot
Talán ez a legszélesebb körben elterjedt zöldhomlokzatokkal kapcsolatos tévhit. Egyes kúszónövények valóban károsíthatják a homlokzatot, de kizárólag abban az esetben, ha a homlokzat már a befuttatás előtt hibás volt. A növényzet az általános vélekedéssel ellentétben – az előző fejezeteknek megfelelően – védi a homlokzatot.

Támszerkezetet nem igénylő kúszónövények eltávolítása esetén előfordulhat felületi sérülés, a kapaszkodó szervek nyomot hagyhatnak a homlokzaton. Így olyan esetben, ha a kúszónövények eltávolítása várható, kerülni kell a direkt futtatást.

3. A növények mögött nedvesebb lesz a falszerkezet
Valóságban éppen az ellenkezője igaz: a zöldhomlokzatok inkább „védőernyőként" működnek és egyetlen típus sem vezet több nedvességet a falszerkezethez, mint bármilyen más burkolat. Persze, ha az épület falszerkezetei már korábban is nedvesek voltak, akkor zöldhomlokzat kialakításával romolhat az állapot, így ebben az esetben először a hiba okát kell megszüntetni és csak utána készíthető el a zöldhomlokzat.

4. Nem kívánt élőlények jutnak be a belső terekbe
A lakosság körében éppen azoktól az élőlényektől (rovarok, madarak, egerek) tartanak a legjobban, melyek új életteret találnak a zöldhomlokzatban. A tapasztalat azonban az, hogy egy-egy nem megfelelő szerkezettel kialakított, vagy elhanyagolt gépészeti aknával rendelkező épületbe jóval kellemetlenebb állatok költözhetnek be. Az épületeken belül és kívül eltérő állatfajok fordulhatnak elő. A növényzetben megtelepedő állatok biológiai életközösséget alkotnak, így rövid időn belül beáll az egyensúlyi állapot. Kúszónövény használat esetén támszerkezet kialakításával, a fal és a növényzet közötti nagyobb távolsággal és/vagy a növény rendszeres metszésével elkerülhető, hogy rágcsálók másszanak fel.

5. A zöldhomlokzatok drágák
A különböző függőleges zöldfelületek, a kiadványunkban szereplő egyes rendszerek megvalósítási költségei nagyon nagy eltérést mutatnak, akárcsak a mai építészetben alkalmazható különböző homlokzati megoldások. A hazai és nemzetközi tapasztalatok szerint az alulárazás és túlárazás a tervezési fázisban majdnem ugyanolyan gyakran előforduló hiba. Előbbi esetben, ha meg is valósul végül a projekt, sokszor olyan kényszerű kompromisszumok árán, amely később a zöldfal jelentős felújítását, újraépítését teheti szükségessé. Ezzel szemben a túl magasra becsült bekerülési költségek

a beruházókat sokszor elriasztják zöldhomlokzatok alkalmazásától.

6. A zöldhomlokzat ápolási igénye, karbantartási díja magas

Valamennyi zöldhomlokzattípusnál felmerülnek ápolási és karbantartási igények, de ennek nagyságrendje és költségei is nagyon eltérő mértékűek lehetnek. Általánosságban elmondható, hogy a kúszónövényekkel kialakított zöldfalak üzemeltetése alacsonyabb költségű, mint a többi rendszeré. Fontos, hogy már a zöldhomlokzati rendszer kiválasztásánál vegyék figyelembe a várható növényápolási és karbantartási költségeket.

7. A zöldhomlokzatok szemetelnek

A növények egyes részei a természetes élettani folyamatok során elszáradhatnak, lehullhatnak. Ez a folyamat zöldhomlokzatok esetén is bekövetkezhet (pl. elhervadó virágok, őszi lombhullás). A lombhullató zöldhomlokzatokon sem keletkezik több lehulló növényi rész, mint bármelyik fán vagy cserjén. Örökzöld növényekkel telepített zöldhomlokzatokon keletkező lehulló növényi részek mennyisége pedig – lévén folyamatosan, de csak kis mennyiségben keletkeznek – gyakorlatilag észrevétlen marad.

8. Rendezetlen, nem attraktív téli kép

Ez egy szubjektív esztétikai kérdés. A rendezetlen látvány leggyakrabban a lombhullató kúszónövényekkel kialakított zöldhomlokzatokkal kapcsolatban merül fel. Valóban, a lomb elvesztésével láthatóvá válik a bonyolult ágrendszer, ahogy a fák és bokrok esetén is, mégsem érezzük ezt rendezetlennek vagy elhanyagoltnak. A sokféle technológia közül választva lehetőség van örökzöld növények vagy télen is látványos növények alkalmazására is.

9. Betörésveszély

Néha felmerül az a félelem, hogy a zöldhomlokzat segédszerkezetei növelhetik egy esetleges betörés lehetőségét.

Erősen fásodott szárú kúszónövények, néhány támszerkezettípus valóban megkönnyítheti a felső szintekre való feljutást. A felkapaszkodás megakadályozása érdekében lényeges a fajválasztás, a fenntartás, a zöldhomlokzat típusának megválasztása vagy javasolt a zöldhomlokzatot olyan magasról indítani, hogy ez ne következhessen be.



4. Zöldhomlokzatok megvalósítási lehetőségei

A zöldhomlokzatokat a növényhasználat, a kialakításmód, a gyökérzóna helyzete, a gyökértér anyaga, a gyökértér tartóeleme, a segédszerkezetek és a szerkezeti megoldások alapján lehet rendszerezni.

A 44. ábra rendszerezése komplex szempontrendszer alapján a valamennyi ma ismert megoldást magában foglalja. Ettől a csoportosítástól némileg eltérően ebben a kiadványban elsősorban az alkalmazható növények alapján tárgyaljuk az egyes megvalósítási lehetőségeket, mégpedig az alábbi felosztásban:

- kúszónövényekkel megvalósítható zöldhomlokzatok (támszerkezettel vagy anélkül futtatott, illetve csüngő növényekkel),
- fás és lágyszárú növényekkel megvalósítható zöldhomlokzatok (ültetőedény-soros és függőleges gyökérzónás rendszerek).

Természetesen egy-egy zöldhomlokzat esetén nemcsak egyféle típus alkalmazható, hanem a változatosabb növénykép, az építészeti elképzelés érdekében többféle típus is választható.

Az egyes megoldások jellemzőit piktogramokkal is bemutatjuk. Az 1. táblázat ezek könnyebb értelmezését szolgálja.



42. ábra Zöldhomlokzatok rendszerezése (Pataky)

Zöldfelület kialakulásához szükséges idő: Adott felületet milyen gyorsan fedi be a növényzet. Ez az idő jelentős mértékben függ a választott rendszertől, a növénnyel fedendő felület nagyságától és attól, hogy milyen mértékű fedés a cél.	 több mint 3 éven belül 2-3 éven belül 1-2 éven belül azonnali zöldfelület vagy rövid időn belül
Kialakítási sokszínűség: Az alkalmazható taxonok sokféleségét, variációs lehetőségét mutatja.	 nagyon változatos változatos sokféle korlátozott
Vízutánpótlás: Milyen sűrűn szükséges öntözni.	 naponta többször naponta hetente 1-4 alkalommal igény szerint
Ápolási igény: A növényekkel közvetlenül (például metszés, pótlás, növényvédelem) és közvetetten kapcsolatos (ültetőközeg, víz- és tápanyag-utánpótlás, az öntöző rendszer ellenőrzése, gyomtalanítás) teendők nagyságrendjét mutatja.	 évente több mint kétszer évente legalább kétszer évente legalább egyszer igény szerint
Karbantartási igény: A zöldhomlokzatok műszaki elemei – ugyanúgy, mint bármilyen más épületelem – rendszeres ellenőrzést, adott esetben karbantartást igényelnek. Ezt a várható igényt mutatja ez az érték.	 kevesebb mint 2 évente 2-5 évente 5-10 évente több mint 10 évente
Bekerülési költségek: A zöldhomlokzattal összefüggő nettó bekerülési költség nagyságrendjét mutatja az ápolási és karbantartási költségek nélkül.	 150 000-250 000 Ft/m², illetve efelett 70 000-150 000 Ft/m² 15 000-50 000 Ft/m² 2 000-15 000 Ft/m²

1. táblázat Jelmagyarázat a tulajdonságok táblázatokhoz









43–46. ábra Terepszinten elhelyezett planténerben (Berlin belvárosa), talajból (templom – Baden bei Wien, lakóépület – Erlangen) és zöldtető ültetőközegéből (IKEA áruház, Budapest) eredő kúszónövényekkel kialakított zöldhomlokzatok

4.1 Kúszónövényekkel kialakított zöldhomlokzatok

Ez a csoport a növények azon tulajdonsága alapján határozható meg, hogy azok futtathatók, illetve vezethetők és az ágrendszer megtámasztást igényel.

A növények eredhetnek a homlokzat lábazatánál a talajban vagy az épület köztes szintjén kialakított zöldtető ültetőközegében (ezek a talajkapcsolatos zöldhomlokzatok). Előbbinél gyökértéren alapvetően az ültetőgödröt értjük. Ilyen esetben víz- és tápanyag-utánpótlásra a tényleges körülmények függvényében változó mértékben, illetve ideiglenesen lehet szükség. Zöldtető esetében a gyökértér mélységét a zöldtető ültetőközeg vastagsága határozza meg, szélességi értelemben jellemzően nem korlátozott. A víz- és tápanyag-utánpótlás biztosítható a zöldtető ellátásával egyidejűleg. Kúszónövények eredhetnek továbbá a terepszinten elhelyezett, közvetlenül a homlokzatra rögzített vagy a homlokzat előtt kialakított „állványszerkezeten” különböző magasságban elhelyezett konténerekben is (ezek talajkapcsolat nélkül kialakított zöldhomlokzatok). Ebben az esetben a gyökérteret a konténer méretei határozzák meg. Ilyen kialakítás esetén víz- és tápanyag-utánpótlásra minden esetben szükség van.





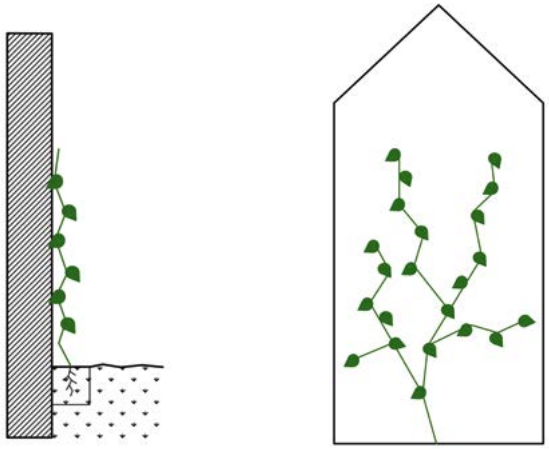
47–48. ábra Kúszónövények eredhetnek az épület homlokzatán elhelyezett planténerben (Simplon Udvar – Budapest, lakóépület – Bécs)

4.1.1 Támszerkezetet nem igénylő kúszónövényekkel (direkt típus)

A támszerkezetet nem igénylő kúszónövények közvetlenül a falszerkezetre futtathatók.
Ezen módszer legnagyobb előnye az egyszerű, költséghatékony kialakításmód, hátránya a rendelkezésre álló viszonylag korlátozott növényalkalmazás és a fedettség eléréséhez szükséges hosszabb idő.

Típus		Zöldfelület kialakulásához szükséges idő	Kialakítási sokszínűség	Vízutánpótlás	Ápolási igény	Karbantartási igény	Bekerülési költségek
Direkt típusú zöldhomlokzat	épület lábazatánál talajban vagy köztes szinti zöldtető ültetőközegében eredő (talajeredetű)						
	konténerben eredő (talajtól független)	(a konténerek elhelyezési távolságától függ)					

2. táblázat Direkt típusok jellemzői

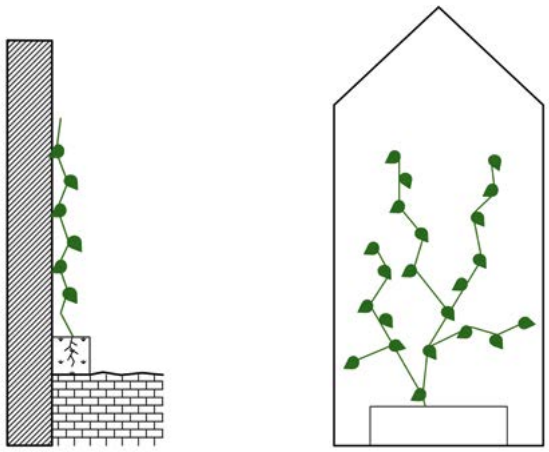


a., talajkapcsolatos

49–50. ábra Talajkapcsolatos direkt rendszer jellegábrái (Pataky–Csibi)



51. ábra Talajkapcsolatos, borostyánnal (Hedera sp.) futtatott homlokzat (Cecilienhof, Potzdam)

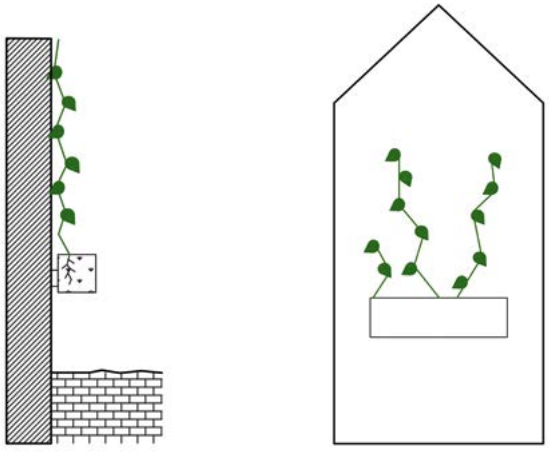


b., terepsíkon elhelyezett ültetőkonténer

52–53. ábra Terepsíkon elhelyezett ültetőkonténerből eredő direkt rendszer jellegábrái (Pataky–Csibi)



54. ábra Terepsíkon elhelyezett ültetőkonténerből eredő zöldhomlokzat (Hackesche Höfe, Berlin)



c., homlokzatra rögzített ültetőkonténer

55–56. ábra Homlokzatra helyezett ültetőkonténerből eredő direkt rendszer jellegábrái (Pataky–Csibi)



57. ábra Teraszon elhelyezett ültetőkonténerből eredő direkt futtatott kúszónövény (Besancon)

4.1.2 Támszerkezetre futtatott kúszónövényekkel (indirekt típus)

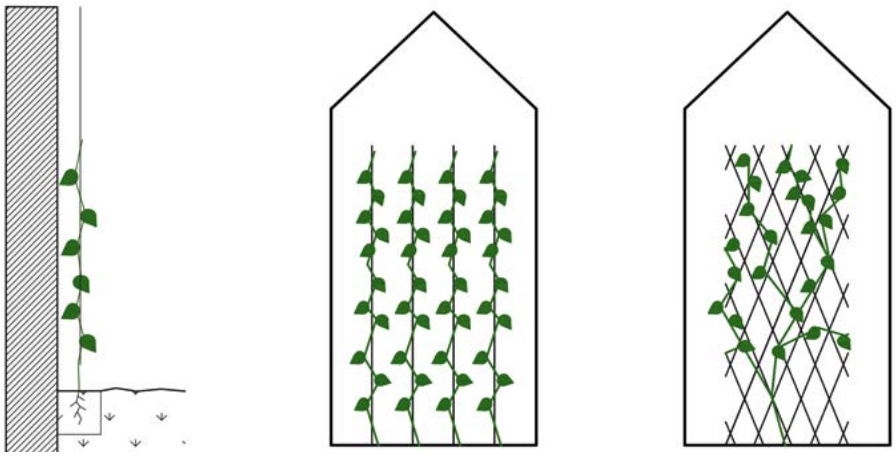
A kúszónövények egy jelentős része csak támszerkezet segítségével futtatható falszerkezetre. Ezek a növények különböző kapaszkodási mechanizmussal rögzülnek, ami alapvetően meghatározza a támszerkezet jellegét is. Talajkapcsolat nélküli megoldás esetén az ültetőkonténereket jellemzően egymástól legalább 1,5 m távolságban vagy szintenként helyezik el. Az ültetőkonténereket rögzíthetik közvetlenül a homlokzathoz, a homlokzat előtt kialakított állványrendszerre, épületkonzolra, terasz vagy erkély szélére.

A módszer legnagyobb előnye, hogy rendkívül változatos kialakításmód érhető el.

A rendszer hátránya, hogy a tervezett zöldfelület viszonylag lassan alakul ki. Ez gyorsítható oly módon, ha a kúszónövényeket előnevelik (leggyakrabban borostyánfélékkel készítenek előnevelt növényfelületeket). Több szinten elhelyezett, előnevelt panelekkel kialakított zöldhomlokzat minden esetben konténeres telepítésű.

Típus		Zöldfelület kialakulásához szükséges idő	Kialakítási sokszínűség	Vízutánpótlás	Ápolási igény	Karbantartási igény	Bekerülési költségek
Indirekt típusú zöldhomlokzat	épület lábazatánál talajban vagy köztes szinti zöldtető ültetőközegében eredő (talajeredetű)						(az alkalmazott támrendszertől függ)
	konténerben eredő (talajtól független)	(a konténerek elhelyezési távolságától függ)				(attól függ, hogy készül-e „állványrendszer")	(attól függ, hogy készül-e „állványrendszer")
Csüngőkkel kialakított zöldhomlokzat							
Előnevelt kúszónövénnyel kialakított zöldhomlokzat							

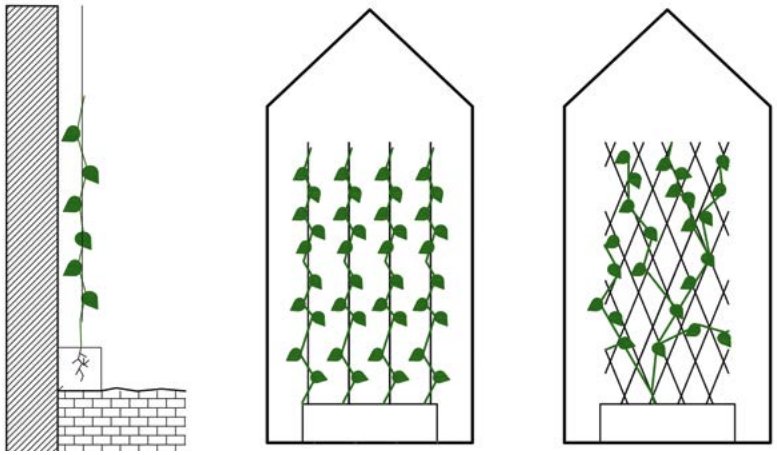
3. táblázat Indirekt típusok jellemzői



58–60. ábra Vonalas és felületjellegű támszerkezetre futtatott kúszónövény talajkapcsolattal (jellegábrák) (Pataky–Csibi)



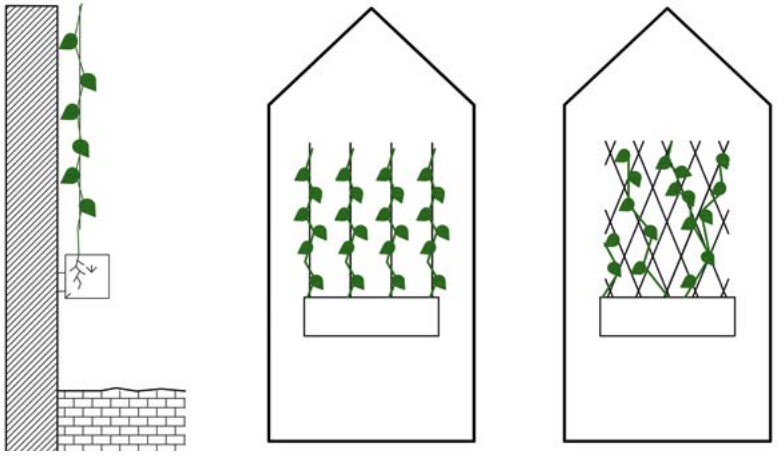
61. ábra Felületjellegű támszerkezetre futtatott talajkapcsolatos szőlő (Vitis sp.) Drezda belvárosában



62–64. ábra Vonalas és felületjellegű támszerkezetre futtatott kúszónövény terepszinten elhelyezett ültetőkonténerrel (jellegábrák) (Pataky–Csibi)



65. ábra Felületjellegű fém rácsra futtatott, terepszinten elhelyezett ültetőkonténerbe ültetett kúszónövény (Bécs)

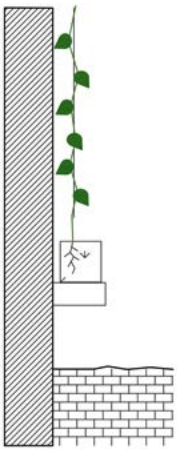


66–68. ábra Vonalas és felületjellegű támszerkezetre futtatott kúszónövény homlokzatra rögzített planténerrel (jellegábrák) (Pataky–Csibi



69. ábra Felület jellegű támszerkezetre futtatott kúszónövények parkolóház esetén (Monaco)

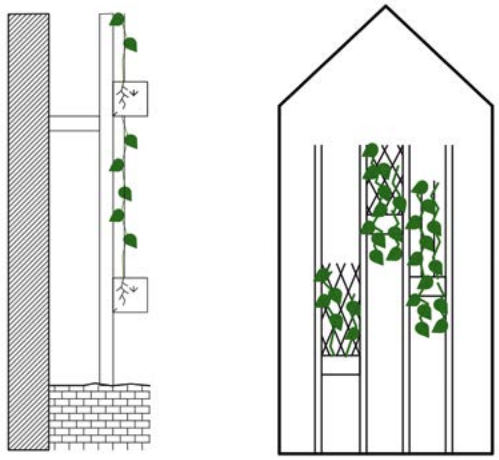

EL VIAJERO



70. ábra Vonalas és felületjellegű támszerkezetre futtatott kúszónövény épületelemre helyezett planténerrel (jellegábra) (Pataky–Csibi)



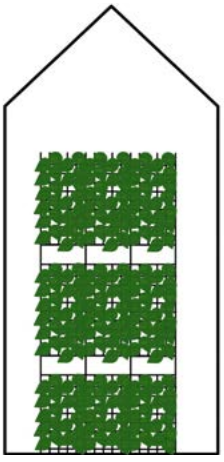
71. ábra Konzolos lemezre helyezett planténerből vonalas jellegű támszerkezetre futtatott növények (Shopping Center Stückfärberei, Basel)



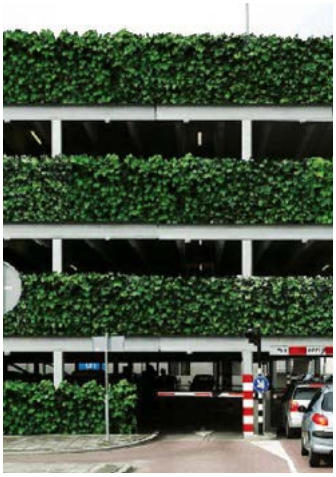
72–73. ábra Homlokzattól független állványrendszerrel, támszerkezetre futtatott kúszónövénnyel kialakított zöldhomlokzat (jellegábrák) (Pataky–Csibi)



74. ábra Többféle taxonnal befuttatott állványrendszeres megoldás (Adlershof Institut für Physik, Berlin TU)



75. ábra Előnevelt panelekkel kialakított zöldhomlokzat (jellegábra) (Pataky–Csibi)





76–77. ábra Előnevelt panelek alkalmazása parkolóház (Rotterdam) és középület (HaseHaus, Osnabrück) homlokzatán

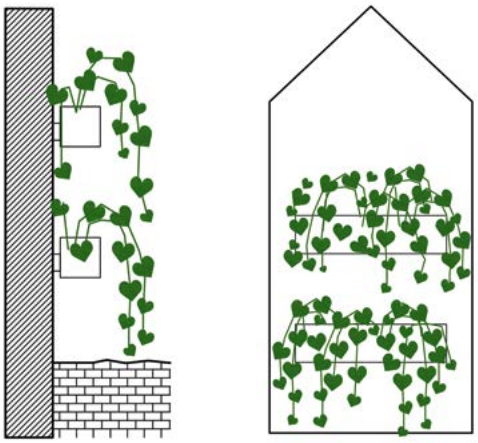
4.1.3 Csüngő habitusú növényekkel

A kúszónövények egyes fajtái csüngőként is nevelhetők. A homlokzat bármely szintjén elhelyezett ültetőedény esetén „zöld függönyként" szép felületet adhatnak és támszerkezet kialakítására sincs szükség.

Az ültetőedényeket egymástól

- legalább ültetőedény távolságban,
- >1-1,5 m távolságban vagy
- szintenként

helyezik el. Az ültetőedényeket rögzíthetik közvetlenül a homlokzathoz, a homlokzat előtt kialakított állványrendszerre, épületkonzolra, terasz vagy erkély szélére. A rendszer minden esetben talajtól független kialakítású, így víz- és tápanyag-utánpótlást igényel.



78–79. ábra Homlokzattól független állványrendszerrel, támszerkezetre futtatott kúszónövénnyel kialakított zöldhomlokzat (jellegábrák) (Pataky–Csibi)

4.1.4 Alakfákkal, redélyekkel

Míg Európa más tájain gyakori, Magyarországon kevésbé elterjedt szép, de igen magas ápolási igénnyel rendelkező megoldás, melyet érdekessége miatt említünk meg. Egyes – jellemzően gyümölcstermő – fák és néhány gyümölcstermő fásszárú cserje metszéssel, kötözéssel, megvezetéssel kétdimenzióssá nevelhető. Ezek az alakfák, illetve a redélyek, amik lehetnek szabadon állók, vagy kialakíthatók homlokzatok előtt is.

Alakfaként leggyakrabban alkalmazott fásszárú növények:

- körte (Pyrus spp.),
- alma (Malus spp.),
- őszibarack (*Prununs persica*),
- birs (*Cydonia oblonga*),
- füge (Ficus spp),
- kajszi (*Prunus armeniaca*).

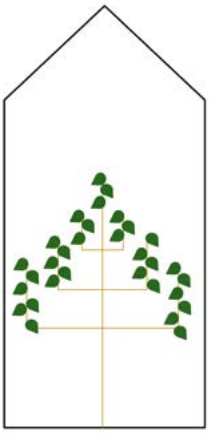
Redélyként alkalmasak:

- szőlőfélék (Vitis spp.),
- kivi, mini-kivi (Actinidia spp.)
- szeder (Rubus spp.) stb.





80–81. ábra Egymástól ültetőedény távolságban, illetve szintenként elhelyezett konténerekbe ültetett csüngő növényekkel kialakított zöldhomlokzatok (Allee Bevásárlóközpont – Budapest és irodaház – Debrecen)

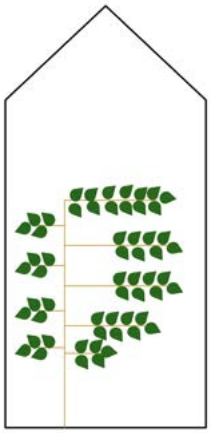


82. ábra Alakfával kialakított zöldhomlokzat (jellegábra) (Pataky–Csibi)



83. ábra Alakfa támfalkerítésnél

Az alakfák és redélyek kialakítása speciális szakértelmet (pl. metszés, ágak vezetése, kötözés, termőre fordítás stb.) és a nagy ápolási igény miatt jelentős idő ráfordítást igényel. A kedvező esztétikai hatás és a kis helyigény mellett nyerhető gyümölcstermés szól ezen változat mellett. Fentiek miatt közvetlenül megközelíthető helyeken javasolt alakfák és redélyek kialakítása. A gyökerek számára szükséges tér is nagyobb. Így tehát a növények a homlokzat lábazatához a talajba vagy épület köztes szintjén kialakított zöldtető ültetőközegébe ültethetők (talajkapcsolatos megoldás). Víz- és tápanyag-utánpótlásra szükség lehet.



84. ábra Redéllyel kialakított zöldhomlokzatok (jellegábra) (Pataky–Csibi)



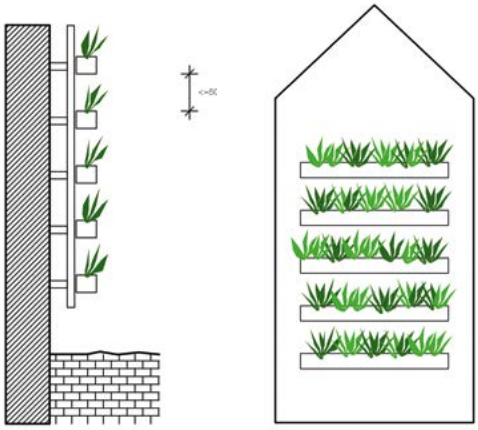
85. ábra Redélyként futtatott szőlő (Vitis sp.) (Stuttgart)

4.2 Ültetőedény-soros rendszerek

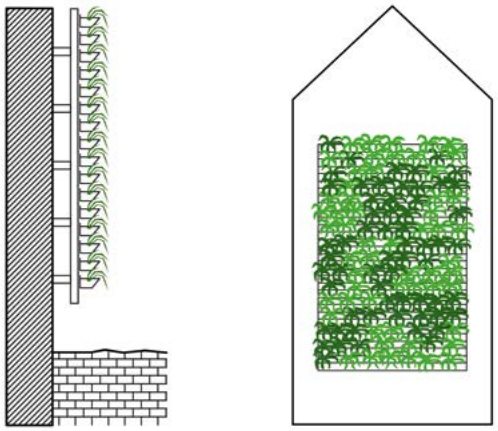
A zöldhomlokzatok kialakításmódjában jól elkülöníthető csoport, amikor vízszintesen, közvetlenül egymás mellé sorolnak ültetőedényeket, melyeket függőleges értelemben közvetlenül egymás felett vagy egymástól legfeljebb kb. 50 cm távolságban helyeznek el, mert a leggyakrabban alkalmazott taxonokkal így érhető el megfelelő fedettség. Speciális taxonok alkalmazása esetén a távolság legfeljebb kb. 1-1,5 m is lehet. Ezen rendszerek esetén a homlokzat előtt nem alakul ki folytonos gyökérzóna, mivel azt az önálló elemek biztosítják. A gyökérzóna jellemzően ásványi granulátum alapú, melyet a jellegzetes ültetőelemek hordanak. Minden esetben talajtól független megoldás jön létre, így víz- és tápanyag-utánpótlás szükséges.

Az ültetőelemek lehetnek vonaljellegűek vagy pontszerűek, egyedi elemek vagy több egyedi elem összevonásával kialakított nagyobb modulok. Az ültetőedények anyaga nagyon változatos: a legjellemzőbb alumínium és rozsdamentes acél mellett, műkő, műanyag, kerámia stb. is lehet. Az ültetőelemeket rögzíthetik közvetlenül a falszerkezethez vagy a szerelt homlokzatburkolatokhoz hasonló vázrendszerre.

Az ültetőközegbe a növényeket (közel) függőlegesen ültetik. Az alkalmazott növények rendkívül változatosak lehetnek.



86–87. ábra Egymás fölött hézagosan elhelyezett ültetőedényekkel kialakított zöldhomlokzat (jellegábrák) (Pataky–Csibi)



88–89. ábra Közvetlenül egymás mellé-fölé sorolt ültetőedényekkel kialakított zöldhomlokzat (jellegábrák) (Pataky–Csibi)



90. ábra Közvetlenül egymás mellé-fölé sorolt ültetőedény-soros zöldhomlokzat (MA48, Bécs)

Típus		Zöldfelület kialakulásához szükséges idő	Kialakítási sokszínűség	Vízutánpótlás	Ápolási igény	Karbantartási igény	Bekerülési költségek
Ültetőedény-soros	hézagos elhelyezéssel	●●	●●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
	szoros elhelyezéssel	●	●●●●	●●●	●●●●	●●●	●●●●

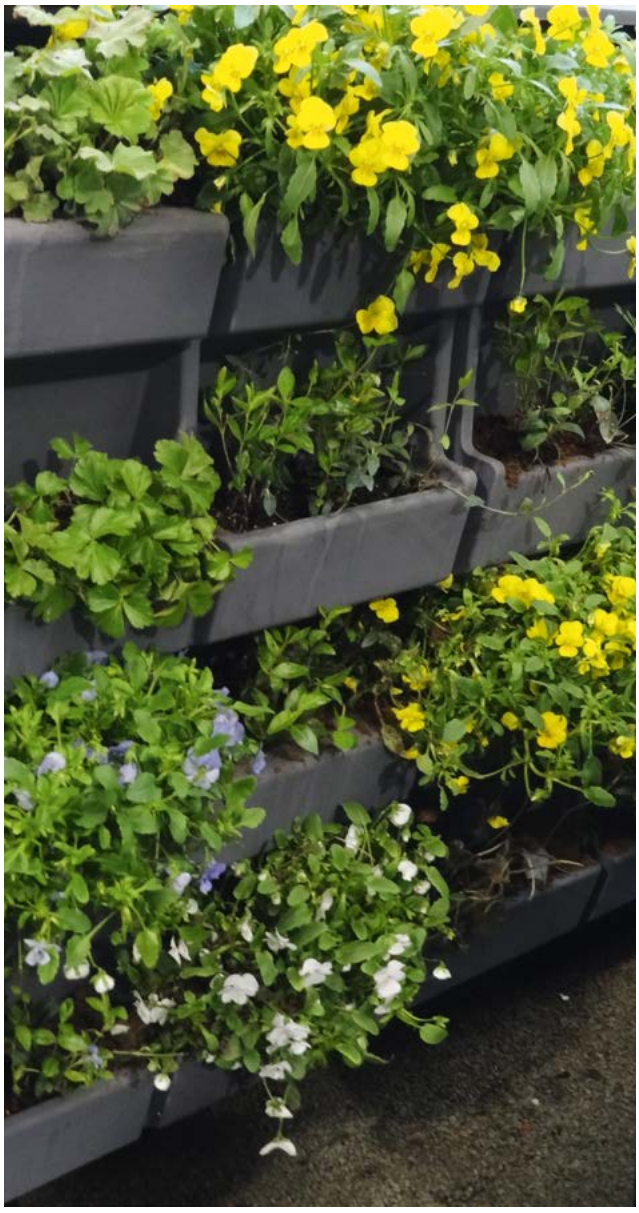
4. táblázat Ültetőedény-soros típusok jellemzői











91–95. ábra Műanyag, alumínium és rozsdamentes acél vonaljellegű és pontszerű elemekkel kialakított ültetőedény-soros rendszerek

4.3 Függőleges gyökérzónás rendszerek (függőleges kertek)

Függőleges gyökérzónás rendszerek esetén a gyökérzóna minden más rendszertől eltérően a homlokzati sík előtt, összefüggő felületet képezve, függőlegesen helyezkedik el és a növényeket ebbe, elölről ültetik be. A növények rendkívül változatosak lehetnek. A függőleges gyökérzónás rendszerek minden esetben talajtól függetlenek, így víz és tápanyag-utánpótlásra minden esetben szükség van.

A gyakorlatban elterjedt szerkezeti megoldások alapján három – szerkezeti, működésbeli, illetve funkcionális paramétereikben is eltérő – kialakítási forma létezik:

- filces,
- kazettás és
- gabionos rendszerek.

A gabionos rendszereket nem tárgyaljuk részletesen, mivel ezen csoport a hazai gyakorlatban nem jellemző.

