

A LIFE – VÁROSI ESŐ PROJEKT BEMUTATÁSA: LÉPÉSEK AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁSHOZ ALKALMAZKODÓ VÁROSI CSAPADÉKVÍZ-GAZDÁLKODÁSI RENDSZEREK IRÁNYÁBA

**Varga Laura, Ács Tamás, Dr. Buzás Kálmán, Decsi Bence, Dr. Honti Márk,
Dr. Knolmár Marcell, Dr. Kozma Zsolt, Strausz Tímea**

BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék

BEVEZETÉS

A szélsőséges csapadék- és hőmérsékleti események gyakoriságának növekedése jelentős hatással van a városi környezetre és a csapadékvíz-elvezető rendszerekre. A nagyváros jellegéből adódóan Budapest a legmagasabb kockázatú területek közé tartozik Magyarországon a kedvezőtlen hatások szempontjából. A budai oldalon a nagy terepesések, míg a pesti oldalon (főleg a belvárosi területeken) a nagyfokú beépítettség és a magas burkoltfelületi arány növelik a felszíni lefolyások mértékét és fokozzák a villámárvizek és az elöntések kialakulásának valószínűségét. A csapadékvíz-elvezető rendszerek terhelésének növekedése különösen kritikus a budapesti hálózatra nagymértékben jellemző egyesített rendszereken, ahol egy-egy kiöntés során tisztítatlan szennyvíz is kerül a környezetbe. Ezek mellett a természetes környezethez képest kisebb beszivárgás és párolgás, illetve a zöldfelületekhez képest nagyobb mértékben felmelegedő burkolt felületek következtében kedvezőtlen irányban változik a mikroklíma, a szélsőségesen meleg időszakok gyakoriságának és tartósságának növekedésével kell a városlakóknak szembenéznie. Az éghajlatváltozás következtében e hatások további erősödése várható.

Részben a fentiekre való felkészülést és általában a klímaadaptációs lépéseket megalapozó budapesti klímastratégia (Budapest Főváros Városépítési Tervező Kft., 2021) elemei az adaptív csapadékvíz-gazdálkodás megvalósítása, a csapadékvíz (lehetőség szerint) helyben történő visszatartása és hasznosítása, valamint az egyéni vízgazdálkodás támogatása. A célok eléréséhez többek között a városi kék-zöld infrastruktúra (például felszíni elöntési területek, vizes élőhelyek, esőkertek) fejlesztése, illetve a csapadékvíz tározását és hasznosulását¹ lehetővé tevő művi elemek (felszín alatti tározók, szikkasztó cellák stb.) létesítése szükséges.

A 2021-ben indult, részben Európai Unió forrásból megvalósuló LIFE - Városi Eső projekt (LIFE in RUNOFF, LIFE20 CCA/HU/001774, varosieso.hu) Budapest klímastratégiájában kitűzött célokkal összhangban a városok éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodását támogatja. A projekt fő célkitűzései közé tartoznak

- az éghajlatváltozásnak leginkább kitett hatásviselők meghatározása éghajlati előrejelzésekkel és lefolyásmodellezéssel támogatott sérülékenységi vizsgálatokkal;
- a város léptékű csapadékvíz-gazdálkodás elősegítése a csapadékvíz visszatartására leginkább alkalmas területek lehatárolásával és a leghatékonyabb csapadékvíz-gazdálkodási módszerek meghatározásával;
- lokális, demonstrációs célú vízvisszatartási és vízhasznosítási megoldások tervezése és megvalósítása;

¹ A csapadékvíz-hasznosítás (elsősorban az ivóvíz minőséget nem igénylő célokra, mint például WC öblítés, takarítás, mosás, öntözés) és -hasznosulás (a talaj vízháztartásának javítása és a talajvíz utánpótlása szikkasztással) két külön fogalom, de a dolgozatban a kettőt együttesen hasznosításnak nevezzük.

- köz- és magánegyütműködési modellek, valamint útmutatók és segédletek kidolgozása a magán csapadékvíz-gazdálkodási megoldások létesítésének elősegítésére.

