



LIFE
Városi Eső
A VÁROSI ESŐ ARANYAT ÉR.

Lefolyásmodell felépítése, Budapest 12. kerület

C.3 akció – Városi csapadékvíz lefolyás modellezése
D.C3.2 Demonstrációs tevékenységek koncepciójának
kidolgozása, a paraméterek meghatározása

Felelős partner | Trinity Enviro Kft.

Dátum | 2022 május



Az Európai Unió
társfinanszírozásával

A PROJEKT A MAGYAR ÁLLAM
TÁRSFINANSZÍROZÁSÁVAL VALÓSUL MEG.

AZ ANYAGBAN LEÍRT VÉLEMÉNYEK KIZÁRÓLAG A LIFE VÁROSI ESŐ PROJEKT PARTNERSÉGÉNEK FELELŐSSÉGI KÖRÉBE TARTOZIK. A MEGÁLLAPÍTÁSOK NEM SZÜKSÉGSZERŰEN TÜKRÖZIK A FINANSZÍROZÓ SZERVEZETEK ÁLLÁSPONTJÁT. A FINANSZÍROZÓK NEM TEHETŐEK FELELŐSSÉ AZ ITT KÖZÖLT TARTALMAK BÁRMILYEN FELHASZNÁLÁSÁÉRT.

SUMMARY

The report presents the development of a runoff simulation model for the 12th district of Budapest. The aim was to build a detailed runoff model for the whole of the 12th district, which can be both used to determine the optimal parameters for local water retention interventions and to estimate their impact in advance, as well as to support strategic planning for stormwater management at district scale. A 5 m resolution digital terrain model (DTM) was created based on the elevation of the manhole covers and a 1 m resolution DTM based on LIDAR data. The runoff model was built in the EPA Storm Water Management Model (SWMM) software. The model simulates field runoff in watersheds, as well as stormwater runoff in the subsurface channel network and on paved surfaces, i.e. on roads (2D module), under different precipitation loads. As a methodological innovation, the surface and subsurface drainage systems were connected through sinkholes, modelling a bidirectional connection. By coupling the subsurface 1D channel model with the 2D surface model, the surface runoff rate at the road cross-section can be calculated along with the channel network condition characteristics. Building the runoff model involved the following tasks: converting and importing data available in a structure and format substantially different from the SWMM, parameterising channels, determining the optimal catchment resolution and delineating catchments, as well as parameterising the catchments. In conjunction with the latest version of EPA SWMM (5.2), additional softwares for model building has been developed, such as a green space delineation algorithm and a software for converting SWMM INP files from MS Access. These softwares allow for a quick, easy and automated update of SWMM data in case of changes in the base data. The model is as detailed as possible: it corresponds to the level of detail of the available inventory data. The following number of objects are built in: about 3100 sinkholes of different types as registered by the Budapest Sewerage Works (FCSM Zrt.), about 5000 manholes, about 5000 roof type of catchments, about 5000 road surface type of catchments, about 5000 green and paved surface type of catchments with calculated paved/unpaved surface ratios. The performance of the model was verified by preliminary simulations driven by fictitious large precipitation events.

TARTALOMJEGYZÉK

Nincsenek tartalomjegyzék-bejegyzések.

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. TÁBLÁZAT – CSŐANYAG ÉS CSŐÁTMÉRŐ SZERINTI CSOPORTOK ÉS KEZDETI MANNING-TÉNYEZŐJÜK	5
--	---

