

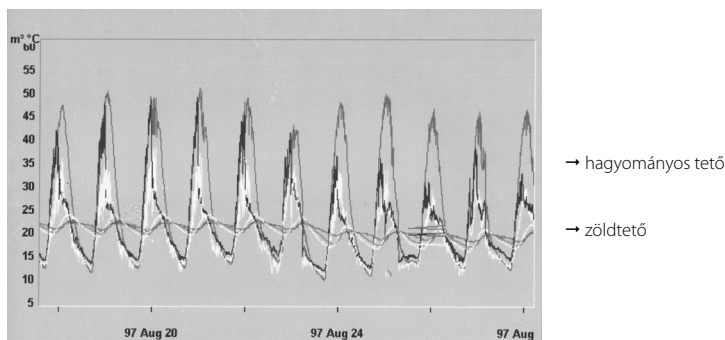
# ZÖLDTETŐK FEJLESZTÉSI KÉRDÉSEI ÉS LEHETŐSÉGEI A FENNTARTHATÓSÁG JEGYÉBEN

*Oláh András Béla*

## Bevezetés

Napjaink nagyvárosi zöldfelületeinek tárgyalásakor immár nem lehet figyelmen kívül hagyni a zöldtetőket ([www.greenroofs.com](http://www.greenroofs.com)). A zöldtetők definíciójuk szerint olyan tetők, tetőelemek, amelyek vegetációval borítottak és szerkezetük szervesen integrálódik az épületszerkezetbe (vagyis ha például egy teraszt teljesen beborítunk cserepes növényekkel, attól az még nem lesz zöldtető). A zöldtetők legnagyobb előnye paradox módon nem az, amelyet a városi zöldfelület jelent, vagyishogy lazítja a város szerkezetét, redukálja a negatív klimatikus hatásokat, illetve helyet ad a rekreációnak, hanem éppen ellenkezőleg, mint tetőtípus az adott épületre illetve annak szerkezetére és belső klímájára hat leginkább.

Az épületre gyakorolt pozitív hatás rendkívül sokrétű: egyrészt mechanikailag is védi az épületet, másrészt a vízszigetelés biztosítja, hogy felülről semmilyen nedvesség nem éri el az épület tartószerkezetét, harmadszor pedig a sok réteg, amely szükséges egy zöldtető esetében rendkívül jó hőszigetelést biztosít az épület számára. Ez utóbbi tényező nem csupán az épületszerkezet védelme és élettartama szempontjából hatékony, hanem egyúttal jelentős klimatizáló hatást jelent a zöldtető alatti belső terek esetében, mely így mind a téli, mind pedig a nyári energiafogyasztást jelentősen mérsékeli, így mindenképpen javítja az épület fenntarthatóságát és energiahatékonyágát (*Niachou et al., 2001*). Az 1. ábra jól illusztrálja a fenti klimatikus hatást, amely hagyományos lapostető és zöldtető napi hőmérséklete kerül.



1. ábra Zöldtetők és hagyományos lapostetők hőmérsékletének napi menete

Forrás: *Prekuta János* által végzett zöldtetős mérések (1997. aug. 20.)