Az egyes célok elérését különböző megközelítéssel és eszközzel támogatjuk. A Budapest léptékű vízvisszatartás lehetőségeinek elemzéséhez egy vízmérleg alapú döntéstámogató szoftvert alkalmazunk. A demonstrációs célú beavatkozások tervezését részben egyszerű, dinamikus vízmérleg számításokkal, részben pedig komplex, nagy tér- és időbeli felbontású numerikus lefolyásmodellekkel végzett szimulációkkal segítjük. A klímaváltozás hatásainak értékeléséhez és a modellek meghajtásához a jövőbeli csapadék idősorokat klímamodellek leskálázásával állítjuk elő. Dolgozatunkban ezeket ismertetjük azzal a céllal, hogy rámutassunk a vízvisszatartást célzó beavatkozások lokális és település-léptékű tervezésének sajátosságaira és lehetőségeire.

Tekintve, hogy az itt bemutatott projekt munkarészek dolgozatunk írásakor is futnak, a közölt eredmények nem tekinthetők véglegesnek.

DEMONSTRÁCIÓS CÉLÚ BEAVATKOZÁSOK

Három budapesti kerületben (VII., XII. és XVIII.) történnek helyi beavatkozások:

- A VII. kerületben a zárt soros beépítés és a csekély zöldfelület arány miatt a tetővízgyűjtés kerül fókuszba. Két óvoda (Magonc és Csicsergő) és a Klauzál téri Vásárcsarnok tetővizet gyűjtik és hasznosítják eltérő módon. A vízhasznosítások között van az óvoda kinti toalettjének öblítése vagy az udvari fák és magaságysok öntözése. A csarnoktakarítás vagy az önkormányzat által üzemeltetett locsolóautók töltésének vizigénye részben vagy egészben a csarnok épületében elhelyezett tartályokból fedezhető. Alternatív megoldásként a csarnok tetővizet a szomszédos Klauzál tér felszíne alatt létesített tározóban gyűjtik és a park öntözésére használják.
- A XII. kerületben a beavatkozások pontos helyszínei nem ismertek, azok előzetes elemzések eredményeként kerülnek meghatározásra a Győri út vízgyűjtőjén, aminek alsó szakaszán az egyesített csatorna elégtelen kapacitása miatt gyakoriak a nagyintenzitású csapadékok okozta kiöntések. A beavatkozások típusa elsősorban felszín alatti (esetleg esetben felszíni) tározó, amelyekben szomszédos, nagyobb tetőfelületű épületek tetővizet, zöldfelületekről és adott esetben útburkolatról lefolyó vizet gyűjtenek. A vízhasznosítás itt minden esetben a zöldfelületek öntözése.
- A XVIII. kerületben két helyszínen a csapadékvíz (és lefolyás) tározása és szikkasztása a cél, részben szikkasztó cellákkal (Kolbányi Géza utcán), részben pedig nagy vízáteresztő képességű, parkolóként funkcionáló gypes felületek (kavicsgyepek) kialakításával (Szent Lőrinc-telep). A tervezett beavatkozások között szerepel ezen felül a Regény utca néhány ezer m²-es, jelenleg rendezetlen területen keletkező lefolyás tározása és párologtatása esőkertben és/vagy faárkokban. Itt a zöld megoldásoktól túlfolyó vizek felszín alatti tározóban gyűjthetők és a terület zöldfelületeinek öntözésére hasznosíthatók.

Újszerűnek tekinthető, hogy a tervezésen és megvalósításon túl a projekt része a beavatkozások indikátor-alapú teljesítményértékelése is. Az indikátor a visszatartott és hasznosított csapadékvíz mennyisége vagy az elöntések gyakoriságának és mértékének csökkentése. Ezek származtatása méréseken és az ezeket kiegészítő számításokkal történik. Például a VII. kerületi tetővízgyűjtő tartályokban a visszatartott csapadékvíz térfogatának meghatározásához mérjük a csapadékot és a tartályok vízállását (nyomásmérő szenzorokkal)

nagy időbeli felbontásban. Utóbbiból a tartály geometriája alapján a mindenkori tárolt készlet számítható és a rögzített vízkivételek ismeretében a tartály vízmérlege felírható, amiből a vízvisszatartás származtatható. Ennek a méretezési módszer verifikálásán túl egyéb gyakorlati haszna is van: kvantitatív információt nyújt a tartály tulajdonosának, ami hozzájárulhat a lokális vagy egyéni beavatkozások megítélésének javításához és ezen keresztül a szemléletváltásához.