ÁBRAJEGYZÉK

1. ÁBRA - FELSZÍNBORÍTÁSOK (FELÜLETTÍPUSOK) A 12. KERÜLETBEN	6
2. ÁBRA - TETŐFELÜLETEK MEGHATÁROZÁSÁHOZ FELHASZNÁLT POLIGONOK AZ OPENSTREETMAP ADATBÁZISBAN	7
3. ÁBRA - ÉPÜLET TETŐK CSATORNAÁKNÁHOZ RENDELÉSE	7
4. ÁBRA - LEHATÁROLT UTAK ÉS BURKOLT FELÜLETEK, ÉS EZEK VÍZNYELŐHÖZ RENDELÉSE THIessen POLIGONOK SEGÍTSÉGÉVEL	8
5. ÁBRA - A LEHATÁROLÁSÁHOZ HASZNÁLT ORTOFOTO (FELÜL) ÉS AZ ALGORITMUSSEL LEHATÁROLT ZÖLDFELÜLETEK (ALUL)	9
6. ÁBRA - EGYÉB (NEM TETŐFELÜLETEK ÉS UTAK), JAVARÉSZT BURKOLT FELÜLETEK	10
7. ÁBRA – NEM ÚT VAGY TETŐFELÜLETEK THIessen POLIGONOK ALAPJÁN VÍZNYELŐKHÖZ RENDELT VÍZGYÚJTÓI A ZÖLDFELÜLETEK TERÜLETI ARÁNYÁVAL	10
8. ÁBRA – FELÜLBEÖMLŐS VÍZNYELŐ TÍPUS (BAL) ÉS EGY KONKRÉT VÍZNYELŐ (JOB) PARAMÉTEREZÉSE	11
9. ÁBRA - UTAK MODELLPARAMÉTEREI	12
10. ÁBRA - 1D CSATORNA MODELL ÉS 2D FELSZÍNI MODELL ÖSSZEKAPCSOLÁSÁNAK ELVE	14
11. ÁBRA - PRÓBASZIMULÁCIÓ KIÍRATOTT EREDMÉNYEI	15

JOGNYILATKOZAT

Jelen dokumentum az EU 2021–2027 LIFE programja, valamint a Magyar Állam támogatásával megvalósuló „LIFE20 CCA/HU/001774 LIFE in Runoff – VárosiEső” projekt Támogatási Megállapodásában megfogalmazottak szerint és alapján készült a Trinity Enviro Kft. által. A készítő határozottan kijelenti, hogy jelen munka a Támogatási Megállapodásban meghatározott célok elérésének érdekében és szellemében, valamint a projektben résztvevő partnerekkel tartott rendszeres értekezleteken jelzett szempontok figyelembevételével készült.

Ez a dokumentum a LIFE20 CCA/HU/001774 LIFE in Runoff – VárosiEső projekt „C.3 Városi csapadékvíz lefolyás modellezése” akciójának keretében előállítandó, „D.C.3.2 Demonstrációs tevékenységek koncepciójának kidolgozása, a paraméterek meghatározása” megnevezésű eredménytermék (deliverable) részét képezi.

I. CSATORNAHÁLÓZATI ADATOK ELLENŐRZÉSE, JAVÍTÁSA

1 BEVEZETÉS

1.1 A MUNKARÉSZ HÁTTERE

A munkarészben a 12. kerületi csatornahálózati modell elsődleges (durva) hibáinak javítását végeztük el. A modell az FCSM nyilvántartás adatbázisából készült, az adatbázisban szereplő hibák kiszűrése és javítása jelentette a modell elsődleges hibajavítását.

1.2 A MUNKARÉSZ CÉLJA

A munkarész célja, hogy a 12. kerületi lefolyásmoellbe beépíthető, futtatható legyen a kulcsfontosságú részét jelentő csatornahálózati modell. Az elsődleges hibák megakadályoznák a modellépítés következő lépéseit.

2 MÓDSZERTAN / FELADATOK

2.1 HIÁNYZÓ CSATORNASZAKASZOK, FOLYTONOSSÁGI HIÁNYOK ÉS HIBÁS/HIÁNYZÓ SZINTEK AZONOSÍTÁSA

A megrendelőtől kapott alapadatok alapján automatizáltan legenerálásra került egy modellváltozat, azonban tekintettel a nyilvántartásbeli adathiányokra és adathibákra, szükséges volt az adatok vizsgálata és a hibák javítása üzemeltetői információk és szakértői vélemény alapján.

Tekintettel arra, hogy a modellezés célja csapadékesemények leírása, ezért csak az egyesített csatornák, valamint elválasztott csapadékcsatornák adatai lettek behívva a modellbe.

A legenerált modell tartalmazott a jelen projektet nem érintő hálózati adatokat is, ezért első lépésként szükséges volt meghatározni az érintett hálózati elemeket, a nem releváns adatokat a modellből törölni kellett. Több olyan csatornaszakasz volt a modellben, amely bár a tervezési területen található, de tekintettel vízgyűjtőterületének nagyságára törlésre került.

A hiányzó csatornaszakasz esetében is el kellett dönteni, hogy szükséges-e integrálni a modellbe, vagy a csatlakozó hálózat törölhető. Jellemző oka a hiányzó csatornáknak, hogy egyesített rendszerű területen találhatóak köztes szakaszok, melyek elválasztott rendszerű szennyvízcsatornáként

szerepelnek az üzemeltető adatbázisában, fent leírtak szerint az elválasztott szennyvízcsatornák adatai nem kerültek a modellbe.



