

Nem egységes technológia, hanem alkalmazkodó szemlélet

A „szivacsváros” modell

A XXI. század egyik legnagyobb kihívása a klímaváltozás városi térségekre gyakorolt hatása. A városok sajátos mikroklímája – különösen a hőszigetelés, a burkolt felületek dominanciája és a légmozgás korlátozottsága – felerősíti a globális éghajlati tendenciák következményeit. A hőhullámok, intenzív záporok és elhúzódó aszályok nemcsak gyakrabban fordulnak elő, hanem súlyosabb károkat is okoznak, mint korábban.

Szöllősi Gábor

A városi vízgazdálkodás a XX. században alapvetően a gyors elvezetés logikájára épült: a csapadékvizet a lehető leggyorsabban el kellett távolítani az utcák felszínéről, hogy ne akadályozza a közlekedést és ne károsítsa az épületeket. E szemlélet nyomán világszerte – így Magyarországon is – zárt csatornarendszerek épültek, amelyek azonban gyakran túlterheltté váltak a szélsőséges időjárás hatására. Az elmúlt évtizedekben Budapesten is rendszeresen előfordulnak villámárvizek – néhány óras esőzések után elöntött aluljárók, közlekedési káosz és több százmillió forintos infrastruktúrális kár keletkezik. Mindeközben a zöldfelületek, az új fák telepítése, a parkfejlesztések nem növekedtek együtt a városi új építésű területekkel. Tekinthetünk úgy a zöldfelületekre, mint a várost érő időjárási tényezők első védvonalára: tompítják, szétterítik a hatást. Olyan, mint az emberi testen a bőrszövet, amely ha sérül, a teljes test kárt szenved. Ez történik a városi testtel: a zöldfelület hiánya miatt sebes, tályogos, amely így nem képes ellenállni, alkalmazkodni a klímaváltozás szélsőséges hatásaihoz.

A klímaváltozás városi hatásai ugyanakkor túlmutatnak a fizikai károkon. A hőhullámok hatására nő a halálozási arány, különösen az idősek és krónikus betegek körében. A szálló por, amely a száraz, burkolt városi környezetben könnyen feldúsul, légzőszervi megbetegedéseket okoz.

A zaj és a vibrációs terhelés – különösen a sűrűn lakott területeken – stresszt, alvászavart és hosszú távon szív- és érrendszeri betegségeket eredményezhet. A csapadékvíz hirtelen felszíni megjelenése és az elvezetés bizonytalansága emellett közegészségügyi kockázatot is jelent: szennyezett víz juthat az utcai felületekre, játszóterekre, parkokba.

Gazdasági szempontból a klímakárok költsége drámaian emelkedik. A biztosítótársaságok világszerte egyre magasabb díjakat kérnek a városi ingatlanokra, különösen a kockázatos zónákban. Az infrastruktúra sérülékenysége pedig közvetlenül befolyásolja a gazdaság működését: egy-egy lezárt út vagy megrongálódott közműhálózat akár napokra megbéníthatja egy városrész életét.

Mindezek fényében nyilvánvalóvá vált, hogy a hagyományos várostervezési modellek – amelyek élesen elkülönítik a zöld (növényzettel borított), kék (vízi) és szürke (épített) infrastruktúrákat – nem képesek hatékonyan kezelni az új kihívásokat. A zöldfelületek gyakran csupán esztétikai funkciót töltenek be, és nem részei a városi rendszerek működésének. A csapadékvizet pedig továbbra is problémás, elvezetendő hulladékként kezelik, nem pedig értékes erőforrásként.

A városok jövőbeli alkalmazkodóképessége tehát azon múlik, képesek-e átértelmezni a víz és a növényzet szerepét – nem mint díszítőelem vagy akadály jelenik meg, hanem mint kulcsfontosságú, funkcionális



infrastruktúra. Erre kínál választ a „szivacsváros” modell, amely a természetes rendszerek működését integrálja a városi környezetbe.