TETŐVÍZGYŰJTŐ TÁROZÓK MÉRETEZÉSE

A tározáson alapuló megoldások (ideértve a kék-zöld infrastruktúra elemek nagy részét, például az esőkerteket is) tervezése és méretezése alapvetően eltér a hagyományos csapadékvíz-elvezető rendszerektől. Egyrészt az alkalmazható és hatékony megoldások típusait és kialakításukat nagymértékben befolyásolják a tervezési terület jellemzői, miközben a rugalmas bővíthetőség és a decentralizáltság nagy előnyük a szürke infrastruktúrával (hagyományos csatornázással) szemben. Másrészt, a csapadékvíz-elvezető rendszerektől eltérően a tározásos megoldások esetében általában nem definiálható egzakt módon mértékadónak tekinthető csapadékesemény és ebből származó hidraulikai terhelés, mert az a tározótér mindenkori telítettségének függvényében folyamatosan változik, és sokkal inkább a terhelés dinamikája (árhullám) és a lefolyt víz térfogata a meghatározó, mint a csúcshozam. Ezért az elvezető rendszereknél alkalmazott csapadékesemény-alapú méretezés nem vagy csak erős megkötésekkel (például a tározó térfogatát felülről korlátozó maximális leürülési időnek előírásával) alkalmas a tározó szükséges vagy optimális térfogatának meghatározására. Ehelyett folyamatalapon, csapadék idősorokkal meghajtott dinamikus vízmérleg számításokkal érdemes a tározótérek vízforgalmát és töltöttségi állapotát vizsgálni. Különböző tározóméretekre és vízkivételekre (hasznosításokra) elvégezve a vízforgalmi számításokat kiválasztható az a tározó térfogat, ami a vízhasznosítás, a tározó kihasználtsága és költség megtérülés szempontjából optimális.

A VII. kerületbe tervezett tetővízgyűjtő tározók méretezésére dinamikus vízmérleg modellt használunk. A számításokhoz a múltra vonatkozóan az Országos Meteorológiai Szolgálat budapesti állomásainak órás csapadék idősorait, a klímaváltozás hatásainak értékelésére leskálázott klímamodellekkel számított csapadék idősorokat használjuk.

A zárt tartályokból szivárgási és párolgási veszteséggel nem kell számolni, ezért a vízmérleg a következőképpen írható fel:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = LF(t) - VH(t)$$

ahol

ΔV : a tartályban tárolt vízkészlet megváltozása [m³]

Δt : a számítás időlépése [óra]

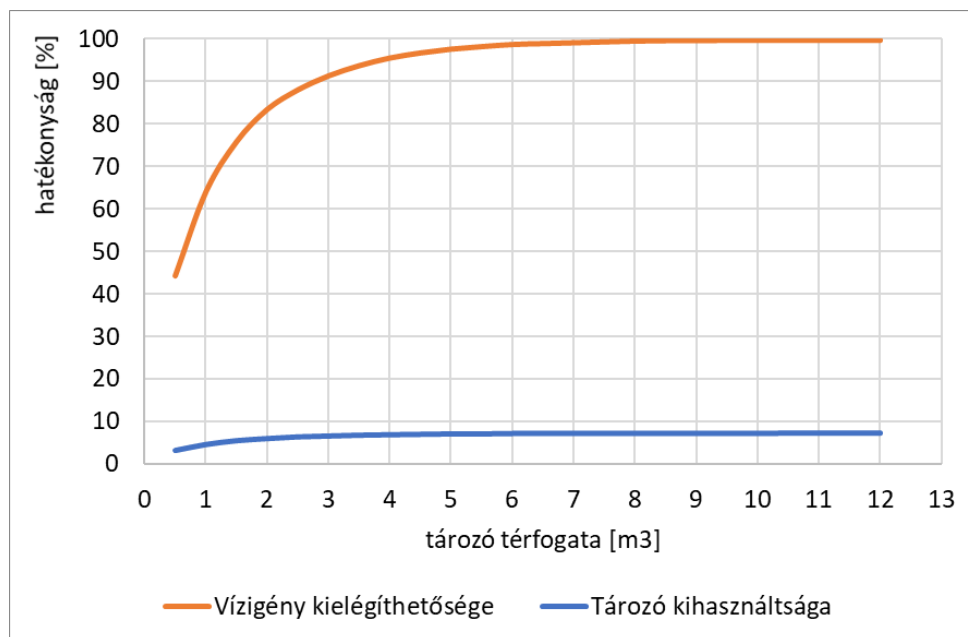
LF : tetőről történő lefolyás [m³/óra]