1. ábra – Példa hiányzó csatornaszakaszra

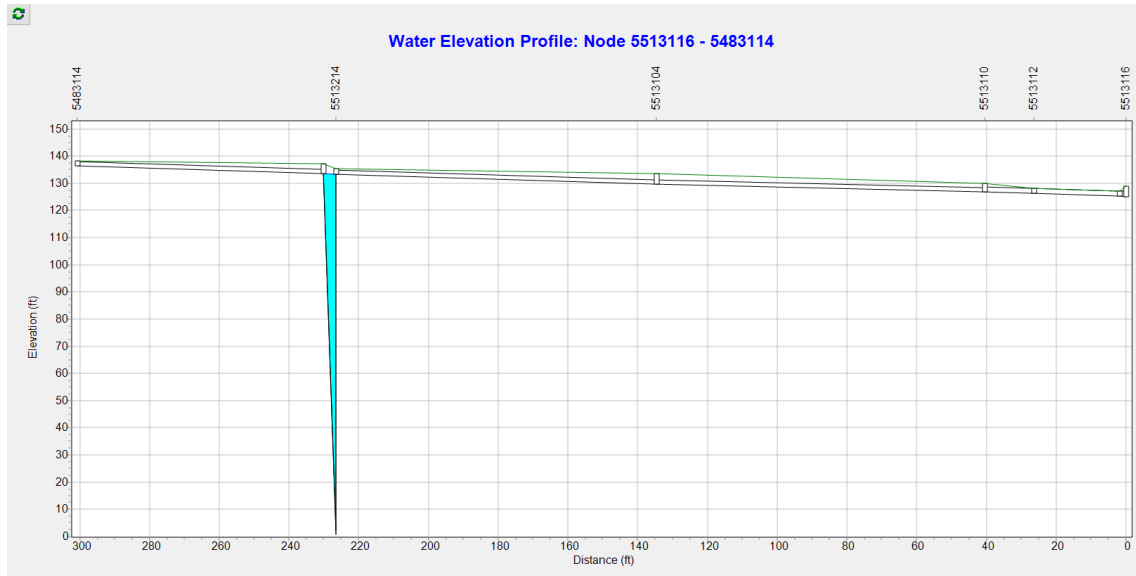
A kapott adatokban több csomópontban, hibás, vagy hiányzó magassági adatok szerepeltek. A magassági adatok hiányának jellemző oka, hogy a hálózaton számos takart, valamint vakakna található. Másik jellemző ok, hogy a szolgáltató adatbázisában vagy egyáltalán nem voltak adatok bizonyos csomópontokban, vagy relatív mélységi adatok voltak megadva.

2.2 AZONOSÍTOTT CSATORNAHÁLÓZATI HIBÁK JAVÍTÁSA

A hibák javítása során ahol egy-egy takart, vagy adathiányos akna volt, ott a folyásfenék, valamint fedlapszintek alvízi, valamint felvízi aknák adatainak figyelembevételével interpolálás módszerével lettek meghatározva. Abban az esetben, amikor egy hosszabb csatornaszakaszon csak relatív mélységi adat volt megadva, akkor a jellemző pontokban meghatározott terepszinteket követően 2 adat között szintén interpolálás módszerével kerültek meghatározásra a csomóponti szintadatok.