A modell alapelvei

A „szivacsváros” elnevezés nemcsak metaforikus, hanem funkcionális értelmet is hordoz. Ahogy egy szivacs magába szívja, majd szabályozottan visszaengedi a vizet, úgy a szivacsváros is képes befogadni, ideiglenesen tárolni, majd párologtatni vagy



hasznosítani a lehulló csapadékot. A városi tér ilyen módon nemcsak elvezeti, hanem aktívan dolgozik a vízzel – megtartja, szűri, átalakítja és visszajuttatja a természetes körforgásba. A csapadékkal kéz a kézben jár a növényzet, amely valójában az ökoszisztéma-szolgáltatásokat nyújtja a városban. A szivacsvárosban a kék és a zöld egy ökoszisztéma.

A hagyományos városi vízgazdálkodás – amely a csapadék minél gyorsabb elvezetésére törekszik – megbontja a természetes vízkörforgás egyensúlyát. A víz nem tud beszivárogni a talajba, nem tölti fel a felszín alatti vízkészleteket, nem párologtatódik vissza a légkörbe a növények révén. Ennek eredménye a kisvízfolyások elapadása, a felszín alatti vízbázisok csökkenése, a városi klíma extrém ingadozása. A szivacsváros modell célja ennek az egyensúlynak a helyreállítása – úgy, hogy a természetes rendszerek logikáját integrálja az épített környezetbe. A modell az ún. zöld-kék-szürke infrastruktúra elemeit nem elkülönítve, hanem integrált rendszerként kezeli:

Zöld: növényzettel borított felületek (fák, cserjék, gyepek), amelyek a párologtatás és szűrés révén aktívan alakítják a víz-háztartást és mikroklímát;

Kék: felszíni és felszín alatti víztestek, csapadékvíz-tározók, infiltrációs rendszerek;

Szürke: az épített infrastruktúra elemei, amelyekbe beépülnek a természetes folyamatokat támogató technológiák (pl. burkolatok, csövek, technológiai elemek).

A szivacsváros nem „csak” zöldőbb városot jelent, hanem olyan működő ökoszisztémát, amely a vizet nem problémaként, hanem lehetőségként kezeli. A cél nem pusztán az elöntések csökkentése, hanem az egész városi ökoszisztéma regenerálása. Nemzetközi szinten több város indult el ezen az úton és olyan tapasztalatokkal bírnak, amelyek megspórolják számunkra a hibákra elköltött pénzt és éveket. Stockholm, Rotterdam, Graz, Bécs, Seattle, számos kínai város örömmel adja át tapasztalatait. A szivacsváros tehát nem egységes technológia, hanem alkalmazkodó szemlélet: a helyi adottságokhoz illeszkedő módon, moduláris eszközökkel épít újfajta kapcsolatot a természet és a város között. Ennek eredményeképp nemcsak klímaállóbb, hanem élhetőbb, egészségesebb és társadalmilag befogadóbb városi környezet jöhet létre.

A szivacsváros technológiái

A modell technológiai megoldásai újszerűek és fokozatosan beilleszthetők a meglévő városi szövetbe is. Céljuk egy adott helyen egy probléma természet alapú megoldása. Ezért kulcsfontosságú a probléma, a környezeti adottságok megfelelő definíciója.

A Stockholm-módszer

A Stockholm Faültetési Rendszer (SFR) a városi faültetés korszerű megközelítése. A fára mint infrastrukturális elemre tekint, amely ökoszisztéma-szolgáltatásokat nyújt. Mint a többi infrastruktúrának (víz, gáz, áram stb.), telepítési igényei vannak, csak épp biológiai igényei. A fák élőlények, és ahhoz, hogy magas szinten tudjanak szolgáltatni, nagyra kell nőniük, amihez idő kell. Ehhez megfelelő méretű gyökérteret kell biztosítanunk a fáknek, amely legalább 15-20 m³/fa a jelenlegi minimumszabályozás 2,25 m³ helyett. Az SFR a fák számára porózus, teherbíró szerkezeti talajt nyújt a burkolat alatt, amely három funkciót lát el: helyet ad a gyökérnövekedésnek; képes nagy vízgyűjtő felületről (1 m² SFR 10-20 m² vízgyűjtésre alkalmas) csapadékot befogadni, visszatartani és szűrni; stabil alépítményt biztosít a járdák, parkolók, utak alatt is. A 60 cm vastag nyitott alépítmény 22/90 zúzottkő-frakcióból, valamint bioszén és komposzt keverékéből áll a szemcseméret-eloszlás optimalizálásával. A közeg stabilitást nyújt az útburkolatoknak, miközben fenntartja a gyökérzónában a megfelelő víz-levegő arányt. Az SFR szerkezeti talajréteg felett 20-30 cm 22/56 zúzottkő réteg biztosítja a légcserét, amelyet geotextillel takarunk, majd a felszíni burkolat ágyazó rétegrendje következik, illetve a burkolat, ami lehet vízáteresztő vagy akár zárt. Vagy épp zöldfelület.