## A zöldtető, mint épületelem egyedi tulajdonságai

A zöldtetők épületszerkezeti elemként megkerülhetetlen tulajdonság, hogy hely specifikusak. Az építészet mindig is hely specifikus volt, a népi építészet pedig még ma is az, hiszen az adott földrajzi, klimatikus környezet általi kihívásokra kellett megfelelni a belső terek lehatárolásakor. Ennek megfelelően az első építészeti trendek is jellemzően egy kontinensen belül és elsősorban olyan szakrális jellegű épületek esetében voltak fontosak, ahol az élnéliség, a belső tér klímája másodlagos volt a szakrális funkció mellett. A későbbiekben a nem szakrális lakóépületek is eme építészeti stílusok képviselői lettek (reneszánsz és barokk kastélyok), azonban az emberek túlnyomó többsége még ekkor is olyan épületekben élt, melyek a népi építészet művei voltak. Nagy változást az Ipari Forradalom (*Elliott, 1992*) a városi életforma terjedése és a funkcionális városnegyedek kialakulása hozott. A csúcspont ezen folyamat a XX. sz. során érte el, mikor a modernizmus, illetve az épületgépészeti forradalom, valamint a technikai fejlődés lehetővé tette az építészeti stílusok, az építészet globalizálódását (Kanadában éppúgy üveghomlokzatú, légkondicionált vasbeton szerkezetű épületeket emelnek, melyek teljes légterükben légkondicionáltak, mint akár Dél-Amerikában, vagy Délkelet-Ázsiában, holott a környezeti kihívások, melyeknek meg kell felelniük, teljesen mások). Eme folyamat rövid áttekintése azért is nagyon fontos, mivel látatja, hogy a zöldtetők követelménye nem egy különleges probléma az építészetben belül, hanem csupán az Ipari Forradalom következtében kialakult mai építészet tükrében tűnik egyedi megoldandó feladatnak. A népi építészet (*Brunskill, 2000*) esetében nem csupán ezen különleges tetőtípus, hanem az épületnek minden egyes eleme megköveteli, hogy az adott helyi környezethez igazodjék.

A zöldtető, mint definíciója is mutatja, vegetációval borított. A vegetáció pedig teljes mértékben éghajlat specifikus elem. Így a zöldtetők tervezésénél mindezt nem lehet figyelmen kívül hagyni (a beton, az acél és az üveg lehet ugyanaz Kanadában és Brazíliában, azonban az épületre telepített növényzet már nyilvánvalóan nem). Továbbá az épület közvetlen környezetében egyedi mikroklimát teremt, amely erősen megváltozik akár az épület körüljárásával (északi versus. déli oldal). Ennek figyelembevétele elengedhetetlen életképes zöldtető tervezésekor. További felmerülő körülmény, pedig a környezeti adottságok mesterséges megváltoztatása, elsősorban a vegetációval borított tető vízellátásának javítása, öntözése. Alapvetően ez vezetett a zöldtetők két nagyobb csoportba történő osztásához. Az egyik az ún. extenzív, a másik pedig az ún. intenzív zöldtetők csoportja (*Getter-Rowe, 2006*). A első csoport a nem rendszeresen öntözött, míg a második a rendszeresen öntözött zöldtetőket foglalja magában. Ez a beosztás csupán bizonyos klimatikus övezetekben, elsősorban mérsékelt égövi, kontinentális, mediterrán éghajlatú országokban értelmezhető. Nyilvánvaló, hogy óceáni, illetve trópusi esőerdei klíma esetén minden zöldtető extenzív, hiszen az ottani csapadékviszonyok mellett egyik növény, még a fa sem szorul mesterséges öntözésre. Ugyanakkor sivatagi, félsivatagi környezetben öntözés nélkül nem lehet vegetációról beszélni. Tehát ezen felosztásnak csak bizonyos éghajlati övekben (például a hazánkra jellemző mérsékelt övi kontinentális övben) van értelme.

## A magyarországi zöldtetők

A továbbiakban áttekintjük a magyar viszonyokra jellemző fogalmakat, az itthoni szabályozást, illetve, hogy az itthoni zöldtető építési gyakorlatot milyen irányba lehet továbbfejleszteni, természetesen úgy, hogy a fenntarthatósági kritériumok ne csorbuljanak. Az itthoni szabályozás (253/1997. (XII. 20.) Korm. Rendelet) ismeri az extenzív és az intenzív zöldtető fogalmát, azonban ezen fogalmak meghatározásakor elkövet néhány alapvető hibát. Az intenzív zöldtető a hatályos magyar jogszabályok szerint minimum 30 cm vastag ültetőközeggel rendelkezik és rendszeresen öntözött. Az extenzív zöldtető pedig maximum 15 cm vastag ültetőközeggel rendelkezik, és nem öntözik rendszeresen. A meghatározás azonban pontatlan. Helyesebben a zöldtetők „jóságának” egzakt mérése a kívánatos, mint ahogy ennek lehetőségéről a későbbiekben részletesen lesz szó.