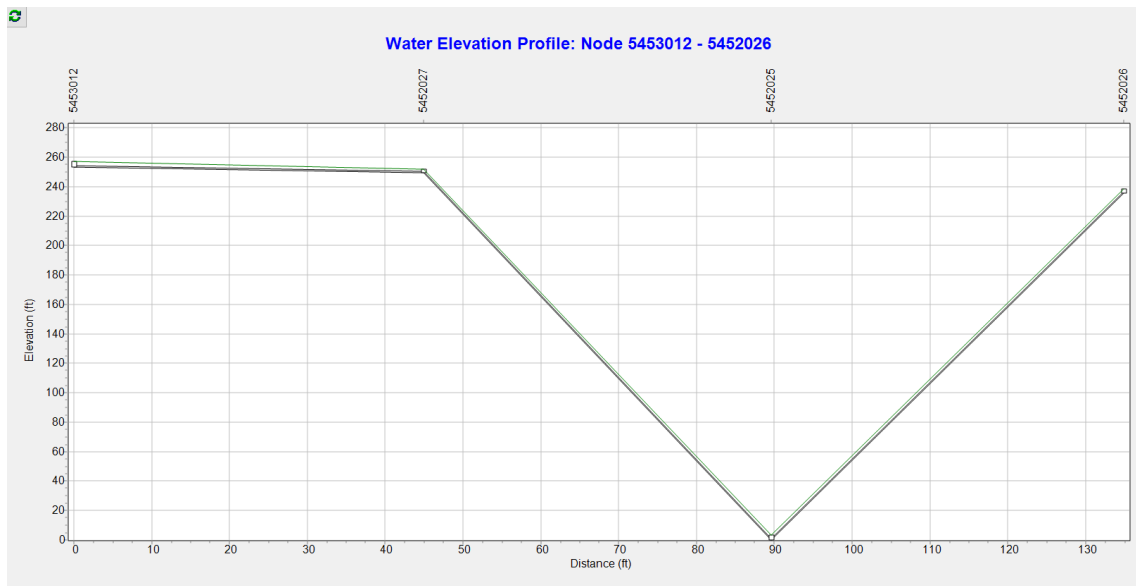
Ezen kívül jellemző hiba volt, hogy modellgenerálás során az csomópontokhoz (tisztítóaknák), vagy vezetékszakaszhoz helytelen adatot rendelt a program. Ilyen jellemző hiba, hogy a vezetékszakasz valamely végpontja az abszolút 0 szintre lett bekötve, vagy a csatornaszakasz alvízi oldalán a folyásfenékszint felé kötött, amely elleneséses csatornaszakaszt eredményezett.

12. KERÜLET – LEFOLYÁSMODELL FELÉPÍTÉSE

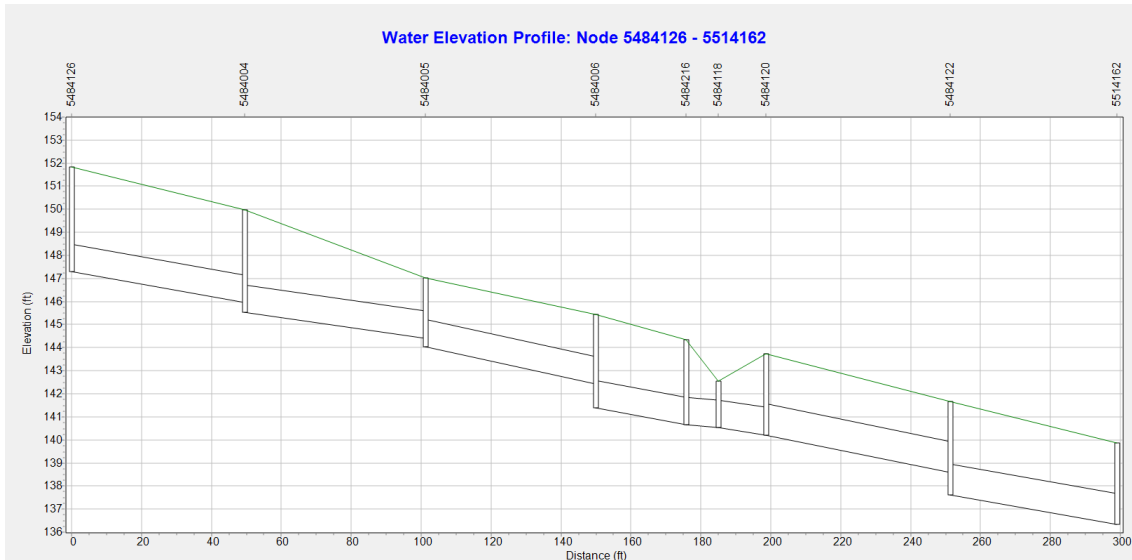


2. ábra – Példa hibás folyásfenékszintre csatorna esetében

Aknák esetében jellemző hiba, hogy a fedlap-, vagy folyásfenékszintje nem megfelelően lettek meghatározva valamint, hogy aknamélységnek alapértelmezett 1 méteres érték hozzárendelve.