VH : vízhasználat [m³/óra]

A tetőről történő lefolyás számítását tekintve a helyszínek között érdemi különbség nincs, az egyedüli eltérést a tető hajlásától és a héjazat típusától függő kezdeti veszteség (az a csapadékmagasság, aminél még nem keletkezik lefolyás), mint paraméter jelenti. Egészen más a helyzet a kiadási oldallal. A vízhasználat ütemezése, annak függése külső körülményektől vagy éppen a tározó töltöttségi állapotától eltérő komplexitású számításokhoz vezet. Például a locsolóautók töltése szabályos időközönként történik, ezzel szemben az óvoda udvari

toalettjének öblítése sztochasztikus jelleget mutat. A gyermekek aktuális száma, az időjárás és egyéb tényezők is számottevően befolyásolják a vízigény volumenét és időbeliségét. A zöldfelületek öntözési igényét pedig alapvetően a meteorológiai viszonyok szabályozzák.

Példaként a vásárcsarnok rendszeres takarításához szükséges tározótérfogat meghatározásának eredményét mutatjuk be (1. ábra) múltbeli 20 éves (2002-2021) csapadékadatok alapján. A különböző térfogatokhoz tartozó hatékonyság értékelésére két indikátort vizsgálunk (ezek a későbbiekben gazdaságossági mutatókkal is kiegészülnek): i) a vízigény kielégíthetősége megmutatja, hogy a vizsgált időszakban jelentkezett összes vízigény mekkora hányadát lehetne fedezni a tartályokból és ii) a tetőről lefolyt összes víztérfogat hány százalékát lehetne adott tározótérfogat mellett betározni.



1. ábra. Tetővíz tároló tartály hatékonyságának alakulása a térfogat függvényében

Az 1. ábra szerint a vízigény kielégíthetősége a kis tározótérfogatok tartományában érzékeny a választott térfogatra és ez az érzékenység a térfogattal exponenciálisan csökken. Az ábráról az is leolvasható, hogy nincs olyan tározótérfogat, ami mellett a lefolyó csapadék maradéktalanul betározható lenne. A két görbe ilyen mértékű széttartása tipikusan arra az esetre jellemző, amikor a kiadási oldal aránytalanul kicsi a bevételi oldalhoz képest, jelen esetben a csarnok tetőfelülete a takarítási vízigénynél jelentősen nagyobb igények kielégítését is lehetővé teszi.

CSAPADÉK ELŐREJELZÉSEK KÉSZÍTÉSE

Az éghajlatváltozással átalakuló csapadékviszonyok miatt csapadékvíz-gazdálkodási tervezés során érdemes nemcsak a jelen állapotot (múltat), hanem a jövőben lehetséges változásokat is figyelembe venni. Ez az éghajlati előrejelzések eredményeként előálló meteorológiai idősorokkal lehetséges. A csapadék térbeli változékonysága miatt a regionális klímamodellek eredményei direktben nem használhatók. Emellett a városi vízgyűjtők lefolyásainak egyik jellemzője a rövid összegyülekezési idő, ezért a méretezési feladatok és a dinamikus lefolyás szimulációval történő hálózati elemzések elvégzéséhez finom időbeli felbontású (min. 5-10 perc)

csapadék idősorokra van szükség. A szükséges tér- és időbeli felbontású csapadék idősorokat a regionális klímamodellek idősorainak sztochasztikus alapú leskálázással állítjuk elő.