Az SFR fontos része a csapadék bevezetése és eloszlása. A vízgyűjtő méretétől függően az SFR-t használhatjuk a fa öntözőrendszereként vagy egy komplex villámárvíz-kezelő rendszerként. A vízméretszámításra még a későbbiekben kitérünk. A csapadék bevezetése a rendszerbe lehet süllyesztett szegélyes lepel-szerű rávezetés, vagy pontszerű gyűjtés föld alatti eloszlással. A téli-nyári csapadék ki-be zárása megoldott.

Kutatások szerint az SFR-be ültetett fák növekedési üteme és lombfelület-növekedése 30-70%-kal nagyobb lehet a hagyományos ültetési módokhoz képest. Emellett a rendszer évente akár 300-500 mm csapadékvíz helyben tartására is alkalmas, ezzel tehermentesítve a csatornarendszert. Magyarországi környezetben az SFR rendszer az utóbbi években egyre több helyen megjelent egyre nagyobb és komplexebb rendszereket alkotva.

Esőkertek

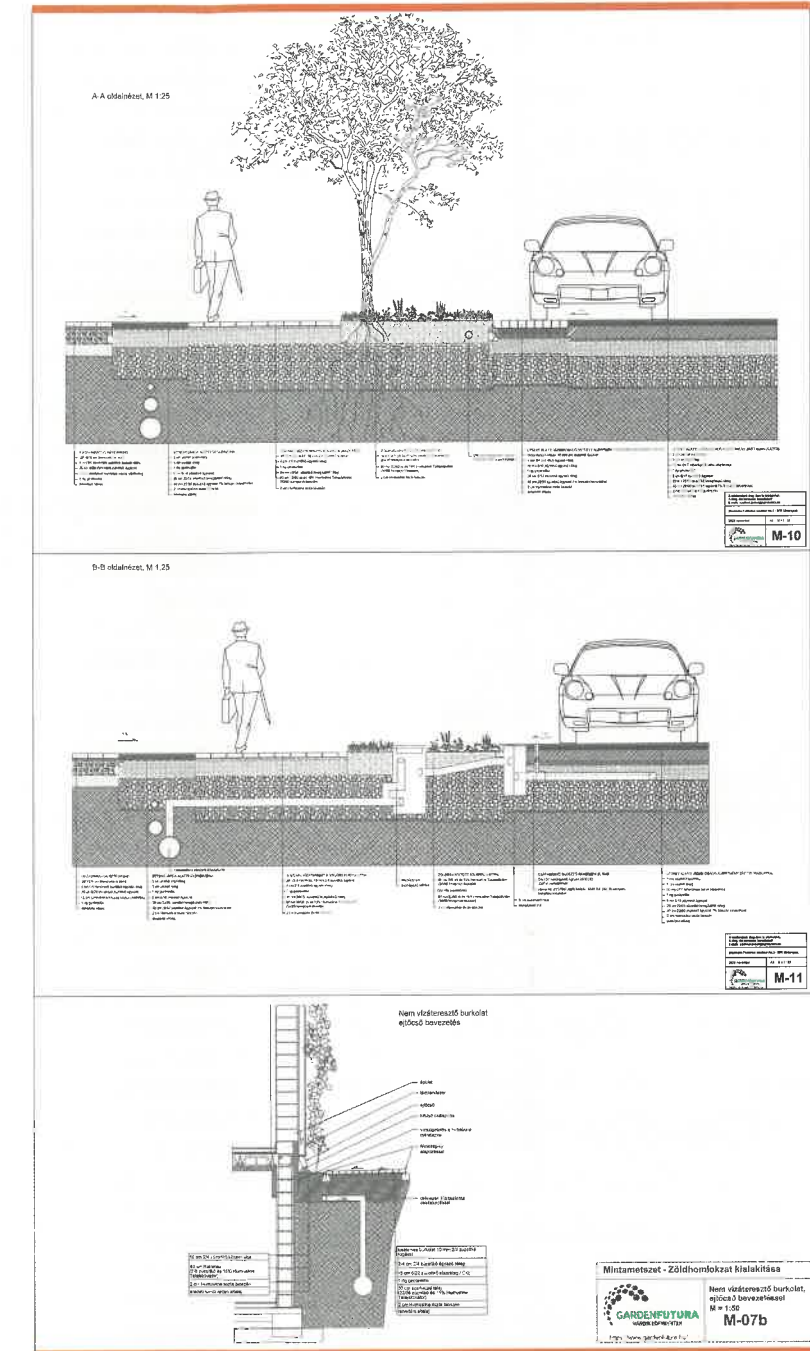
Az esőkertek alacsony fekvésű zöldfelületek, amelyek célja a tetőkről, járdákról, utakról lefolyó csapadékvíz befogadása és szűrése. Réteges felépítésük – felszíni szűrőközeg, középső tározó réteg és alsó szikkasztó zóna – biztosítja a víz szűrését, helyben tartását és lassú elszívargását. Megkülönböztetünk száraz, nedves és burkolatba építhető SFR esőkertet. A száraz esőkert célja a gyors vízvezetés. Alapvetően nagy drain kövekkel és kevés szerves anyaggal dolgozik. A nedves esőkert szerves anyagban gazdag 30–50% komposztartalommal, kövek nélkül. Ezek legfeljebb 48 órán keresztül ideiglenes vízborítottságúak lehetnek. Az SFR esőkertek szerkezeti talaj alapúak, ahol 2/8 zúzottkő és komposzt-bioszén kompozit keverékét használjuk. Míg a száraz és nedves esőkert alapvetően zöldfelületekre telepíthetők, addig az utóbbi az intenzíven burkolt utcákon ad megoldást.