További megoldandó probléma a fenntarthatóság, mert a hagyományos zöldtető felosztás egyúttal éles választóvonalat jelent a fenntarthatóság szempontjából is. Az intenzív zöldtetők, amelyek rendszeres öntözést igényelnek, nem tekinthetők fenntarthatónak, hiszen azon előnyök, melyeket az épületen elhelyezkedő vegetáció jelent, nem tudják kiküszöbölni azokat a hátrányokat, melyeket az öntözővíz épület tetejére juttatásának és a zöldfelületre történő kijuttatásának megnövekedett energia- és vízigénye jelent. Ennek következtében csak és kizárólag az extenzív zöldtetők tekinthetők fenntarthatóaknak (Getter–Rowe, 2006).

Az extenzív zöldtetők Magyarországon jellemzően ún. sedumtetők (varjúhájfélék), melyek pozsgás növényekkel borítottak. Ezek jellemzője a rendkívüli szárazságtűrés, illetve képesek kiszáradni de a következő nagyobb csapadék után újra beindítják életfolyamataikat. Így tehát ideálisak zöldtetőre, valamint eredeti élőhelyük folytán rendkívül vékony talajréteget (jellemzően a magyar szabályozásban szereplő vastagságút) igényelnek. Hátrányuk azonban pont ezen előnyükből következik. Mivel ilyen nagymértékben specializálódtak a szélsőségesen száraz viszonyokhoz ezért biológiai aktivitásuk, párologtató, vízmegtartó képességük meglehetősen korlátozott nagyobb csapadékmennyiség esetén. Ugyanakkor elfogatott tényként kezeli a szakma, hogy a magyar éghajlati körülmények között a csak és kizárólag ezek az ún. sedumtetők alkalmazhatóak extenzív zöldtetőként.

*A célunk feltárni azokat a fejlesztési lehetőségeket, amelyek meg tudják növelni a fenntartható (extenzív) zöldtetők biológiai aktivitását és vízmegtartó képességét, valamint olyan módszereket találni, amelyek javítják a zöldtető, mint építészeti eszköz tulajdonságait. Továbbá ami talán a legfontosabb, olyan módszert találni, melynek segítségével a zöldtetők egzaktul mérhetővé, összehasonlíthatóvá válnak.*

## Növényalkalmazási alternatívák extenzív zöldtetőkön

Először egy mindenki által tényként elfogadott állítást szükséges megcáfolnunk azt, hogy Magyarországon csak és kizárólag a pozsgások (varjúhájfélék) alkalmasak vegetációs borításra, mivel a rendkívül vékony talajréteg, a csapadékvíz azonnali elvezetése és a magyarországi klíma (ahol olykor több mint egy hónapig nincsen csapadék) nem teszi lehetővé másfajta növényzet alkalmazását. A természetben azonban több példát is találunk, amely

mindezt cáfolja. Egyrészt célszerű megemlíteni a mediterrán környezetben honos fás szárú növényeket, melyek képesek arra (legalábbis a mostohább élőhelyeken), hogy több hónapon keresztül elviseljék a csapadék hiányát. Továbbá ezen növények jelentős része olyan talajon él, ahol nincsen talajvíz. Magyarországi alkalmazáskor itt a fagyérzékenység lehet a legfőbb probléma. Ilyen növények például a különböző ciprus fajok (*Cupressus* sp.) és a szárazságtűrő borókák (*Juniperus* sp.), illetve a cédrusok (*Cedrus* sp.). A másik ilyen példa a magyarországi karsztbokorerdők (*Fekete-Jakucs, 1957*). Az itteni talaj- és lefolyásviszonyok kísértetiesen hasonlóak, mint a zöldtetők esetében. Tehát a termőréteg nagyon vékony, a csapadékvíz nagy része gyorsan lefolyik a területről és nincsen elérhető talajvíz. Ennek ellenére, mint neve is mutatja, életképes fás szárú társulások élnek ezeken a területeken a hazai klimatikus körülmények között. A speciális, szárazság és melegtűrő, karsztbokor növények így probléma nélkül alkalmazhatóak lehetnek extenzív fenntartású zöldtetőkön is. Ilyen növények a molyhos tölgy (*Quercus pubescens*), a virágos kőrís (*Fraxinus ornus*) illetve a csereszömörce (*Cotinus coggygria*). Telepített fajként nagyon életképesnek bizonyult a feketefenyő (*Pinus nigra*) magyarországi dolomit kopárokon (1. fotó).