A vizsgálatokhoz két leskálázó modellt kombináltan alkalmazunk: a napi felbontású regionális klímamodell csapadék idősorokat először órás léptékre alakítjuk át a Neyman-Scott-féle csapadékgenerátor modellel (*Cowpertwait 1991*), majd az órás idősorokat tovább bontjuk 10 perces felbontásra egy kaszkád-alapú modellel (*Molnar and Burlando 2005; Rupp et al. 2009*). A leskálázást két időtávon hajtjuk végre (2030-2050 és 2050-2070) 15 db Euro-Cordex regionális klímamodell és 4 budapesti automata csapadékmérő idősorának felhasználásával az IPCC RCP4.5 scenáriójára. Az előállított idősorok bemeneti adatként szolgálnak a csapadékvíz-hasznosító tározók méretezésénél és a dinamikus lefolyás szimulációval végzett távlati időszakokra készülő vizsgálatoknál.

FOLYAMATALAPÚ LEFOLYÁSMODELLEZÉS

A csapadékvíz-elvezetés tervezésénél alkalmazott hagyományos kézi számítási módszerek nem alkalmasak a városi vízgyűjtők és a csapadékvíz-elvezető hálózatok komplex lefolyási folyamatainak leírására. Különösen igaz ez az olyan esetekben, amikor tározás is jelen van a rendszerben, vagy amikor a cél annak a kimutatása, hogy egy vízgyűjtőn történő beavatkozás hogyan módosítja a csatornahálózat terhelését. Ezek vizsgálatához dinamikus lefolyás-modell végzett szimulációra van szükség, amely képes a lefolyások időben változó dinamikáját, azaz a teljes árhullám-képet számolni.

A projekt egyik mintaterülete a XII. kerület. A kerületre jellemzőek a nagy tereplejtések, amelyek következtében a gyorsan összegyülekező felszíni lefolyások gyakori villámárvizeket és csatornakiöntéseket okoznak. A területen tervezett beavatkozások egyik fő célja a csapadékvíz-elvezető rendszerek terhelésének csökkentése.

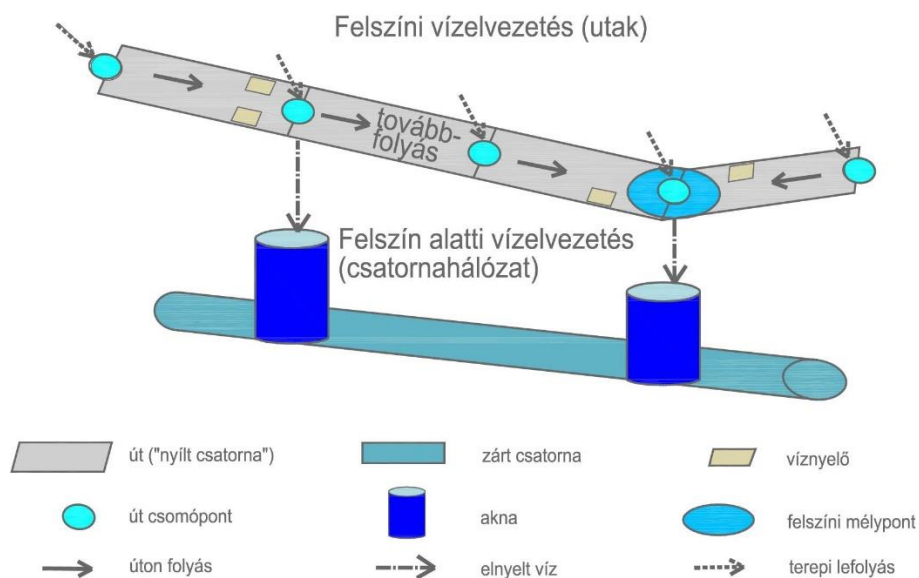
Az alkalmazott lefolyásszabályozó megoldások hatékonyságát és kedvező hatásait a rendszerre felépített dinamikus lefolyás-modellel végzett szimulációkkal vizsgáljuk. Az elkészült modellt elsősorban a jövőben hozandó döntések támogatására használható:

- A jelenlegi állapot ellenőrzését, a kritikus helyek kimutatását múltbeli adatsorok alapján tudjuk elvégezni. A vízvezető rendszer kapacitásának hiányosságait, gyengeségeit, az esetleges felszíni kiöntéseket a modell is szimulálni tudja. Ez várhatóan részben megegyezik a tapasztalati adatokkal, de átfogóbb, rendszer-szintű képet kaphatunk az esetleg nem regisztrált vagy kevésbé látható, felszín alatti problémákról.
- A tervezett beavatkozásokat beépítve a modellbe, azok hatását is meg lehet vizsgálni, vagyis a modell a beavatkozások optimális helyének meghatározásában is segíthet. A lefolyásszabályozásra különböző megoldások lehetségesek: felszíni, felszín alatti tározás, zöld felületek növelése, víznyelőkapacitás növelése stb. Ezek mértékét változtatva, kombinációjukat alkalmazva változatok vizsgálhatók. A vízgyűjtők közötti átvezetések, tetszőleges csapadékterhelés hatásának vizsgálata.
- A csapadék terhelések múltbeli idősora mellett a jövőbeli terhelések hatását is szimulálni lehet a kalibrált, jelen állapotra jól működő modellel. A klímaváltozás lefolyásra gyakorolt hatása különböző scenáriók szimulációjával vizsgálhatók.
- A XII. kerület vízvezetése nagyrészt egyesített csatornahálózatban történik, a külső részeken épültek elválasztott szennyvízcsatornák és néhány helyen van elválasztott csapadékcatorna, sokszor a felszíni árkokhoz kapcsolódóan. A csapadékvízvezetés

modellezéséhez az EPA SWMM (Storm Water Management Model) legújabb, 5.2. verzióját választottuk.

A modell felbontása a víznyelőknél felel meg, azaz a lehető legrészletesebb. A csatorna nyilvántartási adatok részletességét teljesen kihasználjuk, nemcsak a vezetékek, aknák, hanem a víznyelők esetén is. Így mintegy 5000 aknát és 3100 víznyelőt tartalmaz a modell.

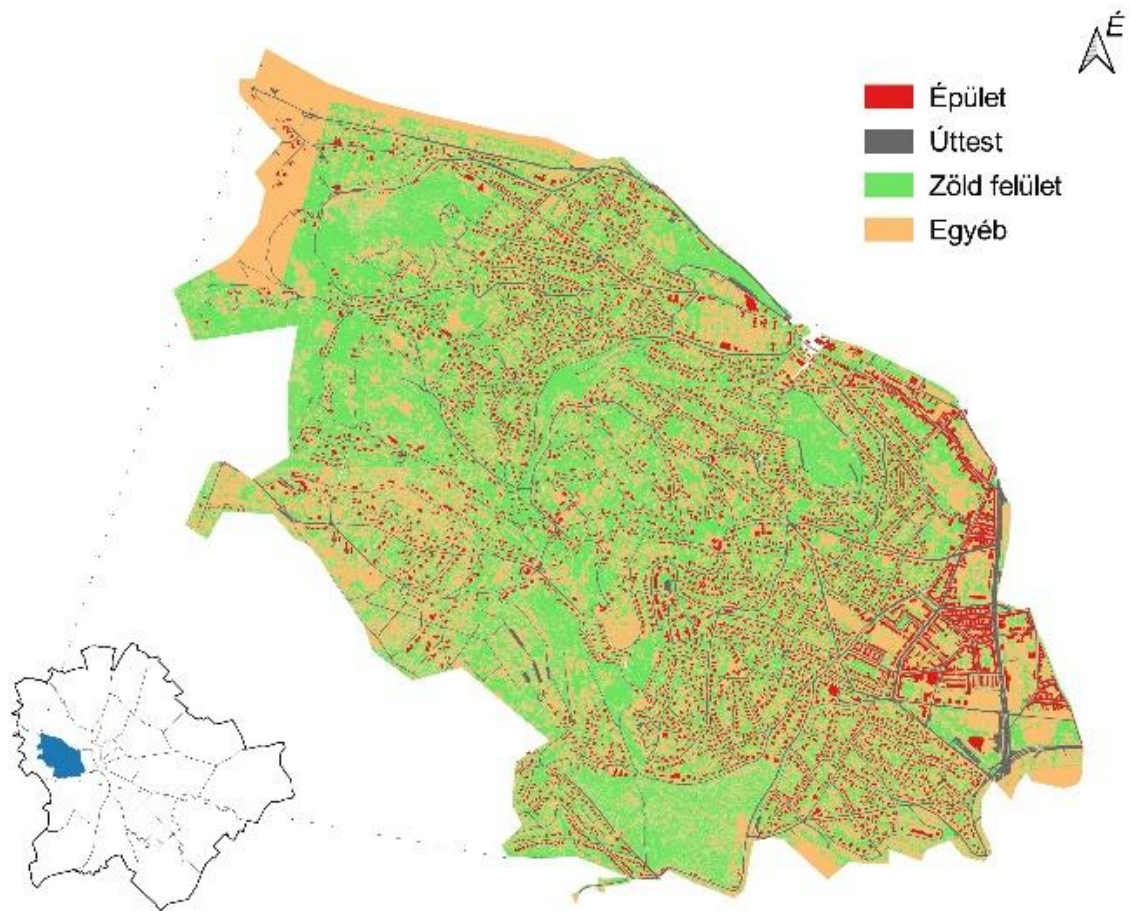
A modellben a felszíni és felszín alatti vízvezető rendszert is felépítettük (2. ábra). A felszín alatti hálózatot a Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. (FCSM) adatbázisát leellenőrizve építettük a modellbe. A felszíni vízvezetést az utcákon lefolyó vizek jelentik, az utcák keresztmetszézeit a kerületi geodéziai felmérések és a cm pontosságú FCSM-Bp. LIDAR felmérés alapján állapítottuk meg. A felszíni és felszín alatti vízvezető rendszert összekapcsoltuk a modellben a víznyelő aknáknál. A kapcsolódás kétirányú: az úton lefolyó felszíni víz a víznyelő kapacitásáig be tud folyni a csatornába. Nagyobb terhelés esetén, ha a csatorna nem tudja elnyelni a felszínről érkező vizet, akkor a nem elnyelt rész továbbfolyik a következő víznyelőhöz. Ez a kapcsolat újdonságot jelent a szokásos modellezési gyakorlathoz képest.