A kutatások alapján egy jól kialakított esőkert a rávezetett csapadékvíz min. 80–90%-át képes helyben tartani és szűrni, miközben jelentősen csökkenti a nitrogén- és foszforterhelést (akár 40–60%-kal is). A beültetett növényzet párologtatása (evapotranspiráció) hozzájárul a mikroklíma szabályozásához, különösen hóhullamos időszakban. Az esőkertek mérete jellemzően a vízgyűjtő terület 3–5%-a.

Zöldtetők és zöldhomlokzatok

A zöldtetők típusai:

- **Extenzív zöldtetők:** alacsonyabb súlyterheléssel, 6–15 cm-es közegvastagsággal, pozsgás és szárazságtűrő növényzettel (pl. Sedum fajok). Vízmegtartó képességük 50–70%, karbantartási igényük alacsony.
- **Intenzív zöldtetők:** vastagabb ültetőközeggel (40–100 cm), sokszínű növényzettel, gyakran rekreációs célokra. Magasabb telepítési és fenntartási költséggel járnak, de klimatizáló hatásuk is jelentősebb.
- **A kék-zöld tetők** olyan speciális zöldtetők, amelyek ideiglenesen képesek a csapadékot visszatartani, majd meghatározott liter/szekundum/hektár mennyiségben leengedi egy utcaszinten lévő technológiába vagy esetleg a közcsatornába.
- **A zöldhomlokzatok vagy zöldfalak** függőleges felületeken létrehozott növénytelepítések, amelyek javítják a levegőminőséget, szigetelnek, csökkentik



az épületfűtési és -hűtési költségeket. A zöldhomlokzatok kiválóan kombinálhatók vízmegtartó szerkezeti talajokkal, így a funkciójuk azonnal túlmutat a homlokzaton és integrált ZKSZ infraként működnek.