4.3.1 Filces rendszerek

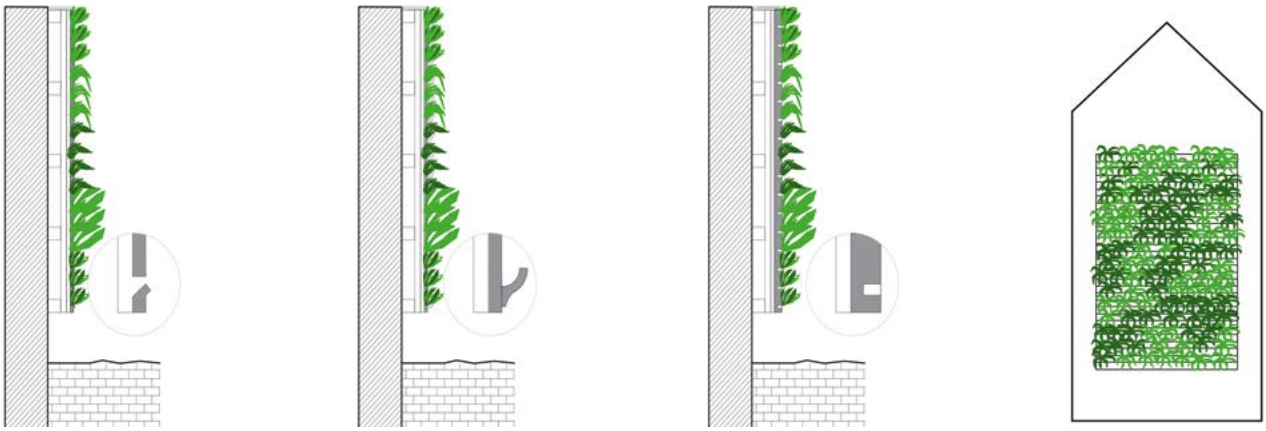
Fém, műanyag vagy kompozit hátlapra szerelt filces rendszereket rögzíthetik közvetlenül a falhoz, de javasolt inkább a szerelt homlokzatburkolatokhoz hasonló vázrendszerre való rögzítés. A hátlap hordja a többrétegű filcet (technikai textília). A filcrétegek és a hátlap között jellemzően még egy nedvesség elleni védelmet biztosító fólia is található. A gyökérzóna minden esetben talajtól független, így víz- és tápanyag-utánpótlás szükséges. A rendszerek homogén megjelenésű, a kialakított zöldfal méretének megfelelően egységes, összefüggő zöldfelületi látványt biztosítanak. A filces rendszerekkel érhető el a legvékonyabb szerkezet.

Az alkalmazható taxonokat elölről ültetik be. A növények beültetése alapján három típust lehet megkülönböztetni:

a. hasítékos
a külső réteget felhasítva két filcréteg közé ültetik a növényeket;

b. zsebes
a filcrétegen zsebeket alakítanak ki és abba ültetik a növényeket. Ez a helyszínen a növények gyors betelepítését teszi lehetővé vagy

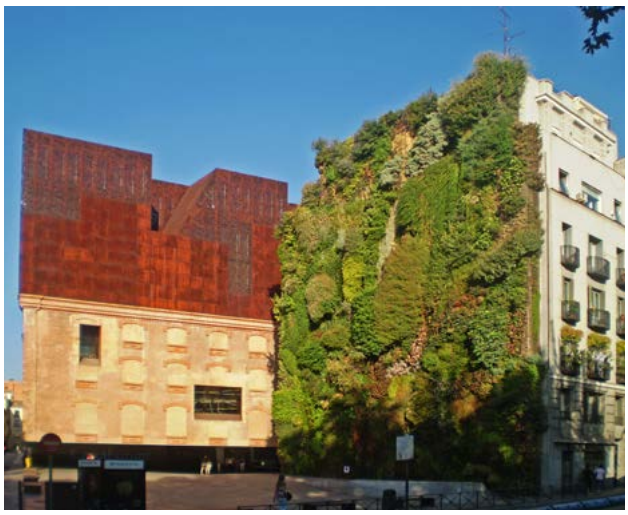
c. kiegészítő gyökérzónás
a filcréteg mögött elhelyezett függőleges gyökértartó (jellemzően ásványi szálas vagy ásványi granulátum alapú) közegbe ültetik a növényeket.



96–99. ábra Filces rendszerű (hasítékos, zsebes és kiegészítő gyökérzónás) zöldhomlokzatok jellegábrái (Pataky–Csibi)

Típus		Zöldfelület kialakulásához szükséges idő	Kialakítási sokszínűség	Vízutánpótlás	Ápolási igény	Karbantartási igény	Bekerülési költségek
Filces rendszerű zöldhomlokzatok							

5. táblázat Filces rendszerek jellemzői





100–101. ábra Hasítékos filces rendszer (Caixa Forum, Madrid: Herzog & de Meuron + Patrick Blanc) és mintaeleme





102–103. ábra Kiegészítő gyökérzónás és zsebes filces rendszerek

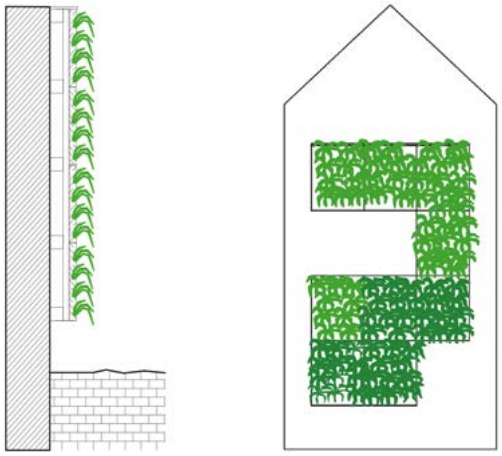




104–105. ábra Több modulból kialakított felület és egy modulos „élőképekkel” díszített éttermi terasz (Debrecen)

Típus		Zöldfelület kialakulásához szükséges idő	Kialakítási sokszínűség	Vízutánpótlás	Ápolási igény	Karbantartási igény	Bekerülési költségek
Kazettás zöldhomlokzat							

6. táblázat Kazettás rendszerű zöldhomlokzatok tulajdonságai



106–107. ábra Kazettás rendszer jellegábrái (Pataky–Csibi)

4.3.2 Kazettás rendszerek

A kazettás rendszerek esetén közvetlenül egymás mellé, fölé sorolnak fém vagy műanyag kazettákat. Moduláris felépítésük révén az így kialakítható zöldhomlokzatok mérete tág határok között változhat: az egyedi elemes úgynevezett „élő képektől" akár a több ezer m^2 nagyságrendű felületekig.

A kazettákat lehet közvetlenül a falhoz rögzíteni, de javasolt a szerelt homlokzatburkolatokhoz hasonló vázrendszerre való rögzítés. A kazettákat rendszertől függően különböző ültetőközeggel töltik ki, ami az ásványi granulátumtól az ásványgyapotig igen sokféle lehet. Az ültetőközegbe elölről ültetik a növényeket.

Kazettás rendszerek esetén elvileg lehetőség lenne arra, hogy egy-egy modulban eltérő víz-, tápanyag- és ültetőközeg-igényű taxonokat telepítsünk, de ez a gyakorlatban nem terjedt el viszonylag bonyolult gépészeti, vezérlési igénye és emiatt lényegesen magasabb költségei miatt.





108–109. ábra Különböző kazettás rendszerekkel megvalósult zöldhomlokzatok



110–113. ábra Az egyes rendszerek különböző kialakítású, anyagú és megjelenésű kazettái



114–116. ábra Kazettás rendszerű zöldhomlokzat megvalósítás közbeni és végleges képei (Bimbó utcai Óvoda, Szentendre)



117–118. ábra Kazettás rendszerű zöldhomlokzat megvalósítás közbeni és végleges képei (MOL kút, Leányfalu)

4.4 Az egyes megoldások összehasonlítása

Az egyes zöldfalak bekerülési és üzemeltetési költségei projektenként jelentős eltérést mutathatnak. A beruházási költség elsősorban az alábbi tényezőktől függ:

- **A választott zöldhomlokzati rendszer típusa.** A technológiák anyag- és munkadíjköltsége eltérő.
- **A függőleges zöldfelület mérete és geometriája.** A direkt rendszer kivételével a fajlagos bekerülési költség a zöldítendő felület méretével fordított arányban áll.

Ültetőedény-soros és függőleges gyökérzónás rendszerek esetén az alacsony, de széles falak fajlagos költsége általában magasabb, mint a négyzetes arányúaké, de a keskeny, magas kialakítás még ezt is meghaladhatja. Költségnövelő tényezők:

- nem merőleges raszterrendű kialakítás,
- a homlokzaton található nyílások és egyéb kihagyandó elemek (pl. gépészeti elemek) száma,
- egyedi, esetleg íves kontúrok,
- nem sík felület (pl. hullámos)
- függőlegestől eltérő dőlésszög stb.

Típus		Zöldfelület kialakulásához szükséges idő	Kialakítási sokszínűség	Vízutánpótlás	Ápolási igény	Karbantartási igény	Bekerülési költségek
Direkt típusú zöldhomlokzat	épület lábazatánál talajban vagy köztes szinti zöldtető ültetőközegében eredő (talajeredetű)						
	konténerben eredő (talajtól független)	(a konténerek elhelyezési távolságától függ)					
Indirekt típusú zöldhomlokzat	épület lábazatánál talajban vagy köztes szinti zöldtető ültetőközegében eredő (talajeredetű)						(az alkalmazott támrendszertől függ)
	konténerben eredő (talajtól független)	(a konténerek elhelyezési távolságától függ)				(attól függ, hogy készül-e „állványrendszer")	(attól függ, hogy készül-e „állványrendszer")
Csüngőkkel kialakított zöldhomlokzat							
Előnevelt kúszónövénnyel kialakított zöldhomlokzat							
Ültetőedény-soros	hézagos elhelyezéssel						
	szoros elhelyezéssel						
Kazettás zöldhomlokzat							
Filces rendszerű zöldhomlokzatok							

7. táblázat Zöldhomlokzatok típusainak tulajdonságai (összehasonlító táblázat)

- **Segédszerkezetek kialakítása és minősége.** Az egyes rendszerek segédszerkezet igénye, az alkalmazott anyagok minősége is jelentősen eltérő lehet. Jó példa erre: egy talajkapcsolatos vonalas támszerkezettel kialakított zöldhomlokzat és a homlokzat előtt állványrendszeren rögzített ültetőkonténerekből, felületjellegű támszerkezetre futtatott kúszónövények segédszerkezet igénye között jelentős árbeli eltérés van.
- **A telepítendő növényzet mérete és egységnyi felületre jutó darabszáma.** Az alkalmazott növények kiültetéskori méretével, illetve a növénysűrűséggel arányosan a bekerülési költségek is nőnek. Nagyfokú beültetéskori takarásigény esetén jöhetnek számításba a különböző előnevelt rendszerek, melyeknek költsége az előnevelés munka- és infrastruktúra igénye miatt magasabb.
- **Új épület vagy meglévő homlokzat.** A járulékos költségek jelentősen különbözhetnek, amit a hátszerkezet tulajdonságai is nagy mértékben befolyásolhatnak.
- **A telepítés körülményei.** A szerelési magasság, a megközelíthetőség, az organizációs költségek is jelentősek lehetnek.
- **Egyéb tényezők:**
  - talajkapcsolatos rendszerek esetén talajjavítás, talajcsere szükségessége;
  - közterület-foglalás, illetve közterületi védelem szükségessége;
  - magasabb szintű vezérlést lehetővé tevő gépészeti megoldások költségei (pl. fűtött rendszerek, párásító, talajnedvesség-érzékelő, épületfelügyeletre kötött rendszer).

A zöldhomlokzatok fenntartásának fajlagos költségei – nagyobb falfelületek esetén elsősorban a magasban végzendő munka többletköltségei miatt – jellemzően lényegesen magasabbak, mint a hagyományos, terepszinten kialakított zöldfelületeké. Az egyes esetekben azonban jelentős eltérések adódhatnak. Jó nagyságrendi becslést kaphatunk, ha a bekerülési költség 5-10%-ával számolunk évente. Az üzemeltetési költség csökkenhet a felület nagyságával. Az ültetőedény-soros és függőleges gyökérzónás rendszerek általában sokkal intenzívebb fenntartást igényelnek, mint a futtatott zöldhomlokzatok.

A projektre szabott, pontosabb üzemeltetési költségkeret meghatározásához mindenképpen javasolt szakcég bevonása. A valós üzemeltetési díjakat az alábbi tényezők lényegesen befolyásolhatják:

- az alkalmazott rendszer típusa és sajátosságai;
- a zöldfal mérete és megközelíthetősége;
- öntözés- és tápanyagigény, alkalmazott gépészeti megoldások, az automatizálás szintje;
- a telepített vegetáció minősége és mennyisége;
- a zöldfal mikroklimatikus környezete, a növényeket érő környezetterhelések mértéke;
- a növényzet aktuális fejlettségi állapota és ellenállóképessége.



5. Zöldhomlokzatok alkotóelemei

5.1 Növényalkalmazás

A zöldhomlokzatok meghatározó eleme a növény. A megfelelő növényalkalmazáshoz a következő tényezőket kell figyelembe venni:

- fényigény,
- víz- és tápanyagigény,
- talajigény és a gyökérzet növekedési sajátosságai,
- lombozat növekedési sajátosságai,
- várható élettartam,
- várostűrés: környezetterhelésre érzékenység,
- hőigény (télállóság),
- növényvédelem: érzékenység kártevőkre, betegségekre,
- esztétikai sajátosságok: meghatározó díszítőérték, szezonális változások.

A hibás, nem körültekintő növényalkalmazás gyér növekedéshez, a növényállomány állapotának gyors leromlásához, akár pusztulásához vezethet. Általános alapelvként megfogalmazható, hogy célszerű mindig olyan szakember bevonása, aki az átfogó növényélettani és tájépítészeti ismereteken túl jelentős szakértelemmel rendelkezik az alkalmazandó technológia műszaki rendszereivel és növényalkalmazásával kapcsolatban.

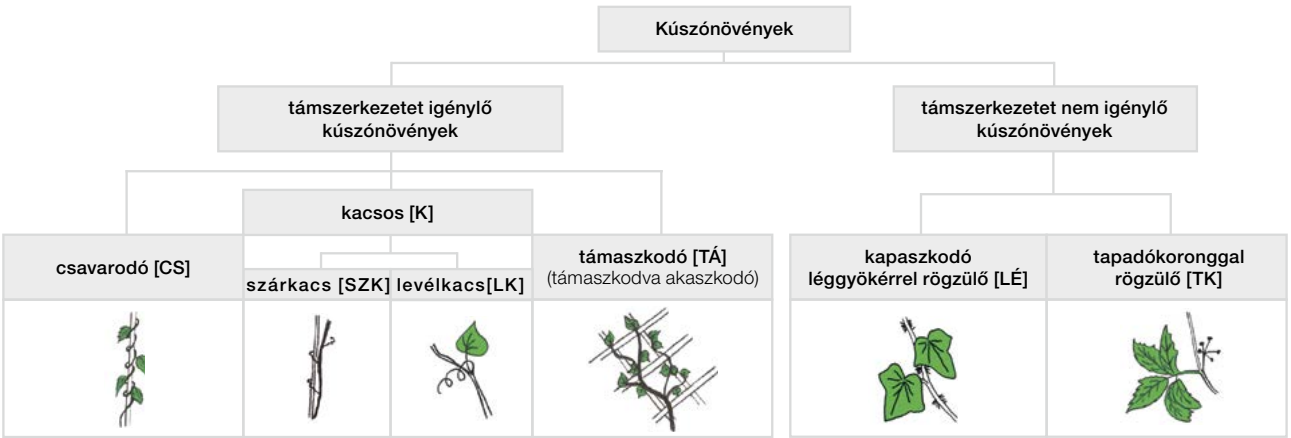
Ebben a fejezetben bemutatjuk a zöldhomlokzatokon alkalmazható növények meghatározó morfológiai tulajdonságait, környezeti igényüket, és példákkal illusztráljuk a lehetséges növényválasztást.

5.1.1 Kúszónövények

5.1.1.1 Támszerkezetigény, kapaszkodási forma

A kúszónövények alapvető tulajdonsága a kapaszkodási forma, ami meghatározza, hogy milyen típusú zöldhomlokzat esetén alkalmazhatók. Két nagy csoport különböztethető meg:

- a támszerkezetet nem igénylő fajok és
- a támszerkezetet igénylő fajok.



119. ábra Kúszónövények támszerkezetigénye és kapaszkodási formái





120–122. ábra A borostyán (Hedera helix) és a trombitafolyondár (Campsis sp.) rögzülése kapaszkodó léggyökérrel, illetve a háromkaréjú vadszőlő (Parthenocissus tricuspidata 'Veitchii') tapadókorongos rögzülése

közönséges borostyán *(Hedera helix)*
háromkaréjú vadszőlő *(Parthenocissus tricuspidata 'Veitchii')*
ötlevélkéjű vadszőlő *(Parthenocissus quinquefolia)*
trombitafolyondár *(Campsis radicans)*

8. táblázat Gyakrabban alkalmazott támszerkezetet nem igénylő fajok



A **támszerkezetet nem igénylő** fajok rögzülhetnek
- kapaszkodó léggyökérrel (pl. közönséges borostyán – *Hedera helix,* trombitafolyondár – *Campsis radicans*) vagy
- tapadókoronggal (pl. vadszőlő – *Parthenocissus spp.*).

A támszerkezetet nem igénylő kúszónövények alkalmazhatók direkt és indirekt rendszerek esetén és egyes esetekben csüngőként is.



123–124. ábra Borostyán fiatalkori és „öregkori hajtása" virágjával (Hedera helix)



125. ábra Háromkaréjú vadszőlő (Pathenocissus tricuspidata 'Veitchii')





126–127. ábra Ötlevélkéjű vadszőlő (Parthenocissus quinquefolia)



128. ábra Trombitafolyondár (Campsis spp.)

A **támszerkezetet igénylő** kúszónövények között a növény kapaszkodási mechanizmusa alapján megkülönböztethetünk

- támaszkodó (pl. rózsa – *Rosa spp.*, téli jázmin – *Jasminum nudiflorum*),
- csavarodó (pl. lilaakác – *Wisteria spp.,* tatárisza-lag – Polygonum *(Fallopia)* aubertii, kereklevelű folyondárkecskerágó – *Celastrus orbiculatus*, komló – *Humulus lupulus*, borostás lonc – *Lonicera henryi,* kínai kivi – *Actinidia chinensis*),
- kacsos (levél- vagy szárkacs) (pl. szőlőfajok – *Vitis spp.*, közönséges vadszőlő – *Parthenocissus inserta,* iszalag fajok – *Clematis spp.,* kék golgota-virág – *Passiflora caerulea*) növényeket.

A kapaszkodási forma meghatározza a támszerkezet kialakítását.

A támszerkezetet igénylő kúszónövények alkalmaz-hatók indirekt rendszerek esetén és egyes esetekben csüngőként is.

futórózsák *(Rosa sp.)*
téli jázmin *(Jasminum nudiflorum)*

9. táblázat Fontosabb támaszkodók



129. ábra Futórózsa (Rosa sp.)

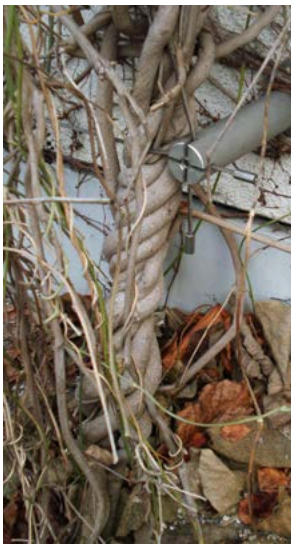


130. ábra Téli jázmin (Jasminum nudiflorum)

lilaakác *(Wisteria sinensis)*
kúszó lonc félék (Lonicera sp.)
komló *(Humulus lupulus)*
ötlevelű akébia *(Akebia quinata)*
pipavirágú farkasalma *(Aristolochia macrophylla)*
kivi *(Actinidia chinensis)*

10. táblázat Fontosabb csavarodva kúszó fajok





131–132. ábra Lilaakác (Wisteria sp.) erősen csavarodó szára vastagabb és vékonyabb elemeken egyaránt megkapaszkodik





133–134. ábra Lilaakác (Wisteria sp.)



135. ábra Japán lonc (Lonicera japonica)



136. ábra Tatáriszalag (Fallopia baldschuanica)





137–138. ábra Komló (Humulus lupulus)



139. ábra Ötlevelű akébia (Akebia quinata)



140. ábra Pipavirág (Aristolochia macrophylla)

bortermő szőlő *(Vitis vinifera)*
egyéb szőlőfajok (Vitis spp.)
közönséges vadszőlő *(Parthenocissus inserta)*
iszalag fajok (Clematis spp.)

11. táblázat Fontosabb kaccsal kapaszkodó fajok





141–142. ábra Himalájai iszalag (Clematis montana 'Rubens') és nagyvirágú (hibrid) iszalag





143–144. ábra Szőlő (Vitis vinifera) redélyként kialakítva (Wachau) és árnyékadó pergolaként (Sümeg)

5.1.1.2 Alkalmazást befolyásoló egyéb tényezők

A kapaszkodási formán túl a kúszónövények számos más botanikai tulajdonsága határozza meg a felhasználásukat, melyeket az alábbiakban ismertetünk.

1. Növekedési karakterisztika

Az egyes kúszónövények nagyon eltérő növekedési karakterisztikával rendelkeznek. Ez nagyban befolyásolja, hogy egy-egy zöldhomlokzat mennyi időn belül lesz fedett.

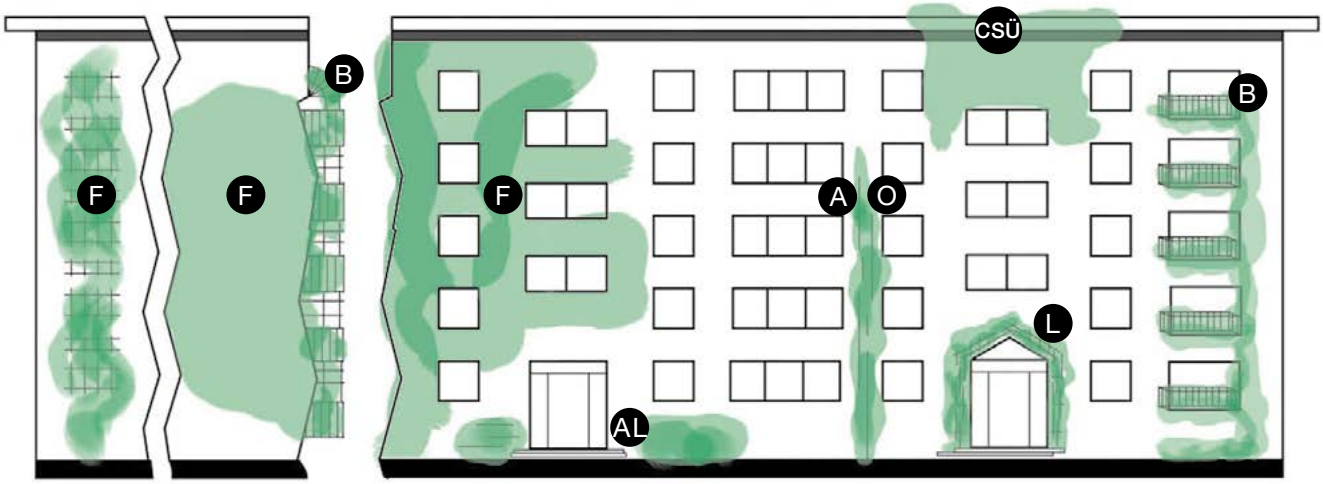
- **Növekedési magasság:** 1–30 m között változhat.

  Az alacsonyabb növésű kúszónövényeket (pl. törpe kivi, iszalagok, téli jázmin, kúszórózsák stb.) korábban mindösszesen lábazatra vagy ablakok közé javasolták futtatni, azonban a homlokzat általános síkján elhelyezett konténerek segítségével ezek is alkalmazhatók más magasságban is. A gyümölcstermő és nagyobb gondozást igénylő növények esetén azonban nagyon lényeges, hogy a növények a rendszeres ápoláshoz megközelíthetők legyenek.

  Talajkapcsolatos ültetésnél a maximális magasság 30 m. Ennél magasabb felületet ültetőedényes megoldással lehet kialakítani. Ültetőedényes telepítésnél azonban figyelembe kell venni, hogy az egyes taxonok nem biztos, hogy elérik a fajra jellemző magasságot.

  Kúszónövények esetén nemcsak a felfelé törekvő kúszó tulajdonság használható ki, hanem egyes fajok, fajták lefelé csüngve is szép felületet képeznek, így sorolt ültetőedényekkel (konténerekkel) kialakított zöldfelületek esetén is alkalmazhatók egyéb támszerkezet kialakítása nélkül.

  A trombitafolyondár nem igazán alkalmas csüngőként, mert nagyobb szél hatására a hajtások eltörhetnek.



A - ablakok közti kisebb felületek
AL - a járósíktól számított 3 m-es magasságig
B - konténeres tartást jól tűrő kúszónövények balkonon
CSÜ - csüngőnövények
F - nagy felületek
L - lugas, pergola, nyíláskeretezés
O - vonalas, keskeny felületek, oszlopok, pillérek

145. ábra Kúszónövények elsődleges alkalmazási lehetőségei a növekedési karakterisztikájuk alapján (FLL2000 nyomán)



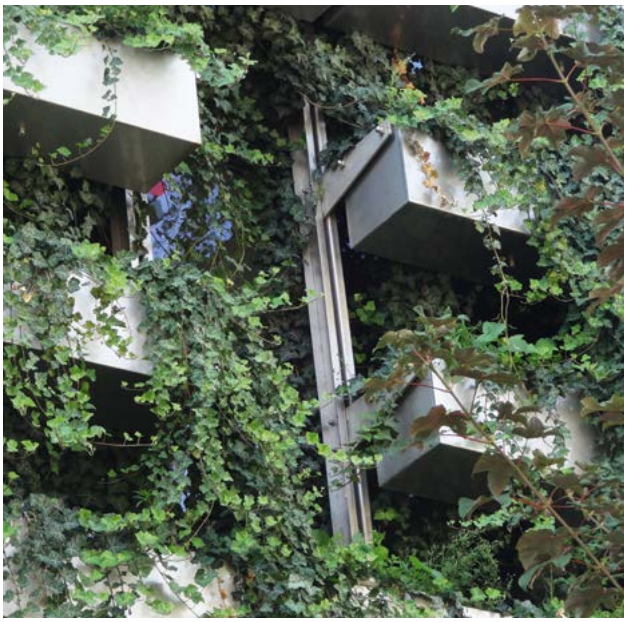
146. ábra Konténeres borostyánok alkalmazása csüngőként az Allee Bevásárlóközpont (Budapest) homlokzatán



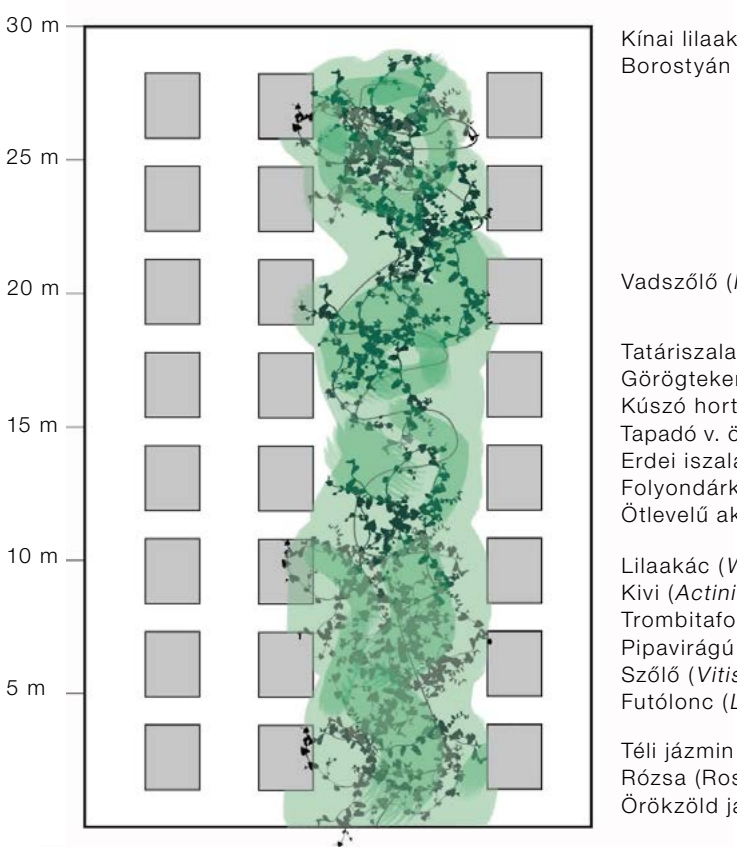
147. ábra Csüngőként alkalmazott ötlevélkéjű vadszőlő (Parthenocissus quinquefolia) (Wachau)

iszalagok (Clematis spp.)
repkénykecskerágó *(Euonymus fortunei var. radicans)*
tatáriszalag *(Fallopia aubertii)*
közönséges borostyán *(Hedera helix)*
komló *(Humulus lupulus)*
kúszóhortenzia *(Hydrangea petiolaris)*
téli jázmin *(Jasminum nudiflorum)*
borostás levelű lonc *(Lonicera henryi)*
keskenylevelű vadszőlő *(Parthenocissus quinquefolia var. engelmannii)*
futórózsák (Rosa sp.)

12. táblázat Fontosabb kúszónövények, amelyek csüngőként is alkalmazhatók



148. ábra Csüngőként alkalmazott borostyánok az Allee Bevásárlóközpont (Budapest) homlokzatán



Kínai lilaakác (*Wisteria sinensis*) CS (8-30 m)
Borostyán (*Hedera helix*) LÉ (25-30 m)

Vadszőlő (*Parthenocissus tricuspidata 'Veitchii'*) TK (15-20 m)

Tatáriszalag (*Fallopia aubertii*) CS (8-15 m)
Görögtekercs (*Periploca graeca*) CS (10-15 m)
Kúszó hortenzia (*Hydrangea petiolaris*) LÉ (10-15 m)
Tapadó v. ötlevélkéjű vadszőlő (*Parthenocissus quinquefolia*) TK (10-15 m)
Erdei iszalag (*Clematis vitalba*) LK (12-14 m)
Folyondárkecskerágó (*Celastrus orbiculatus*) CS (12-14 m)
Ötlevelű akébia (*Akebia quinata*) CS (10-12 m)

Lilaakác (*Wisteria floribunda*) CS (8-10 m)
Kivi (*Actinidia chinensis*) CS (8-10 m)
Trombitafolyandár (*Campsis radicans*) LÉ (8-10 m)
Pipavirágú farkasalma (*Aristolochia macrophylla*) CS (8-10 m)
Szőlő (*Vitis vinifera*) SZK (8-10 m)
Futólonc (*Lonicera henryi*) CS (6-8 m)

Téli jázmin (*Jasminum nudiflorum*) TÁ (3-5 m)
Rózsa (Rosa sp.) TÁ (2-6 m)
Örökzöld japánlonc (*Lonicera japonica*) CS (2-5 m)

CS - csavarodó
TÁ - támaszkodva akaszkodó
SZK - szárkacs
LK - levélkacs
LÉ - léggyökeres
TK - tapadókorongos

149. ábra A gyakrabban alkalmazott kúszónövények várható növekedési magassága éghajlatunkon (Leitfaden Fassadenbegrünung nyomán)

- **Növekedési sebesség:** lehet lassú: legfeljebb 0,5 m/év (pl. kerti iszalag fajták – *Clematis sp.*), közepes: 0,5–1 m/év, gyors: 1–2 m/év (pl. mandzsu aktinida – *Actinida kolomikta,* kaukázusi borostyán – *Hedera colchica,* kínai vadszőlő – *Parthenocissus henryana*), nagyon gyors: legalább 2 m/év (pl. tatáriszalag – *Fallopia* sp.); Egyes fajok a telepítés utáni első években lassabban növekedhetnek (pl. lilaakác fajok – *Wisteria sp*).
- **Oldalkiterjedés:** vannak olyan kúszónövények, melyek alapvetően keskeny oldalkiterjedéssel, 0,5–2 m szélességben nőnek felfelé, vannak, melyek oldalnövekedési hajlandósága közepes, 3–5 m, és vannak, melyek szélesebben (legfeljebb 10 m) elterülve fedik be a felületet.
- **Túlnyúlás:** ideális esetben a kiválasztott növény természetes növekedése megegyezik a kívánt magassággal, nem nő túl, pl. a tetőre. Ha túl magasra kívánkozó fajt, fajtát választunk, megnő a karbantartási igény (pl. gyakoribb metszés szükséges).

2. Gyökér térigénye

Az egyes növényeknél jelentősen eltérő a gyökérzóna térigénye. Ezt növénykonténeres telepítés esetén fokozottan figyelembe kell venni. A korlátozott gyökérnövekedés miatt a föld feletti hajtások magassági növekedése és kiterjedése, azaz a lombozat kisebb lesz. Ennek mértéke elsősorban a planténerek méretétől függ. Valamennyi olyan esetben, amikor a kúszónövény nem a termett talajban vagy kellő mélységű ültetőközeggel kialakított zöldtetőből ered, vizsgálni szükséges, hogy a növény bírja-e a konténeres tartást. Konténeres tartást jól tűrőként számon tartott kúszónövények: borostyán (Hedera spp.), téli jázmin (*Jasminum nudiflorum*), vadszőlő (Parthenocissus spp.), lilaakác (Wisteria spp.). Konténeres tartást kevésbé tűrő faj például a tatáriszalag (*Fallopia aubertii)*.

Külön említést érdemelnek azok a fajok, amelyek gyökérzete agresszív, és hajlamos kitörni a „kijelölt" gyökértérből, ültetőedényből, amennyiben erre lehetősége van. A trombitafolyondár *(Campsis radicans)* ezek közül a legismertebb. Az ilyen típusú növények alkalmazása nem javasolt zöldtető ültetőközegében vagy zöldtetőkre helyezett planténerekben eredő kialakításmód esetén.

3. Érzékenység a helyi klimatikus adottságokra

A növények a makro-, mezo- és mikroklimatikus hatásokra különböző mértékben reagálnak, a kiválasztásnál igen fontos, hogy ezeket (tájolás, árnyékoltság, szél- és huzathatás, kitettség, csapadékviszonyok stb.) szem előtt tartsuk. A 14. táblázatban a legfontosabb környezeti igények részletesen megtalálhatóak.

4. Negatív fototropizmus

A fototropizmus olyan hormonálisan szabályozott növényi görbülés, amely a megvilágított szerv két oldalának aszimmetrikus növekedésén alapul. A hajtások és más levegőbe emelkedő növényi szervek általában pozitív fototropikusak, a megvilágítás irányába hajlanak. A gyökerek és más földalatti szervek negatív fototropikusak, a fénytől elhajlanak. A kúszónövények esetében gyakori jelenség a föld feletti hajtások negatív fototropizmusa, amikor a hajtások a „sötét" hordozó szerkezet – pl. a fal – irányába fordulnak. Ez a tulajdonság biztosítja ezen növények képességét a kúszásra, de egyben ez okozza azt is, hogy a hajtások képesek a falon található nyílásokba, repedésekbe behatolni.

trombitafolyondár *(Campsis radicans)*
közönséges borostyán *(Hedera helix)*
tatáriszalag *(Fallopia aubertii)*
kúszóhortenzia *(Hydrangea petiolaris)*
háromkaréjú vadszőlő *(Parthenocissus tricuspidata 'Veitchii')*
ötlevélkéjű vadszőlő *(Parthenocissus quinquefolia)*
lilaakácok (Wisteria sp.)