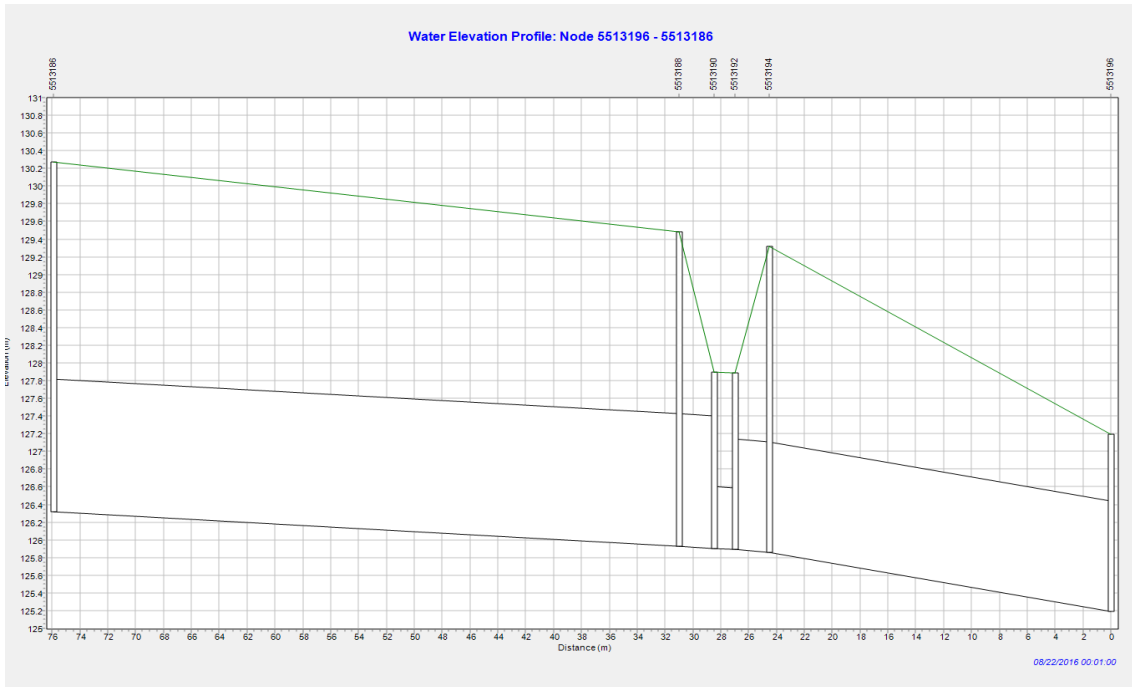


3. ábra – Példa hibás aknaszintekre



4. ábra – Példa hibás paraméterezésű fedlapszintre

Az adathiányok javítását követően a modell lefutott, azonban a „Continuity Errors”, valamint „Time-Step Critical Elements” paraméterek bizonyos csomópontokban jelentős mértékűek, ennek oka volt, hogy az adatbázisban szereplő speciális szelvényalakok automatizáltan nem értelmezhetők a programban, ezért modellgenerálás során szelvénye kör alakúként került be a modellbe. Az eltérő geometria miatt a vezetékszakasz kapacitása lecsökkent visszatartást okozott a hálózaton és mélyponton kiöntést okozott. A megfelelő szelvényalak kiválasztását követően a kiöntés megszűnt, a százalékos hiba lecsökkent.



5. ábra – Példa hibás fedlapszintre

3 EREDMÉNYEK

A hibajavítás eredményeként létrejött csatornahálózati modell már nem tartalmazott súlyosabb hibákat, a modell futtatása már lehetséges volt, a megengedett hibahatáron belüli anyagmérleg hibával. A csatornahálózat geometriájának elfogadható, javított állapota lehetővé tette a következő modellépítési lépések, pl. felparaméterezés, vízgyűjtők lehatárolás elkezdését.

II. TEREPMODELL KÉSZÍTÉSE

1 BEVEZETÉS

1.1 A MUNKARÉSZ HÁTTERE

A terepmodell elkészítése a területre (12. kerület) egy szabályos háló elkészítését jelenti, ahol a háló minden cellájának értéke a cellán belüli átlagos terepszint. A terepszintek szükséges pontosságát és részletességét (a háló sűrűsége) a terepmodellt felhasználó munkarészek határozzák meg. A terepszintek elérhető pontosságát a rendelkezésre álló adatok határozzák meg.