Egy extenzív zöldtető évente akár 50 liter vizet is képes megtartani m²-enként, míg egy intenzív tetőnél ez a szám 100 liter fölé is emelkedhet. A zöldfalak portartó kapacitása 40–50%-kal jobb, mint a csupasz falaké. A

zöldtetők esetében a tetőszerkezet élettartama a duplájára nő, míg a legvékonyabb rendszer esetében is min. 4 Kw/m²/év energiamegtakarítással számolhatunk.

Infiltrációs felületek

A városi burkolatok általános problémája, hogy elzárják a beszívargás lehetőségét és megátolják a talajlégzést. Az infiltrációs burkolatok – például vízáteresztő térkő, fugázott kőburkolat, kavicsos felületek –

lehetővé teszik a csapadékvíz helybeni elszikkadását. Ez természetesen csak akkor működik, ha az álépítmény is nyitott, azaz nem tartalmaz nullás frakciót (4/90, 22/90, 32/90). Minél nagyobb a frakció, annál nagyobb a pórustérfogat (20–40%). A burkolat fugája legyen 10 mm, a fuga pedig 2/4 ZK. Egy 30 m²-es vízáteresztő burkolat évente több mint 20–25 m³ csapadékvíz beszivárgtatására képes. A rendszer túlfolyóaggal is kiegészíthető, amely nagy esőzések idején biztonságosan vezeti el a többletvizet. A fugák karbantartása, gyökérzónák ellenőrzése, szűrőelemek cseréje 2–3 évente szükséges. A beépítés költsége 10–30%-kal magasabb lehet, mint a hagyományos burkolatoké, de hosszú távon csökkenti az árvíz kockázatot és az útburkolat rongálódását.

Tervezési folyamat: integrált megközelítés és vízmérleg-modellezés

A szivacsváros-megoldások hatékony alkalmazása nem kizárólag technológiai kérdés, hanem komplex tervezési folyamat, amely különböző szakterületek – tájépítészet, vízépítés, közműtervezés, városstervezés, forgalomtechnika – együttműködésén alapul. A sikeres megvalósítás kulcsa a célok összehangolása, a helyi adottságok pontos ismerete, valamint a csapadékvíz útjának részletes, rendszeralapú modellezése a lehullástól a beszivárgásig vagy hasznosulásig.

Tervezési szereplők és feladatmegosztás

A folyamat kezdetén a megrendelő (önkormányzat, ingatlanfejlesztő) határozza meg a célokat: vízvisszatartás, hősziget-csökkentés, zöldfelület-növelés, a lakossági komfort javítása. Ezután a tájépítész és a vízépítő mérnök közösen alakítja ki a zöld-kék infrastruktúra koncepciótervét, amelyet a közműtervezők és útépítők műszaki részleteiben egészítenek ki. Gyakorlati tapasztalat szerint a legnagyobb kihívást a föld alatti közművek elhelyezkedése és a megfelelően nagy (!) méretű vízgyűjtő felület „összeszedése” jelenti. Fontos kiemelni, hogy a technológiai vermetek keresztvezheti bármely közmű!

Vízmérlegszámítás és kapacitástervezés

A rendszer kulcseleme a vízmérleg: meg kell határozni, hogy adott területről mennyi csapadék származik, annak mekkora

hányada tud beszivárogni, elpárologni, illetve elfolyni. Ezt befolyásolja a burkolt és zöldfelületek aránya, a talaj típusa és vízáteresztő képessége, a növényállomány, a klímodellek által előrevetített csapadékeloszlás.

A megvalósítás kihívásai

Bár a modell környezeti és társadalmi előnyei egyértelműek, gyakorlati megvalósítása során számos akadállyal szembesülnek az önkormányzatok, tervezők és kivitelezők. Ezek az akadályok nemcsak műszaki, hanem jogi, intézményi és pénzügyi természetűek is, ezért a bevezetéshez rendszerszintű gondolkodás szükséges.