13. táblázat Fontosabb negatív fototrop kúszónövények

5. Hajtásátmérő

A hajtásátmérő meghatározza, hogy a támszerkezetet milyen messze javasolt elhelyezni a falszerkezettől, hogy védjük azt, illetve az átszellőzést segítsük: vékony hajtásokat fejlesztő fajoknál (pl. iszalag – Clematis spp.) legalább 10 cm, vastagabb hajtásokkal kúszóknál (pl. szőlő – Vitis spp.) legalább 15 cm, erős, gyorsan vastagodó kúszónövényeknél (pl. lilaakác – Wisteria spp.) legalább 20 cm.

A hajtásátmérő meghatározza a támszerkezet elemeinek keresztmetszetét is.

6. Élettartam

Hosszú élettartamú (≥30-50 év, pl. trombitafolyondár – Campsis sp., iszalag – Clematis sp., borostyán – Hedera sp., vadszőlő – Parthenocissus sp. stb.) – különösen a csavarodó (pl. pipavirágú farkasalma – *Aristolochia macrophylla*, lonc – Lonicera sp., lilaakác – *Wisteria sp.* stb.) – kúszónövények esetén a támszerkezetet a növény élettartamával megegyezően kell kialakítani, hiszen a támszerkezet esetleges sérülése esetén a javítás, csere csak a növény roncsolásával lehetséges.

7. További meghatározó tulajdonságok:

- felkopaszodási hajlam;
- évszakonkénti lombtakarás (örökzöld, télizöld, lombhullató);
- lombtömeg – mekkora csapadékvízzel, hóteherrel növelt zöldtömeggel kell számolni;
- rendeltetési hely és a növények esetleges mérgező tulajdonságai: gyermekek közelébe kerülő növények esetén javasolt a mérgező növények kerülése vagy olyan magasságban való elhelyezése, hogy ne legyenek hozzáférhetők.

5.1.1.3 Fontosabb taxonok és tulajdonságaik

A magyarországi éghajlati feltételek mellett legjobban bevált, alkalmazható kúszónövényeket és tulajdonságaikat táblázatos formában foglaltuk össze.



150. ábra Talajkapcsolatos ötlevélkéjű vadszőlő üvegfal bordáira futtatva (Green House Irodaház, Budapest)

KÚSZÓNÖVÉNYEK	Fényigény	Max. magasság (m)	Függ. növekedési gyorsaság (m/év)	Oldalnövekedés (m/év)	Kapaszkodási forma	Max. hajtásátmérő (cm)	Élettartam (év)	Negatív fototrópia	Lomb (hó)	Támszerkezet osztása (cm)	Lombtömeg (kN/m²)	Egyéb
Actinida arguta Kopasz kivi	○	5-12	1-2	2-6	CS	18	🕐🕐	nincs	III/IX	18	0,16-0,20	**S** fehér virágok, 2-3 cm-es ehető termés; elsődleges felhasználás: **F**
Actinida deliciosa (A.chinensis) Kínai kivi	○	4-10	1-2	2-6	CS	20	🕐🕐🕐	ritkán	III-IX	25	0,21-0,25	ált. kétlaki, fehér virágok, 3-5 cm-es szőrös termés
Actinida kolomikta Mandzsu aktinida	◑	3-4	0,5-1	2-5	CS	8	🕐🕐🕐	ritkán	III-IX	10	0,16-0,20	**S** védett fekvés, porzós növény kapható; elsődleges felhasználás: **A, AL**
Akebia quinata Ötlevelű akébia csokoládészőlő	◑	4-10	0,5-2	2-4	CS	10	🕐🕐	nincs	III-X	10	0,13-0,15	védett fekvés, különleges virágok; elsődleges felhasználás: **L, O**
Ampelopsis glandulosa (brevipedunculata) Tarkalevelű borostyánszőlő	◑	4-8	1-2	2-3	SZK	8	🕐🕐	nincs	IV-X	8	nincs adat	konténeres nevelésre is alkalmas
Aristolochia macrophylla Pipavirágú farkasalma	○ ●	5-10	1-2	2-4	CS	10	🕐🕐🕐	ritkán	V-X	15	0,10-0,15	erősen csavarodik, szőnyegszerű lombfelület; elsődleges felhasználás: **F, L, A**
Calystegia (Convolvulus) sepium Sövényszulák	○	1-5	1-5	1	CS	1	🕐	nincs	IV-X	10	0,01-0,05	föld feletti hajtásai és levelei minden évben elpusztulnak, a földben tarackokkal telel
Campsis radicans Trombitacserje	○	6-12	0,5-2	3-6	LÉ	15-20	🕐🕐🕐	jellemző	V-X	-	0,13-0,15	töve tarackokkal terjed, törékeny hajtások; elsődleges felhasználás: **F, L, O**
Campsis tagliabuana Hibrid trombitacserje	○	4-8	0,5-1	3-6	LÉ	5-10	🕐🕐🕐	jellemző	V-X	18	0,13-0,15	töve tarackokkal terjed, törékeny hajtások; elsődleges felhasználás: **L, O**
Celastrus orbiculatus Kereklevelű folyondár-kecskerágó	○ ◑	8-14	1-2	2-6	CS	20	🕐🕐	ritkát	V-X	20	0,13-0,15	tarackokkal terjed, fafojtó; elsődleges felhasználás: **F, O**
Clematis alpina Havasi iszalag	◑	1-3	0,25-0,5	1-2	LK	4	🕐🕐	nincs	IV-X	5	0,06-0,09	honos, védett, szép kék virágok; elsődleges felhasználás: **L, AL**
Clematis armandii Örökzöld iszalag	○	3-4	0,25-0,5	1-2	LK	4	🕐	nincs	●	5	0,06-0,09	védett fekvés, áprilistól virágzik
Clematis montana Himalájai iszalag	○ ◑	6-10	1-2	2-6	LK	5	🕐🕐	nincs	IV-X	8	0,10-0,12	május-júniusban rengeteg virág; elsődleges felhasználás: **B, L, A, F**
Clematis tibetana ssp. tangutica Mongol iszalag	○	3-6	0,5-1	1-3	LK	5	🕐🕐	nincs	IV-X	8	0,10-0,12	június-júliusban rengeteg sárga virág; elsődleges felhasználás: **L, A, CSÜ, AL**
Clematis vitalba Erdei iszalag	○	10-20	1-4	3-8	LK	14	🕐🕐	nincs	IV-X	15	0,10-0,12	könnyen kivadul; elsődleges felhasználás: **F, CSÜ**
Clematis hibridek Nagyvirágú iszalagok	◑	2-6	0,5-1	1-3	LK	3	🕐	nincs	IV-X	10	0,06-0,09	intenzív virágzás május-júliusban; elsődleges felhasználás: **L, AL, O**
Euonymus fortunei Repkénykecskerágó fajták	○ ●	3-6	0,25-0,5	1-4	LÉ	10	🕐🕐	ritkán	●	-	0,26-0,50	szőnyegszerű növekedés; elsődleges felhasználás: **F, L, O, AL**

KÚSZÓNÖVÉNYEK	Fényigény	Max. magasság (m)	Függ. növekedési gyorsaság (m/év)	Oldalnövekedés (m/év)	Kapaszkodási forma	Max. hajtásátmérő (cm)	Élettartam (év)	Negatív fototrópia	Lomb (hó)	Támszerkezet osztása (cm)	Lombtömeg (kN/m²)	Egyéb
Fallopia baldschuanica Közönséges tatáriszalag	○	10-15	2-6	3-8	CS	5	🕐	ritkán	IV-X	10	0,10-0,12	gyors fejlődés; elsődleges felhasználás: **F, B, CSÜ**
Hedera colchica Kaukázusi borostyán	◐	5-9	0,5-1	3-5	LÉ	15	🕐🕐🕐	jellemző		-	0,26-0,50	védett fekvés; elsődleges felhasználás: **O, AL**
Hedera helix 'Ördögárok', 'Wörner','Reimscheid' Nagylevelű borostyán fajták	◑	10-30	1-2	3-19	LÉ	30	🕐🕐🕐	jellemző		-	0,26-0,50	elsődleges felhasználás: **F, L, A, CSÜ, O**
Hedera helix 'Ripple' 'Sagittifolia' Kislevelű fajták	◑	5-6	0,25-0,5	2-3	LÉ	30	🕐🕐🕐	jellemző		-	0,26-0,45	elsődleges felhasználás: **F, L, A, CSÜ, O**
Humulus lupulus Komló	○	2-10	2-10	1-3	CS	1	🕐	nincs	IV-X	15	0,06-0,09	lombja minden évben elpusztul, a földben telel; elsődleges felhasználás: **A, CSÜ, O**
Hydrangea petiolaris Kúszó hortenzia	◑	5-15	0,15-1	3-6	LÉ	10	🕐🕐🕐	jellemző	IV-X	20	0,13-0,15	**S** kezdetben szükség van támasztékra, elsődleges felhasználás: **F, CSÜ, O**
Jasminum nudiflorum Téli jázmin	◐	2-5	0,5-1	2-3	TÁ	3	🕐🕐	jellemző		5	0,10-0,15	szőnyegszerű növekedés, téli virágzás; elsődleges felhasználás: **AL, CSÜ**
Lathyrus latifolius Nagyvirágú lednek	◐	1-2	1-2	0,5-1	LK	1	🕐	nincs	IV-X	10	0,01-0,05	lombja minden évben elpusztul, a földben telel
Lonicera x brownii Skarlátlonc	○	2-5	0,25-0,5	2	CS	2	🕐🕐	nincs	IV-X	15	0,06-0,09	enyhe teleken megmarad a lomb; elsődleges felhasználás: **L, A**
Lonicera caprifolium Jerikói lonc	◐	3-5	0,25-1	1-4	CS	2	🕐🕐	nincs	IV-X	15	0,06-0,09	elsődleges felhasználás: **L, AL, CSÜ, F**
Lonicera x heckrottii Húspiros lonc	◑	2-6	0,25-0,5	1-3	CS	2	🕐🕐	nincs	IV-X	15	0,06-0,09	elsődleges felhasználás: **A, CSÜ, AL**
Lonicera henry Borostás lonc	◑	3-10	1-2	2-3	CS	8	🕐🕐	ritkán		15	0,09-0,20	elsődleges felhasználás: **A, CSÜ, AL**
Lonicera japonica Japán lonc	◑	2-10	0,5-1	2	CS	5	🕐🕐	ritkán		15	0,09-0,20	konténeres nevelésre is alkalmas, nagyon illatos, metszendő, elsődleges felhasználás: **L, A**
Lonicera periclymenum Búbos lonc	○	2-5	0,25-0,5	2-4	CS	3	🕐🕐	nincs	IV-X	15	0,06-0,09	elsődleges felhasználás: **L, A, CSÜ**
Lonicera x tellmanniana Magyar lonc	◐	5-6	1-2	3-4	CS	3	🕐🕐	nincs	IV-X	15	0,06-0,09	elsődleges felhasználás: **F, A, CSÜ**
Parthenocissus henryana Kínai vadszőlő	◐	10-15	0,5-1	3-5	TK	3	🕐🕐	ritkán	IV-X	-	0,06-0,15	fagyérzékeny
Parthenocissus inserta Közönséges vadszőlő	◑	8-20	1-2	8-12	K	20	🕐🕐🕐	jellemző	V-X	15	0,06-0,15	elsődleges felhasználás: **F, L, A, CSÜ**

KÚSZÓNÖVÉNYEK	Fényigény	Max. magasság (m)	Függ. növekedési gyorsaság (m/év)	Oldalnövekedés (m/év)	Kapaszkodási forma	Max. hajtásátmérő (cm)	Élettartam (év)	Negatív fototrópia	Lomb (hó)	Támszerkezet osztása (cm)	Lombtömeg (kN/m²)	Egyéb
Parthenocissus quinquefolia Ötlevélkéjű (tapadó)	◐	8-20	1-2	8-12	TK	20	🕐🕐🕐	jellemző	V-X	-	0,06-0,15	erőteljes függőleges növekedés; elsődleges felhasználás: **F, L, A, CSÜ**
Parthenocissus tricuspidata 'Veitchii' Háromkaréjú (repkény) szőlő	○	10-15	1-2	5-10	TK	20	🕐🕐🕐	jellemző	V-X	-	0,06-0,15	erőteljes vízszintes növekedés; elsődleges felhasználás: **F, L, A, CSÜ, O**
Passiflora caerulea Kék golgotavirág	○	10	0,5-1	4-5	LK	8	nincs adat	nincs	IV-X	15	nincs adat	fagyérzékeny
Periploca graeca Görögtekercs	○	3-10	1-2	2-4	CS	5	nincs adat	nincs	IV-X	15	nincs adat	mérgező; elsődleges felhasználás: **L, A, O**
Rosa sp. Futórózsa fajták	○	2-8	0,5-3	1-5	TÁ	20	🕐🕐🕐	nincs	IV-X	25	0,06-0,09	fajták eltérő tulajdonságokkal bírnak; elsődleges felhasználás: **F, L, A, AL, O**
Rubus fruticosus Fekete szeder	○	2-4	0,5-2	2-5	TÁ	5	🕐🕐	ritkán	IV-XI	15	0,10-0,12	enyhe teleken megmarad a lomb; elsődleges felhasználás: **F, AL, A**
Rubus henryi Bambusz szeder	○	2-6	0,5-2	4-5	TÁ	2	🕐🕐	ritkán	●	15	0,10-0,12	fagyérzékeny; elsődleges felhasználás: **F, AL, A**
Vitis amurensis Amúri szőlő	○	3-10	0,5-2	3-8	SZK	8	🕐🕐🕐	nincs	V-X	15	0,13-0,15	gyökérzónája is elviseli a -16 °C-t; elsődleges felhasználás: **F, L, A, CSÜ**
Vitis coignetiae Rozsdásszőrű szőlő	◐	6-15	1-4	3-6	SZK	30	🕐🕐🕐	nincs	V-X	20	0,13-0,15	Erőteljes növekedés; elsődleges felhasználás: **F, L, CSÜ**
Vitis riparia Parti szőlő	◑	6-12	1-2	3-6	SZK	20	🕐🕐🕐	nincs	V-X	20	0,13-0,15	elsődleges felhasználás: **F, L, CSÜ**
Vitis vinifera Bortermő szőlő	○	6-30	1-2	3-6	SZK	15	🕐🕐🕐	nincs	V-X	25	0,21-0,25	fajták eltérő tulajdonságokkal bírnak; elsődleges felhasználás: **F, L, A, CSÜ**
Wisteria chinensis Kínai lilaakác	◑	15-20	1-2	1-10	CS	50	🕐🕐🕐	jellemző	V-X	25	0,13-0,15	fafojtó; elsődleges felhasználás: **F, B, A**
Wisteria floribunda Dúsvirágú lilaakác	○	6-9	1-2	1-6	CS	30	🕐🕐🕐	jellemző	V-X	25	0,13-0,15	elsődleges felhasználás: **F, B, A**

◐ – Fényigényes (naponta min. 7 óra napsütés)
◑ – Félárnyéki (napi 5 óra napsütés)
○ – Árnyéktűrő (napi 3 óra napsütés)
● – Örökzöld
– Télizöld
– Lombhullató

Kapaszkodási mechanizmus:

LÉ – kapaszkodó léggyökér
TK – tapadókorong
TÁ – támaszkodó
CS – csavarodó
K – kacsos
LK – levélkacs, levélnyél
SZK – szárkacs

S – Mészkerülő

Elsődleges felhasználás:

A – ablakok közti kisebb felületek
LÁ – a járósíktól számított 3 m-es magasságig
CSÜ – csüngőnövények
F – nagy falfelületek
L – lugas, pergola
O – vonalas, keskeny felületek, oszlopok, pillérek
B – konténeres tartást jól tűrő kúszónövények balkonon

Élettartam (növényélettani szempontból ideális körülmények között):

🕐🕐🕐 – Rövid élettartamú, legfeljebb 20 év
🕐🕐 – Közepes élettartamú, 20-50 év
🕐 – Hosszú élettartamú, több, mint 50 év

14. táblázat A magyarországi éghajlati feltételek mellett a legnagyobb beválással alkalmazható kúszónövények és tulajdonságaik [29, 34, 44, 58, 69, 70, 74 nyomán]

5.1.2 Növényalkalmazás függőleges gyökérzónás és ültetőedény-soros zöldhomlokzatokon

A modern technológiával kialakított zöldhomlokzatok hazai növényalkalmazási tapasztalatai mindössze 4-5 évre tekintenek vissza. A magyarországihoz hasonló klimatikus adottságú régiók közül elsősorban Ausztriának a határhoz közeli területeiről áll rendelkezésünkre jelentősebb, a hazai viszonyok között is felhasználható tapasztalat. Egy adott taxon alkalmazhatóságának megítélésében fogódzót jelenthetnek a hazai, termett talajon, esetleg balkonládás tartásban szerzett tapasztalatok is.

Ezek a támpontok azonban egyelőre még együttesen sem szolgáltatnak elegendő mennyiségű és minőségű ismeretet ahhoz, hogy egy – a kúszónövényekéhez hasonló – tervezési segédletként használható növénylista összeállítható legyen. A fejezetben található növényalkalmazási javaslatok ezért inkább csak iránymutatónak tekintendők.

Az egyes rendszerek növényalkalmazási lehetőségei rendkívül specifikusak, ezért minden esetben indokolt egy, az adott rendszert közvetlenül ismerő szakértő bevonása a tervezési és kivitelezési munkákba.

5.1.2.1 Kiültetési típusok

A taxonok száma és egymáshoz viszonyított elrendezése alapján az alábbi alaptípusokat különböztetjük meg:

- **Monokultúra**
  A teljes felületen egy taxont telepítenek. Jellemzően modern, egyszerű tömegű épületeken alkalmazzák. Csak magas minőségű rendszerek esetében érdemes ezt a megoldást választani, gyengébb rendszerekben a víz- és tápanyagellátás egyenetlenségei látványosan megmutatkozhatnak. Fenntartása közepesen nehéz.
- **Néhány taxon foltszerűen telepítve**
  Magas dekorációs érték elvárás, illetve figuratív megjelenítés igénye (pl. céglogók, képek) esetén alkalmazzák. Csak a legjobb minőségű rendszerekben alkalmazható. Ennek fenntartása igényli a legtöbb munkát, szakértelmet és odafigyelést, különösen az eredetileg megálmodott mintázat megtartása jelenthet kihívást.
- **Néhány taxon keverten telepítve**
  A monokultúrához hasonló, viszont annál kevésbé elegáns, de könnyebben fenntartható megoldás. Gyengébb rendszerekben is alkalmazható. Gyakran monokultúrává alakul, mivel a legéletrevalóbb növény átveszi az uralmat. Ebben az esetben az jelenti a problémát, hogy nehezen számítható ki, melyik taxon lesz a legéletrevalóbb.
- **Nagyszámú taxon keverten telepítve**
  Természetszerű hangulatot ad. Gyengébb rendszerekben is alkalmazható, fenntartása a legkönnyebb, de ezzel is könnyen előfordulhat, hogy monokultúrává alakul.

5.1.2.2 Növénytípusok

Az alábbiakban bemutatott rendszerezés a könnyű áttekinthetőséget szolgálja, az egyes csoportok határai azonban meglehetősen átjárhatóak, egy-egy növény az aktuális nézőpont szerint akár több csoportba is besorolható. Az egyes kategóriák jellegzetes képviselőit a teljesség igénye nélkül soroljuk fel, támpontként a tervező szakembereknek.

1. Folyamatos díszt adó zöldhomlokzatok növényei

Ebbe a csoportba tartoznak az örökzöld fás- és lágyszárú növények, melyek elterjedtségüket és jelentőségüket tekintve a zöldhomlokzatok növényalkalmazásában messze a legfontosabbak. Előnyük a folyamatos dísz (ami a legtöbb esetben megrendelői alapelvárás), hátrányuk, hogy jellemzően nem őshonosak, így klímánk szélsőségeit (pl. fagyos időszakok, téli élettani szárazság) nehezebben viselik. A csoporton belül bármely fekvésbe és bármely rendszerbe lehet találni megfelelő növényt.

Örökzöld vagy áttelelő lombú évelők

A legszélesebb körben alkalmazott növények, mivel levél- és virágdísz tekintetében a többi csoporthoz viszonyítva lényegesen nagyobb formai és színbeli változatosság rendelkeznek (pl. tűzeső – *Heuchera*, turbáncső – *Heucherella*, hunyor – *Helleborus*, gólyaorr – *Geranium*, szegfű – *Dianthus*, bőrlevél – *Bergenia*, madárhúr – *Cerastium*, gyepliliom – *Liriope*, berkipimpó – Waldsteinia fajok és fajták). Természetközeli hangulatot közvetítenek. Hidegebb teleken egyes nemzetségek tagjai fakultatív örökzöldként viselkedhetnek.

Lomblevelű örökzöld cserjék

Az örökzöld évelők után a legnagyobb lehetőségeket rejtő csoport. Elsősorban a talajtakaró és az alacsony termetű, hagyományos kiültetésekben is jól szereplő nemzetségek alkalmazhatóak (pl. lonc – *Lonicera*, madárbirs – *Cotoneaster*, kecskerágó – Euonymus fajok, fajták és a részben évelőként kezelendő borostyán – *Hedera*, meténg – *Vinca*, kövérke – *Pachysandra* fajok). Dekoratív lombjukkal, egyes fajok virágjukkal és/vagy termésükkel is díszítenek. Hátrányuk az élettani szárazsággal szembeni érzékenység.

Tűlevelű örökzöldek

Kevés taxon alkalmazható, mivel növekedési erélyük miatt általában nem alkalmasak a csökkentett gyökérzónában történő alkalmazásra. Néhány törpe fajtájú tiszafát (Taxus), borókát (Juniperus) vagy hamisciprust (Chamaecyparis) érdemes ültetni. Állandó díszt adnak, élettani szárazságra kevésbé érzékenyek. Hátrányuk, hogy általában az erős visszametszést kevéssé viselik, így hosszú távú tarthatóságuk kérdéses.

Egyéb örökzöld vagy áttelelő lombú növények

Rendszertanilag valamelyik fenti csoportba tartozó, ám nagyon karakteres, erős hangulati üzeneteket közvetíteni képes növénycsoportok.

- Áttelelő lombú fűfélék (pl. rezgőfű – *Briza*, sás – *Carex*, sédbúza – *Deschampsia*, zabfű – *Helictotrichon*, nyúlfarkfű – Sesleria fajok)
- Két teljesen ellentétes hangulat megidézésére alkalmas csoport, egyfelől a száraz, füves pusztáké, másfelől a vizes élőhelyek igen erős karaktert adó növényei. Inkább napos fekvésben érzik jól magukat.
- *Páfrányfélék* (pl. pajzsika – *Dryopteris*, fodorkafélék – Asplenium, édesgyökerű páfrány – Polypodium, vesepáfrány – *Polystichum* fajok)
- Nagyon karakteres növénycsoport. Alkalmazásuk árnyékos fekvésben, párás környezetben ajánlott.
- *Fagytűrő bambuszok* (pl. törpebambusz – *Sasa, Sasaella*, lewis bambusz – Shibatea, bozótbambusz – *Pleioblastus* fajok)
- Keleties hangulat megidézésére alkalmasak. Nincs velük számottevő tapasztalat. Rhizómás gyökérhabitusuk miatt csak olyan rendszerben ajánlott, amely a terjedőtövűséget képes kezelni (pl. konténeres rendszerek).
- *Szukkulensek* (pl. varjúháj – *Sedum*, kövirózsa – *Sempervivum*, délvirág – *Delosperma*, kutyatej – Euphorbia fajok)
- Kizárólag napos, lehetőleg déli fekvésű falakon és kiváló drénezésű rendszerekben alkalmazhatók. Keverésük más növénycsoporttal nem ajánlott, mivel a tél folyamán az öntözés kerülése javasolt, míg a többi örökzöld növény enyhe téli időjárás esetén öntözést igényelhet.

2. Különleges alkalmazások

Ebbe a csoportba elsősorban az étkezési célú növényeket, valamint az elsődlegesen ökológiai értékük miatt tartott növényeket soroljuk. Mindkét terület erősen felfutóban van világszerte, a „vertical farming” elsősorban Észak-Amerikában és a Távol-Keleten népszerű,



151. ábra Vadvirágos keverék ültetőedény-soros rendszerben

míg az ökológiai értékekre fókuszáló megközelítés zászlóvivője Európa. Ebben a csoportban tárgyaljuk továbbá az ideiglenes díszítés céljából létrehozott zöldhomlokzatok növényeit is.

Ökológiai értékük miatt tartott növények

- *vadvirágos keverékek*
  Egy adott terület őshonos flórájának (sok esetben a teljes hitelesség igénye nélküli, inkább hangulati) megidézése céljából létrehozott, részben dekorációs célú kiültetések.
- *biodiverz keverékek*
  Értékük elsősorban az adott terület honos flórájának minél hitelesebb és fajgazdagabb bemutatásában, megőrzésében rejlik. Dekorációs értékük szezonálisan nagy változatosságot mutathat.

Étkezési célú növények

- *gyógy- és fűszernövények*
  Leginkább díszítésként alkalmazott növények (pl. levendula – Lavandula, zsálya – Salvia, rozmaring – Rosmarinus, kakukkfű – Thymus, szurokfű – Origanum, citromfű – Melissa, menta – Mentha



152. ábra Étkezési célú növények alkalmazása zsebes filces rendszer esetén (Houston, Texas, USA)



153. ábra Étkezési célú növények alkalmazása zsebes filces rendszer esetén (Houston, Texas, USA)

fajok), de értékük haszonnövényként is legalább akkora. Jól illenek a zöldhomlokzatok speciális tartási körülményeihez. A lomblevelű örökzöld dísznövények után a legelterjedtebben alkalmazott növénycsoport.

Fűszerkertek, mediterrán hangulatok megjelenítésére alkalmasak. Teleinket változó mértékben tűrik, könnyen visszafagyhatnak. Napos fekvésbe valók.





154–155. ábra Szamócával (Fragaria sp.) beültetett kazettás zöldhomlokzat (Leányfalu)

▸ *gyümölcsös növények*

Növekedési karakterüket tekintve elméletileg az áfonya (Vaccinium), ribiszke (Ribes), málna, szeder (Rubus) fajták jöhetnek számításba, de tapasztalat híján egyelőre nem bizonyított a zöldhomlokzatokban való tarthatóságuk. A sarjadzó málna nevelése csak olyan rendszerben ajánlott, amely a terjedőtövűséget képes kezelni (pl. konténeres rendszerek). A csoport legfontosabb növénye a szamóca (Fragaria sp.). Növekedési erélyét és télállóságát tekintve alkalmas zöldfalakba, tartása azonban a nagyon pontos tápanyag-utánpótlás és a magas növényvédelmi igény miatt csak különös odafigyelés és az adott fajta termesztési sajátosságainak alapos ismerete esetén ajánlott. Élettartama fajtától és tartási igénytől függően 2–5 év.

▸ *zöldségfélék*

A rendszer adottságaitól függően sokféle zöldségnövény alkalmas lehet zöldhomlokzaton való tartásra, elsősorban az alacsony bokrú és normál gyökérzetű taxonok, mint például a balkonparadicsom, bokorbab, zöldborsó, salátafélék, káposztafélék, spenót, sóska. Azon zöldségnövények, ahol a talajfelszín közelében vagy az alatt található a fogyasztásra alkalmas rész, vagy nagy a gyökértérigényük csak olyan rendszerekben alkalmazhatóak, ahol a megfelelő méretű gyökértér biztosított (pl. nagykonténeres rendszerek). Ilyenek többek között a hagymafélék, a burgonya, a répafélék, valamint a tökfélék. Mivel többnyire egyévesként tartott növények, fontos, hogy a rendszer az évenkénti (vagy akár többszöri) újraültetést kezelni tudja.



156. ábra Színes virágú egynyári kiültetés (Bilbao-i Guggenheim Múzeum – Frank O. Gehry – előtti installáción)

Időszakos díszt adó taxonok

Lényegesen ritkábban alkalmazott csoport. Olyan épületeken alkalmazzák, amelyek maguk is szezonálisan üzemelnek – így a téli dísztelen állapot nem jelent problémát –, vagy pedig ideiglenes dekorációként jelennek meg.

- *fakultatív örökzöldek* (félörökzöld, télizöld, áttelelő lombú növények)
  Ezek a növények a téli időjárás függvényében lombbal, de sokszor lebarnult, a növényen maradó levélzettel vagy lomb nélkül telelnek át. Csak akkor javasolt alkalmazásuk, ha a design miatt szükséges. Legjellemzőbb képviselőik az orbáncfű (Hypericum) és fagyal (Ligustrum) nemzetségek tagjai, de keményebb teleken több, az áttelelő lombú évelőkhöz sorolt taxon is ezen csoportba tartozóként viselkedhet.
- *egy- és kétnyári növények*
  Ezek színpompás dekorációkhoz valók. Egész éves dísz igénye esetén szeptember-októberben, illetve április–májusban váltja egymást a két növénycsoport. Alkalmazásuk csak olyan rendszerekben ajánlott, ahol az évenkénti kétszeri csere nem okoz problémát (pl. filces rendszereknél szakadást, magas vagy nehezen hozzáférhető falakon jelentős többletköltséget stb.). A csoport jellegzetes képviselői: bársonyvirág (Tagetes), begónia (Begonia), zsálya (Salvia), vasfű (Verbena), nebáncsvirág (Impatiens), petúnia (Petunia), virágcsalán (Solenostemon = Coleus), magyarparéj (Celosia) fajok és fajták, a kétnyáriak közül: árvácska (Viola), százszorszép (Bellis), nefelejcs (Myosotis) fajok.
- *lombhullató* fásszárú növények
  Ritkán alkalmazott, mégis érdekes csoport, tekintve, hogy klímánkon ezek a növények vannak igazán otthon, így megmaradási esélyeik messze a legjobbak. Használatuk korlátja értelemszerűen a téli dísz hiánya. Vannak azonban kivételek: azok a nemzetségek, melyek dekoratív vesszőzetükkel lomb nélküli állapotban is képesek díszíteni, például egyes som (Cornus), jázmin (Jasminum) vagy borbolya (Berberis) fajok.

5.1.2.3 Méretek, növekedési karakterisztika

A felhasználható növényméret a gyökeres szaporítóanyagtól a koros, előnevelt növényekig terjedhet. A konkrét esetben alkalmazható méreteket az adott zöldhomlokzati rendszer fogadóképessége és a beültetéskor elvárt takarásigény együttesen határozzák meg. A legáltalánosabban használt méretkategória az 1”-os szaporítótálcás, gyökeres dugványtól a 2 literes konténerig terjed, ezen belül is Magyarországon a 9×9 cm-es cserepes anyag a legelterjedtebben alkalmazott méret.

Az átadáskori növénytakarás elvárt mértéke projekttől függően más és más, általában 10 és 100% között bármilyen takarás elképzelhető, a 60–80%-os már a legtöbb esetben kellőképpen magas díszítőértéket biztosít. A gyakorlatban négyféle megoldás terjedt el:

1. *Alacsony átadáskori takarás*
   Ilyen esetben fiatal, kis lombozattal rendelkező növények kerülnek kiültetésre élettanilag kedvező ültetési sűrűség mellett. A megoldás előnye a nagy eredési biztonság és az alacsony növényár. A teljes takarás elérésére rendszertől, növényalapanyagtól és évszaktól függően 2-8 hónapot kell várni.
2. *Nagy átadáskori takarás, nagy ültetési sűrűség mellett*
   Itt is fiatal, kis lombozattal rendelkező növények kerülnek beültetésre, viszont nagy ültetési sűrűség mellett. Növényélettani szempontból kedvezőtlen megoldás, mert a növényeknek a későbbiekben a behatárolt gyökér-, illetve lombtér miatt esélyük sincs a genetikailag kódolt méretük elérésére, vagy csak a szomszédos növények rovására. Az élettérért folyó harc miatt a zöldhomlokzat későbbi fajösszetétele kontrollálhatatlan. A nagy átadáskori takarást biztosító megoldások közül a legolcsóbb, de alkalmazása sok kockázatot rejt.
3. *Nagy átadáskori takarás, kis ültetési sűrűség mellett*
   A legalább 60-80%-os takarás elérésének van két olyan módja is, ahol a növényélettani követelmények sem szenvednek csorbát:
   a. *Előnevelés a rendszerelemekbe ültetéssel:* fiatal, kis lombozattal rendelkező növényeket ültetnek be a rendszer ültetőelemeibe kedvező ültetési sűrűséggel. Az ültetőelemek csak akkor kerülnek a végső helyükre, amikor a növények lombja – az előnevelésnek köszönhetően – már elérte a kívánt takarási szintet. A megoldás előnye alacsony növényár mellett a nagy eredési biztonság, mivel a kritikus begyökeresedési/megtelepedési időszak védett környezetben zajlik le. Hátránya az előnevelés jelentős idő- és költségigénye.
   b. *Előnevelt növények beültetésével:* ennél a megoldásnál kertészetekben előnevelt, fejlett, erőteljes növények kerülnek kiültetésre, olyan tőtávolságra, amely mellett ki tudják bontakoztatni teljes díszítőértéküket. Hátrányuk a némiképp magasabb növényár, előnyük viszont, hogy az év szinte bármely szakában telepíthetőek és nincs sem várakozási idő, sem előnevelési költség.



157. ábra Begyökeresedett növény gyökérmérete kitölti a rendelkezésre álló teret

Az ültetési sűrűség egy adott zöldhomlokzaton belül jellemzően állandó. Az egyes rendszerek ültetési sűrűsége más és más: a 4 db/m^2-től az 50 db/m^2-ig terjedhet. A legelterjedtebben alkalmazott ültetési sűrűség a 20–30 db növény/m^2.

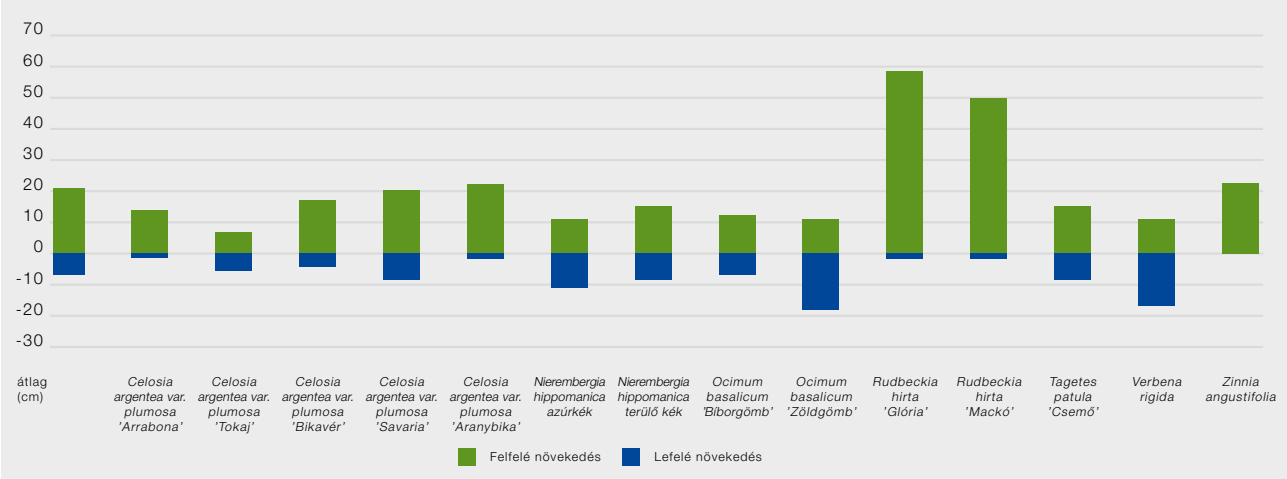
Túl kicsi ültetési sűrűségre tervezett rendszerek esetén a felület takarása csak nagyon hosszú idő alatt – rossz növényválasztásnál akár soha sem – valósul meg, túl nagy ültetési sűrűség esetén viszont a zöldhomlokzat későbbi növényösszetétele kontrollálhatatlan lehet.