2. ábra. Lefolyásmodell felszíni és felszín alatti részei és ezek kapcsolata

A modellbe a részvízgyűjtőket is lehető legrészletesebben építettük be. A különböző felszínborítottságú területekre (3. ábra) külön részvízgyűjtőket határoltunk le. A mintegy 5000 épület tetőfelületét az OpenStreetMap adatbázisa alapján határoltuk le és kötöttük be az aknákon keresztül a felszín alatti csatornába. Az útfelületeket az aknák közötti részvízgyűjtőkre bontottuk és így kötöttük a felszíni vízvezető rendszerbe, ez is mintegy 5000 részvízgyűjtőt jelentett. A zöld felületekről és az egyéb, burkolt felületekről lefolyó vizeket szintén a felszíni vízvezetés csomópontjaira terheltük. A talajba szivárgást a Horton-moddellel szimuláljuk. A Horton-modell paramétereit a kerület nagyobb összefüggő zöldterületein, összesen mintegy 40-45 pontban helyszíni duplagyűrűs szikkasztási próbákkal határozzuk meg.

A XII. kerületi rendszerben mintegy 15 kifolyási pontot definiáltunk, melyek nagyrészt az Ördögárokba csatlakozást jelentik, a déli részeken van néhány egyéb vízgyűjtő. A csatornahálózattal lefedett részeken néhány meredekebb, erdősebb, zöld területről érkeznek külső vizek.



3. ábra. Különböző felszínborítás kategóriák a XII. kerületi lefolyásmodellben

A modell kulcsfontosságú helyein, leginkább a kifolyási pontoknál áramlásméréseket végzünk. Az egyesített szennyvíz miatt elsősorban radaros mérőket alkalmazunk. A csapadékterheléseket saját mérőink és az OMSZ adatai alapján határozzuk meg. A méréseket elsősorban a modell kalibrálásához, azaz a részben bizonytalan paraméterek beállítására használjuk.

VÍZVISSZATARTÁS LEHETŐSÉGEI BUDAPEST SZINTEN

A kék-zöld infrastruktúra és egyéb, a csapadékvizek visszatartását célzó megoldásoknak számos típusa létezik, és helyszínspecifikus, hogy hol melyiket célszerű alkalmazni. Következésképpen település léptékű csapadékvíz-gazdálkodási stratégia kidolgozásához szükség van olyan általános információkat szolgáltató adatbázisra vagy egyszerű számítási módszerekre, amelyek megmutatják, hogy a város különböző adottságú részein milyen megoldások alkalmazhatók és azokkal milyen pozitív hatások érhetőek el a terület vízháztartási viszonyait tekintve.