Jogszabályi és szabályozási környezet

A hazai jogszabályi környezet még mindig elsősorban az elvezetésen alapuló csapadékvíz-kezelést támogatja. A vízjogi engedélyeztetés, az elválasztott csatornarendszerek előírásai, a belvízvédelmi szempontok, valamint a közműegyeztetési eljárások gyakran nem kompatibilisek a természetalapú megoldásokkal. Az infiltrációs rendszerek, tározók vagy zöldfelületi vízkezelők tervezése és üzemeltetése nem tartozik egyértelműen sem a víziközmű-társaságok, sem a városüzemeltetők hatáskörébe. Ez jogi bizonytalanságot és felelősségi ütközéseket szül. Minden szituációt egyenként kell elemezni.

Ingtatlantulajdon és városi térhasználat

A szivacsváros-technológiák jellemzően helyigényesek. A városi közterek viszont sűrűn beépítettek, a burkolt felületek aránya magas, a föld alatti közműhálózat sűrű, és a zöldfelületek mérete korlátozott. Gyakori probléma a vegyes tulajdonviszony: egy-egy utca, tér vagy udvar tulajdonjoga megoszlik önkormányzat, állam, magánszemélyek és társasházak között. Ez nehezíti az átfogó, egységes vízkezelési rendszer kialakítását.

Pénzügyi fenntarthatóság

A szivacsváros technológiák telepítése jellemzően magasabb beruházási költséggel jár, mint a hagyományos rendszereké – főként a méretből adódóan. Ugyanakkor hosszú távon jelentős megtakarítást hozhatnak: csökken a csatornarendszerek terhelése, kevesebb a káreset, nő az ingatlanok értéke, csökkennek a városi hőhullámokhoz kapcsolódó egészségügyi kiadá-

sok. A finanszírozás mégis kihívás: kevés a kifejezetten természetalapú megoldásokra fókuszáló pályázat, és a költség-hason elemzésekben sokszor alulértékelik a zöld infrastruktúra társadalmi hasznát. Az üzemeltetési költségek hosszú távú fedezete (karbantartás, monitoring) is gyakran hiányzik a költségvetésekből.

Politikai támogatottság és szemléletformálás

A szivacsváros modell sikeres bevezetése politikai elköteleződést igényel – hosszú távú szemléletet, amely túllép a választási ciklusokon. A természetalapú megoldások hatásai nem mindig azonnal láthatók: a fák növekedése, a talajszerkezet stabilizálódása, a lakók életminőségének javulása évek alatt válik érzékelhetővé.

Emellett fontos a lakosság tájékoztatása és bevonása is. Sokszor a helyi közösségek idegenkednek az „elárasztott” mélyedésektől vagy a nem „parkosított” esőkertektől. A szivacsváros sikerének kulcsa tehát nemcsak a tervezőasztalon, hanem a kommunikációban és a helyi partnerségek kialakításában is rejlik.

Összegzés és kilátások

A városok klímaváltozással szembeni sebezhetősége egyre kézzelfoghatóbb: a hőhullámok gyakoribbak, a villámárvizek pusztítóbbak, a levegőminőség romlik. A jelenlegi rendszerek kapacitása és szemléleti kerete nem alkalmas arra, hogy ezekre hatékony választ adjon. Ezért a természetalapú, integrált infrastruktúrára építő „szivacsváros” modell nem csupán egy javaslat – hanem sürgető alkalmazkodási szükségszerűség. A víz többé nem „elvezetendő probléma”, hanem városi erőforrás. A zöldfelületek nem díszítőelemek, hanem hűtő, szűrő és megtartó rendszerek. A jövő városstervezésében e szemléletnek kell érvényesülnie – és ebben kulcsszerep hárul a mérnökökre.

A sikerhez azonban három szereplő együttműködése szükséges:

- Döntéshozói elkötelezettség, szabályozási rugalmasság és finanszírozás.
- A tervezők részéről tudásbővítés és szakterületeken átvívelő koordináció.
- A lakosság részéről nyitottság, partnerség és a városi terek újraértelmezése.

A szivacsváros nem utópia, hanem elérhető cél. Rajtunk áll, hogy élünk-e a lehetőséggel, amíg még van időnk és vízünk hozzá.