A növekedési karakterisztika minden taxon esetében más és más. Az esetek többségében a növekedési hajlamok változatossága, így az ideális ültetési sűrűség is tág határok között mozoghat. Egyes fajok például eltérő irányultságú növekedési jelleget is mutathatnak.





158–160. ábra Függőleges gyökérzónás zöldhomlokzat beültetéskori képe és a növények fejlődése a begyökeresedési időszakban



1. grafikon Felfelé és lefelé törekvő növekedés mértéke (cm) függőleges gyökérzónás kiültetésben különböző egynyári taxonok esetében (Debrecen, 2011)

5.1.2.4 Élettartam, életciklus

A növények élettartama növénytípusonként, de azon belül fajonként, sőt fajtánként is nagy eltéréseket mutathat. Nagy általánosságban

- az egynyáriak: tavasztól őszig (fagytól fagyig),
- a kétnyáriak: ősztől tavaszig,
- az évelők: 3-10 évig,
- a fásszárúak: akár több évtizedig

élnek, illetve díszítenek.

Általában a cél az élettartam minél hosszabb időre való kitolása, amire értelemszerűen csak az évelők és a fásszárúak esetében van lehetőség. A behatárolt élettér a növények felnyurgulását okozhatja, az ez ellen alkalmazott gyakori visszavágás pedig a növények korai elöregedésének irányába hat. Tudatos és szakszerű metszéssel azonban az egyes növények genetikailag kódolt határain belül a tövek elöregedési üteme a minimálisra lassítható. A metszés ideális módja, ideje és gyakorisága növényenként más és más, sok esetben eltér a hagyományos módon kiültetett növények metszésétől.

A növények életciklusa egy zöldfalban a telepítéssel kezdődik. Ezt javasolt tavasszal végezni, így a növények már erős, fejlett gyökérzet birtokában, nagyobb megmaradási esélyekkel nézhetnek szembe a téllel.

A telepítést követő 2–6 hónap az intenzív záródási szakasz, melynek végére a növények elérik csúcsformájukat (a világhálón százszámra fellelhető fotók kivétel nélkül ebben az időszakban készülnek). Ez a folyamat szinte minden zöldhomlokzat esetén sikeresen zajlik le. A növények számára élettanilag az első igazi kihívás a mi éghajlatunkon a nyári forróság, de még inkább a téli hideg. A növények egy részének állapota tél végére jelentősen leromolhat, ami (bizonyos határokon belül) természetesnek tekinthető. Érdemes azokat a taxonokat leváltani, amelyek szemmel láthatólag nem érezték jól magukat az adott körülmények között. Egy jól megépített zöldhomlokzat a tavasz közeledtével hamar regenerálódik, és április-májusban már újra teljes díszében pompázik.

5.1.2.5 Ökológiai igények

A nagyszámú és igen változatos ökológiai igényű taxonok közül az adott zöldfalhoz a szóba jöhető növények körét a környezeti adottságok (mikro- és mezoklímája, valamint az adott földrajzi hely makroklímája) szigorúan behatárolják. Ezek figyelmen kívül hagyása a növények szükségszerű sínylődéséhez, pusztulásához vezet. Egy zöldfalban az alkalmazott taxonok ökológiai igényei közel



161. ábra Tél után visszametszett növények

azonosak legyenek, mivel a gyakorlatban kevésbé vagy csak jelentős többletráfordítás mellett oldható meg a társított fajok differenciált kezelése.

A növények kiválasztásánál javasolt a telepítés helyszínével azonos vagy ahhoz hasonló makroklímán termesztett, még inkább őshonos növényeket előnyben részesíteni, mivel a környezeti hatások bonyolult és folyamatosan változó rendszerében ezeknek van a legnagyobb esélyük arra, hogy kielégítő módon fejlődhessenek.

Az ökológiai tényezők soha nem önmagukban léteznek, hanem a növények a környezeti tényezők aktuális kombinációjára reagálnak.

- **Fényigény**
  A falfelület tájolása és árnyékoltsága alapvető kiindulási adat a növényválasztáshoz. Vannak növények, melyek többféle fényviszony mellett is tarthatók, de legtöbbjük csak meghatározott napi besugárzás mennyiség megléte esetén érzi jól magát. Fényigényes növények nem kellőképpen benapozott fekvésben megnyúlnak, gyenge fejlődést mutathatnak, és könnyen kipusztulhatnak. Egyes színes lombú növények árnyékos fekvésben hajlamosak elveszteni eredeti színezetüket, visszazöldülhetnek. Fordított esetben pedig elsősorban a napperzselés okozhat károkat.
- **Vízigény**
  Egyes növények (pl. a vízinövények) folyamatosan vízben állva fejlődnek megfelelően míg másoknál (pl. szukkulensek) akár egy-kétszeri túlöntözés is visszafordíthatatlan rothadási folyamatokat indíthat el. Vegyes növényzetű falakon a leggondosabb tervezés mellett is lesznek különbségek az egyes taxonok vízigényében (így vízfogyasztásában is) emiatt van különösen nagy jelentősége az ültetőközeg helyes megválasztásának és a gyökérzóna műszaki kialakításának. Jó pórusaránnyal rendelkező közegben egymástól jelentősen eltérő vízigényű fajok (kivéve az extrémitásokat) is tarthatók együtt. A gyökérzónák egyenletes vízellátása és hatékony drénezése is kiemelt fontosságú, ez sok zöldhomlokzati rendszer leggyengébb pontja.
- **Hőmérsékletigény**
  Fajonként igen változó lehet. A szélsőségekkel szembeni tűrőképességet figyelembe kell venni a növényválasztásnál, különösen a legalacsonyabb tolerálható hőmérséklet vonatkozásában. Ez az a faktor, amely a hazai zöldhomlokzatokon a legtöbb növénypusztulás okozója.
- **Páraigény, levegőminőség-tolerancia**
  A növények gyakran páraszegény és szennyezett levegővel érintkeznek. A növények kiválasztásánál javasolt figyelembe venni várostűrő képességüket, amennyiben ez ismert. Hosszan tartó magas relatív páratartalom kialakulása klímánkon nem jellemző, inkább a levegő szárazsága okozhat problémát.
- **Légmozgás**
  A növények többsége szélvédett körülmények között érzi jól magát, a zöldhomlokzatok viszont jellemzően meglehetősen kitettek a légmozgásoknak. Ugyanazon faj ugyanazon a homlokzaton magasabb és szélvédettebb fekvésben jól érezheti magát, miközben szeles fekvésben vagy a homlokzat talajhoz közelebbi részein elpusztulhat. Szeles homlokzatokon az erre érzékeny növények alkalmazása kerülendő, különösen a téli hideg-száraz szelet nehezen elviselő fajoké.
- **Tápanyagigény**
  A növények tápanyagigénye mind a mennyiség, mind az összetétel szempontjából meglehetősen nagy szórást mutat. Az öntözővíz-mennyiséghez hasonlóan egy vegyes növényzetű falon gyakorlatilag lehetetlen biztosítani minden egyes növény számára a tökéletes tápanyagellátást. Az ültetőközegnek jelentős szerepe van. Azok a jó közegek, amelyek képesek a tápoldattal a gyökérzónába jutott tápanyagokat nagy mennyiségben megkötni, majd ezeket könnyen le is tudják adni.

5.2 Segédszerkezetek

A talajkapcsolatos direkt típuson kívül minden más esetben szükség van valamilyen segédszerkezet alkalmazására. A segédszerkezet lehet:

- a kúszónövény támszerkezete;
- ültetőkonténerek és azok rögzítő szerkezete, beleértve a homlokzat előtt kialakított állványszerkezetet is;
- gyökérközeget fogadó ültetőelemek és azok rögzítését biztosító szerkezetek.

5.2.1 Támszerkezetek kúszónövényekhez

Támszerkezetet igénylő kúszónövények esetén támszerkezet kialakítása szükséges, mely a növény kapaszkodását teszi lehetővé, és tartja annak terhét. Támszerkezetet nem igénylő kúszónövények is futtathatók támszerkezetre. A támszerkezet alapvetően befolyásolja az építészeti megjelenést, kihatással van a homlokzat szerkezetére. Addig, míg a növényzet el nem takarja, illetve lombhullatóknál a téli időszakban, építészeti formaelemként jelenik meg.

Kapaszkodási forma	Támszerkezet kialakítása	Javasolt támszerkezet
Támaszkodva akaszkodó kúszónövények	közel négyzetes, vízszintes irányultságú; az elemméret tetszőlegesen választható; a vízszintes elemek távolsága legfeljebb 40 cm	vízszintes irányultságú vagy rács jellegű szerkezetek lécekből, rudakból, kötélszerkezetekből
Kacsokkal kapaszkodó kúszónövények	vékony elemek; 10-20 cm-es, rombusz vagy négyszög rácsosztás; az egyes elemek keresztmetszete tetszőleges profilú lehet, átmérője 0,4-3 cm, a növénytől függően	kötél, cső vagy rúd elemeket tartalmazó szerkezetek, rombusz formájú hálók, acél rácsok, rács jellegű acélszerkezetek
Csavarodó kúszónövények	függőleges irányultságú, de a lecsúszást gátló támszerkezet (kötél, cső és rúd jellegű); kötelek, cső vagy rúd szerkezetek esetén javasolt a csavarodási hajlam és a támszerkezet felületi struktúrája függvényében 0,5-2 m-enként lecsúszásgátló elemeket elhelyezni; az elem keresztmetszete lehetőleg íves legyen, átmérőjük 0,4-5 cm; vízszintes irányultságú támszerkezet esetén a vízszintes elemek távolsága 30-80 cm	elsősorban függőleges kötél, cső, rúd jellegű szerkezetek

15. táblázat Támszerkezet javasolt kialakítása a kapaszkodási forma függvényében

A támszerkezetek kiválasztásánál a növények kapaszkodási módja mellett az alábbi szempontokat kell figyelembe venni:

- támszerkezet kiosztása, azaz a szükséges megtámasztási, kapaszkodási pontok egymástól való távolsága;
- növény növekedése;
- a várható vagy elérni kívánt legnagyobb fedettség;
- a hátszerkezettől való távolság;
- megfelelő teherbírás: a növényzet várható terhe, többlet szélteher és hóteher;
- a támszerkezet rögzíthetősége;
- növény gyökérzetének eredési helye;
- megközelíthetőség,
- tűzeseti viselkedés.



162. ábra Vonaljellegű támszerkezetre futtatott ültetőkonténerben eredő csavarodó kúszónövények



163. ábra Vízszintes osztású sodronyos támszerkezetre futtatott futórózsa (Rosa sp.), borostáslonc (Lonicera henry) és kerti iszalag (Clematis sp.)



164. ábra Vízszintes osztású merev acél támszerkezetre futtatott lilaakác (Wisteria sp.)





165–166. ábra Felületjellegű farács támszerkezet kaccsal rögzülő szőlő (Vitis sp.), illetve függesztett acélsodrony háló csavarodó növény esetén

A támszerkezeteknek számtalan változata ismert. Történeti előképekre vezethetők vissza az épülethez rögzített vízszintes pergolák, a függőleges felületre rögzített különböző rácsosztású farácsok és huzalozások. Ezek mellett mára számos új anyag és megoldás terjedt el.

5.2.1.1 Kialakítás

A kúszónövények rögzülési jellege meghatározza a támszerkezet elemeinek méretét és az egyes elemek egymáshoz mért távolságát, de még a kialakítás jellegét is.

A támszerkezetek között két alapvetően eltérő csoport különböztethető meg:

- **vonalas jellegű támszerkezetek**
  Vonalas jellegű kialakítás esetén a növények rögzülését szolgáló elemek lehetnek vízszintesek vagy függőlegesek. Mindkettőt alkothatják merev, rúdjellegű elemek vagy kötéljellegű szerkezetek.
- **felületjellegű támszerkezetek**
  A rácsok, hálók a leggyakoribb felületjellegű támszerkezetek. A különböző perforált építőlemezek, burkolóelemek a gyakorlatban kevésbé váltak be, mivel a növények rögzülését nehezen teszik lehetővé.
  A rácsok, hálók rácsosztása lehet merőleges négyszög, háromszög vagy rombusz jellegű.
  Rácsok lehetnek egyedi elemek vagy előregyártott modulok, melyeket tetszőlegesen lehet sorolni a kívánt felületnek megfelelően.

5.2.1.2 Anyaghasználat

A ma alkalmazott támszerkezetek fő anyagai a fa, a fémek, a műanyagok, de a kötél és a hálós kialakításoknál megtalálhatók a természetes anyagok is. A természetes anyagok hátránya, hogy kevésbé időjárásállók, így inkább kisebb felületeken, rövidebbre tervezett időtartam esetén javasolt alkalmazásuk.





167–168. ábra Farács, illetve pergola kialakítású támszerkezet talajkapcsolatos szőlő (Vitis sp.) futtatásához (München, Budakeszi)











169–173. ábra Fém támszerkezetek: vízszintes acél sodronyköteles (Greenhouse, Budapest), acél sodronyhálós (Pannónia Iskola, Budapest), merev acél rácsos és közvetlenül falszerkezetre, illetve távtartóval szerelt előregyártott acél rácsos

A leggyakrabban alkalmazott anyagok és jellemzőik:

- **fa**

  Fából alapvetően kétféle támszerkezet készül: léc méretű elemekből felületjellegű rácsok, illetve ácsszerkezet jellegű lugasok, pergolák stb. A felületjellegű rácsok terhelhetőség és időtállóság szempontjából csak korlátozott mértékben felelnek meg, míg az ácsszerkezetek teherhordás szempontjából jól méretezhetők.

  A fa természetes anyag. Nedvesség hatására biológiai korrózió, gombásodás léphet fel, ami tönkremenetelhez vezethet. Ennek elkerülése érdekében célszerű védelem kialakítása, ami lehet úgynevezett szerkezeti és vegyi faanyagvédelem. A szerkezeti faanyagvédelem inkább csak nagyobb elemméretű szerkezetek esetén lehetséges és ott is leginkább a befülledést gátló távtartós elemkapcsolatok alkalmazásával. A víznek kitett vízszintes és ferde elemek fémlemez takarása rácsok esetén gazdaságtalan, legfeljebb nagyobb elemméretek esetén elképzelhető, de vizsgálni kell, hogy a túlmelegedés nem veszélyezteti-e a futtatott növényt. Rovarok, gombák elleni, valamint tűzgátló vegyi faanyagvédelem esetén csak kültérbe minősített, nem vízoldékony faanyagvédő szerek alkalmazhatók (különben a csapadék miatt kimosódhat a fa anyagából), melyek jól bírják a változó párakörülményeket, illetve a növényekre nincsenek káros hatással. Az egy szintnél magasabb, eltérő tulajdonú ingatlanok előtt elfutó faszerkezeteket tűzvédelem szempontjából vizsgálni szükséges.

  Alkalmazásuk elsősorban kisebb, könnyen megközelíthető és karbantartható felületek esetén javasolt.

- **fém**

  A fémek közül az acél a legelterjedtebb anyag, alumínium használata nem jellemző, míg kovácsoltvas csak különleges esetekben, ritkán fordul elő. Acélszerkezetek esetén fontos követelmény, hogy valamennyi eleme korrózióálló legyen:

  – az acél lehet anyagában korrózióálló vagy
  – védőbevonatos (festék, gyári műanyag bevonat, tűzihorganyzott stb.). Bevonat esetén lényeges szempont, hogy a bevonat élettartama minél hosszabb legyen, hiszen egy erőteljesen benőtt támszerkezet felújítása roncsolásmentesen nem végezhető. A bevonat legyen összeférhető a növényekkel, azokra ne legyen káros hatással.

    Nem minősül korrózióvédelemnek a szövet burkolat, melyet huzalok, sodronykötelek esetén alkalmaznak a növények védelme érdekében (könnyebb rögzülés, felmelegedés okozta sérülés veszélyének csökkentése stb.).

  Acélból sokoldalú, változatos megoldások hozhatók létre. A leggyakoribb kialakítások:

  – statikailag méretezett térbeli szerkezetek,
  – egyedi vagy előregyártott rácsok rúdjellegű vagy különböző szelvényű elemekből,
  – függesztett kötélszerkezetek vagy hálók, illetve
  – feszített kötélszerkezetek vagy hálók.

  A kötélszerkezetek és hálók esetén számolni kell a folyamatosan változó terhelés és a hőmérsékletváltozás miatt fellépő mozgással és nyúlással. A függesztett szerkezetek rögzítését ezért ennek függvényében kell tervezni. Emiatt az egyszerű drótok helyett ma már inkább sodronyköteleket alkalmaznak ilyen megoldásoknál. A feszített szerkezetek kiegyenlítik ezeket a mozgásokat, de a nagyobb igénybevétel miatt ezek minden esetben sodronykötélből készülnek.

- **műanyag**

  Anyagának kiválasztásánál figyelembe kell venni, hogy az anyag mechanikai tulajdonságai, nyúlása nem változhat a terhelés, a hőmérséklet, az időjárás és a fény hatására. A támszerkezet és kötőelemei UV-sugárzásállóak legyenek.

  Leggyakrabban késztermékként kaphatók, rácsokként vagy huzalos, illetve hálós megoldásként alkalmazzák. A fához hasonlóan alkalmazásuk elsősorban kisebb, könnyen megközelíthető és karbantartható felületek esetén javasolt, de esztétikai értékük általában kisebb.

Támszerkezetek nemcsak egyféle anyagból készíthetők, hanem variálhatók is egymással, illetve a különböző kialakítások is párosíthatók az esztétikai elképzelésnek megfelelően.

5.2.2 Ültetőkonténerek és rögzítésük

Az ültetőedény-soros és a kazettás rendszer ültetőelemeit hosszú éveken keresztül fejlesztik, a rendszerek minősítéssel rendelkeznek. Így ilyen rendszerekhez egyedi ültetőelemek tervezése nem jellemző. Egyedi ültetőkonténerek leginkább akkor szükségesek, amikor talajkapcsolatos kúszónövények nem telepíthetők. Az egyedi tervezésű ültetőkonténerek/planténerek esetén javasolt az alábbi szempontok betartása:

- a kúszónövény gyökérterének biztosítása, hogy befuthassa a tervezett felületet;
- a drénvíz elvezetése zárt rendszerben megoldható legyen;
- tartós, az időjárásnak, a tápanyagoknak, a gyökérsavaknak ellenálló anyagból készüljön;
- a kis gyökértér miatt – ha szükséges – hőszigetelés és/vagy fűtés kialakítása stb.





174–176. ábra Hőszigetelés nélküli és hőszigetelt rozsdamentes acél ültetőkonténerek, illetve a szerkezet részeként kialakított zöldtetőjellegű, nagyméretű vasbeton ültetőkonténerek (Bosco Verticale, Milánó)



A kb. 20×20 cm befoglaló méretnél nagyobb keresztmetszetű ültetőedényeket célszerű közvetlenül a teherhordó szerkezethez vagy egy állvány jellegű szerkezethez rögzíteni statikailag méretezett konzolokkal. Ültetőedényeket elhelyezhetnek épületkonzolon is vagy teraszok szélén. Ebben az esetben ezeket szélteher és leesés ellen kell rögzíteni a vízzáró burkolat vagy a csapadékvíz elleni szigetelés megsértése nélkül.

A 20×20 cm befoglaló méretnél kisebb keresztmetszetű ültetőelemek jellemzően már az ültetőedény-soros rendszerek részét alkotják, így a homlokzatburkolatokhoz hasonló módon rögzíthetők – gyakran rendszersaját – fémváz hátszerkezetre.





177–178. ábra Planténerek statikailag méretezett függőleges és vízszintes vázszerkezethez rögzítve

5.3 Ültetőközegek

A növények egészségének és ellenállóképességének forrása az erős és egészséges gyökérzet, amelynek kialakulásában az ültetőközegnek jut a legjelentősebb szerep.

5.3.1 Ültetőközegek mennyisége és minősége

Az ültetőközeg mennyiségének és minőségének olyan ideális kombinációja a cél, ahol a gyökérzet tökéletesen képes ellátni a hozzá tartozó lombtömeget vízzel és tápanyagokkal.

Mennyiség tekintetében a két szélsőség az épület körüli talajban eredő növények és a filces rendszerek. Előbbinél a gyökérzóna többnyire korlátlan mennyiségben áll rendelkezésre, és bár messze a legstabilabb zöldhomlokzati megoldás, sajnos csak olyan esetekben alkalmazható, ahol rendelkezésre áll jó minőségű talajkapcsolat. Utóbbinál viszont egy mindössze 5–10 mm vastag filcréteg adja a teljes gyökértérfogatot, ami rendkívül rugalmas alkalmazást tesz lehetővé, cserébe – különösen kontinentális klímán – extrém módon instabil. Az ültetőedény-soros és a függőleges gyökérzónás rendszerek fejlesztési irányai próbálják megtalálni az egészséges egyensúlyt a két szélsőség között, amiben az egyik leginkább meghatározó eszköz az ültetőközeg.

Egy adott szituációhoz ideális ültetőközeg kiválasztásánál a gyökérzóna-térfogaton túl még számos egyéb tényezőt kell egyidejűleg szem előtt tartani. Ezek:

- a telepítendő növények talajigénye,
- a makro-, mezo- és mikroklimatikus adottságok,
- a határoló felületek lélegző-, vízáteresztő és vízelvezető képessége,
- az ültetőközeg felszínének kitettsége nemkívánatos külső hatásoknak,
- az adott zöldhomlokzati rendszer öntözési, tápanyag-utánpótlási és vízelvezetési rendszereinek kialakítása.

5.3.1.1 Épület lábazatánál eredő növényzet esetén

Az épület lábazatánál eredő növények esetén alapvetően két helyzetet kell megkülönböztetni.

1. A megeredés korai szakaszában meghatározó az ültetőgödörbe kerülő közeg minősége, ez különösen fontos új épületek és „zöldmezős” beruházások esetén. Az eredési időszakot követően az aktív



179. ábra Talajkapcsolatos háromkaréjú vadszőlő (Parthenocissus tricuspidata 'Veitchii') új építésű épület lábazatánál (Budapest)

felszívó gyökérzet nagyobb része már az ültetőgödrön kívülről fogja felvenni a vizet és a szükséges tápanyagokat, ezért sem az ültetőgödör mérete, sem az ültetőközeg hosszú távú minősége nem különösebben kritikus tényező.

2. Meglévő épület helyén kialakított új épület, illetve a belső városrészekben meglévő épület esetén a talajkapcsolattal tervezett zöldhomlokzatoknál a gyökérteret erősen korlátozhatják az épület közelében fekvő műtárgyak, közművek. A föld erősen tömörödött, illetve törmelékkel szennyezett lehet, ezért az is előfordulhat, hogy a beültetendő növény gyökerei soha nem hagyják el az ültetőgödröt. Fentiek miatt javasolt a fák ültetőgödréhez hasonló méret (kb. 1×1×1 m) előirányzása, hiszen egy kifejlett kúszónövény levéltömege megegyezhet egy fa lombtömegével. Szennyezett talaj esetén az ültetőgödörben teljes talajcserét kell végezni, mert fontos az ültetőközeg hosszú távú minőségmegőrzési képessége is.



180. ábra Talajkapcsolatos kúszónövény kiemelt gyökértérrel (Baden bei Wien)

Városi környezetben (elsősorban a belső kerületekben) a meglévő homlokzatok lábazatánál, illetve a járdák alatt található erősen szennyezett, tömörödött talajok vagy az igen sűrűn elhelyezkedő közművek ellehetetleníthetik a talajcserét ezáltal alkalmatlanná téve a területet növénytelepítésre. Ilyen esetekben a terepszinten elhelyezett planténerekben javasolt elhelyezni a növényeket.

5.3.1.2 Talajkapcsolattal nem rendelkező növények esetén

A különböző konténeres és ültetőedényes rendszerek esetében a talajkapcsolattal rendelkező rendszerekhez viszonyítva lényegesen kedvezőtlenebb a lomb-gyökér arány, így ezeknél már kritikus fontosságú a lehető leghatékonyabb ültetőközeg megtalálása.

A legmagasabb követelményeket az ültetőközeg vonatkozásában a függőleges gyökérzónás rendszerek támasztják, ezeknél ugyanis a fent említett kritériumokon túl általában egyáltalán nem megengedett a közeg időbeni térfogatcsökkenése sem.

Az ültetőközeg legfontosabb kritériumai:

- szerkezetileg stabil: évtizedes távlatban sem tömörödik, nem bomlik;
- tartós légpórusosság, nagy pórustérfogat,
- jó víztároló-képesség, azaz nagy vízkapacitás,
- jó vízelvezető képesség,
- jó tápanyagmegkötő, illetve visszaszolgáltató képesség,
- semleges vagy enyhén savas pH,
- gyommentes,
- alacsony térfogatsúly,
- újrahasznosítható.

A zöldhomlokzatok esetében – lévén általában intenzíven öntözött- és tápoldatozott rendszerek – a hagyományos zöldfelületekhez képest kisebb (vagy egyáltalán nincs) jelentősége a közeg szervesanyag- és humusztartalmának, sem a talajéletnek. Ugyanígy általában nem bír fontossággal a közeg növénymegtámasztó képessége sem:

- kúszónövények esetén a támrendszerhez rögzíthető a növény,
- a többi rendszernél, ahol az ültetőközeg felső síkja vízszintes jellemzően olyan kistermetű növények vagy csüngőnövények kerülnek alkalmazásra, melyek súlypontja alacsonyan van, így nem áll fenn kiborulásveszély. Azon függőleges gyökérzónás vagy ültetőedény-soros rendszereknél pedig, ahol a növények a függőlegestől eltérő szögben kerülnek beültetésre (közel 45° vagy 90°) a legtöbb esetben az ültetőelem önmagában képes a helyükön megtartani a növényeket.

5.3.2 Ültetőközeg alkotók

Az alábbiakban a teljesség igénye nélkül mutatjuk be a leggyakrabban alkalmazott ültetőközeg alapanyagokat és a zöldhomlokzati alkalmazás szempontjából fontos tulajdonságaikat.







181–183. ábra Különböző ültetőközegek: szervetlen őrleménnyel feltöltött kazetta, zöldfalban alkalmazható filc (technikai textília) és kőzetgyapot egy filces rendszerben

1. *A* **klasszikus „termőföld”** *olcsó, minősége igen változó lehet és hosszútávon romlik a szerkezete. Nagy tömege sok esetben a felhasználás akadályát jelenti. Az épület körüli talajban gyökerező rendszerek és a nagy térfogatú konténerek esetében a legfőbb keverékalkotó.*
2. *A* **felláptőzegek** *kezdetben (az első 1-2 évben) kiváló minőséget adnak, de nagymértékben tömörödnek. Önálló alkalmazásuk kültéri zöldhomlokzatoknál nem javasolt, legfeljebb ültetőközeg keverékalkotójaként, de kizárólag olyan rendszerekben, ahol az ültetőközeg cseréje nem okoz különösebb gondot.*
3. **Keverékek adalékai** *(pl. kókuszrost, kéregőrlemény, homok, komposzt, agyag, vízmegkötő adalékok) önmagukban nem kerülnek alkalmazásra, a keverékek tulajdonságainak pontos beállításában van jelentőségük.*
4. *A* **porózus szervetlen** *őrlemények és* **granulátumok** *(pl. lávaőrlemény és dolomit őrlemény, agyag-granulátum, duzzasztott agyaggolyó őrlemény, tégla vagy cserép őrlemény, perlit, duzzasztott üvegkavics stb.) szerkezete állandó, jó vízelvezető képességűek, egyenletes tápoldat-pára koncentrációt biztosítanak a granulátum szemcsék közötti makropórusokban. Így ez tökéletes élettér a növényi gyökerek számára. Eredeti kémhatásuk a legtöbb esetben magasabb az optimálisnál, de ez a tápoldat pH-jának 5,5–6,5 körüli értéken tartásával kompenzálható.*
5. *Az ásványi* **szálas anyagok** *(kőzetgyapot) a ma piacon lévő kazettás és kiegészítő gyökérzónás filces rendszerek ültetőközegének leggyakoribb és legnagyobb arányban használt eleme. A tőzeghez hasonlóan az első egy-két évben nagyon jól működnek, de előfordulhat, hogy szerkezetük a második év után romlik. Hátrányuk, hogy függőleges irányban nem egyenletesen nedvesednek, amely egyenlőtlen vízellátáshoz, ezen keresztül egyenlőtlen növényfejlődéshez vezethet.*
6. *Az ipari* **filcek** *olcsók, könnyen kezelhetők, mechanikai és hidrosztatikai tulajdonságaik rendkívül eltérők. Amennyiben az anyag szerves szálakat is tartalmaz, az rothadásra hajlamosít. Zöldfalban csak olyan filcek alkalmazhatók, melyeket a gyártójuk erre a célra gyárt.*

A függőleges gyökérzónás és az ültetőedény-soros rendszerek esetén az ültetőközeg a rendszerforgalmazó által meghatározott. Egyedi összetételű ültetőközegre elsősorban konténeres telepítésű kúszónövények esetén lehet szükség.



6. Zöldhomlokzatok tervezése

Az ideális, épületre szabott műszaki technológia és az alkalmazásra kerülő növények kiválasztása csak az alább felsorolt szempontok egyidejű értékelésével lehetséges, mivel valamennyi paraméter függ a többitől és kölcsönösen befolyásolják egymást:

- tervezett építészeti cél, megrendelői igény (ingatlanérték-növelés, image-, brandépítés, ökológiai viszonyok javítása);
- környezeti (helyi mikroklíma, környezetterhelés) és műszaki adottságok;
- üzemeltethetőség;
- jogi háttér;
- anyagi háttér;
- épületminősítési kritériumoknak (pl. LEED, BREEAM) megfeleltetés;
- szociális szempontok, életminőség.

6.1 Zöldhomlokzatok kialakításának építészeti céljai

A homlokzati felületekre díszítésként, védelemként, árnyékolóként, homlokzatburkolatként, illetve külső térelhatárolásként telepíthetők növények.







184–186. ábra Elsősorban díszítést szolgáló kisebb felületen alkalmazott kúszónövények (München, Potzdam, Eupen)



187. ábra Növénytelepítés akár graffiti elleni védelemként is szolgálhat

6.1.1 Díszítés

A növényzet dinamikusan változó organikus felület, ami folyamatosan hat szemlélőjére, természetközeliség érzését kelti. Mára a környezettudatosság szimbólumává vált, így brandépítésre is felhasználható, de kifejezhet meghökkentést, modernitást, kellemes, meghitt stb. hangulatot is.

A növényzet díszítésként történő alkalmazása esetén az épület vagy építmény esztétikai hatásának növelése az alapvető cél. Ebben az esetben nem a zöldfelület mérete, hanem a megjelenés, a minőség az elsődleges.

Zöldhomlokzatok kialakítása esetén nagyon lényeges, hogy a növényt ne az épület esetleges esztétikai hibáinak elfedésére használjuk, hanem éppen az épület arányaival, osztásaival összhangban, annak korához, történeti hangulatához igazítva tervezzük meg a kívánt hatásnak és célnak megfelelően.

6.1.2 Védelem

Növényzet védelemként is szolgálhat a homlokzaton, akár graffitik ellen, akár távoltartás céljából. Ezekben az esetekben leginkább kúszó, viszonylag alacsony növésű növényeket alkalmaznak támszerkezettel vagy anélkül, melyek a lábazati zónát vagy a földszintet takarják.
ytelepítés akár graffiti elleni védelemként is szolgálhat



6.1.3 Árnyékolás

A kellemes belső klíma biztosítása érdekében a hatékony árnyékolás ma már elengedhetetlen. Teraszok, erkélyek, valamint üvegezett szerkezetek előtt növényzettel is kialakíthatók árnyékolók, melyek tulajdonságai összemérhetők a gyári termékekével. Változatos növényal-





188–190. ábra Különböző zöldhomlokzati rendszerekkel kialakított árnyékolók

közönséges borostyán *(Hedera helix)*
háromkaréjú vadszőlő *(Parthenocissus tricuspidata 'Veitchii')*
lilaakácok (Wisteria spp.)
pipavirágú farkasalma *(Aristolochia macrophylla)*
futórózsák (Rosa spp.)
szőlőfélék (Vitis spp.)

16. táblázat Néhány fontosabb homlokzatburkolatként alkalmazható kúszónövény

kalmazási lehetőséggel a leggyakrabban előforduló megoldások a támszerkezetekre futtatott kúszónövények vagy a csüngő növényes kialakítások. A táblás vagy lamellás árnyékolókhoz hasonló, futónövényekkel vagy függőleges gyökérzónás rendszerekkel megvalósított növényárnyékolók a gépészeti nehézségek miatt jelenleg még inkább csak elvi lehetőséget képviselnek.







191–193. ábra Homlokzatburkolatként viselkedő kúszónövények







194–196. ábra Térelhatárolás kúszónövényekkel

6.1.4 Burkolat

Növényburkolatok esetén az elsődleges vagy másodlagos felületképző anyagot az élő szervezet, a növény adja. Ebben az esetben az épület növényzettel takart felülete jellemzően számottevő arányú. Növényburkolat kialakítható filces vagy kazettás rendszerekkel (a nagytáblás homlokzatburkolatokhoz hasonlóan). Ilyenkor a burkolatot a növény és hátszerkezete együtt adja, mögötte más burkolat kialakítása nem szükséges („elsődleges burkolat"). Szintén nem szükséges más burkolat kialakítása, ha szorosan, csapóesőálló módon egymás mellé és fölé sorolnak ültetőközeget tartó zöldhomlokzati elemeket, vízszintes ültetőedényeket. Egymás fölé hézagosan sorolt vízszintes ültetőedények esetén a burkolatot az ültetőedényeken kívül elsősorban a növények ágrendszere és levelei adják, melyek önmagukban nem biztosítják a falszerkezet UV-sugárzás- és csapóesőállóságát (még örökzöld növények alkalmazása esetén sem), így mindig szükséges szerkezeti burkolóréteg kialakítása.

A homlokzatburkolatként alkalmas kúszónövények sem biztosítják a hátszerkezet teljes takarását, így ebben az esetben is megfelelő burkolóréteggel kell ellátni a hátszerkezetet.



197. ábra Kerítésként alkalmazott előnevelt panel

6.1.5 Térelhatárolás

Külső térelhatárolás növényzettel abban az esetben hozható létre, ha az épület nem fűtött tereket tartalmaz, nincs épített térelhatároló falszerkezete, hanem a nyitott, adott esetben nyílásokkal osztott külső szerkezet esetén a térelhatárolást, betekintésgátlást, árnyékolást önmagában a növényzet biztosítja. Ez gyakran alkalmazott megoldás parkolóházak, fedett-nyitott piacok esetén.

6.2 Műszaki szempontok

6.2.1 Statika

Növénytelepítésből származó többletterhek

A homlokzatra futtatott növényzet különleges tehernek számít. A növényzet aljzatszerkezetét minden esetben a legnagyobb felületi kiterjedésre és a legnagyobb vastagságra (külpontos húzás) kell méretezni. Minden esetben figyelembe kell venni, hogy a falszerkezettől elálló növényzet miatt fokozott szélteher lép fel (szélszívás), illetve hóterhet nemcsak örökzöldek, de lombhullató növények esetén is számolni szükséges. Gyümölcsös növényeknél a gyümölcsök terhét is figyelembe kell venni.

A kúszónövények többletterhét a 14. táblázat tartalmazza.