1. fotó Jellemző karsztbokorerdő Magyarországon

A harmadik jó példa pedig a belső-ázsiai hegységek, régiók növényzete. Itt a jellemző csapadék általában szilárd halmazállapotú, vagyis nem felvehető formájú, a nyári időszakban pedig rendkívül kevés csapadék hull. Ezen körülmények között is élnek fás szárú növények, talajtakarók, illetve kisebb fává megnövő cserjék. Az itteni erdős területeken a talajréteg ugyanúgy rendkívül vékony, ha nem még vékonyabb, mint a magyarországi karsztbokorerdők esetében. Így az ilyen körülmények között élő fajok magyarországi extenzív fenntartású zöldtetőkön történő alkalmazása mindenképpen kívánatos lenne. Ilyen fajok például a szakszaul cserje (*Haloxylon ammodendron*) (2. fotó), illetve a himalájai boróka talajtakaró fajtája (*Juniperus squamata* Blue Carpet).



2. fotó Szakszaul cserje az eredeti élőhelyén

A fentiek fényében lehetőség nyílik a magyarországi extenzív zöldtetők progresszív továbbfejlesztésére. Célszerű a fenti tágtűrésű, elsősorban cserje termető fajokból talajtakaró fajtákat alkalmazni, amelyek így ugyanúgy teljes borítást adnak, mint a varjúháj-félék, vagy a gyepfelületek, azonban azok hátrányai (alacsony biológiai aktivitás, illetve nyírás és öntözési igény) nélkül. Továbbá célszerű örökzöld növényeket alkalmazni, így télen is érvényesülnek a lombtakarás pozitív hatásai. Örökzöld talajtakaró cserje esetében gyakorlatilag egy plusz hőszigetelő levegőréteg kerül a talaj fölé, amely a zöldtető hőszigetelő képességének további jelentős javulását eredményezi. A tágtűrésű növények alkalmazása alapvető, hiszen sekély termőrétegbe ültetett növénytakaróról van szó, amelyből a vizet nagyon gyorsan elvezetik. Ugyanakkor rendkívül fontos, hogy minél több vizet tartson meg a növényzet, illetve az adott körülményekhez képest a lehető legjobb legyen a párologtató képessége és a lehető legnagyobb a biológiai aktivitása.

### **Az ültetőközeg fejlesztési lehetőségei**

A fejlesztési további lehetősége a zöldtetők ültetőközege. Az ültetőközeg anyaga napjainkra elképesztően változatos, általánosan elmondható, hogy a követelményeket rendkívül sokféle módon, olykor egészen furcsa anyagok felhasználásával (pl. Ytong őrlemény) lehet kielégíteni. Ezen követelmények a következők: alacsony súly (épület statikai szempontjai), alacsony szervesanyag tartalom (gyommentesség), jó szerkezetartó képesség (problémás talajlazítás). Épp ezért bármiféle ilyen irányú szabályozás csupán egy bizonyos gyártó cég érdekeit képviselné, nem jelente semmilyen pozitív változást a zöldtető építésben. Azonban célszerű ajánlásokat tenni és az innovatív megoldásokat keresni ilyen téren is. A következőekben egy ilyen megoldást vázolunk fel. Az ültetőközegекnél a fent említett szempontok voltak eleddig kizárólagosak, azonban,

mivel a zöldtető épületszerkezeti elem is, ezért érdemes más szempontokat is figyelembe venni. Az egyik ilyen a hőszigetelő képesség javítása. A nagyon sokféle keverékbe különböző adalékokat lehet keverni, hogy valamely tulajdonságot (súly, szerkezetartó, hőszigetelő képesség) javítsák. Manapság már köztudott, hogy van egy falfestékhez keverhető por állagú adalék, mely jelentősen javítja a hőszigetelő képességét (<http://www.hytechsales.com>). Alapvetően egy kerámia porról van szó, ahol a kerámia porszemcsék belsejében vákuum van, ez az oka a különösen jó hőszigetelő képességének (4. fotó). Egy ilyen por állagú adalékot az ültetőközeg felső rétegébe keverve a zöldtető hőszigetelő képessége csaknem tetszőleges mértékben javítható. Összevetve mindezt a rendkívül magas hőkapacitással, amely a növények, az ültetőközeg és a felületszivárgó lemez víztartalmának köszönhető, hőtechnikai szempontból az ilyen zöldtető nagyságrendekkel jobb, mint bármilyen más födém, vagy homlokzati hőszigetelési megoldás.