A Németországban kifejlesztett WABILA döntéstámogató szoftver (WABILA = *Wasserbilanz*, *Henrichs et al.* 2016) a tervezőket segíti az optimális megoldás megválasztásában és megtervezésében azon cél mentén, hogy a beavatkozásokkal a terület vízháztartási mérlegének elemei (lefolyás, beszivárgás, párolgás, tározás) közelítsék a vízgyűjtő természetes állapotára jellemzőt. A WABILA modell egy olyan eszköz, amellyel össze lehet hasonlítani az egyes fejlesztési területeken a vízháztartás elemeinek megváltozását a fejlesztés előtti és a

vízgyűjtő természetes állapotával. A szoftver számítási alapját helyben mért csapadék idősorokkal meghajtott dinamikus lefolyás-moddal végzett szimulációk eredményei képezik. A Városi Eső projekt keretében Budapest területére is hasonló számításokat készítünk, melyeknek végeredményeit térképes formában is közzé tesszük. A cél egy olyan egyszerű számítási módszertan kidolgozása, amely tetszőlegesen kiválasztott budapesti ingatlan/tömb esetén alkalmas különböző beavatkozások hatásának értékelésére. A Budapestre készített szimulációkat az SWMM szoftverben futtatjuk, helyi adatbázisok figyelembevételével. A számításokat ingatlan/tömb szinten hajtjuk végre, mintavízgyűjtők és különböző lefolyásszabályozó megoldások feltételezésével. A mintavízgyűjtők tulajdonságait változtatjuk a szimulációk során: talaj szivárgási tényezője, felszínlejtés, felszínborítottság, stb., ezzel biztosítva a helyi adottságok függvényében történő későbbi számításokat. A szimulációk inputja a Budapesten mért automata meteorológiai állomások által szolgáltatott 10 perces felbontású csapadék idősorok. Végeredményként minden mintavízgyűjtő-lefolyásszabályozó megoldás-csapadék idősor kombinációra kapunk egy-egy becslést a vízháztartási elemek arányára a beavatkozás előtti, a beavatkozás utáni és a vízgyűjtő eredeti (burkolt felületektől mentes) állapota esetén. A szimulációkból kapott értékekből összefüggéseket határozzunk meg, melyekből tetszőlegesen területre, szimulációk nélkül meghatározhatók az egyes elemek.

ÖSSZEFOGLALÁS

A Városi Eső projekt célkitűzése a városok éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásának elősegítése jó gyakorlatok és módszerek bemutatásával Budapest példáján keresztül. A projekt keretében készülő elemzések, módszertanok és a demonstrációs beavatkozások Budapest hosszú távú klímastratégiájának megvalósulását támogatják. Emellett a projektben kidolgozott köz- és magánegyüttműködési modellek, útmutatók és segédletek a hasonló adottságú nagyvárosok klímaadaptációs tervezésének is alapjául szolgálhatnak a jövőben.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A dolgozatban megjelenített elemzések és eredményeik a LIFE – Városi eső (LIFE20 CCA/HU/001774) projekt finanszírozásában jöttek létre. A hivatkozott munkarészek szakmai felelőse és koordinátora a Trinity Enviro Kft.

IRODALOMJEGYZÉK

Budapest Főváros Városerőépítési Tervező Kft. (2021). Budapesti Klímastratégia és a Fenntartható Energia és Klíma Akcióterv; 2022. május

(forrás: https://budapest.hu/Documents/klimastrategia/BP_kl%C3%ADmastrat%C3%A9gia_SECAP.pdf)

Cowpertwait, P. S. P. (1991). Further developments of the Neyman-Scott clustered point process for modeling rainfall, *Water Resour. Res.*, 27, 1431–1438.

Henrichs, M., Langner, J., Uhl, M. (2016). Development of a simplified urban water balance model (WABILA). *Water Science and Technology*, 73(8), 1785–1795.

Molnar, P., Burlando, P. (2005). Preservation of rainfall properties in stochastic disaggregation by a simple random cascade model. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19, 485-506.

Rupp, D. E., Keim R. F., Ossiander M., Brugnach M. and Selker J. S. (2009). Time scale and intensity dependency in multiplicative cascades for temporal rainfall disaggregation. *Water Resour. Res.*, 45, W07409.