Nagy felületet borító, nagy tömegű lombkoronát és erős ágrendszert növesztő, támszerkezetet nem igénylő kúszónövények esetén előfordulhat, hogy a növény már nem tudja tartani saját súlyát és az alapról leválik, nagyobb szélroham, hirtelen hóesés, jégeső vagy ónos eső többletterhe letépi. Ha a vakolat tapadószilárdsága vagy a burkolat rögzítése nem megfelelő, akkor a növényzet a burkolatot/vakolatot is magával ránthatja. Ez megelőzhető a főágak rögzítésével.

A többi esetben egyedileg kell megadni a zöldhomlokzat elemeinek terheit, úgy, hogy az ültetőközeget vízzel telített állapotban kell számolni. Kúszónövények vízszintes ültetőedénybe telepítése esetén a tapasztalat alapján akár 500 kg/fm hasznos terheléssel is számolni szükséges, ráadásul itt a külpontos rögzítés jellemző. Ültetőközeg esetén javasolt minél könnyebb közegek alkalmazása, melyek tömege – tapasztalat alapján – alapján kb. 1,4–1,6 t/m^3, de különleges esetekben 1 t/m^3.

A függőleges gyökérzónás és az ültetőedény-soros rendszerek az alkalmazott ültetőközegtől, annak vastagságától függően vízzel telített állapotban 50-150 kg/m^2 terhet is jelenthetnek. Más homlokzatburkolatokkal összehasonlítva ez a teher a kőburkolatok 50-80 kg/m^2-es és a téglaburkolatok 150–200 kg/m^2-es terhével vetekedhet, azaz a rögzítésnél a nehéz homlokzatburkolatok szabályai érvényesek.

Rögzítés

Támszerkezet vagy más rendszerelemek rögzítését már a tervezési fázisban előre meg kell határozni:

- Hőszigetelt falszerkezetek esetén hőhidak ne alakuljanak ki.
- Burkolt falak esetén a burkolat jellemzően nem teherhordó, így a teherátadó megfogásokat a térelhatároló falhoz kell rögzíteni. A burkolatok perforálása, az elemek kivágása utólag körülményes vagy nem lehetséges, így már a tervezéskor gondolni kell a támasztékok helyére és hőhídmentes kialakítására.
- Általában a fémfegyverzetű szendvicspanelek nem teherbírók, így magához a vázszerkezethez vagy egyéb teherhordó szerkezethez kell rögzíteni. Ma már azonban léteznek olyan fémfegyverzetű szendvicspanelek, melyekhez meghatározott terhelésig lehet rögzíteni, azonban ehhez gyártói egyeztetés szükséges.





198–199. ábra Méretezésnél az erős ágrendszerű növények időskori terhelését kell figyelembe venni a téli hóteherrel együtt

- Beton szendvicspanel esetén a betonelem belső kapcsolatait figyelembe véve lehet eldönteni, hogy alkalmas-e a külső kéreg teherhordásra, vagy a belső, teherhordó részhez kell rögzíteni.
- Függönyfalak esetén – a rendszergazdával történő egyeztetés után – a függőleges tartóborda alkalmas indirekt rendszernél a támszerkezet rögzítésére.

6.2.2 Épületszerkezetek

Épületszerkezeti szempontból a függőleges gyökérzónás és az ültetőedény-soros rendszerek a homlokzatburkolatokhoz hasonlítanak, így a tervezés során a homlokzatburkolatok kialakítási elveit kell követni.

A kúszónövényekkel kialakított zöldhomlokzatok esetén azonban számos egyéb tényezőt is szem előtt kell tartani.

A legnagyobb borítottság eléréséig, valamint a lombhullást követően a homlokzat felülete látható, a vegetációs időszakban pedig többnyire nem hozzáférhető. Emiatt a külső falszerkezetet esztétikai és szerkezeti szempontból úgy kell kialakítani, hogy önmagában teljesítsen valamennyi követelményt. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a növénytelepítésből adódó követelményeket figyelmen kívül lehet hagyni! A fenntarthatóság érdekében célszerű a külső térelhatároló falszerkezet rétegfelépítését és a növénytelepítést azonos élettartamra tervezni.



200. ábra Nem megfelelő tapadószilárdság esetén a kapaszkodó léggyökér és tapadókorong leválhat a felületről, ami a kúszónövény leszakadását okozhatja

Befuttatás szempontjából a homlokzati felület lényeges tulajdonságai:

- a felületi struktúra,
- a teherbíró képesség,
- nedvszívó-képesség,
- a felület hőmérséklete,
- a növényekkel való összeférhetőség.

1. Felületi struktúra

A támszerkezetet nem igénylő kúszónövények tapadóképessége igen eltérő. A növények könnyebben terjeszkednek, ha a felület érdes (pl. nemesvakolatok, kőporos dörzsölt vakolat, kapart vakolat). Nagyon sima felületen (pl. üveg, fémek, csiszolt tömött kövek) a növények (pl. vadszőlő) csak kis mértékben képesek tapadni. Ez a tulajdonság azonban felhasználható arra, hogy a kúszónövények növekedése már a tervezési fázisban meghatározott helyre korlátozódjon, a növényeket a védendő helyektől távol tartsuk.

2. Teherhordó képesség

Ha vakolt falfelületre szeretnénk támszerkezetet nem igénylő kúszónövényt futtatni, akkor vizsgálni kell a vakolat tapadószilárdságát és ezzel összefüggésben a teherhordó képességét. Festett felületek esetén a festék tapadását is vizsgálni szükséges. Ha a tapadás vagy a teherbírás nem megfelelő, akkor indirekt rendszer alkalmazása javasolt.

Vakolt hőszigetelő rendszerek esetén valamennyi réteg tapadószilárdságát ellenőrizni kell. Ha már a tervezés során ismert, hogy a vakolt hőszigetelő rendszerre növényt szeretnénk futtatni, akkor a kivitelezésnél a ragasztott burkolatokra vonatkozó előírásokat kell alkalmazni:

- A vakolt hőszigetelő rendszerre jutó terhelés (a növény várható önsúlyára és a szélteherből adódó dinamikus terhekre méretezve) nem haladhatja meg a ragasztott burkolat esetén megengedett terhelést.
- A klimatikus öregítés után a hőszigetelést a falszerkezethez rögzítő ragasztó tapadó-húzószilárdságának értéke ≥0,5 N/mm^2 legyen.
- Az alapvakolat keresztirányú húzószilárdsága a klimatikus öregítést követően is ≥0,10 N/mm^2 legyen.
- A megszokottnál erősebb alkáliálló üvegszövet hálót kell alkalmazni, melynek klímaöregítést követően megmaradt húzószilárdsága nem kisebb, mint az eredeti érték 50 %-a, azaz ≥1300 N/50 mm. A dübeleket az üvegszövet hálón keresztül kell a hátfalhoz rögzíteni. A dübeleket a szélterhelésen, valamint az önsúlyterhelésen kívül a növényterhelésre is méretezni kell.

Teherbíró képesség, mechanikai ellenállóság szempontjából direkt típus esetén kedvezőbbek a tégla-, beton- vagy kőfalak, burkolatok.

Bizonyos festékek, málló, porló felületek akadályozhatják a támszerkezetet nem igénylő növények biztos rögzülését. Rendkívül fontos, hogy csak ép vakolatú, megfelelő szerkezeti állapotú épület futtatható be kúszónövényekkel. Rossz állapotban lévő homlokzatok eltakarására, az állagromlás lassítására csak segédszerkezetet igénylő, negatív fototrop hajtásokkal nem rendelkező növényzet telepítése, vagy más rendszerek alkalmazása javasolt.

3. Falszerkezet nedvességtartalma, nedvszívó képessége

A befuttatni kívánt falszerkezet nedvszívó képessége és/vagy nedvességtartalma legyen kicsi, függetlenül attól, hogy támszerkezetre vagy anélkül futtatják a kúszónövényeket. Ügyelni kell arra, hogy új szerkezetre csak a teljes kiszáradása után telepítsenek növényeket.

Hibás vagy hiányzó talajnedvesség elleni szigetelés miatt nedves falszerkezet esetén javasolt minden esetben a fal nedvesedésének okát megszüntetni, a növényzetet csak ezután telepíteni.

4. Felületi hőmérséklet

A különböző anyagú és színű felületek eltérő módon melegszenek fel. Nyári napon elsősorban a déli és dél-nyugati, sötét színű felületek, fémek a léghőmérséklet fölé melegedhetnek. Ha a felületi hőmérsékletük meghaladja a 42 °C-t, akkor a növények tapadó részei megéghetnek, ezért a növények tartósan nem tudnak megkapaszkodni. Ez a sűrű borítottsággal rendelkező felületeken már kevésbé jellemző, de éppen a növekedési zónában reális veszélyt jelenthet. A fémfelületek télen a léghőmérséklet alá hűlve akár fagyási sérüléseket is okozhatnak. Ez megelőzhető műanyag vagy természetes anyag burkolatú elemek alkalmazásával.

Erősen fényvisszaverő felületek esetén a tapadógyökerek nem tudnak megfelelően fejlődni, és így az indák tartása sem biztonságos.

5. Fototrop tulajdonság

A negatív fototrop hajtással rendelkező növények alkalmazása nem javasolt:

- nyílthézagos (legyen az nyílthézagos panelépület, illetve kiselemes tetőfedő anyagokból pikkelyszerű fedéssel kialakított homlokzatburkolat,
- repedezett, sérült, málló, porló felületek, hajszálrepedéssel rendelkező festékbevonatok,
- dilatációs, illetve mozgási hézag,
- homlokzati be- és kiszellőző nyílások, szellőzők, gépészeti nyílások stb.

esetén, mivel a burkolatba vagy a burkolat mögött található légrésbe, hőszigetelésbe hatoló hajtás kárt tehet a szerkezetben, esetleg a hibák további romlását felgyorsíthatja.

Zárt hézagképzés, de átszellőztetett légréses burkolatok esetén általános felületen a növényzet nem jelent gondot, de a be- és kiszellőző nyílásoknál meg kell akadályozni a növény benövését.

Egyes esetekben a csavarodó növények (pl. kereklevelű kecskerágó – *Celastrus orbiculatus*) esetén is hasonlóan kell eljárni.

A homlokzatok kritikus részein (pl. ablakok, szellőzőnyílások, gépészeti elemek) a növények növekedését metszéssel kell szabályozni.





201–202. ábra Negatív fototrop hajtások a repedésekbe, nyílt hézagokba behatolva akár jelentős károkat is okozhatnak





203–204. ábra A homlokzatfelületről túlnyúló hajtások eltömíthetik az ereszcsatornát, leszakíthatják az ejtőcsövet, ereszcsatornát

6. Sérülésveszély

Csavarodó növények spontán megtelepedését kerülni kell, mivel számos épületszerkezeti elemben (pl. csapadékejtőcső) a szorító hatásukkal kárt tehetnek vagy leszakíthatják azt (pl. kábelek, villámvédelmi vezetékek).

A támszerkezetre futó növényeket a faltól megfelelő távolságra helyezett támaszték segítségével meghatározott felületre lehet korlátozni, így a hajtások nem nőnek bele a nyílásokba, hézagokba. A túlnyúló hajtásokat metszéssel el kell távolítani. A homlokzaton direkt kúszó növényeket is metszéssel lehet meghatározott felületen belül tartani.

7. Karbantartási igény

Az olyan homlokzatokhoz, amelyeket rendszeresen fel kell újítani (faanyagvédelem, fémszerkezetek újrafestése, falfestés stb.) a falszerkezettől megfelelő távolságra helyezett támasztékra futó növényeket célszerű alkalmazni.

Rossz állapotú homlokzatok eltakarására, az állagromlás lassítására csak támszerkezetet igénylő növényzet telepíthető, lehetőleg jelentős eltartással a hátszerkezettől, hogy annak felújítása a későbbiekben a növényzet komolyabb károsodása nélkül is elvégezhető legyen. Ma már megfelelő technológiák állnak rendelkezésre, ha az elhanyagolt homlokzaton található, nagy felületet betakaró, beállt növényzet megtartása kifejezett célként szerepel a felújítás során.

8. Összeférhetőség

Elsősorban műanyag adalékú felületképzések (vakolatok, festékek, bevonatok stb.) esetén kell vizsgálni, hogy nincs-e összeférhetetlenség a növény és a felületképzés között. Ha összeférhetetlenség fennáll, akkor támszerkezetre futtatott növényt kell tervezni.



205. ábra Jól látható, hogy metszéssel a kúszónövény a kívánt felületre korlátozható (Messe München)

6.2.3 Épületfizika, épületenergetika

A növénytakarót, mint elemi lamellákból álló hőszigetelést lehetne szimulálni, és így meghatározni hőszigetelő-képességét. A gazdag taxonválaszték és a folyamatosan változó vastagság miatt ez egy nagyon összetett folyamat, mellyel kapcsolatban egyre több nemzetközi kutatás zajlik, de jól bevált, ajánlható metodikát még nem dolgoztak ki. A zöldhomlokzatok épületenergetikai méretezéséhez ma még nem állnak rendelkezésre megfelelően megbízható programok, melyekkel a növényzetet is számításba lehet venni. Átszellőztetett légréteges fal esetén a légrésben lévő levegőt, mint többlet hőszigetelést abban az esetben lehet figyelembe venni, ha arra részletes számítás készül.

Fentiek miatt átlagos energetikai méretezés esetén olyan egyszerűsített számítás végzése javasolt, ahol a légréteg és a növényzet hatásától eltekintünk.

Egyre több kutatás foglalkozik a zöldhomlokzatok energetikai modellezésével, szimulációjával, így vélelmezhető, hogy rövid időn belül a kedvező ökológiai és műszaki hatások számszerűsíthetővé válnak.

A falszerkezet páratechnikai viselkedése és a csapadék elleni védelem érdekében célszerű a zöldhomlokzatokat légréssel kialakítani. A falszerkezet és a növényburkolat között kialakuló, esetlegesen magasabb páratartalmú levegő – az átszellőztetett falszerkezetekhez hasonlóan – a légréteg intenzív átszellőztetésével eltávolítható. Ehhez megfelelően méretezett és kialakított be- és kiszellőző nyílásokra van szükség. Ezek kialakítását adott esetben a tűzvédelemmel is egyeztetni szükséges.

Amennyiben a függőleges gyökérzónás és az ültetőedény-soros rendszerek ültetőelemeit közvetlenül a falszerkezetre rögzítjük, úgynevezett maghőszigetelt falat hozunk létre. Ilyen szerkezetek kialakítására csak megfelelő páratechnikai méretezés után kerülhet sor, valamint a hőszigetelés anyagát körültekintően kell megválasztani.

6.2.4 Helyi környezetterhelés

Zöldhomlokzatok kialakításánál figyelembe kell venni a helyi vagy az uralkodó szélirányban meglévő szennyező forrásokat, mint:

- magas porszennyezést kibocsátó ipari üzem,
- ipari füstgáz,
- forgalmas utca gépjárműforgalmából adódó kipufogógáz és egyéb szennyeződések,



206. ábra Zöldfal vonal jellegű mechanikai védelme (pl. a kerékpárok okozta károktól)

- gépészeti berendezések: elsősorban szellőző levegő léghőmérséklete stb.

Nagy gyalogos forgalmú utcákon, köztereken a testközelben kialakított zöldhomlokzatok növényei jelentős igénybevételnek lehetnek kitéve:

- szándékos vagy véletlen vandalizmus, rongálás;
- a növénytér szemetesként történő használata;
- állandó magas hőmérsékletű gázok (a levegő is),
- járdamagasságban a hóolvasztó szerek hatása,
- szerves eredetű hulladék, végtermék.

Mindezek akár a növények és egyben a zöldhomlokzat tönkremenetelét okozhatják. Nagy gyalogos forgalmú utak mentén elsősorban „strapabíró” növények alkalmazása, a zöldhomlokzat magasabbról indítása vagy mechanikai védelem kialakítása javasolt. A mechanikai





207–208. ábra Közterületen eredő kúszónövények tövének mechanikai védelme (Madrid illetve Berlin belvárosa)



209. ábra Kúszónövények tövének védelmére, megtámasztására a megeredési időszakban is szükség lehet (Stuttgart, parkolóház)

védelem lehet korlátjellegű a zöldfelület védelme érdekében és irányulhat a növény tövére. A növény tővédelmének tervezése során a növény kifejlett méretét kell figyelembe venni, illetve a hajtásokat terelni, metszeni szükséges. Ellenkező esetben a hajtások kiléphetnek a védett térből, valamint alulméretezés esetén a védelem sérülést okozhat, illetve csökkentheti annak esélyét, hogy a növény befussa a tervezett felületet.

6.2.5 Üzemeltetés

A zöldhomlokzatok karbantartási, elsősorban ápolási igénye lényegesen nagyobb, mint bármely burkolt homlokzaté, de az egyes típusok között jelentős eltérés mutatkozik. Ezt már a tervezési fázisban, mint az egyik legfontosabb szempontot figyelembe kell venni. Valamennyi típus esetén igaz, hogy a zöldhomlokzat teljes felületének megközelítését biztosítani szükséges:

- lehetőleg a mögötte, felette található ingatlanok (pl. lakás, iroda, kórterem, tanterem stb.) zavarása nélkül;









210–213. ábra Zöldhomlokzat karbantartása létrás, emelőkosaras, alpintechnikás és függesztett hidas megközelítéssel (két bécsi, budapesti és londoni épület esetén)

- a betörésveszély fokozódása nélkül;
- a munkák biztonságos elvégzését biztosítva.

A karbantartási, ápolási munkák kb. két emelet magasságig (legfeljebb 6 m) végezhetők el különösebb óvintézkedés nélkül. E feletti magasság esetén a munkavédelemről fokozottan gondoskodni szükséges: munkaterület biztonságos megközelítése, leesés elleni védelem, munkaeszközök, üzemeltetési anyagok feljuttatása stb. A nagy magasságban történő munkavégzéshez az alábbi eszközök vehetők igénybe:

- állványzat (homlokzati, mobil, függesztett stb.) – a legtöbb feladatra alkalmas;
- ollós emelő – szilárd, teherbíró burkolat megléte esetén alkalmazható. Elsősorban sík felületekhez, ha súlyt is emelni kell;
- karos kosaras emelő – nehezen megközelíthető és összetettebb geometriájú felületek esetén is megfelelő, azonban teheremelő képessége korlátozott;
- kosaras autó – ha a fal előtt elegendő és gépjárművel megközelíthető hely áll rendelkezésre;
- alpintechnika – gyakran alkalmazott, helytakarékos megoldás, de a zöldhomlokzat megvalósításával együtt kell kiépíteni a kikötési pontokat, biztosítani a beszállási pontok megközelíthetőséget;
- függesztett hidak, kocsik – a nagy beruházásigény miatt elsősorban nagyméretű, illetve nagy karbantartásigényű zöldhomlokzatokhoz javasoltak.

A tervezés során minden esetben gondoskodni kell arról, hogy a kiválasztott eszköz(ök) biztonságos használatához szükséges feltételek adottak legyenek.

6.2.6 Épületgépészet

A zöldhomlokzatok alapvetően négy főbb ponton csatlakozhatnak az épület gépészeti rendszereihez:

- vízhálózat – öntözőrendszer (esetleg párásító rendszer),
- csatornahálózat – drénrendszer,
- elektromos hálózat – öntözővezérlés,
- épületfelügyeleti rendszer – vízállapot, vízátfolyás, időjárás figyelő rendszerek.

Jelentőségükre tekintettel külön fejezetben kerülnek tárgyalásra az automatizált öntöző-, illetve tápanyagellátó rendszerek.

6.2.6.1 Közműcsatlakozások méretezése, elhelyezése

1. Vízcsatlakozás

A zöldhomlokzatok összes vízfogyasztását elsősorban:

- a párologtató felület mérete,
- a fal mikro-, mezo- és makroklímája,
- az alkalmazott taxonok vízigénye,
- az alkalmazott zöldhomlokzati rendszer vízkezelési sajátosságai határozzák meg.

Az összes vízigény ismeretében meghatározható az öntözés optimális módja, automatikus öntözőrendszer esetén a hagyományos kertészeti öntözéstechnikai méretezési eljárásokkal tervezhetők az öntözőegységek, a zónásítás, az öntözési idők és gyakoriságok. A vízbetáplálási rendszer a legnagyobb víznyomásigény és a legnagyobb vízigényű zóna alapján méretezhető. A gyakorlatban célszerű a vízbetáplálást haváriára méretezni és tartalék vészhelyzeti vízforrást biztosítani, mivel például kánikulai időjárás esetén egy déli tájolású falon egy vékony ültetőközegű rendszerben akár egy napos öntözés kimaradás is károkat okozhat.

Az öntözéshez a vízforrás alternatívái a következők lehetnek:

- **gyűjtött esővíz**
  Minőség tekintetében optimális öntözővíz, általában mechanikai szűrés után juttatható ki.
- **hálózati víz**
  Minősége általában megfelelő és többé-kevésbé állandó, de ezt érdemes még a tervezési szakaszban az öntözési és tápoldatozási modell kialakítása előtt bevizsgáltatni. Szűrése az öntözőrendszer védelme érdekében ajánlott.
- **kútvizek, felszíni vizek és gyűjtött szürke vizek**
  Minőségük nagy változatosságot mutathat, és rendszerint több-kevesebb kezelést igényelnek.

Az öntözőrendszerek vezérlése (csak a kültéri típusok) és a mágnesszelepek kül- és beltérben is telepíthetők, a tápoldatozó berendezést azonban javasolt temperált helyiségben elhelyezni.

Párásító rendszerek esetében a vízfogyasztás még egészen nagy felületek esetén is viszonylag alacsony, a vízigényt az egyidejűleg üzemelő szórófejek száma és vízfogyasztása alapján lehet meghatározni. A rendszer nagy értékű gépészetét ajánlott temperált helyiségben elhelyezni.

2. Csatornacsatlakozás, drénvízkezelés

A talajban vagy zöldtető ültetőközegében eredő növények kivételével a csurgalék- vagy drénvíz kezelése valamennyi zöldhomlokzatnál megoldandó feladat. A drénvizet össze kell gyűjteni és a faltól el kell vezetni. Az összegyűjtött csurgalékvíz kezelésére többféle alternatíva is kínálkozik.

3. Elektromos csatlakozások

Hálózati víz esetén elegendő egy 230 V-50 Hz öntözővezérlő egység áramellátásáról gondoskodni, a tápanyagadagoló berendezések zömét az átáramló víz nyomása működteti, elektromos energiára ezen berendezéseknek nincs szükségük.

Amennyiben az áramellátás bármilyen akadályba ütközik, és rendelkezésre áll megfelelő víznyomás, akkor 9 V-os elemről üzemelő öntözővezérlők is alkalmazhatók.

Nyomásfokozó vagy egyéb szivattyúk, illetve a párásító rendszerek nagynyomású szivattyúinak áramellátása a fogyasztó paramétereire külön méretezendők.





6.2.6.2 Öntöző- és tápanyag-utánpótló rendszerek

A talajkapcsolatos zöldfalaknál, ha a növények gyökérzónája a mélyebb talajrétegekkel és a talajvízzel közvetlen kapcsolatban lehet, a megfelelő talaj a csapadékot is jól tárolja, akkor egyéb intézkedés nélkül biztosított lehet a víz- és egyben a tápanyag-utánpótlás is. Ez azonban burkolt felületű városi környezetben nem minden esetben valósul meg, illetve maga a gyökértér is lehet korlátozott, ezért vízutánpótlásra még itt is lehet szükség. A víz kijuttatása lehet kézi vagy automatizált. Minden más zöldhomlokzat automatizált öntöző és tápanyag-utánpótló rendszer kiépítését igényli. Ez alól legfeljebb kis méretű, saját célú felületek jelenthetnek kivételt, ahol folyamatos ellenőrzés mellett a kézi utánpótlás is megoldható.

Talajtól független zöldhomlokzatoknál a hagyományos vízszintes zöldfelületek vízellátásához képest két lényeges különbség jelentkezik:

- nem (vagy csak nagyon kis mértékben) számolhatunk közvetlenül csapadékkal,
- folyamatosan biztosítani kell a hibátlan működést, mivel a csökkentett gyökérzóna miatt ezen rendszerek víztároló-képessége korlátozott.

Ez a követelményrendszer az intenzív növénytermesztési technológiákéra hasonlít, de itt a felület jellemzően jóval kisebb, és a termesztés nem gazdasági célú.

Kifejezetten zöldhomlokzatokra optimalizált öntözőrendszer a piacon jelenleg még nem létezik, az egyes zöldhomlokzati rendszer gyártók egyedileg alakítják ki a kerti, illetve termesztésben használatos öntözőrendszerekben rendelkezésre álló eszköztárakból a saját rendszerükhöz leginkább illeszkedő kombinációt.

A lehetséges izzadócsöves, árasztásos és csepegtető öntözési mód közül zöldhomlokzatoknál a csepegtető öntözés terjedt el a leginkább, így ezt ismertetjük.



214–216. ábra Az öntözőrendszer elemei: központi rész, az ültetőelemeket ellátó csőhálózat, a vízutánpótlást biztosító csepegtetőcső

Csepegtető öntözőrendszer

A csepegtető öntözőrendszerek között jelentős különbséget jelent a csepegtetőtestek elhelyezési sűrűsége.

1. Az egyik szélsőség az, amikor a teljes zöldhomlokzatot egyetlen – a homlokzat legfelső szintjén kiépített – csepegtetősor öntözi. Ez elsősorban a filces rendszereknél elterjedt, olcsó megoldás. Hátránya, hogy nagymértékben vízpazarló, és egyenetlen vízellátást biztosít.
2. A másik véglet, amikor minden egyes növényt külön csepegtetőtest öntöz. Az ültetőedény-soros, a pontszerű, valamint a vonalszerű ültetőelemekkel kialakított rendszereknél gyakori. Ez a megoldás (elméletileg) a legnagyobb pontosságú, de műszakilag nehézkes és költséges a kialakítása. Az egymás felett futó csepegtetősorok vízleadása a hidrosztatikus nyomáskülönbségből fakadóan nem lesz egyenletes: az alsó pozíciók sokkal több vizet fognak kapni, mint a fentiek, miközben a kitettség miatt a növények vízigénye éppen fordítva alakul. A probléma kiküszöbölésére a szintenkénti vezérlés lehet megoldás, vagy pedig olyan kialakítás, ahol szintenként beépítésre kerül egy visszacsapó szelep és egy átfolyást szabályozó szerelvény. Mindkét megoldás meglehetősen költséges és a sok technikai eszköz miatt nő a meghibásodási kockázat.
3. A fenti végletek között megoldást jelenthetnek az egymás felett hozzávetőlegesen 60–120 cm-enként elhelyezett csepegtetősorok, amiket leginkább kazettás és egyes filces rendszerek esetén alkalmaznak.

A felhasználható alkatrészek ugyanazok, mint amelyek a hagyományos automatizált csepegtetőrendszerekben használatosak, de öntözéstechnikai szakismeretet igényel a szituáció- és rendszerfüggő kombináció kidolgozása.







217–219. ábra A drénvízelvezetés ültetőkonténerek és ültetőedény-soros rendszerek esetén dréncsővezetékkel





220–221. ábra A drénvíz elvezetése a talajtól független rendszerek esetén az épület lábazatánál folyókával

Drénvízkezelés

A csepegtetőtestek egymástól való ideális távolsága nem tárgyalható a drénvíz kezelésének technikája nélkül. Kritikus kérdés, hogy a felsőbb pozíciókban található növények gyökérzónájának drénvize lefolyik-e az alattuk lévő növények gyökérzónájába. A növények drénvize jelentős – a növények által fel nem vett – ásványi anyag tartalommal rendelkezik, a lecsorgó drénvízben ezen „haszontalan" elemek koncentrációja lefelé haladva nő, ami gátolhatja az alsóbb pozícióban lévő növények tápanyagfelvételét. Egy rendszer kialakítása akkor helyes, ha a csepegtetőrendszeren keresztül kijuttatott víz- és tápanyagmennyiséget egyenletesen szolgáltatja minden növény számára. Ennek megfelelően azok a megoldások a legkedvezőbbek, ahol egy-egy (60–120 cm magasságú) vízszintes falszekció külön öntözési és vízelvezetési egységként működik. Ültetőkonténerek és különböző ültetőedények esetén sem javasolt az átfolyatás egyik egységből a másikba.

Az egyes egységekben összegyűjtött csurgalékvizet el kell vezetni, még ültetőkonténeres telepítés esetén is, hiszen itt a lecsöpögő drénvíz az alatta lévő szerkezetekben, esetleg az elhaladó gyalogosoknak kárt okozhat. A csurgalékvíz elvezetése különösen fontos, ha a zöldfal alatt más homlokzati felületek vagy nyílások is megjelennek.

A drénvíz elvezetése történhet általános felületen rejtett vagy látszó módon szerelt csurgalékvíz elvezető csövekkel, a zöldfal aljában folyókával.

Az összegyűjtött csurgalékvíz:

- Beköthető a szennyvízcsatornába – egyszerű, költséghatékony megoldás.
- Elszivárogtatható a talajban – figyelembe kell venni a szivárogtatni kívánt víz mennyiségét, a talaj kötöttségét. Az épület lábazatánál történő szivárogtatás az épületszerkezetekre gyakorolt esetleges negatív hatás miatt kerülendő, inkább saját telken, de az épülettől távolabb javasolt kialakítása.
- Felhasználható a tápoldat minőségére kevésbé igényes egyéb zöldfelületek öntözésére.
- Visszaforgatható – a leginkább környezettudatos megoldás, de kialakítása és alkalmazása speciális szakértelmet igényel. A drénvíz olyan ionokban gazdag oldat, amely elsősorban a növények számára aktuálisan nem hasznosítható tápelemeket tartalmaz, ezért direkt visszaforgatása nem javasolt. Az összegyűjtött drénvíz EC-jét és pH-ját beállítva, tápanyagtartalmát kiegészítve újra és újra felhasználható bizonyos számú recirkulációig. Ezután olyan szinten dúsulhatnak fel a károsanyagok, hogy azt már el kell távolítani a rendszerből. A visszaforgatás nagyfokú automatizáltságot feltételező, jelentős beruházásigényű megoldás, így realitása leginkább nagy felületű és presztízsértékű zöldhomlokzatok esetén van.

Tápanyag-utánpótlás módjai

Egy zöldhomlokzat minél kisebb gyökérzónával kerül kialakításra, annál nagyobb jelentőséget nyer a tápanyag-utánpótlás pontossága. Az ültetőközegek eredeti tápanyag-szolgáltató képessége nagyon sokféle lehet, de minél kisebb térfogatú, vékonyabb a gyökérzóna, és minél közelebb áll a tiszta hidrokultúrához, annál kevésbé lehet számolni a közeg saját tápanyagaival. A növények különböző fenofázisaik során más és más tápanyagokat igényelnek, különösen fontos a megfelelő tápanyag-kombináció biztosítása a növények télre való felkészítésekor.

A tápanyag-utánpótlásnak kétféle módja terjedt el:

1. Kézi kijuttatás

A szabályozott tápanyagleadású műtrágyák kézi kijuttatásának előnye, hogy nincs beruházásigénye. További előny, hogy pontos adagolása egyszerű, a tápanyag-

leadás-intenzitása a hőmérséklettől függ. Hátránya, hogy a tápanyag-kompozíció nem változtatható, így adott esetben sok lehet a kioldódott, a csurgalékvízzel felhasználatlanul távozó tápelem. Tiszta hidrokultúránál nem alkalmazható. Az üzemeltetés során évente egyszer vagy kétszer kell elvégezni a kijuttatást, ahol mind az anyagár, mind a munkadíj jelentős lehet.

Hagyományos szilárd műtrágyák (pl. ammónium-nitrát, szuperfoszfát, kálisó) – elsősorban a kijuttatás nehézkessége és a jelentős adagolási hibafaktor miatt – zöldhomlokzatokon nem használatosak.

A kézi lombtrágyázás – ahol permetezőgéppel vízben oldott levéltrágyakomplexet juttatnak a levelekre – csak kiegészítő tápanyag-utánpótlásra alkalmas, leginkább hiánytünetek gyors kezelésére használatos.

2. Tápoldatozó rendszeren keresztüli kijuttatás

Pontosabb és rugalmasabb tápanyag-utánpótlást tesznek lehetővé a tápoldatozó rendszerek. Itt a költségek alakulása épp fordított, mint a kézi kijuttatásnál: van beruházásigény, de a későbbiekben jóval alacsonyabb az anyag- és munkadíj. Ezeknél a rendszereknél vízben tökéletesen oldódó komplex műtrágyák kerülnek alkalmazásra.

Alapvetően kétféle megoldás használatos:

– *készre kevert tápoldat közvetlen kijuttatása*
  Azoknál a zöldfalaknál, ahol az egyidejű vízleadás mértéke alacsony (jellemzően a kisebb felületű falak) kezelhető tartályméret mellett megoldható a megfelelő mennyiségű készre kevert tápoldat előállítása. A tápoldat dedikált tápoldatszivatytyú segítségével közvetlenül kerül a csepegtető hálózatba.
– *nagy koncentrációjú, úgynevezett „törzsoldat" öntözővízbe injektálása*
  Az előre elkészített törzsoldat különböző technikai eszközökkel juttatható az öntözővízbe. Ezzel a technikával nagyon pontosan beállítható minden paraméter, így a növények aktuális fenofázisának megfelelő tápanyag mennyiség és minőség adagolható. Nagyobb méretű falaknál gazdaságos és biztonságos megoldás. A legkifinomultabb rendszereknél több törzsoldat tartály és külön savtartály alkalmazásával a növényekhez jutó tápoldat minősége nagy pontossággal kontrollálható, és a csepegtetőrendszer élettartama maximalizálható.

Mérés, vezérlés

Elektronikus biztonsági megoldások segítségével a pusztulási kockázatok minimalizálhatók, a víz- és tápanyagfogyasztás optimális szinten tartható:

A legegyszerűbb megoldások (átfolyás-érzékelők) a vízellátás biztonságát ellenőrzik. Az érzékelők a vízellátás gátoltsága esetén riasztást generálnak, amely egyszerű hang- vagy fényjelzés kibocsátásával, SMS-es riasztás küldésével figyelmezteti az üzemeltető személyzetet.

Komolyabb kiépítés esetén a talajnedvesség (vezetőképesség érzékelők, TDR érzékelők, tenziométer) és a drénvíz mennyisége is monitorozásra kerül, így minimálisra csökkenthető a vízpazarlás.

Meteorológiai állomás segítségével lehetőség van az időjárási adatok monitorozására, az adatok gyűjtésével és szoftveres feldolgozásával az öntözővíz-kibocsátás tovább optimalizálható. A meteorológiai állomás által szolgáltatott adatok segíthetik az öntözőrendszer fagymentesítését és az esetleges gyökérzóna fűtését is.

Gyakori automatizálási igény a szivattyúvédelem is. Lehetőség van a csurgalékvíz legfontosabb paramétereinek (pH, EC, ionösszetétel) elemzése alapján a tápoldat összetevőinek automatikus beállítására is.

Az öntöző- és tápanyag-utánpótló rendszer kifinomult vezérlése összeköthető az épületfelügyeleti rendszerrel, ami már távfelügyeletet is lehetővé tesz. Magyarországon ilyen magas szintű automatizáltsággal rendelkező rendszerek még nem üzemelnek.