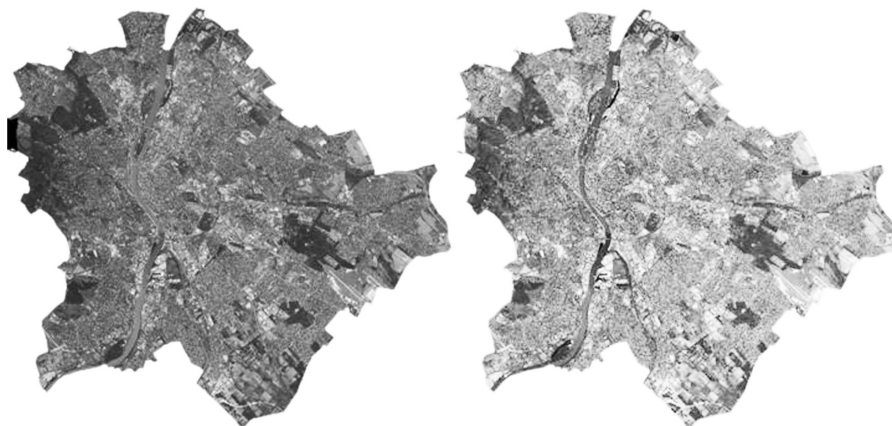
4. fotó Hőszigetelő kerámia festékadalék

### **A zöldtetők és más zöldfelületek környezetükre gyakorolt hatásának egzakt mérési, összehasonlítási lehetősége**

Az egyik legfontosabb kérdés zöldtetők és általában zöldfelületek esetében a mérhetőség. Különböző zöldfelületi szabványok léteznek különböző országokban és a zöldtetők szabályozása is ezekhez hasonló, azonban ezeknek a tudományos megalapozottsága igencsak kétséges. Jobbára a zöldfelület kialakítására, annak mennyiségi mutatóira (növények tőszáma, ültetőközeg vastagsága stb.) vonatkoznak a szabványok, a zöldfelület további léte, fenntartási minősége azonban például teljesen irreleváns azoknak a további megítélésében. Ugyanakkor az eltérő zöldfelületek így nem is igazán vethetőek össze a különböző szerkezeti és tápanyag-, illetve víz ellátottsági jellemzők miatt.

Ezen problémára kínálkozik megoldásnak a távérzékeléses (jellemzően műholdas) vegetációs index mérések használata. Ezek lényege a növényzet különböző hullámhosszú elektromágneses sugárzás visszaverő képessége. Az ún. NDVI (normalizált differenciált vegetációs index) értékeket is ilyen módon származtatják távérzékelési adatokból (Carlson–Ripley, 1997). A rövid hullámhosszú infravörös sugárzást az egészséges növényzet csaknem teljes mértékben visszaveri, míg a látható vörös fényt pedig elnyeli. Így ezen kétfajta sugárzás normalizált értékeinek különbsége pontosan meghatározza, hogy mennyi az adott terület biológiai aktivitás indexe. Ez az érték egzakt

mérőszáma annak, hogy az adott vegetáció mekkora biológiai aktivitással rendelkezik. A műholdas szenzorok által készített felvételekből csupán durvább felbontású (30 m) NDVI eloszlás térképek állíthatók elő, azonban ha ugyanezen spektrumú felvételeket légifelvételéssel állítják elő (5. fotó), akkor 1 m-es felbontás érhető el.