222. ábra Tápanyag-utánpótlás törzsoldatos technológiával

6.3 Jogszabályi környezet

6.3.1 Építési előírások

Számos európai országgal szemben, ahol részletes szabályozás és támogatási rendszer valósult meg az utóbbi időben a zöldhomlokzatokkal kapcsolatban, a mai magyar építőipari jogszabályok nem tartalmaznak zöldhomlokzatokra vonatkozó előírásokat. Az „Országos településrendezési és építési követelményekről" szóló 253/1997. (XII. 20.) Kormányrendelet (OTÉK) 2008-as módosítása során a zöldfelület számításra vonatkozó 5. számú mellékletben megjelent a zöldhomlokzat, illetve annak beszámíthatósága a zöldfelületbe:

„A homlokzat 6,0 m-es magasságáig a befuttatni tervezett homlokzat területének 25%-a számítható be a zöldfelületbe, amennyiben a kúszó-kapaszkodó növények telepítési távolsága minimum 4,0 m."

Ezt azonban a 2014-es módosítás során eltörölték és ma csak a zöldtető és a vízfelületek számíthatók be a zöldfelületbe (17–18. táblázat), a zöldhomlokzat még fogalmi szinten sem jelenik meg.

A zöldinfrastruktúra fejlesztése, ezen belül a zöldfelületek növelése uniós kötelezettségünk. A zöldinfrastruktúra fejlesztésekben megkívánt integratív, összetett megoldásokhoz is jól illeszthető a zöldfelületek növelése zöldhomlokzatok kialakításával. Ennek az alternatív zöldfelület növelési megoldásnak az ajánlása mára bekerült a települési stratégiákba is, így a fővárosi stratégiákba, az integrált városfejlesztési stratégiákba is, melyekkel összhangban készülnek a kerületi stratégiák is. Fentiek miatt vélhetően a közeljövőben az országos és települési szabályozásban változás várható a zöldhomlokzatokkal kapcsolatban.

A zöldhomlokzat egy olyan különleges szerkezet, ahol a növényzet az évszakok váltakozásával folyamatosan változik. Jelentősen eltérő képet mutatnak az erőteljes és a gyengébb növekedésű növények, melyeket együtt is lehet alkalmazni, még változatosabbá téve a homlokzati hatást. Ennek megfelelően a „burkolat" vastagsága csak becsülhető, ténylegesen nem számszerűsíthető, ezért a zöldhomlokzatok tervezése során, csak a támszerkezeteket, az ültetőedények, kazetták külső síkját javasolt szerkezeti elemként figyelembe venni, magát a növényzetet azonban nem. Ezzel kiküszöbölhető lenne az a probléma, hogy a növényzet vastagsági értékét, az áthajlás mértékét ismerni kellene annak érdekében, hogy az építési jogszabály (OTÉK) 35. § előírásaihoz alkalmazkodni lehessen (pl. építési határvonal és a „burkolat" síkja egybeessen, az építési határvonalon kívül eső épületrész túlnyúlása stb.).

Az OTÉK 35. § (1) bekezdése szerint az építési határvonalra az épület végleges vakolt vagy burkolt felületének kell kerülnie. A (8) bekezdés alapján (a 2008-as módosítástól eltérően, amikor az utólagos hőszigetelés vakolt/burkolt síkja is csak legfeljebb 10 cm-rel lóghatott kijjebb) az utólagos hőszigetelésre és homlokzatburkolatra nincs korlátozó érték megállapítva. Ezen elv alapján elvileg a beépítési vonal elé is kerülhet a zöldhomlokzat, mégpedig a (9) és (10) bekezdés alapján:

- Legalább 12 m (ez a korábbi 18 m-rel szemben jelentős kedvezményt ad) szélességgel szabályozott közterület esetén az építési határvonalon kívülre is eshet épületrész, ha az épületrész hossza kevesebb, mint az épület homlokzathosszának 4/5-e és kiugrása legfeljebb 1 m.
- Az épületkiugrás a szomszédos telek határától legalább a kiugrás másfélszeresének megfelelő, de legalább 1,0 m távolságra lehet.

Az épített szerkezet feletti termőföld rétegvastagsága	A telepíthető növényállomány szerkezete, zöldtető jellege	A tetőkert összterületéből zöldfelületként számítható rész
8-20 cm termőréteg vagy könnyített szerkezetű talaj (szubsztrát)	egyszintes növényállományú, extenzív zöldtető	15%
21-40 cm termőréteg	egyszintes növényállományú, félintenzív zöldtető	25%
41-80 cm termőréteg	kétszintes növényállományú, intenzív zöldtető	40%
81 cm termőréteg felett	háromszintes növényállományú intenzív zöldtető (pl. mélygarázs felett, járószinten)	75%

17. táblázat Az egybefüggő, legalább 10 m²-t elérő területű tetőkertek beszámítása a zöldfelületbe a 2014-es OTÉK 5. számú melléklete alapján

A vízfelület jellege	A vízfelület összetételéből zöldfelületként számító rész
Természetes vízfelület állandó vízborítottsággal (patak, tó), illetve mesterséges vízfelület állandó vízborítottsággal és szigetelés nélküli mederrel, állandó vízi élővilággal	100%
Mesterséges vízfelület szigetelt mederrel, állandó vízborítottsággal, állandó vízi élővilággal	75%

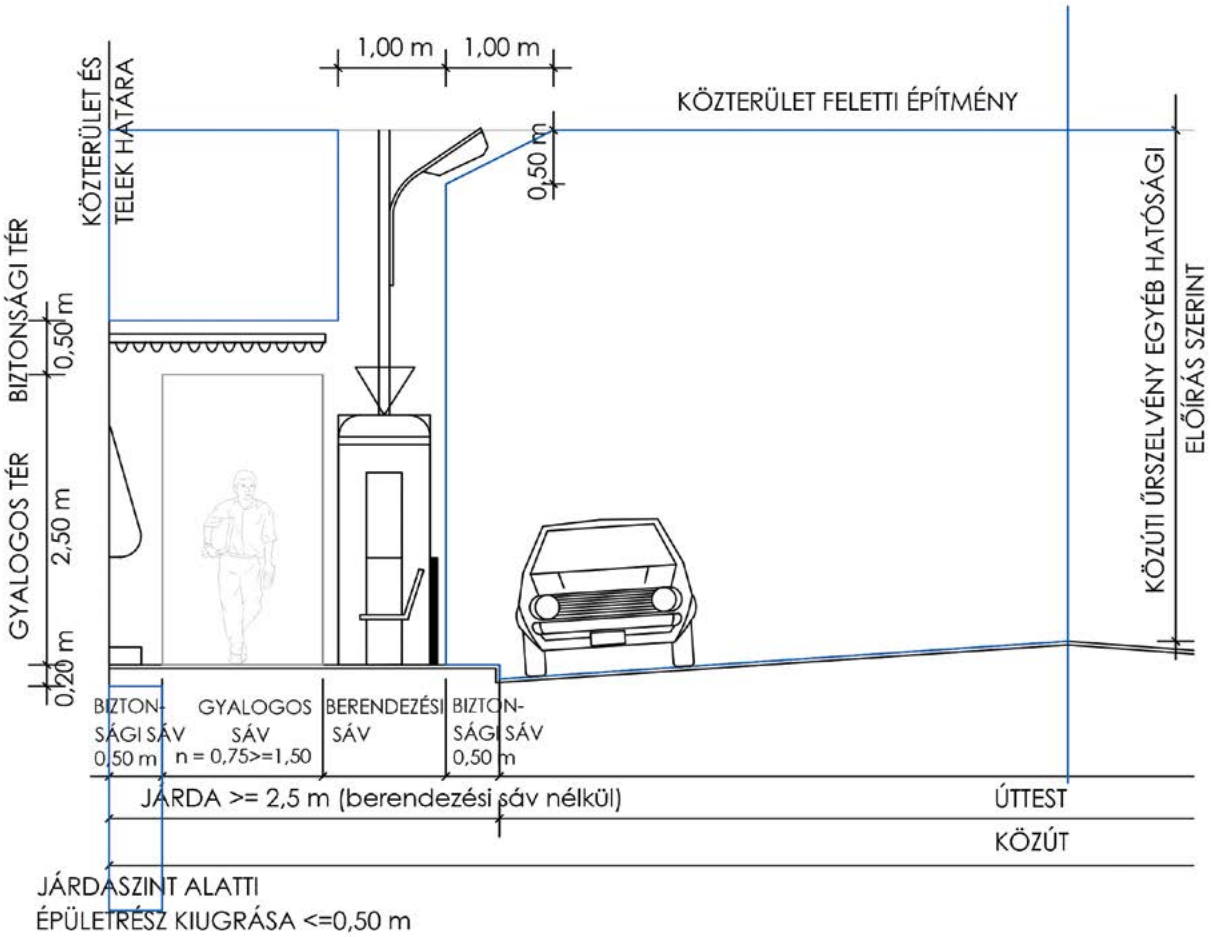
18. táblázat Vízfelület beszámítása a zöldfelületbe a 2014-es OTÉK 5. számú melléklete alapján

Kiegészíti még ezt a 40. § (1) bekezdése, mely alapján a csatlakozó terepszinttől mért 2,5 m magasságig a határvonaltól mért 0,50 m széles biztonsági sávba benyúlhat az építmény kisebb része, szerkezeti eleme.

Az OTÉK előírásait kiegészíthetik a helyi rendeletek, amelyeket szintén figyelembe kell venni.

Fentiek alapján meglévő és új homlokzatok esetén, ha az a helyi szabályozással nem ellentétes, az utcafrontra is telepíthető zöldhomlokzat. Mivel ez a közterületből akár jelentős területet is igénybe vehet, így javasolt az alábbiakat szem előtt tartani (223. ábra):

- talajba ültetett, támszerkezetet nem igénylő kúszónövényekkel kialakított zöldhomlokzat új és meglévő épület esetén is alkalmazható, mivel nincs támszerkezete, azonban figyelembe kell venni, hogy az ültetőközeg milyen széles sávot foglal el a járdából;



223. ábra Építmény elhelyezése közterületen (2012-es OTÉK nyomán)

- talajba ültetett, 10 cm-nél nem nagyobb elállású támszerkezetre futtatott kúszónövényekkel kialakított zöldhomlokzat meglévő épület esetén megvalósítható;
- ültetőkonténerből indított, ültetőedény-soros, kazettás vagy 10 cm-nél nagyobb elállású támszerkezetre futtatott kúszónövénnyel kialakított zöldhomlokzatok 12 m-nél szélesebb utak esetén akkor helyezhetők el, ha a homlokzat 2,5 m-es magassága felett legfeljebb az épületszélesség 4/5-e burkolt. Az épület alsó 2,5 m-es magasságában legfeljebb a talajba ültetett kúszónövények ágait lehet felvezetni legfeljebb 0,50 m kiállással (adott esetben védelemmel ellátva);
- 12 m-nél keskenyebb út esetén vagy 12 m-nél szélesebb út esetén, de a teljes homlokzaton kialakított zöldhomlokzat akkor valósítható meg, ha a támszerkezet, az ültetőkonténer vagy az ültetőelemek (kazetta, filc stb.) külső síkja megegyezik az építési határvonallal.

Az OTÉK nem tartalmaz előírást azokra az esetekre, amikor a tűzfal szomszédos telekkel határos. Itt az a jogi probléma lép fel, hogy ha csak nem önálló, önmagában állékony állványrendszerre készül a zöldhomlokzat, akkor a zöldhomlokzat növényzete és kiegészítő szerkezetei az egyik tulajdonú telken találhatók, míg mindezek rögzítése a másik tulajdonú épület tűzfalához kötődik. Ezekben az esetekben külön polgárjogi megállapodás szükséges mind a létesítéshez, mind a fenntartás biztosításához.

A jogi környezet szabályozatlansága miatt javasolt minden kérdéses esetben az építési hatósággal egyeztetni.

6.3.2 Tűzvédelem

A zöldfalak tűzvédelmi kérdéseivel mindösszesen az utóbbi években kezdtek foglalkozni (német tűzeseti statisztikák, angol zöldfal tűzvédelmi szabályozás, osztrák homlokzati tűzterjedési kísérlet stb.), azonban jól bevált, könnyen adaptálható gyakorlat még nem alakult ki, hazai előírások nincsenek. Az eddigi tűzvizsgálatok, a tűzeseti elemzések bíztatóak: 25 kg-os famáglyával létrehozott tűzterhelés esetén számos növényfaj nem lobbant lángra (pl. Aristolochia, Clematis, Fallopia, Humulus, Jasminum, Lonicera, Parthenocissus, Rosa, Wisteria), míg egyes növények (*Hedera helix, Lonicera henryi*) tűzterjedése nagyságrendileg függőleges irányú. Kellő szabályozás hiányában azonban ezeket nem lehet alapelvként kezelni.

Ahogy a homlokzatok kialakításánál, zöldhomlokzatok esetén is az OTSZ külső térelhatároló falszerkezetekre, homlokzatokra és a homlokzati tűzterjedési gátakra vonatkozó előírásait kell alapul venni.

Többlakásos társasházak, középületek, ipari épületek homlokzatain megvalósuló növénytelepítések esetén már a tervezési fázisban javasolt tűzvédelmi szakértő bevonása, valamint kapcsolatfelvétel a szakhatóságokkal (tűzvédelemmel kapcsolatban a mai szabályozás szerint az illetékes katasztrófavédelmi igazgatósággal), így idejében lehet a bizonytalan kérdéseket tisztázni.

6.4 A tervezés lépéseinek összefoglalója

A 19. táblázatban összefoglaltuk a tervezés legfontosabb lépéseit, melyet ellenőrzésképpen lehet használni.

1. Jogi és szabályozási feltételek

Az érintett ingatlan(ok) tulajdonosainak/használóinak hozzájárulása ☐
Vonatkozó országos- és helyi szabályozások figyelembevétele .....
Tűzvédelmi előírások .....

2. Építészeti cél

Díszítés (kisebb felület, image, brand építés) ☐
Védelem (lábazati zóna) ☐
Árnyékolás ☐
Burkolat (nagy felület, környezettudatos minősítéshez) ☐
Térelhatárolás ☐

3. Homlokzat kialakítása

(a lehetséges terhelhetőség meghatározásához; a felület tulajdonságai kúszók alkalmazása esetén)
Figyelem: üveg, porló felület, friss vakolat, műanyag vakolat esetén direkt kúszók nem javasoltak!
Teherhordó falszerkezet (falazóelemekből falazott, monolit vasbeton, stb.) ☐
Falszerkezet kialakítása/burkolata — vakolt hőszigetelő rendszer .....
kéthéjú, átszellőztetett homlokzat ☐
maghőszigetelt fal ☐
Meglévő épület esetén: faldiagnosztika .....

4. A homlokzat tájolása és annak hatásai

(Hőmérsékleti viszonyok, benapozottság, növényválaszték, vízigény, ültetőközeg-választás)

☐ É ☐ K ☐ D ☐ NY
☐ ÉK ☐ DK ☐ DNY ☐ ÉNY

5. A helyszín és mikroklimatikus hatások

Növény eredési helye — talajkapcsolat — lehetséges ☐
nem lehetséges ☐
ültetőedénysoros és függőleges gyökérzónás rendszerek ☐
Szélterhelés — kitettség nagysága .....
szélszívás .....
csapóeső ☐
szárító hatás ☐
Csapadék megoszlás — öntözés nem szükséges ☐
öntözés szükséges ☐
Hóterhelés, ónos eső (legnagyobb terhelés) .....
Környezet használati módjából adódó kitettség (olvasztószerek, állati, emberi rongálás) .....

6. Közművek

Vízhálózat — vízvezeték (víznyomás) — nyomásadatok .....
vízforgatás lehetősége .....
csepegtetés ☐
párásítás ☐
esővízgyűjtés (szűréssel) ☐
Csatornahálózat (drénvíz elvezetése) .....
Épületfelügyeleti rendszer (vezérlés) .....

7. Megközelíthetőség (fenntartást biztosító berendezések) .....

8. A növényzet tervezett kiterjedése

Növényápolási munkák — víz- és tápanyagutánpótlás, metszési munkák, stb. .....
Rendszerkarbantartás — öntözőrendszer karbantartása, műszaki szerkezetek rendszeres ellenőrzése, stb.
.....

9. Pályázati, támogatási lehetőségek .....

19. táblázat Zöldhomlokzat tervezése során figyelembeveendő fő pontok



7. Kivitelezés

7.1 Szakkivitelező-választás

A zöldhomlokzatok építése a zöldfelületi technológiák közül az egyik legkomplexebb, és legnagyobb szaktudást igénylő feladat. Ennek ellenére Magyarországon jelenleg nem igényel speciális szakképesítést, ilyen tárgyú akkreditált képzés még nincs. Ezért különösen fontos meggyőződni arról, hogy a feladattal megbízott kivitelező megfelelő szaktudással, tapasztalattal, referenciákkal rendelkezik-e.

7.2 Munkaterület átadás-átvétel

A munkák megkezdése előtt meg kell győződni a következőkről:

- Fogadószerkezetek készenléte, tervtől való eltérése, esetleges hibái, sérülései;
- Várható-e, hogy a zöldfalépítési munkákkal párhuzamosan a munkafelületen más szakkivitelező folytasson építési tevékenységet. Növénytelepítési munkák végzése csak a segédszerkezetek, műszaki részek és a homlokzathoz kacsolódó valamennyi egyéb szakkivitelezési munka elkészülte után javasolt. Minden olyan harmadik fél által végzett építési tevékenység, amely a növényzet telepítését követően zajlik, és a növények sérülésével, szennyezésével járhat, kockázatot jelent, így akár a vegetációra vonatkozó garanciák elvesztését is okozhatja.
- Biztosított-e a megfelelő vízellátás, a vízgépészeti munkálatok elkészültek-e, megfelelő víznyomás és vízhozam rendelkezésre áll-e a beöntözéshez és a vízutánpótláshoz.
- A növények átmeneti tárolásához szükséges feltételek (manuális öntözés, elkerített depónia, szükség szerint árnyékolás stb.) adottak-e.
- Az ültetőközeg a depóniában, illetve a végleges helyére kerülése után megfelelően védett-e, azt harmadik fél nem szennyezi-e.

7.3 Baleset- és munkavédelem

Az építőipari baleset- és munkavédelemre részletes szabályozás vonatkozik, amelyek közül a legfontosabbak az *1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről* és az *1997. évi LXXVIII. t*örvény *az épített környezet alakításáról és védelméről*, valamint az ezekhez kapcsolódó kormány- és miniszteri rendeletek.

Általánosságban elmondható, hogy zöldfalak kivitelezése magas baleset- és munkavédelmi kockázatot jelent, hiszen az esetek jelentős részében állványzaton, emelőszerkezeten, vagy akár alpintechnikával történik a munkavégzés. A különböző alkatrészek, szerkezeti elemek és növények installációja közben ezért minden esetben megfelelő egyéni védőfelszerelés és előírás szerinti leesés elleni védelem szükséges.

A segédszerkezetek és vegetációs részek statikai méretezésén túl indokolt a kiviteli segédszerkezetek, állványok, eszközök és maguk a munkavégzők többletterhelésének figyelembevétele már a tervezési időszakban.

Magasban történő munkavégzés előtt külön munkavédelmi oktatás szükséges, amelynek keretében az adott projektre vonatkozó speciális körülményekre, az alkalmazott technológia, a kiviteli szerkezetek és eszközök függvényében ki kell térni.

A munkaterület megfelelő biztosítása, lehatárolása fontos. Az azonos időben egymás közelében (mellett, alatt, felett) végzett tevékenységeket össze kell hangolni, meg kell győződni, hogy nem jelentenek egymásra munkavédelmi kockázatot.

7.4 Növénytelepítési időpont

Kúszónövények telepítése fagymentes időszakban egész évben lehetséges. Vízutánpótlásra, esetleg átmeneti árnyékolásra az adott időszakban szükség lehet.

Függőleges gyökérzónás és ültetőedény-soros rendszerek esetén a telepítés kizárólag konténeres (nem szabad gyökerű) növényekkel történhet. A növények telepítése tavasszal ideális, de nyáron és ősszel is lehetséges. Nyáron, különösen a kánikulai időszakban kockázatot jelenthet a segédszerkezetek átforrósodása és az erős napsugárzás, ezért fontos az ültetőközeget állandóan nedvesen tartani. A kora őszi időszak után telepített növények esetén a téli hideg miatt különösen fontos, hogy fejlett gyökérzetűek, nagy gyökértömegűek legyenek. Az évelők, amelyek a zöldfalak növényhasználatának gerincét képezik az őszi telepítés utáni év végi időszakban már nem növekednek jelentősen, ezért a teljes felületi borítás ideális körülmények között is csak a következő év derekán érhető el.

7.5 Garancia

A zöldhomlokzatok műszaki elemeket és vegetációt tartalmazó összetett rendszerek, amelyek garanciális körülményei is különlegesek. A vonatkozó jogszabályok jelenleg – sajnos – nem rendelkeznek külön a növényzetről, amely pedig élő elemként eltérő elbírálást igényelne. A megrendelővel ezért javasolt már a kivitelezés megkezdése előtt rögzíteni az egyedi garanciális feltételeket.

Javasolt, hogy a garanciális időszak végéig a zöldfal kivitelezője végezze a karbantartási és növényápolási feladatokat. Ez nemcsak mindkét fél számára a legelőnyösebb megoldás a jelenlegi jogszabályi környezetben, de a zöldfalon élő növények kritikus, úgynevezett megtelepedési időszakában – amely rendszertől függően







224–226. ábra Üzemeltetés hiánya a zöldfal visszafordíthatatlan tönkremenetelét okozhatja

az első néhány évet is jelentheti – a tapasztalatok szerint az adott rendszert legjobban ismerő, azt felépítő szakkivitelező tudja a legjobban ellátni az üzemeltetést. Amennyiben a megrendelő a garanciális időszakban harmadik felet bíz meg a zöldfal üzemeltetésével, akkor minden érintett fél érdekében javasolt részletes karbantartási és növényápolási útmutató átadása. Emellett javasolt, hogy a szakkivitelező – a saját érdekében – a teljes garanciális időszakban rendszeresen ellenőrizze a zöldfal állapotát, a vegetáció fejlődését, és azonnal jelezze, ha problémát lát. Ez a megoldás azonban összességében – a tapasztalatok szerint – sok félreértést, vitát és végeredményben magasabb költségeket eredményezhet.

7.6 Leggyakoribb hibák

Az alábbiakban összefoglaltunk néhány gyakoribb okot, amelyek a zöldhomlokzatok meghibásodásához, adott esetben tönkremeneteléhez vezethetnek.

1.Alulbecsült kiviteli költségek
A leggyakrabban előforduló problémát a tervezői költségbecslésben, illetve a beruházói költségvetésekben szereplő alulárazott zöldfal tételsorok jelentik. Jobb esetben ilyenkor a beruházó eláll a zöldfalas technológiától a kiviteli szakasz során; rosszabb esetben olyan hibás megoldások születnek, ahol a vegetáció sínylődik, tönkremegy, az épület esztétikája pedig jelentősen sérül.

2. Alulárazott vagy teljesen hiányzó üzemeltetési költségek
Számos jól megtervezett és megépített zöldfal állaga romlik le rövid idő alatt, mert az üzemeltetésüket elhanyagolják. Rendkívül fontos ezért, hogy már a projekt tervezési szakaszában figyelembe vegyék ezeknek a forrásoknak a megfelelő mértékét.

3. Nem megfelelő támrendszer alkalmazása
Amennyiben a kialakított támszerkezet nem a kúszónövény kapaszkodási mechanizmusának megfelelő, előfordulhat, hogy a növény terjedése nem tud elindulni és akár az egész támrendszert újra kell tervezni és építeni. A támrendszer faltól való távolságának helytelen megválasztása a növény, illetve a hátfal szerkezetének sérüléséhez, a növény terjedésének leállásához vezethet.

4. Statikai problémák
Gyakran előforduló tervezési és kivitelezési hiba, ha a támrendszert és/vagy egyes elemeit nem a végleges terhelésre méretezik. Ez akár a támrendszer tönkremeneteléhez, huzalok, drótkötelek, hálók szakadásához, a rögzítőelemek kiszakadásához vezethet. A kúszónövényfajok között jelentős eltérés tapasztalható a támrendszerre vagy falfelületre nehezedő súly tekintetében. Különösen a borostyán (Hedera sp.) és a lilaakác (Wisteria sp.) esetében kell figyelembe venni, hogy ezek a növények idősebb korukban számottevő tömeggel bírnak.

Elhanyagolt, idős, nagy tömegű örökzöld kúszóknál, jellemzően főleg a borostyán (Hedera sp.) esetében előfordulhat, hogy egy hirtelen hóesés vagy szélroham olyan többletterhelést jelent, hogy a növényzet egy része vagy egésze leszakad. Ezért különösen fontos ezeknél a növényeknél a rendszeres helyszíni ellenőrzés, szükség szerinti karbantartás még akkor is, ha egyébként a növény már nem szorul víz- és tápanyag-utánpótlásra.

Problémát jelenthet a klimatikus körülményeknek nem megfelelő elemek beépítése is. Ez fa szerkezetek esetén a faanyag korhadását és stabilitásvesztését okoz-





227–228. ábra Hibás támszerkezetválasztás: borostyán (Hedera helix) növekedése nem indul meg függőleges sodronyköteles támszerkezeten, a lonc nem alkalmas támszerkezet nélküli futtatásra





229–230. ábra Lilaakác (Wisteria sp.) erősen csavarodó hajtásai a támszerkezet rögzítéseit kimozgatták, illetve az erős hajtás benőtte az alulméretezett támrendszert

hatja, műanyag elemeknél jellemzően a nem megfelelő UV-sugárzásállóság jelenthet idő előtti elöregedést és törést, illetve acél szerkezetek esetén a nem megfelelő korrózióállóság okozhat eleinte esztétikai problémákat, a későbbiekben pedig statikai gondot.

5. Nem megfelelő szakképzettséggel rendelkező szakemberek alkalmazása

A tervezés, a kivitelezés és az üzemeltetés során egyaránt fontos megfelelő szakképzettséggel és tapasztalattal bíró szakemberek és szakcégek alkalmazása. Ennek hiányában a zöldhomlokzat nem váltja be a remélt esztétikai és más előnyöket; szélsőséges esetben akár szükségessé válhat a növényzet részleges vagy teljes cseréje is. A hibák utólagos kiküszöbölése valamennyi esetben jelentős anyagi forrást igényel.

6. Növényválasztási hibák

Az adott feladathoz leginkább megfelelő növényalkalmazás a zöldhomlokzati technológiák lelke. A leggyakoribb hibák a benapozottság, árnyékoltság, a helyi mikroklimatikus adottságok (pl. szélterhelés, téli kitettség stb.) figyelmen kívül hagyása.



231. ábra Többletterhelés miatt a falról leszakadt a borostyán (Hedera helix)



232. ábra Eleinte esztétikai, majd statikai gondot is okozhat egy nem megfelelően időjárásálló elem alkalmazása

7. Nem megfelelő ültetőközeg alkalmazása
Az alkalmazott rendszerhez és növényekhez nem megfelelő ültetőközeg választás olyan hiba, melynek javítása nagyon magas költségekkel jár, hiszen a rossz ültetőközeg cseréjekor általában a növényzet jelentős részét is cserélni szükséges.

8. Nem megfelelő méretű gyökértér
Az alulméretezett növényplanténerek vagy gyökérzónák eredményeként a növény akkor sem éri el a kívánt magasságot és felülettakarást, ha egyébként minden más feltétel adott. Ilyen esetben a lombozat genetikailag lehetséges méretének kifejlődését a gyökér korlátozott növekedése akadályozza.

9. Gyökérkonkurencia figyelmen kívül hagyása
Ha a planténerekbe kúszónövényeken kívül egyéb növényeket telepítünk (pl. csüngő növények), előfordulhat, hogy ezek gyökérzete elfoglalja a rendelkezésre álló gyökértér nagyobb részét a kúszónövények gyökerei elől, így azok növekedése és fejlődése korlátozott lesz. Ugyanilyen problémát okozhat a planténerek rendszeres gyomtalanításának hiánya is: a túlburjánzó gyomok egyszerűen elfoglalják a gyökérzónát, és elveszik a célnövény elől a tápanyagokat.

10. Homlokzati hibák és sérülések eltakarása kúszónövényekkel
Hibás, sérült homlokzatra, nedves falszerkezetre direkt módon futtatott kúszónövényekkel kialakított zöldhomlokzat esetén előfordulhat a falszerkezet állapotának romlása. Ezért kerülendő megoldás a hibák eltakarása – még akkor is, ha maguk a növények a legtöbbször nem rontják, hanem inkább konzerválják a homlokzat állapotát – és csak a hibaokok megszüntetése után javasolt zöldhomlokzat kialakítása.



8. Üzemeltetés

Minden zöldhomlokzat közös, meghatározó alkotóeleme a növény, mely élő organizmus lévén gondoskodást igényel. Minden egyes fajnak, fajtának, változatnak és alfajnak egyedi, gyakran különleges igényei vannak. Fontos, hogy csak jól megtervezett és kivitelezett zöldhomlokzat esetében lehet jó minőségű fenntartást végezni, az üzemeltetés eszköztára csak kisebb tervezési vagy kivitelezési hibák kompenzálására alkalmas. Az üzemeltetési tevékenységen belül elengedhetetlen megfelelő növényismerettel, tápanyag-utánpótlási szakismeretettel, illetve jogosultsággal, valamint a magasban végzett munkához jogosultsággal rendelkező szakemberek alkalmazása.

A különböző függőleges zöldfelületi rendszerek ápolási-karbantartási igénye rendkívül eltérő. Az üzemeltetési tevékenység feladatai, intenzitása a zöldhomlokzatok életciklusa során nem állandó. A telepítést követő gyökeresedési, megtelepedési időszakban fokozott odafigyeléssel szükséges végezni az üzemeltetési munkákat. Ezen szakasz hossza és lefutási karakterisztikája zöldhomlokzati megoldásonként más és más, de jellemzően 1-2 hónaptól 0,5-1 évig terjed. Az üzemeltetés során figyelmet kell fordítani az állatok megjelenésére annak érdekében, hogy például bizonyos madarak fészekrakási időszakában a zöldhomlokzat karbantartási munkái elkerülhetők legyenek.

8.1 Növényápolás

8.1.1 Kúszónövények esetén

1. Lombozat-karbantartási munkák

Kúszónövényekkel kialakított zöldhomlokzatok esetében a föld feletti részekhez kapcsolódó üzemeltetési tevékenység lényegében azonos a direkt zöldhomlokzatok esetén, akár talajkapcsolatosak, akár attól függetlenek.

A föld feletti részek alapvető fenntartási tevékenysége a lombnövekedés kontrollja metszéssel. Ez fontos a homlokzati elemek (nyílások, nyílászárók, szellőzők, ereszcsatornák, biztonsági kamerák stb.) zavartalan működésének biztosítása, valamint – ha indokolt – a falszerkezet védelme, illetve állatok bejutásának megakadályozása érdekében. Fiatal növények esetén évente kétszer, később legalább egyszer szükséges metszés.

A növények metszése más esetekben (pl. sérülések eltávolításakor, ifjítási célból vagy gyümölcstermő növényeknél) is szükségessé válhat. Magasabb ápolási igénnyel rendelkező növények:

- gyümölcsterméssel rendelkező fajok (pl. japánegres – *Actnidia arguta*, kivi – *Actinidia chinensis,* szeder – Rubus spp., szőlőfélék – Vitis spp. stb.),



233. ábra Hiányzó metszési munkák csökkenthetik a bevilágítottságot is

- télen elhaló hajtásokkal rendelkezők,
- rendszeres metszést igénylő, adott esetben idővel felkopaszodó növények.

A növekedésirányítást érdemes rendszeresen és folyamatosan végezni. Amennyiben ezt a munkát hosszabb időn keresztül elhanyagolják, akkor a nagy lombtömegek eltávolítása sokszor csak jelentős többletköltséggel és kockázattal valósítható meg.

Támrendszerre futtatott kúszónövények esetén – elsősorban a növények fejlődésének kezdeti stádiumában – szükséges lehet a hajtások növekedésének irányítása kötözés segítségével.

2. Őszi lomb

Lombhullató növények esetében számolni kell az őszi lehullott lomb eltávolításával.

3. Növényvédelem

A kúszónövényekkel kialakított zöldhomlokzatok növényvédelme viszonylag egyszerű. Egyazon homlokzaton jellemzően egy, de legfeljebb két-három növényfaj/fajta található, így a kártevők, betegségek észlelése, illetve kezelése is könnyen kivitelezhető.

4. Gyökérnyakvédelem

Kiemelt figyelmet igénylő feladat a gyökérnyak védelme, különösen, hogy sok esetben ezen az egyetlen ponton csatlakozik az akár több száz négyzetméteres lombfelület és az annak ellátására hivatott gyökérzet. A védelem elsősorban mechanikai védelmet jelent a rongálással, rágcsálókkal szemben. A védelem lehet időszakos vagy állandó.

5. Gyökérzóna-karbantartási munkák

Különbség mutatkozik a gyökérzóna-karbantartási munkában a gyökérzóna-térfogat és a lombtérfogat aránya függvényében.

Ha a talaj megfelelő, a növény ki tud nevelni akkora gyökértömeget ami a növény számára az elvárt lombtömeg biztonságos ellátásához szükséges, akkor extenzív üzemeltetési körülmények is megfelelőek lehetnek, akár szinte teljesen karbantartásmentes zöldhomlokzatok is létrehozhatók.

A konténerben vagy nem megfelelő talaj esetén szűk méretű ültetőgödörben gyökerező növényzet lényegesen intenzívebb fenntartási tevékenységet igényel a külső körülmények szélsőségeinek (hőmérséklet, vízellátás, tápanyagellátás, idegen anyagok stb.) kiegyenlítése érdekében.

Fontos feladatok az ültetőközeg fizikai tulajdonságainak fenntartására irányuló tevékenységek (mechanikai talajlazítás, talajszerkezetet megőrző kémiai és/vagy biológiai beavatkozások), valamint a gyommentesítés, a talajlakó kártevők és kórokozók elleni intenzív védekezés, a mulcsozás, illetve szükség esetén a téli takarás.

6. Víz- és tápanyag-utánpótlás

Alapvető fontosságú a megfelelő mennyiségű és minőségű öntözővíz, valamint az adott életszakasz szerinti tápanyagmennyiség megfelelő koncentrációban és kombinációban való biztosítása.

8.1.2 Függőleges gyökérzónás és ültetőedény-soros zöldhomlokzatok esetén

A sokféle technológiai, illetve növényalkalmazási alternatíva nagyszámú lehetséges kombinációja mind-mind egyedileg kialakított fenntartási stratégiát követel meg. Ezekkel – jelen dokumentum keretein belül – nem foglalkozunk, viszont bemutatjuk azokat a tipikus üzemeltetési problémákat, amelyek kisebb-nagyobb mértékben, de minden rendszernél fennállnak, valamint kiemeljük az egyes rendszertípusok azon üzemeltetési természetű kritikus pontjait, melyekre nemcsak a fenntartás, hanem már a tervezés korai szakaszában, a rendszerek kiválasztásánál is érdemes figyelmet fordítani.

1. Lombozat-karbantartási munkák

A növények folyamatosan fejlődnek, növekednek, miközben fix méretű növekedési tér áll rendelkezésükre. Az a pont, amikor az egyes növények lombjai éppen kitöltik a rendelkezésre álló teret, nagyon rövid ideig tart, ezután már üzemeltetési feladat annak biztosítása, hogy a növények ne nyomják el egymást, ami rendszeres, szakszerű metszéssel biztosítható.

A természetes vegetációt modellező, sok fajt alkalmazó zöldhomlokzatokon ez a tevékenység csökkenthető, mivel a vitálisabb növények a szomszédos, gyengébb növények életterének rovására egyre nagyobb helyet foglalnak el, így a zöldhomlokzat képe többé-kevésbé spontán alakul. Azonban itt is ajánlott a növényeket évente egyszer visszavágni, valamint a versenyben alulmaradt növényeket higiéniai céllal folyamatosan eltávolítani, különben a száradó, rothadó, elhalt növényi részek könnyen a különféle kártevők és kórokozók melegágyaivá válhatnak.

Új elemként jelenik meg az elvirágzott részek eltávolításának szükségessége.

2. Növényvédelem

Monokultúra esetén a kártevők, betegségek észlelése, illetve kezelése viszonylag kivitelezhető, de nagyszámú taxon kevert alkalmazása esetén a növényvédelem már

összetettebb kérdés, mivel az észlelés és a kezelés is nehezebb.

3. Gyökérzóna-karbantartási munkák

Ezeknél a rendszereknél általában a talaj fizikai paramétereinek megőrzésére, javítására már nem kínálkozik lehetőség, ezért kiemelt fontossággal bír az eredeti ültetőközeg-választás.

A tökéletes kémiai talajparaméterek biztosítása itt már kritikus fontosságúvá válik, közülük is kiemelkedik a közeg kémhatása (pH) és sótartalma (EC), amelyek öntözőrendszeren keresztül kijuttatható anyagok segítségével, illetve rendszeres átmosatással megfelelő pontossággal beállíthatók. Ennek ellenőrzésére új üzemeltetési feladatként jelenik meg a rendszeres talajvizsgálat, illetve drénvíz-minőség vizsgálat (amennyiben gyűjthető).



234. ábra Növénycsere alpintechnikával (The Rubens at the Palace, London)

8.2 Növénypótlások, -cserék

A növénypótlás nem klasszikus értelemben vett üzemeltetési tevékenység. Függőleges gyökérzónás, valamint (elsősorban a kis keresztmetszetű) ültetőedény-soros rendszereknél életciklusuk során ez a legnagyobb üzemeltetés jellegű költségtétel.

A növénypótlások célja a növénypusztulások korrigálása. A legnagyobb körültekintéssel megtervezett és kivitelezett növényfalakon is jelentős mennyiségű növénycsere lehet szükséges az első évben. Ennek elsődleges oka, hogy a körültekintő növényválasztás ellenére is a helyszínen derül ki, hogy a különböző taxonok hogyan tűrik a helyre specifikusan jellemző mikrokörnyezetet. Zöldhomlokzatok esetében az első évben általános feladat a növényhasználat módosítása, finomhangolása. Növénypusztulások a hazai klímában elsősorban a tél folyamán (fagykárok, élettani szárazság) következhetnek be, ritkábban a kánikulai időjárásban létrejött vízhiány, még ritkábban valamilyen növényi kártevő vagy kórokozó hirtelen felszaporodása és intenzív kártétele miatt. Bármelyik eset is következik be, az jellemzően jelentős károkkal, ennek megfelelően magas költségekkel jár.

Egynyáriak és kétnyáriak váltott alkalmazása esetén évente kétszer kell lecserélni a növényállományt. Évelő lágyszárúak, félcserjék esetén az egyes növények elöregedési folyamatának végén (taxontól függően 3-10 év) válik szükségessé a csere. Cserjék, törpecserjék rendszeres szakszerű ifjítás mellett 10 évnél hosszabb időn keresztül sem szorulnak cserére, de előbb-utóbb – a tövek szükségszerű elöregedése, megvastagodása következtében – ezen növények leváltása is aktuálissá válik.

8.3 Víz- és tápanyag-utánpótlás

Az öntözési feltételeket alapvetően a rendszerekben alkalmazott, a növényi gyökérzettel közvetlenül érintkező közeg tulajdonságai határozzák meg. Minél kisebb a közeg víz- és tápanyag-kapacitása, annál érzékenyebb a rendszer a háttértechnika precizitására. A legalapvetőbb üzemeltetési feladat a növények számára az életműködéseikhez szükséges víz megfelelő minőségben és mennyiségben történő pótlása.

8.3.1 Megfelelő öntözővíz-minőség és -mennyiség biztosítása

Különös figyelmet kell fordítani

- az öntözővíz minőségére,
- annak szennyező anyagoktól való mentességére,
- a víz túlzott keménységének elkerülésére, illetve
- megfelelő hőmérsékletére.

Amennyiben nem áll rendelkezésre automatizált vízminőség-monitorozó technológia, akkor fokozott jelentőséget nyer a vízminőség meghatározott időközönkénti laboratóriumi kontrollja, valamint a vízminőséget fenntartani hivatott technikai eszközök karbantartásának rendszeressége és gondossága.

A kijuttatásra kerülő optimális vízmennyiséget számos tényező befolyásolja:

- maga a növényfaj és annak fenológai állapota,
- a földrajzi hely,
- a fekvés, a kitettség, a benapozottság,
- a léghőmérséklet, a relatív páratartalom,
- a talaj/ültetőközeg tulajdonságai stb..

A 2. grafikon jól szemlélteti, hogy növényfajonként milyen lényeges különbségek mutatkozhatnak a vízfogyasztás mértékében, és hogy a napi hőmérsékleti értékek alakulása milyen mértékben módosíthatja a vízfogyasztást.

Az ilyen vizsgálatok alapján nyert értékek iránymutatóként szolgálhatnak a vizsgált paraméterek mellett hasonló vízigényű növények öntözésének programozásához.

Tekintve, hogy a legtöbb zöldhomlokzat vegyes növényzettel készül, melyeknek vízigénye bizonyosan nem pontosan egyforma, a megfelelő vízmennyiséget tökéletes pontossággal kijuttatni gyakorlatilag lehetetlen. Ha túl kevés az öntözővíz, a növények kiszáradhatnak, ha túl sok, akkor pedig rothadás jellegű folyamatok indulhatnak. Nagyobb veszély a kiszáradás, ezért a gyakorlatban az öntözővíz mennyiségét mindig a zöldhomlokzat leginkább vízigényes pontjához, illetve növényéhez méretezik. Így értelemszerűen a fal többi pontja kisebb-nagyobb mértékben túlöntözött. Ennek negatív hatásait az ültetőközeg vízelvezető-képessége küszöbölheti ki. Helyesen kialakított gyökérzóna esetén ez nem igényel beavatkozást.

Az öntözővíz optimális mennyiségét egy öntözési zónán belül az öntözési időkön keresztül lehet szabályozni. Amennyiben az öntözési zónán belül is vannak különbségek a növények vízfogyasztásában, úgy az egyes növények számára kijuttatott vízmennyiséget egyedileg be kell állítani (amennyiben az alkalmazott rendszer kialakítása ezt lehetővé teszi).

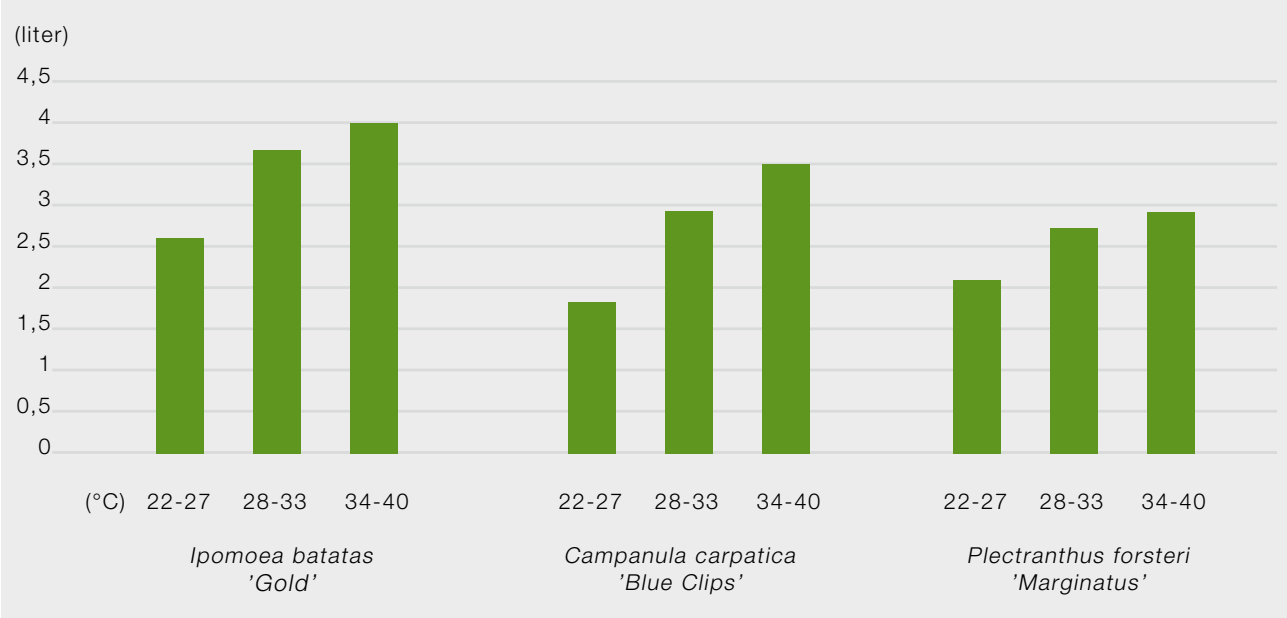
8.3.2 Öntözőrendszer karbantartása

Az öntözőrendszer elemeinek karbantartása lényegében megegyezik a hagyományos csepegtetőrendszerekével. A zöldhomlokzatoknál kritikus fontosságú üzemeltetési feladat a csepegtetőnyílások átjárhatóságának minél hosszabb időn keresztüli fenntartása, hiszen azok cseréje esetleg nagy magasságban meglehetősen költséges. Ez speciálisan ilyen célra kifejlesztett kémiai anyagok öntözőrendszeren keresztül történő rendszeres kijuttatásával biztosítható.

Az öntözőrendszer üzemeltetésének része a tél eleji víztelenítés, illetve a tavaszi beüzemelés, mely a hagyományos kiépítésű csepegtető rendszerekkel azonos módon történik.

8.3.3 Tápoldatozó rendszer karbantartása

A tápoldatozó rendszer elemei különösebb karbantartást nem igényelnek, magának a tápoldatnak, illetve a törzsoldat(ok)nak az elkészítése azonban fontos üzemeltetési



2. grafikon Növények m²-re vetített átlagos napi vízfogyasztása három különböző hőmérsékleti tartományban 2013 nyarán (forrás: Debreceni Egyetem kutatása)

feladat, mely előzetesen elkészített éves tápoldatozási terv és tápoldat-receptúrák alapján történik. Ezek kidolgozását érdemes specialistára bízni. Különös figyelmet kell fordítani a csepegtető nyílásokból kijutó tápoldat pH- és EC-értékeinek folyamatos ellenőrzésére.

8.4 Téli üzemeltetés

Talajtól függetlenül kialakított zöldhomlokzatok esetében – időjárástól függően – a tél folyamán is felmerülhetnek üzemeltetési feladatok. Ez elsősorban ismét abból a sajátosságból adódik, hogy a gyökérzóna térfogata korlátozott, így – ellentétben a hagyományosan szabad földben tartott növényekkel – a gyökérzóna már rövid ideig tartó fagypont alatti hőmérsékletek esetén is teljes keresztmetszetében átfagyhat.

Ez kétféleképpen okozhat növénypusztulást:

- Amennyiben nagyon alacsony a hőmérséklet (általában –15 °C alatt) akkor a növények szövetei fagyási károkat szenvedhetnek, ilyen esetben – a kritikus napok idejére – szükségessé válhat valamilyen fagyvédelmi eljárás, ami a gyakorlatban elsősorban a zöldhomlokzat takarását jelenti. Különösen fontossá válik a védelem, ha az alacsony hőmérséklet széllel párosul. Ilyen esetben a takarás már magasabb hőmérsékleti értékek esetén is indokolt lehet.
- A másik tipikus helyzet az élettani szárazság. Ha alacsony léghőmérséklet mellé napsütés párosul, az örökzöld levelek párologtatni kezden(én)ek, de a továbbra is fagyott állapotú gyökérzónából nem tudnak vizet felvenni, így elhervadnak. Ez az állapot reverzibilis, általában a gyökérzóna felengedésével véget ér, és a lombozat normál állapotába visszaáll. Ha azonban ez a ciklus a tél folyamán sokszor megismétlődik, hosszabb ideig tart, az lombozatvesztéshez vezethet, vagy a növények teljes pusztulását eredményezheti. Az élettani szárazságból eredő károk csökkentésére alkalmas megoldás lehet:
- a gyökérzóna temperálása, erre azonban a gyakorlatban egyelőre nem áll rendelkezésre kellőképpen alátámasztott technológiai megoldás;
- a lombozat takarása;
- kiváló drénhatású ültetőközeg alkalmazása, illetve
- esetenkénti téli öntözés (fagypont feletti ültetőközeg-hőmérséklet esetén).

További téli üzemeltetési feladat enyhe időjárás esetén a téli öntözés. Ilyenkor a korábban már téliesített öntözőrendszert újra be kell üzemelni, majd az öntözési időszak végeztével újra víztelenníteni. Az egyre melegebb telek miatt erre a beavatkozásra egy téli időszakban akár többször is sor kerülhet. Ezért az öntözőrendszer megtáplálásának kiépítésénél arra kell ügyelni, hogy az öntözőrendszer könnyen és gyorsan téliesíthető legyen.

8.5 Szerkezetek és műszaki elemek karbantartása

A zöldhomlokzatok szerkezeti és műszaki elemeit a jogszabályokban meghatározott időszakonként ellenőrizni szükséges.

8.6 Üzemeltetési modellek

Alapvetően kétféle üzemeltetési modell létezik:

- Általánosan alkalmazott eljárás, hogy a kivitelezésnek része az első évi fenntartás, majd az ezt követő időszakban továbbra is a kivitelező/szállító kezében marad ez a tevékenység. A modell előnye, hogy az végzi a fenntartási munkákat, aki valójában a legtöbb tapasztalattal rendelkezik az adott rendszer vonatkozásában, a megrendelő számára pedig biztonságot nyújt, hogy egyértelműek a felelősségi viszonyok. A modell hátránya, hogy minden egyes üzemeltetőnek rendelkeznie kell az összes szükséges – jellemzően nagy értékű – technikai eszközzel (pl. a nagy magasságban történő munkavégzést lehetővé tévő eszközök, a vízellátás monitoring/controlling rendszerei) és speciálisan képzett fenntartó személyzettel, így ez az üzemeltetési modell meglehetősen költséges.

  Ma Magyarországon ez a leggyakoribb megoldás.
- Másik esetben az üzemeltetést erre specializálódott vállalkozások végzik, így az erőforrás-felhasználás gazdaságosabb lehet, ennek megfelelően a fenntartás költségei is alacsonyabbak lehetnek.

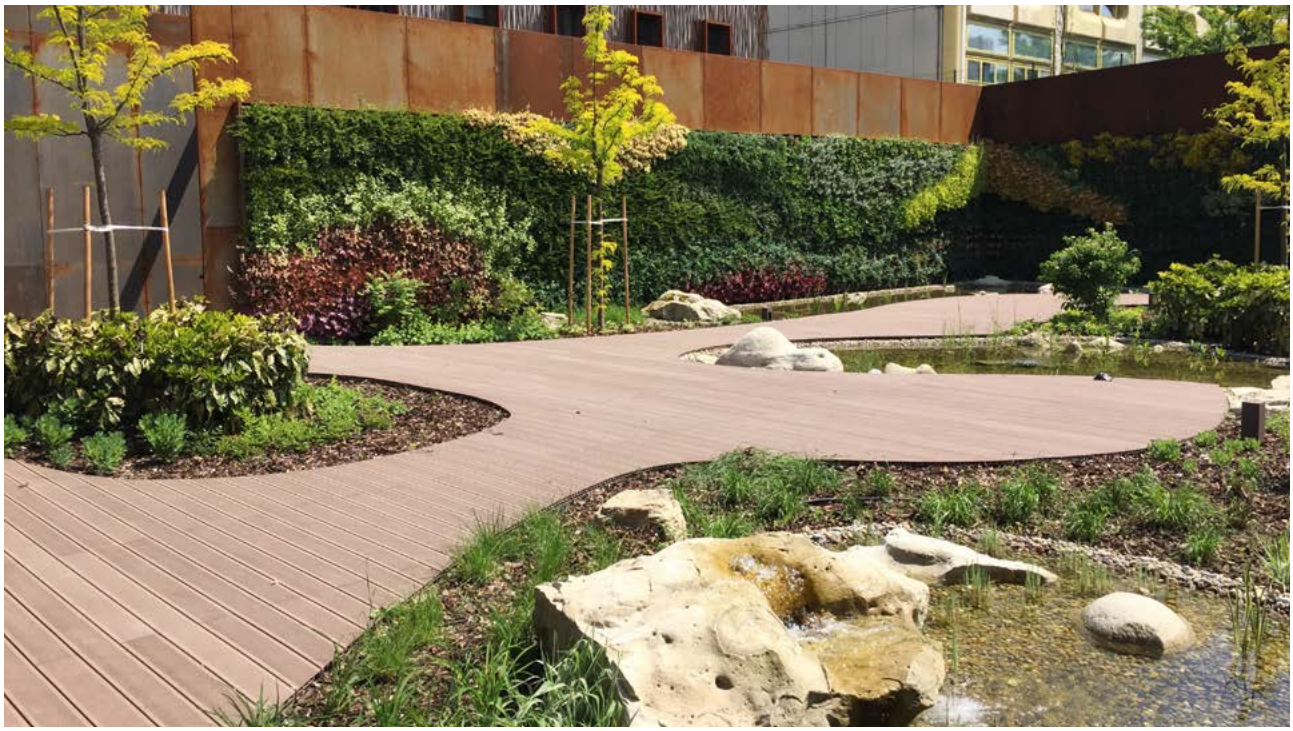
  Ez a modell elsősorban azokban az országokban jellemző, ahol területarányosan nagyszámú zöldhomlokzat található (pl. Hollandia, Egyesült Királyság).



9. Megvalósult példák

1. FIUMEI ÚT | BUDAPEST| MAGYARORSZÁG

Építtető:	MÁV Zrt.
Kivitelező:	Market Építő Zrt. – generál kivitelező, ADEGY Kft. – zöldfal
Tervező:	F. Kovács Attila, FBI Építész Stúdió – építészet, ADEGY Kft. – zöldfal
Építés éve:	2014
Felülete:	175 m^2
Rendszer típusa:	kazettás rendszer
Rendszerszállító:	greenwall.pro®
Vegetáció:	32 féle taxon, 4365 db növény
Öntözés:	automata csepegtető öntözőrendszer tápoldatozóval, talajnedvesség-szenzorral
Érdekességek:	A kültéri zöldfal 3 különböző tájolású részből (ÉNY, ÉK, DNY) áll, melynek kialakítása a téli zord időjárási körülmények ellenére 34 nap alatt történt. A növénypusztulás már a kivitelezés telén is elhanyagolható volt.



235. ábra A zöldfal látványa

2. MA 48 IRODAÉPÜLET | BÉCS | AUSZTRIA

Építtető:	Bécs Város Önkormányzata, MA 48
Kivitelező:	Techmetall GmbH, Dachgrün GmbH
Építés éve:	az 1960-as években készült épületre 2010-ben készült a zöldhomlokzat
Felülete:	850 m^2
Homlokzati fal:	vakolt tömör tégla
Rendszer típusa:	ültetőedény-soros rendszer, vonalas ültetőedények egymás mellé, fölé sorolásával
Rendszerszállító:	Grünwand GmbH, Techmetall GmbH
Vegetáció:	17 000 db növény, nagyrészt az osztrák flóra őshonos fajai
Öntözés:	automata csepegtető öntözőrendszer tápoldatozóval, talajnedvesség-szenzorral
Közreműködők:	BOKU (Universität für Bodenkultur Wien) és Institut für Meteorologie
Érdekességek:	A zöldfal több mint 3000 m vonalas rozsdamentes acél ültetőkonténerből áll. A zöldfal nyári hűtőhatása 80 db, egyenként 3000 W-os klímaberendezés napi 8 órás működésével egyenértékű. Az épület téli hőveszteségét körülbelül 50%-ban csökkenti a zöldfal.



236. ábra Az MA48 épületének virágzó zöldfala

3. JAGELLÓ UTCA | BUDAPEST| MAGYARORSZÁG

Építtető:	Budapest XII. kerület Hegyvidéki Önkormányzat
Kivitelező:	Market Építőipari Kft.
Tervező:	Garten Studio Kft. – tájépítészet
Építés éve:	2011
Felülete:	80 m^2
Rendszer típusa:	futtatott, indirekt, talajkapcsolatos zöldhomlokzat
Vegetáció:	63 db kúszó: *Parthenocissus 'Inserta'*, *Lonicera x heckrottii, Lonicera japonika 'Halliana', Lonicera caprifolium*
Öntözés:	automata csepegtető öntözőrendszer
Érdekességek:	Az egyik legnépszerűbb budapesti biopiac épületsorának közút felé eső homlokzata.



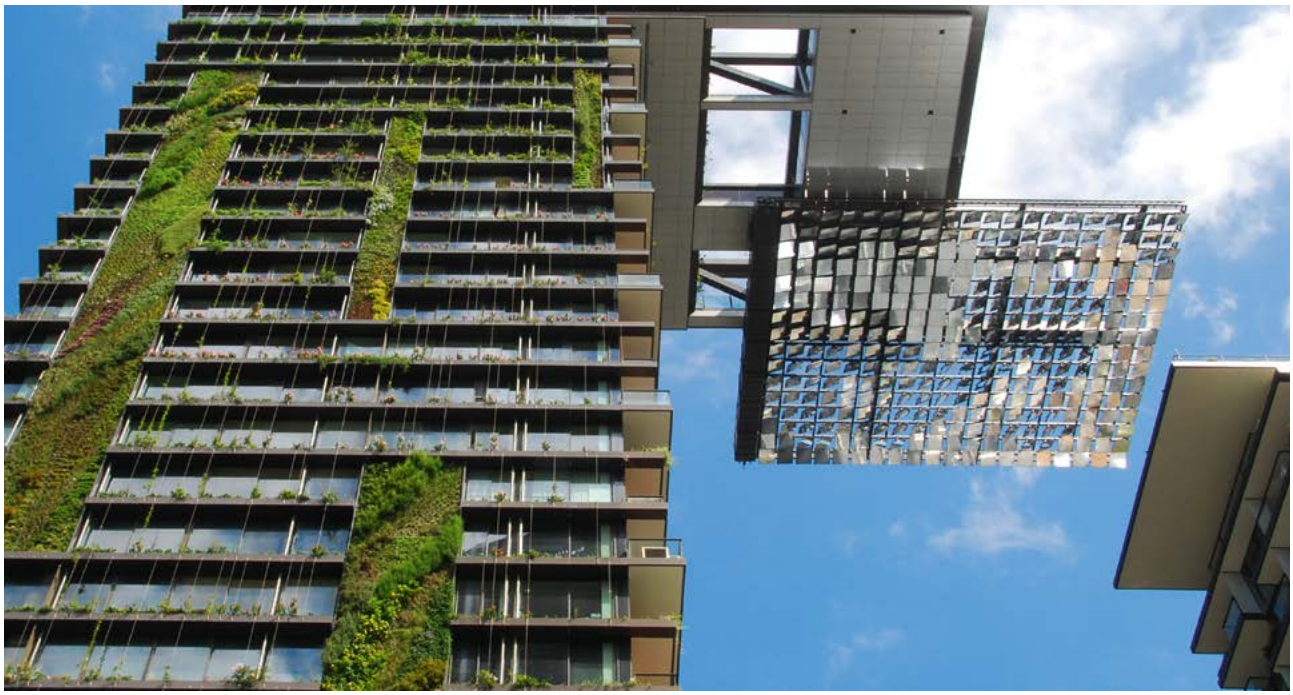


237–238. ábra Az utcaképi megjelenés természetközeli képet mutat

4. ONE CENTRAL PARK | SYDNEY | AUSZTRÁLIA

Építtető:	Sekisui House, Macquarie Park (Ausztrália)
Tervező:	Jean Nouvel (Párizs) és PTW (Sidney) – építészek, Patrick Blanc, (Franciaország) – botanikus, zöldfalépítő
Építés éve:	2013
Homlokzati fal:	különböző üvegfalak
Rendszer típusa:	vegyes rendszer: függőleges gyökérzónás és vonaljellegű támszerkezetre futtatott kúszónövények
Rendszerszállító:	Mur Végétal (Patrick Blanc)
Vegetáció:	35 000 db, 350 különböző fajú növény
Öntözés:	zöldfaltípusonként eltérő öntözőrendszer tápoldatozóval, az épületfelügyelet által vezérelve
Érdekességek:	Ausztrália, a legszárazabb kontinens legnagyobb kültéri zöldfala. A zöldfalakhoz 15 km rozsdamentes acél sodronyt, 5500 db ültetőedényt használtak. A tornyokon 23 db függőleges gyökérzónás zöldfal készült összesen 1200 m^2 nagysággal.

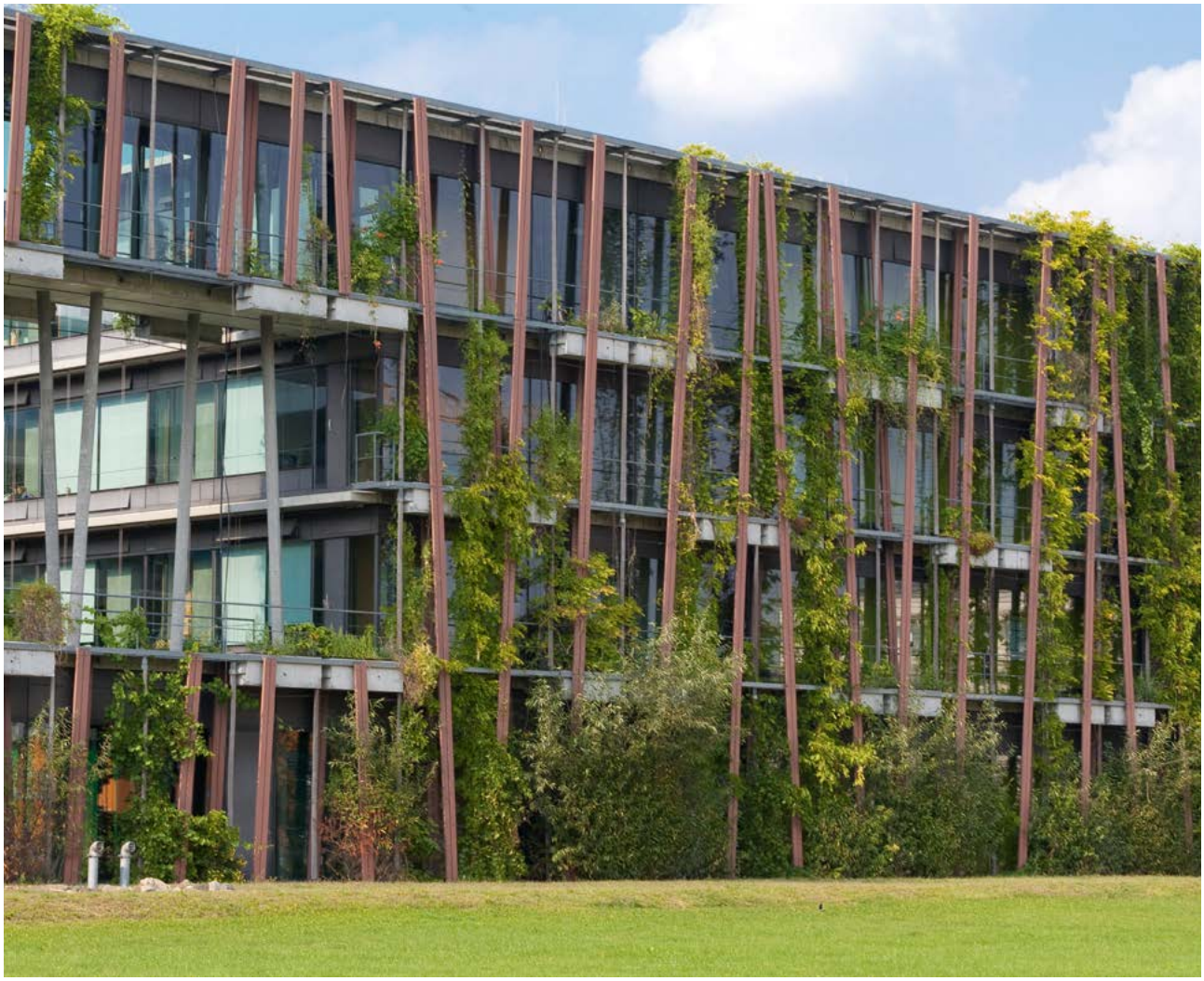




239–240. ábra A képeken jól láthatók a födémmagasságban szintenként körbefutó ültetőedények, a rozsdamentes acél sodronyokra futó kúszónövények és a több szint magas függőleges gyökérzónás zöldfalak

5. ADLERSHOF INSTITUT FÜR PHYSIK | BERLIN | NÉMETORSZÁG

Építtető:	Berlin Városa
Tervező:	Augustin und Frank (Berlin) – építészet, Stefan Tischer Joerg Th. Coqui-val (Berlin) – tájépítészet
Építés éve:	1998–2002
Homlokzati fal:	üvegfal
Rendszer típusa:	falszerkezet előtt kialakított állványszerkezet indirekt talajkapcsolatos és konténeres rendszerrel, valamint csüngő növényekkel kombinálva
Vegetáció:	kúszónövények, 10 különböző faj
Öntözés:	árasztásos öntözés esővíz-felhasználással, 5 ciszternából
Közreműködők:	TU Berlin, Humboldt-Universität Berlin és Hochschule Neubrandenburg
Érdekességek:	A zöldhomlokzat nyári hűtőhatása egy 280 KWh/nap teljesítményű hűtőberendezésével egyenértékű.



241. ábra Az üvegfal előtt kialakított zöldfal a környezet hűtése mellett az üvegfalak árnyékolását is szolgálja

6. RÓZSAHÁZ | SZÉKESFEHÉRVÁR | MAGYARORSZÁG

Építtető:	Csukly Zsolt (zöldfal)
Kivitelező:	Csukly Zsolt (zöldfal)
Tervező:	Csukly Zsolt (zöldfal)
Építés éve:	2004
Felülete:	120 m^2
Rendszer típusa:	indirekt rendszer egyedi rácsos támszerkezettel
Vegetáció:	futórózsák (Rosa spp.)
Öntözés:	manuális kiegészítő öntözés
Érdekességek:	Székesfehérvár óvárosában egy több mint 300 éves ház falát kúszórózsa borítja be a lakók és a turisták legnagyobb örömére. A négy rózsatövet 12 évvel ezelőtt Szőregről hozták, fehér-rózsaszín-zöld árnyalatú virágaik egész nyáron ontják illatukat.



242. ábra A rózsával borított falak idegenforgalmi látványosságként is szolgálnak

7. MAGYAR ÉPÍTÉSZ KAMARA SZÉKHÁZ | BUDAPEST | MAGYARORSZÁG

Építtető:	Gróf Almássy Kálmán
Tervező:	Gottgéb Antal (Ybl Miklós munkatársa)
Építés éve:	az épület 1877-ben épült, a növények több mint 45 évesek
Rendszer típusa:	támszerkezet nélküli direkt kúszók és csüngők
Vegetáció:	Tapadó vadszőlő (*Parthenocissus quinquefolia*), Repkény vadszőlő (*Parthenocissus tricuspidata 'Veitchii'*), Közönséges borostyán (*Hedera helix*)
Öntözés:	öntözés nélküli
Érdekességek:	A zöldhomlokzat több mint 20 éve önfenntartó és jól működő.





243–244. ábra Az udvarba belépve különleges hangulatú térben találjuk magunkat

8. OASIS D’ ABOUKIR | PARIS | FRANCIAORSZÁG

Építtető:	Gouvernement de la République française
Tervező:	Patric Blanc – zöldfal
Építés éve:	2013
Felülete:	250 m^2
Rendszer típusa:	hasítékos filces rendszer
Rendszerszállító:	Mur Végétal (Patrick Blanc)
Vegetáció:	237 féle taxon, 7600 db növény
Érdekességek:	A 25 méter magas kertet három forgalmas útra néző épület oromfalán készítette el Patric Blanc. Az Aboukir Oázisnak elnevezett függőleges kert élő műalkotásként emlékeztet a sokszínűségre és a zöldfelületek fontosságára.





245–246. ábra Az U alaprajzú saroképület utcára néző kopár végfala építészetileg is meghatározó ponttá vált a zöldhomlokzattal

9. MFO PARK| ZÜRICH | SVÁJC

Építtető:	Zürich városa
Tervező:	Raderschall Tájépítész Iroda, Meilen, Burckhardt és Társai Építésziroda (Zürich)
Építés éve:	2001–2002 (I. ütem), 2006–2007 (II. ütem)
Felülete:	4600 m^2
Rendszer típusa:	egyedi támszerkezet konténeres és talajkapcsolatos kúszókkal
Vegetáció:	34 faj, egynyári és évelő kúszónövények
Öntözés:	automata öntözőrendszer esővíz felhasználásával
Érdekességek:	Az MFO Park a Maschinenfabrik Oerlikon nevű gépgyár egykori területén épült, sportolást, pihenést szolgálja. A térbeli rácsostartó acél szerkezet 100 m hosszú, 35 m széles és 17 m magas, különböző kúszónövényekkel futtatták. Két oldalon lépcsők vezetnek fel a felső szinten található napozóteraszra.



247. ábra Az egykori gyárudvar intenzív zöldfelületté vált

10. KÖLCSEY ISKOLA | BUDAPEST | MAGYARORSZÁG

Építtető:	XVI. kerület Önkormányzat Építészeti Fővállalkozó Veresmester Kft.
Kivitelező:	Zöldfalkert Kft.
Tervező:	Benczúr László Ybl-díjas építész
Építés éve:	2015 a zöldfal építésének ideje
Felülete:	220 m^2
Rendszer típusa:	előnevelt, konténeres zöldhomlokzat
Rendszerszállító:	Mobilane Kft.
Vegetáció:	Borostyán (*Hedera helix 'Wörner'*)
Öntözés:	automata csepegtető öntözőrendszer
Érdekességek:	A borostyánfal az optimális méretosztásnak és előnevelésnek köszönhetően gyorsan kialakítható volt. Az alsóbb szinteken burkolat, míg a zöldtetőként kialakított udvarként működő legfelső szinten a térlehatárolást biztosítja.





248–249. ábra A zöldfal építés közbeni és végső állapota

11. ALLEE BEVÁSÁRLÓKÖPONT | BUDAPEST | MAGYARORSZÁG

Építtető:	ING Real Estate Development
Kivitelező:	Strabag MML Kft.
Tervező:	Fekete Antal, Finta Stúdió – építészet, Sloszjár Görgy, Garten Stúdió – zöldfal
Építés éve:	2009
Rendszer típusa:	konténerekbe ültetett csüngőnövényekkel
Vegetáció:	borostyán (*Hedera helix*)
Öntözés:	automata csepegtető öntözőrendszer tápoldatozóval, talajnedvesség-szenzorral
Érdekességek:	Az egyedi tervezésű rozsdamentes acél konténerek keresztmetszete 30x40 cm. Az évi 10 m^3-nyi, metszésből származó zöldhulladék kecsketakarmányként kerül felhasználásra.