5. fotó Az NDVI érték számításához szükséges különböző spektrumú felvételek

Az ily módon előállítható NDVI felvételek jelentősége rendkívüli a zöldfelületi tervezésben. A nagy pontosságú felbontás lehetővé teszi, hogy minden egyes növényvel borított négyzetméterhez rendelhessünk egy index paramétert, melynek segítségével bármely két ilyen növényzettel borított egy négyzetméteres nagyságú terület összehasonlíthatóvá válik. Mindez alapvetően átrendezheti a zöldfelületi szabályozás rendszerét, hiszen ahelyett, hogy a zöldfelület kiinduló telepítési adatait és az ad hoc szerűen elvégzett helyszíni felméréseket vennénk alapul, ezen egzakt mérési módszert lehet alkalmazni, melynek segítségével bármely két zöldfelület, legyen annak bármilyen eltérő a szerkezete, egzakt módon összehasonlíthatóvá válik a biológiai aktivitásuk szempontjából. Ily módon csupán egy-egy légi felvételezéssel a zöldfelületek állapota, és biológiai aktivitásának változása mindig pontosan meghatározható az adott évre. Mindez egyúttal kizárja a jelenlegi szabályozások pontatlanságából adódó csalási lehetőségeket (pl. a biológiai aktivitás pusztán papíron történő növelése azáltal, hogy egy gazdasági célú erdőt véderdővé minősítenek át).

### **Következtetések**

Összességében elmondható, hogy a zöldtetők fejlesztésében még nagyon sok a kiaknázatlan potenciál. Az egyik legjelentősebb, hogy a *megfelelően választott növényekkel az extenzív zöldtetők is intenzív zöldtetőkhöz hasonló biológiai aktivitásra és vízvisszatartó képességre alakíthatók*, mint az intenzív zöldtetők és akár használati értékük (tetőkertként, közparkként) is igen jelentőssé válhat.

A másik jelentős fejlesztési lehetőség az *ültetőközeg összetevők megfelelő adagolásával* érhető el, itt az igazi eredmény, hogy a talajkeverék minőségét nem csupán, mint a növény életét biztosító közeget, hanem, mint épületszerkezeti elemet is tekintjük és ennek megfelelően a fejlesztések nem csupán a növények minél jobb körülményeit, hanem az *épületfizikai tulajdonságok javítását is eredményezhetik*.

Végezetül pedig talán a legfontosabb eredmény, amely nem csupán a zöldtetőket, hanem minden városi zöldfelületet is érint, az hogy lehetőség nyílik egy olyan vegetációs index elemzésre, amely technikailag légifelvételvezést, melynek segítségével *minden egyes vegetációval borított négyzetméterről egzaktul meghatározható az adott felület növényi minőségét jellemző ún. NDVI érték*. Ily módon az adott növényzet környezetre gyakorolt hatásának értéke meghatározható és minden zöldfelület összehasonlítható biológiai aktivitás szempontjából. Az eljárást részletes kidolgozása, annak a település-építészeti és zöldfelületi szabályozásba történő alkalmazása mindenképpen ajánlatos.

## **Köszönetnyilvánítás**

Ezen cikk elkészítését a TÁMOP 4.2.1./B-09/01/KMR-2010-005 számú projekt tette lehetővé.

## **IRODALOMJEGYZÉK**

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

Brunskill, R., W. (2000): Illustrated Handbook of Vernacular Architecture (4th Ed.). 1995-2012 LAVOISIER S.A.S.

Carlson, T., N., Ripley, D., A. (1997): On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. Remote Sensing of Environment Volume 62, Issue 3, December 1997, Pages 241–252

Elliott, C., D. (1992): Technics and Architecture The Development of Materials and Systems for Building. ISBN-10: 0-262-05045-5

Fekete, G., Jakucs, P.(1957): Néhány karsztbokorerdő-faj elterjedési adatainak katalógusa Magyarországról. Annales historico-naturales Musei nationalis hungarici ISSN: 0521-4726 Volume: 49 (8), Bibliotheca Kiadó, Budapest 181-195.

Getter, K., L., Rowe, D., B. (2006): The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development Kristin L. Getter and D. Bradley Rowe HortScience 41(5): 1276-1285.

Niachou, A., Papakonstantinou, K., Santamouris, M., Tsangrassoulis, A., Mihalakakou, G. (2001): Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. Group Building Environmental Studies, Department of Applied Physics, National Kapodistrian University of Athens, 15784 Athens, Greece

<http://www.greenroofs.com/>

[http://www.hytechsales.com/insulating paint additives.html](http://www.hytechsales.com/insulating%20paint%20additives.html)