250–251. ábra A borostyán ágai zöld függönyként borítják be a felületet

12. HIB MODULOK | DEBRECEN | MAGYARORSZÁG

Építtető:	Pálma Pub Kft.
Kivitelező:	MOP Biotech Kft.
Tervező:	Prof. Fári Miklós Gábor, Koroknai Judit
Építés éve:	2013
Felülete:	5 m^2
Rendszer típusa:	Hort-in-Box (HIB) modul, kazettás rendszer
Vegetáció:	alacsonyabb fényigényű, javarészt trópusi taxonok, 19 faj
Öntözés:	kézi csepegtető öntözőrendszer
Közreműködők:	Debreceni Egyetem
Érdekességek:	A HIB-rendszer létrehozásával a legújabb természettudományi, biotechnikai és mérnöki ismereteket kívánják integrálni egy biológiailag egyensúlyban lévő, sokféle esztétikai, kertészeti és műszaki igényt kielégítő, részben precíziós high-tech eszközökkel kontrollált moduláris növényi élettér „mini kertként” vagy „dobozkertként” való megjelenítésével.





252–253. ábra Az egynyári növényeket melegházban nevelték elő, majd kifejlett állapotban helyezték ki a modulokat

13. PANNÓNIA ÁLTALÁNOS ISKOLA | BUDAPEST | MAGYARORSZÁG

Építtető:	Budapest Főváros XIII. kerület Önkormányzat Polgármesteri Hivatala
Kivitelező:	Magyar Építők Zrt.
Tervező:	Nagy Csaba, Horváth Balázs, Archikon Kft. – építészet
Építés éve:	2009, az 1911-ben Schulek János által tervezett épület rekonstrukciója és bővítése tornateremmel
Rendszer típusa:	indirekt rendszer, rozsdamentes acél sodronyköteles háló támszerkezettel
Vegetáció:	ötlevélkéjű vadszőlő (*Parthenocissus quinquefolia*)
Öntözés:	nincs
Érdekességek:	A hagyományos karakterű meglévő épületet és az új épület egyszerű tömegű, kőburkolatú tömbjét üvegfelületek választják el, melyek elé feszített rozsdamentes acélhálóra futtatták a növényeket.





254–255. ábra A vadszőlő üde színfolt a sűrű beépítésű városrészben

14. MOL BENZINKÚT | BUDAPEST | MAGYARORSZÁG

Építtető:	MOL Magyarország Nyrt.
Kivitelező:	Meto-Építő Kft. – generálkivitelező, Vertical Garden Budapest – zöldfal
Tervező:	Zombori Zsolt, Kiss Péter, Európa Stúdió Kft. – építészet, Duronelly Balázs, Vertical Garden – zöldfalak
Építés éve:	2011
Felülete:	77 m^2
Rendszer típusa:	kiegészítő gyökérzónás filces rendszer
Rendszerszállító:	Vertical Garden Budapest
Vegetáció:	előnevelt vegetációs paplan varjúhájfélékkel, illetve konténeres évelőkkel
Öntözés:	automatizált csepegtető öntözés ciszternába gyűjtött csapadékvízből
Érdekességek:	Az első környezetbarát üzemanyagtöltő állomás Magyarországon, mely az integrált napelemes technológiák alkalmazásával több energiát termel, mint amennyit felhasznál. A passzívház-szinten hőszigetelt tetőre és falakra zöldtető és zöldhomlokzat készült.



256. ábra Dombház érzetét kelti a növényzettel borított homlokzat

15. SHOPPING CENTER STÜCKFÄRBEREI | BASEL | SVÁJC

Építtető:	Tivona Eta AG (Basel), Swiss Prime Site AG
Kivitelező:	Jakob Rope Design
Tervező:	Diener & Diener Architekten (Neuschwander) – építészet, Fahrni und Breitenfeld Landschafts-architekten, Vogt Landscape Architects – tájépítészet
Építés éve:	2009
Felülete:	kb 4000 m^2
Rendszer típusa:	a déli homlokzaton konténeres indirekt rendszer vonalas támszerkezetekkel, míg a nyugati homlokzaton talajkapcsolatos indirekt rendszer hálós támszerkezettel és csüngőnövényekkel kombinálva
Rendszerszállító:	Jakob Rope Desing, egyedi tervezésű rendszer
Vegetáció:	kúszónövények
Öntözés:	automata öntözőrendszer esővíz felhasználásával
Érdekességek:	A „Stücki” Bevásárlóközpont Basel városában egy valamikori vegyipari kerületbe épült, mely éppen határos mind Franciaországgal, mind Németországgal. Az ültetőkonténerek a nyugati homlokzaton lemezkonzol végeken állnak. A déli homlokzaton a növényzet az üvegfelületek árnyékolását biztosítja.



257. ábra Különleges látvány a zöldbe burkolt bevásárlóközpont

16. RUBENS AT THE PALACE HOTEL | LONDON | ANGLIA

Építtető:	Red Carnation Hotels
Kivitelező:	TreeBox Ltd. – zöldfal
Tervező:	Gary Grant, Green Roof Consultancy Ltd. – zöldfal
Építés éve:	2013
Felülete:	350 m^2
Rendszer típusa:	kazettásított vonalas ültetőedény rendszer
Rendszerszállító:	TreeBox Ltd.
Vegetáció:	10 000 db lágyszárú növény
Öntözés:	komplex automata csepegtető öntözés, esővíz gyűjtő tartállyal és nyomás szabályozóval a hirtelen nagy esőzések vízvisszatartására
Közreműködők:	London mayor Boris Johnson, Victoria Business Improvement District (Victoria BID), The Royal Horticultural Society
Érdekességek:	Az egyik legnagyobb és leginkább környezetbarát zöldfal Londonban. A kiültetett növények listája sokféle őshonos fajt tartalmaz, melyeket arra ügyelve választottak ki, hogy vonzza a beporzó rovarokat.





258–259. ábra A szálloda tűzfalai a környező tér különleges térfalaivá váltak



10. Fogalmak

Drénvíz vagy csurgalékvíz
Talajkapcsolat nélküli zöldhomlokzatok esetén a növények által fel nem használt öntözővíz, melyet a gyökérzet védelmében el kell vezetni.

Evapotranszspiráció
Egy adott termőhelyi (ökológiai) egység párologtatása/vízfogyasztása, amely magában foglalja a felszíni párolgást (talaj- és nyílt vízfelületek párolgása), vagyis az evaporációt, valamint a vegetáció által felhasznált és kibocsátott transzspirációs víz együttes mennyiségét.
.

Fenofázis
A fenológiai folyamat szabad szemmel látható jelensége, az állapotváltozás rögzíthető ténye (pl. virágnyílás kezdete, téli nyugalmi állapot vége stb.). A fenológiai jelenségek szabályszerű rendben követik egymást. Az egyes fenológiai szakaszokban a növényeknek meghatározott igényük van a természeti környezetükkel szemben.

Hidrokultúra
Gyűjtőfogalom, mely lényegében intenzív, talaj nélküli növénytartást jelent. A hagyományos talaj alapú rendszerekhez képest itt általában porózus, kiváló levegő- és vízgazdálkodású közegben gyökereznek a növények. A tápanyagot a – rendszerint csepegtető öntözőrendszeren keresztül kijuttatott – tápoldat biztosítja. Előnye a tisztaság, a homogenitás, a nagy szerkezeti stabilitás, és az általában alacsony tömeg. Hátránya, hogy a környezeti hatásokkal szembeni pufferképessége elmarad a hagyományos talajokétól.

Porozitás
A porozitás az ültetőközegekben a szilárd részek által elfoglalt tér és a hézagtér viszonyát leíró arányszám, értéke a különböző közegekben 25-70% között változik. Jó porozitásúnak azt a talajt tekinthetjük, ahol az összporozitás 50-60 V% körül van. Minél több pórus van a talajban, a növények gyökerei annál könnyebben szövik át. A pórusok mérete, ezáltal szerepe is különböző: a makropórusok a talaj levegő ellátását biztosítják, a mezopórusok a talaj vízgazdálkodását, tehát vízelvezető-vízvisszatartó képességét befolyásolják, a mikropórusok pedig az erősen kötött vizet tárolják. A különböző pórusméretek ideális aránya 1:1:1.

Ültetőközeg
A növények gyökerének életterét képező anyagok gyűjtőfogalma. Közismert formája a termőtalaj, de bármely, a gyökerek számára megfelelő életfeltételeket biztosító anyag vagy anyagkombináció ide sorolható.

Taxon
A biológiai rendszertanban taxonnak nevezik a növények egyazon kategóriába sorolt és közös gyűjtőnévvel ellátott csoportját. A legalapvetőbb taxon a faj.



11. Irodalomjegyzék

(az internetes letöltések utolsó időpontja 2016.12.10.)

Az egyes fejezetekhez felhasznált szakirodalom:

2.1 fejezet	[11, 18, 21, 22, 30, 31, 40, 41, 48, 56, 59, 66, 69]
2.2 fejezet	[1, 9, 14, 16, 19, 22, 23, 25, 30, 46, 51, 54, 60, 76]
2.4 fejezet	[8, 26, 28, 44, 52, 79, 81]
3 fejezet	[4, 10, 11, 14, 15, 17, 19, 20, 29, 32, 34, 36, 38, 39, 41, 46, 47, 48, 50, 53, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 70, 71, 75, 80, 82, 85,]
4 fejezet	[65]
4.1 fejezet	[11, 13, 14, 65]
4.2 fejezet	[11, 13, 14, 65]
4.3 fejezet	[11, 13, 14, 65]
5.1.1 fejezet	[11, 14, 19, 32, 37, 47, 57, 59, 61, 63, 54, 72, 73, 77]
5.2 fejezet	[14, 32, 47, 53, 59, 66]
6 fejezet	[1, 11, 14, 32, 42, 47, 49, 53, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66]
6.1 fejezet	[11, 14, 57, 58, 59, 62, 65, 68]
6.3 fejezet	[14, 32, 42, 47, 53, 59, 66, 85, 84]
6.6 fejezet	[1, 2, 5, 6, 7, 12, 17, 22, 24, 27, 35, 55, 58, 64, 67]
6.7 fejezet	[14]
7.6 fejezet	[11, 14, 32, 59]
8.3 fejezet	[84]

[1] *253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről (OTÉK)* internetes megjelenés: http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=99700253.KOR

[2] 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról (OTSZ) internetes megjelenés: http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1400054.BM

[3] *DIN 4108-3:2001-07 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden*
Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung

[4] *A belügyminiszter 20/2014. (III. 7.) BM rendelete az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet módosításáról* internetes megjelenés: http://www.kozlonyok.hu/nkonline/MKPDF/hiteles/MK14035.pdf

[5] *Brandschutz und Fassadenbegrünung. Weltpremiere in Wien* in GebäudeGrün 3/2016 internetes megjelenés: http://gruenstattgrau.at/wp-content/uploads/2016/10/BrandschutzFassadenbegruenung_GebaeudeGruen3-2016.pdf

[6] *Budapest VII. Kerület Integrált Településfejlesztési Stratégia. Megalapozó vizsgálat – Helyzetértékelés Készült a KMOP-6.2.1/K-13-2014-0002 „Közép-Magyarországi Operatív Program – Fenntartható településfejlesztés a kis- és középvárosokban – Integrált Településfejlesztési Stratégiák kidolgozása" című projekt keretében.* 2015. internetes megjelenés: www.erzsebetvaros.hu/download.php?file_id=11958

[7] *Budapest Főváros VII. kerület Erzsébetváros Önkormányzata településfejlesztési koncepció 2014-2030 Készült a KMOP-6.2.1/K-13-2014-0002 „Közép-Magyarországi Operatív Program – Fenntartható településfejlesztés a kis- és középvárosokban – Integrált Településfejlesztési Stratégiák kidolgozása" projekt keretében. 2015.* internetes megjelenés: www.erzsebetvaros.hu/download.php?file_id=11954

[8] *Building the business case: health, wellbeing and productivity in green offices* World Green Buiolding Council (WGBC) 2016 internetes megjelenés: http://www.worldgbc.org/files/1114/7735/3801/WGBC_BtBC_Oct2016_Digital_Low.pdf

[9] *Cities Alive – Green Building Envelope* ARUP, Berlin 2016 internetes megjelenés: http://publications.arup.com/publications/c/cities_alive_green_building_envelope

[10] *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (Recast)* internetes megjelenés: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF

[11] *Gebäude Begrünung Energie Potenzionale und Wechselwirkungen FLL* Forschungsgesellschaft Landschaftentwicklung Landschaftsbau e. V. – FLL Bonn 2014. ISBN 978-3-940122-46-9 internetes megjelenés: http://www.irbnet.de/daten/rswb/13109006683.pdf

[12] *ITS BUDAPEST stratégia 2020. Integrált település fejlesztési stratégia. Megalapozó munkarész* 2014. június internetes megjelenés: http://budapest.hu/Documents/ITS%20Integralt%20Varosfejlesztesi%20Strategia/Integr%C3%A1lt%20Telep%C3%BCl%C3%A9sfejleszt%C3%A9si%20Strat%C3%A9gia%20-%20Megalapoz%C3%B3%20munkar%C3%A9sz.pdf

[13] *Leitfaden Fassadenbegrünung*. Magistrat der Stadt Wien, Programm für umweltgerechte Leistungen „Ökokauf Wien", 1082 Wien, Rathaus 2013 internetes megjelenés: https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/fassadenbegruenung-leitfaden.pdf

[14] *Leitfaden Fassadenbegrünung*. Magistrat der Stadt Wien, Programm für umweltgerechte Leistungen „Ökokauf Wien", 1082 Wien, Rathaus 2016 (kézirat)

[15] *Légszennyezettség: Európa-szerte Magyarországon a legrosszabb* internetes megjelenés 2012.02.17.: http://semmelweis.hu/hirek/2012/02/17/legszennyezettseg-europa-szerte-magyarorszagon-a-legrosszabb/

[16] *The EU Biodiversity Strategy to 2020* European Union Luxenburg, 2011 ISBN 978-92-79-20762-4 doi:10.2779/39229 internetes megjelenés: http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/brochures/2020%20Biod%20brochure%20final%20lowres.pdf

[17] *Zöld szerkezetek. Zöld anyagok. Zöld homlokzatok. Zöld tetők.* Ybl Miklós Műszaki Főiskola „Az épített környezetért" Alapítvány Budapest 1998. pp36-67

[18] Dr. Anda Angéla - Dr. Burucs Zoltán - Dr. Kocsis Tímea: *Globális környezeti problémák és néhány társadalmi hatásuk* Digitális Tankönyvtár (2011) internetes megjelenés: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_fenntarthato_fejlodes/ch05s02.html

[19] Baumann, Rudi: *Begrünte Architektur. Bauen und Gestalten mit Kletterflanzen* Verlag Callwey München 2. korr. Auflage 1985. ISBN 3 7667 07663

[20] Bencsics Attila: *Zaj- és rezgés elleni védelem* Európai Regionális Fejlesztési Alap INTERREG III A Közösségi Kezdeményezés Program Szlovénia–Magyarország–Horvátország Szomszédsági Program ITTKÉSZ – SL-HU-CR/05/4012-106/2004/01/HU-44, 2004 internetes megjelenés: http://ittkesz.regiofokusz.hu/tananyagok/telepulesfejl/6_modul.pdf

[21] BFVT Kft. – Budapest Főváros Önkormányzatának Főpolgármesteri Hivatala Városüzemeltetési Főosztály: *Budapest környezeti állapotértékelése 2014.* internetes megjelenés: http://budapest.hu/Documents/Bp%20K%C3%B6rnyezeti%20%C3%81llapot%C3%A9rt%C3%A9kel%C3%A9se%202014.pdf

[22] Budapest Főváros Főpolgármesteri Hivatal Városépítési Főosztály: *Budapest 2030 Hosszú távú városfejlesztési koncepció* 2013. április BFVT Kft. – Budapest Városépítési Tervező Kft. ISBN 978-963-12-0965-5 internetes megjelenés: http://budapest.hu/Documents/varosfejlesztesi_koncepcio_bp2030/BP2030.pdf

[23] Blanc, Patrick (2008): *Vertical Garden: From Nature to the City.* W. W. Norton & Company New York, London, 2008. ISBN 13-978-0-393-732599-7

[24] Brandwein, Thorwald: Statistisches über Brände mit Kletterplanzen und Startegien zu ihrer Vermeidung internetes megjelenés: http://www.brand-feuer.de/images/e/ea/Statistisches_%C3%BCber_Br%C3%A4nde_mit_Klatterpflanzen_-_Thorwald_Brandwein_10.03.2015.pdf
[25] Carlson, Susan A. - Fulton, Janet E. – Pratt, Michael - Zhou Yang – Adams, E. Kathleen: *Inadequate Physical Activity and Health Care Expenditures in the United States* 2015 internetes megjelenés: https://www.cdc.gov/nccdphp/dnpao/docs/carlson-physical-activity-and-healthcare-expenditures-final-508tagged.pdf
[26] Dela Cruz, M. - Christensen, J.H. - Dyrhauge Thomsen, J. - Müller, R.: *Can ornamental potted plants remove volatile organic compounds from indoor air? — a review*. Environ Sci Pollut Res. (2014) DOI 10.1007/s11356-014-3240-x.
[27] Department for Communities and Local Goverment: *Fire Performance of Green Roofs and Walls* London 2013 ISBN: 978-1-4098-3997-2 internetes megjelenés: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/230510/130819_SW3529R_-_Issue_3_-_Green_Roofs_and_Walls_Project_web_version_v3.pdf
[28] Destaillats, H. - Maddalena, R.L. - Singer, B.C. - Hodgson, A.T. - Mckone, T.E.: *Indoor pollutants emitted by office equipment: a review of reported data and information needs.* Atmos Environ. (2008)42: 1371–1388.
[29] Dr. Dura Gyula – Dr. Pándics Tamás: *Háttéranyag a levegő szállópor szennyezettségének környezetegészségügyi értékeléséhez* internetes megjelenés: http://oki.antsz.hu/files/dokumentumtar/whoguidline-pm.pdf
[30] Európai Közösségek Bizottsága: *Fehér könyv. Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás: egy európai fellépési keret felé* Brüsszel, 2009 internetes megjelenés: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:52009DC0147&from=HU
[31] Európai Közösségek Bizottsága: *Az éghajlatváltozás hatása az emberek, az állatok és a növények egészségére. Bizottsági szolgálati munkadokumentuma, amely a következő dokumentumot kíséri: Fehér könyv. Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás: egy európai fellépési keret felé* Brüsszel, 2009 internetes megjelenés: http://ec.europa.eu/health/ph_threats/climate/docs/com_2009-147_hu.pdf
[32] Finke, Cerstin – Osterhoff, Julia: *Zöld homlokzatok* Cser Kiadó, Budapest 2002.
[33] Gawrońska, H. - Bakera, B.: *Phytoremediation of particulate matter from indoor air by Chlorophytum comosum L. plants.* Air Qual Atmos Health. (2014) DOI 10.1007/s11869-014-0285-4
[34] Dr. Gerzson László - Oláh András Béla: *A zöld építészet tájépítészeti vonatkozásai, eszközrendszere* 4D: Tájépítészeti és Kertművészeti Folyóirat 2012 különszám pp245-257
[35] Hajduk Bianka – Kazi Zsolt – Dr. Takács Lajos Gábor – Tamási Alexandra: *Zöldhomlokzati rendszerek tűzvédelmi kérdéseinek elemzése* (TDK dolgozat, kézirat) 2016 internetes megjelenés: http://tdk.bme.hu/epk/DownloadPaper/Zoldhomlokzati-rendszerek-tuzvedelmi
[36] Dr. med. univ. Haluza, Daniela: *Feinstaubminderung durch begrünte Dächer in Bauwerksbegrünung* Jahrbuch 2010 Verlag Dieter A. Kuberski GmbH pp14-16
[37] Hegedűs András: *Gyümölcs és szőlőfajták* Magyar Kertészeti Árudák Egyesülete Budapest, 2015
[38] Hoch, E.: *Növényzettel fedett tetők kialakításának elmélete és gyakorlata* Építővilág 1989. 6.sz. ISSN 0238-5473 p47-49
[39] Hüfting, Gerda – Jäger-Ktazmann, Sophie – Pendl, Manfred – Tributsch, Ingrid: *„Ein Pflanzenmantel für ein ausgeglichenes Klima“ - Ein Leitfaden für die Fassadenbegrünung* “die umweltberatung” Wien Themenbereich Grünraum und Garten November 2009 internetes megjelenés: http://images.umweltberatung.at/htm/leitfaden_fassadenbegruenung.pdf
[40] Irwin, G. - Irwin, A.G.: *Vegetation support system* US 7,921,599 B2. (2011)
[41] Dr. Lányi Erzsébet: *A környezettudatos építészet és műszaki eszközei* (PhD értekezés, kézirat) 2011. szeptember internetes megjelenés: https://repozitorium.omikk.bme.hu/bitstream/handle/10890/1075/ertekezes.pdf?...1...
[42] Dr. Kakasy László – Bakonyi Dániel: *Ragasztott kerámia homlokzatburkolatok meghibásodásainak épületfizikai és épületszerkezeti elemzése* in VI. Épületszerkezeti Konferencia – Homlokzatok, forma és szerkezet Budapest 2015. 11. 24. BME Épületszerkezettani Tanszék kiadványa, szerk.: Pataky R. – Horváth S., Budapest 2015. ISBN 978-963-313-215-9 pp58-68
[43] Koroknai Judit – Pataky Rita – Kaprinyák Tünde – Fári Miklós Gábor: *Napfényes helyyen, HIB modulokban elhelyezett dísznövények nyári vízháztartásának értékelése* Kertgazdaság 2015 47:(2) pp25-34 ISSN 1419-2713

[44] Koroknai Judit – Pataky Rita – Kaprinyák Tünde – Fári Miklós Gábor: *HIB Zöldfal modulok vízháztartásának értékelése II. Szobanövény-összeállítás vizsgálata árnyékolt kültérben* Kertgazdaság: A Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem A Magyar Kertészeti Tanács és A Magyar Kertészeti Tudományos Társaság Szakfolyóirata 48:(3) Pp. 76-83. (2016)

[45] Köhler, Mansfred (Hrsg.) (2012): *Handbuch Bauwerksbegrünung. Planung – Konstrukion – Ausführung*. Rudolf Müller Verlag, Köln 2012 ISBN 978-3-481-02968-5

[46] Kursche, Per –Althaus, Dirk – Gabriel, Ingo – Weig-Kursche, Maria: *Ökologisches Bauen* Bauverlag GmbH Wiesbaden und Berlin 1982 ISBN 978-3528016753

[47] Prof. Dr.-Ing. Mahabadi, Mehdi et al.: *Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen* FLL Forscungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. – FLL Bonn 2000. ISBN 3-934484-50-6

[48] Mika János: *A Globális klímaváltozás és a városi hősziget összefüggései* in Fenntartható fejlődés, Élhető régió, Élhető települési táj 1. kötet (szerk.: Kerekes Sándor – Jámbor Imre) Budapesti Corvinus Egyetem Budapest 2012. ISBN 978-963-503-504-5 pp139-155

[49] Miniszterelnökség, Építészeti és Építésügyi Helyettes Államtitkárság Területrendezési és Településügyi Főosztálya: *Módszertani útmutató a zöldinfrastruktúra fejlesztési és fenntartási akcióterv készítéséhez 1.0. Változat, 2016. április Top-2.1.2-15/6.3.2-15 zöld város kialakítása felhíváshoz* internetes megjelenés: http://www.kosz.hu/upload/content/H%C3%ADrlev%C3%A9l/M%C3%B3dszertan_Z%C3%B6ld%20Infrast_%20Akci%C3%B3tervhez.pdf

[50] Minke, G. - Witter, G.: *Häuser mit grünem Pelz – Ein Handbuch zur Hausbegrünung*. Verlag Dieter Fricke GmbH 1983. 3-88184-062-1

[51] Mrekvicskáné Németh Aranka – Ongjerth Richárd – Radnóczi Péter (koordinátorok): *Pro Verde! Budapest zöldfelületi-rendszerének fejlesztési koncepciója és programja* 2006. május 31. internetes megjelenés: http://romaifurdote.hu/aas_szoveg/file/182_pro_verde.pdf

[52] Orwell, R.L. - Wood, R.L. - Tarran, J. - Torpy, F. - Burchett, M.D.: *Removal of benzene by the indoor plant/substrate microcosm and implications for air quality.* Water Air Soil Pollut. (2004)157: 193–207.

[53] Pataky Rita: *Bioépítészet: építkezés a természet anyagaival* Országos Műszaki Információs Központ Környezetvédelmi Füzetek 22. 1994

[54] Pataky Rita: *Növényzettel telepített falszerkezetek* Építés Felújítás 1997 4:(3) HU ISSN 1217-5366 pp27-30

[55] Pataky Rita: *Gondolatok az ökologikus építésről* Építési Piac (ISSN: 1218-0084) XXXII: (6) pp. 2-5. (1998)

[56] Pataky Rita: *The Rool of Green Roofs and Green Facades in Reconstructions* Zborník z konferencie s medzinárodnou úèast'ou -Poruchy a obnava obvodových plastov a striech, Technická universita v Kosiciach – Stavebná fakulta Dom techniky Kosice (april 2010) p. 175-180.

[57] Pataky Rita: *Növényzet, mint burkolat* in I. Épületszerkezeti Konferencia – Gábor László professzor születésének 100. évfordulója tiszteetére Budapest 2010. 11. 25. BME Épületszerkezettani Tanszék kiadványa, szerk.: Pataky R. – Horváth S., Budapest 2010. ISBN 978-963-313-017-9 pp58-63

[58] Pataky Rita: *Zöldhomlokzatok és szabályozás* Magyar Építéstechnika (ISSN: 1216-6022) 48: (11) pp. 18-19. (2010)

[59] Pataky Rita: *Zöldhomlokzatok szerkezeti megoldásai* (szakdolgozat, kézirat) BME Épületszigetelő Szakmérnöki Szak 2011.

[60] Pataky Rita: *Irányzatok különbözősége, azonossága* in III. Épületszerkezeti Konferencia – A környezettudatos építés szerkezetei Budapest 2012. 11. 24. BME Épületszerkezettani Tanszék kiadványa, szerk.: Pataky R. – Horváth S., Budapest 2012. ISBN 978-963-313-067-4 pp16-18

[61] Pataky Rita: *Kúszónövények az élhetőbb városért* Magyar Építéstechnika (ISSN: 1216-6022) 2016: (7-8) pp. 24-28. (2016) internetes megjelenés: http://www.magyarepitestechnika.hu/index.php/2016-7-8/3460-kuszonoevenyek-az-elhetobb-varosert

[62] Pataky Rita: *Outline of the Design and Functioning of Green Shading Systems, Compared to Industrial Products* Periodica Polytechnica-Architecture (ISSN: 0324-590X) (eISSN: 1789-3437) 47: (1) pp. 30-40. (2016) *DOI: 10.3311/PPar.8913*

[63] Pataky Rita: *Erzsébetvárosi tűzfalon zöldhomlokzat kialakítása – 2016.* Tanulmányterv

[64] Pataky Rita: *Kúszónövényekkel kialakított zöldhomlokzatok a zöldinfrastruktúra* részeként in VII. Épületszerkezeti Konferencia – Különleges épületek, különleges szerkezetek Budapest 2016. 11. 22. BME Épületszerkezettani Tanszék kiadványa, szerk.: Horváth S., Budapest 2016. ISBN 978-963-313-240-1 pp112-126

[65] Pataky Rita: *Zöldhomlokzatok szempontrendszereken alapuló rendszerezése* in VII. Épületszerkezeti Konferencia – Különleges épületek, különleges szerkezetek Budapest 2016. 11. 22. BME Épületszerkezettani Tanszék kiadványa, szerk.: Horváth S., Budapest 2016. ISBN 978-963-313-240-1 pp128-153
[66] Pataky Rita – Koroknai Judit – Fári Miklós Gábor: *Zöldhomlokzatok kúszónövényekkel* Magyar Építőipar LXVI. évfolyam 2016. 1. szám pp28-33 ISSN 0025-0074 doi 10.17168/MIEP2016.66.28
[67] Pál János (szerk.): *A városok zöldítésének lehetőségei - hallgatói tanulmányok* Levegő Munkacsoport, Lélegzet Alapítvány Budapest, 2008 internetes megjelenés: http://www.levego.hu/kiadvanyok/a_varosok_zolditesenek_lehetosegei_a_szent_istvan_egyetem_kornyezet_es_tajgazdalkodasi_in
[68] Pál János: *Zöldtetők és zöldhomlokzatok* (tanulmány) Lélegzet Alapítvány Levegő Munkacsoport internetes megjelenés: http://www.levego.hu/kiadvanyok/zoldtetok_es_zoldhomlokzatok_tanulmany
[69] Pongrácz Rita – Bartholy Judit (szerk.): *Alkalmazott és városklimatológia* Eötvös Lóránd Tudományegyetem, 2013 internetes megjelenés: http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/AlkalmazottEsVarosklimatologia/book.pdf
[70] Radó Dezső: *A növényzet szerepe a környezetvédelemben* Zöld Érdek Alapítvány – Levegő Munkacsoport Budapest, 2001 ISBN 963 00 6536 3 internetes megjelenés: http://vmek.oszk.hu/01200/01214/01214.pdf
[71] Reis Frigyes: *Az épületakusztika alapjai. Épületek akusztikai tervezésének gyakorlata* TERC Budapest, 2003. ISBN 963 86303 6 1
[72] Retkes József – Tóth Imre: *Lombos fák és cserjék* Nyugat-dunántúli Díszfaiskolások Egyesülete Budapest, 2015
[73] Schmidt Gábor - Tóth Imre: *Kertészeti dendrológia* Mezőgazdasági Kiadó, BCE KETK Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék, Budapest, 2006
[74] Szabó Zoltán: *A városi természet értékelése a Terézvárosban*. Lélegzet Alapítvány 2008 internetes megjelenés: http://www.levego.hu/kiadvanyok/a_varosi_termeszet_ertekelese_a_terezvarosban
[75] Szalai Dóra – Kis Máté – Bakonyi Dániel – Dr. Dobszay Gergely – Pataky Rita – Dr. Magyar Zoltán: *Egy mérőállomás felhasználása zöldárnyékolóval takart üvegfelületek mögötti hőkomfort mérésére* (kézirat, TDK) 2016 internetes megjelenés: http://tdk.bme.hu/EPK/DownloadPaper/Egy-meroallomas-sokretu-felhasznalasa
[76] The City of New York –Bloomberg, mayor Michael B.: *PlaNYC – A stronger, more resilient New York* 2013 internetes megjelenés: http://s-media.nyc.gov/agencies/sirr/SIRR_singles_Lo_res.pdf
[77] Tóth Imre: *Lomblevelű díszfák és díszcserjék kézikönyve* Tarkavirág Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. Dunaharaszti, 2012
[78] Valló László: *Alakfa a házfalon* internetes megjelenés 2009.11.01.: http://www.szabadfold.hu/kertunk/alakfa_a_hazfalon
[79] Wargocki, P. - Wyon, D.P. - Sundell, J. - Clausen, G. - Fanger, P.O.: *The effects of outdoor air supply rate in an office on perceived air quality, sick building syndrome (SBS) symptoms and productivity*. Indoor Air. (2000)10: 222–236.
[80] Dipl-Ing. Wolter, Sebastian: *Betrachtungen zum ökolgischen Nutzen von modernen Fassadenbegrünungen* in Bauwerksbegrünung Jahrbuch 2010 Verlag Dieter A. Kuberski GmbH pp86-89
[81] Wolverton, B. C. – Douglas, Willard L. – Bounds Keith: *A study of interior landscape plants for indoor air pollution abatement* NASA, 1989 internetes megjelenés: https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19930072988.pdf
[82] Wong, Nyuk Hien Tan, Alex Young Kwang – Tan, Puay Yok – Chiang, Kelly – Wong, Ngian Chung: *Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls* Building and Environment 45 (2010) pp411–420
[83] Yu, B.F. - Hu, Z.B. - Liu, M. - Yang, H.L. - Kong, Q.X. - Liu, Y.H.: *Review of research on air-conditioning systems and indoor air quality control for human health*. Int. J. Refrig. 2009 32: 3–20.
[84] www.greenwall.pro
[85] http://www.helix-pflanzensysteme.de



12. Vonatkozó jogszabályok jegyzéke

1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről

1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről

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

54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról (OTSZ)

7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról

A belügyminiszter 20/2014. (III. 7.) BM rendelete az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet módosításáról

191/2009. (IX. 15.) Korm. rendelet az építőipari kivitelezési tevékenységről

2009. szeptember 16-i 2009/104/EK irányelv a munkavállalók által a munkájuk során használt munkaeszközök biztonsági és egészségvédelmi minimumkövetelményeiről (második egyedi irányelv a 89/391/EGK irányelv 16. cikkének (1) bekezdése értelmében) (kodifikált változat) (EGT-vonatkozású szöveg)

1989. november 30-i 89/656/EGK irányelv a munkavállalók által a munkahelyen használt egyéni védőeszközök egészségvédelmi és biztonsági minimumkövetelményeiről (harmadik egyedi irányelv a 89/391/EGK irányelv 16. cikk (1) bekezdése értelmében)

Az Európai Parlament és a Tanács 2016. március 9-i 2016/425/EU rendelete az egyéni védőeszközökről és a 89/686/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről

1992. június 24-i 92/57/EGK irányelv az időszakos vagy helyileg változó építkezések biztonsági és egészségvédelmi minimumkövetelményeinek végrehajtásáról (nyolcadik egyedi irányelv a 89/391/EGK irányelv 16. cikkének (1) bekezdése értelmében)

2000. évi LXXX. törvénnyel kihirdetett 167. számú Egyezmény a munkavédelemről (építőipar), 1988

4/2002. (II.20.) SzCsM-EüM együttes rendelet az építési munkahelyeken és az építési folyamatok során megvalósítandó minimális munkavédelmi követelményekről

11/2003. (IX.12.) FMM rendelet az ipari alpintechnikai tevékenység biztonsági szabályzatáról

3/2002. (II.8.) SzCsM-EüM együttes rendelet a munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről

10/2016. (IV. 5.) NGM rendelet a munkaeszközök és használatuk biztonsági és egészségügyi követelményeinek minimális szintjéről

65/1999. (XII. 22.) EüM rendelet a munkavállalók munkahelyen történő egyéni védőeszköz használatának minimális biztonsági és egészségvédelmi követelményeiről

18/2008. (XII. 3.) SZMM rendelet az egyéni védőeszközök követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról

Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai (MSZ EN 1990:2011)

MSZ EN 1991-1-2:2005 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-2. rész: Általános hatások. A tűznek kitett szerkezeteket érő hatások

MSZ EN 1991-1-3:2016 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-3. rész: Általános hatások. Hóteher

MSZ EN 1991-1-4:2005/A1:2011 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-4. rész: Általános hatások. Szélhatás

MSZ EN 1991-1-5:2005 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-5. rész: Általános hatások. Hőmérsékleti hatások

MSZ EN 1993-1-1:2005/A1:2015 Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok

MSZ EN 1993-1-1:2009 Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok

MSZ EN 1993-1-2:2013 Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése. 1-2. rész: Általános szabályok. Szerkezetek tervezése tűzhatásra

MSZ EN 1993-1-8:2012 Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése. 1-8. rész: Csomópontok

MSZ EN 1995-1-1:2004/A2:2015 Eurocode 5: Faszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános szabályok. Közös és az épületekre vonatkozó szabályok

MSZ EN 1995-1-2:2013 Eurocode 5: Faszerkezetek tervezése. 1-2. rész: Általános szabályok. Szerkezetek tervezése tűzhatásra

MSZ EN 1999-1-1:2007/A2:2014 Eurocode 9: Alumíniumszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános szabályok

MSZ EN 1999-1-2:2007 Eurocode 9: Alumíniumszerkezetek tervezése. 1-2. rész: Tervezés tűzterhelésre

A Zöldinfrastruktúra füzetek sorozatban megjelent:
1. Vízáteresztő burkolatok


BUDAPEST
A VÁROS, AMELY EGYESÍT