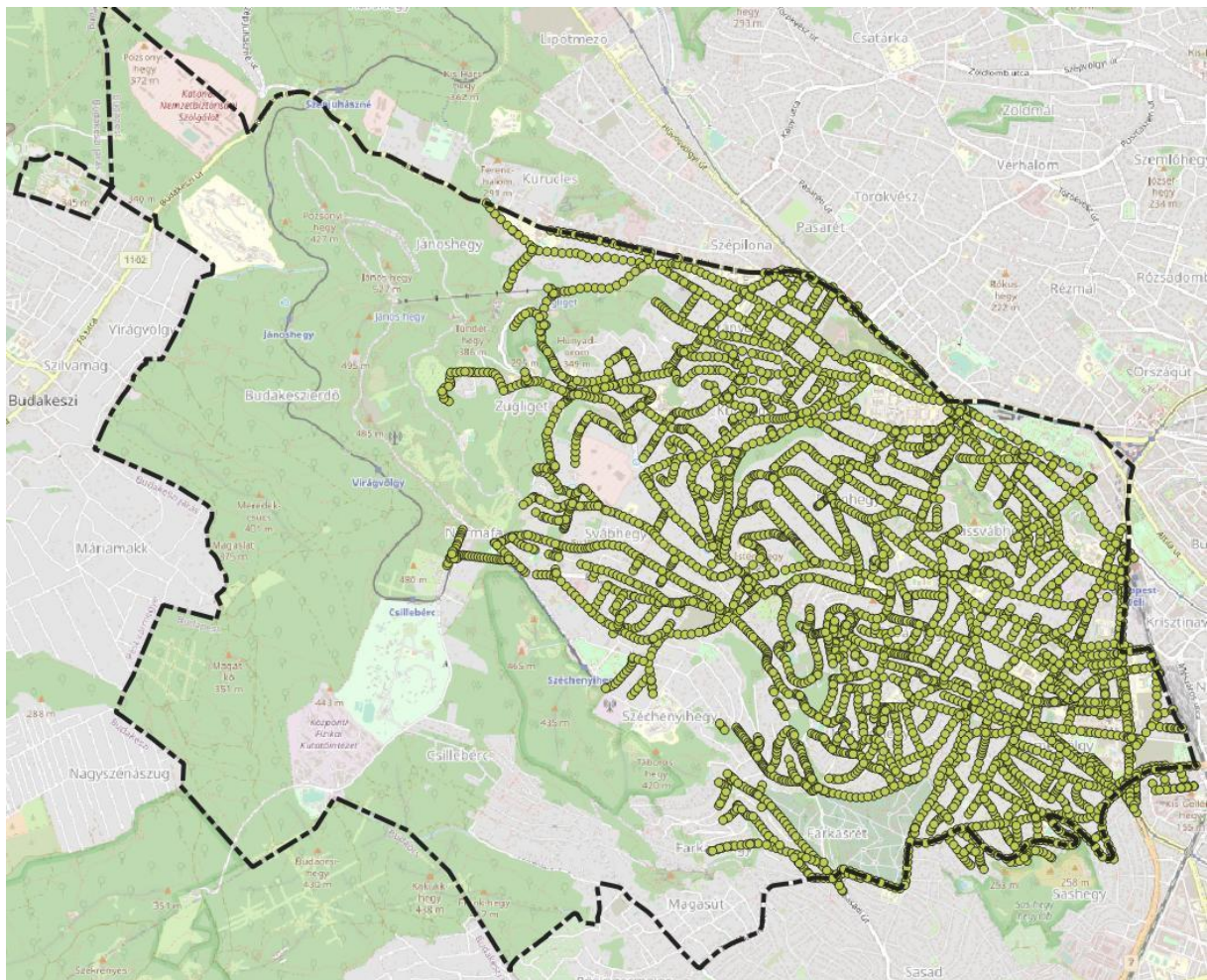
1.2 A MUNKARÉSZ CÉLJA

A terepadatok több projekt munkarész bemenetét képezik, pl. lefolyásmodell, sérülékenységvizsgálat. A terepmodell elkészítésének célja, hogy elegendő részletességű és pontosságú kiindulási adatot biztosítson a többi munkarész számára.

2 MÓDSZERTAN / FELADATOK

2.1 CSATORNAAKNA FEDLAPSZINT ADATOK GYŰJTÉSE ÉS SZŰRÉSE

Városi környezetben általában rendelkezésre állnak a közműhálózati adatok. Teljes Budapestre kb. 212000 aknafedlap tengerszint feletti (abszolút) magassága áll rendelkezésre az FCSM nyilvántartásából. Ezek egy része a gerinc csatorna aknák fedlapjai, más részük víznyelő aknák. A 12. kerületben kb. 4800 csatornahálózati akna található. A fedlapszintek közül ki kellett szűrni a hibás adatokat, melyek adathiány, elírás vagy egyéb okból nem használhatók.

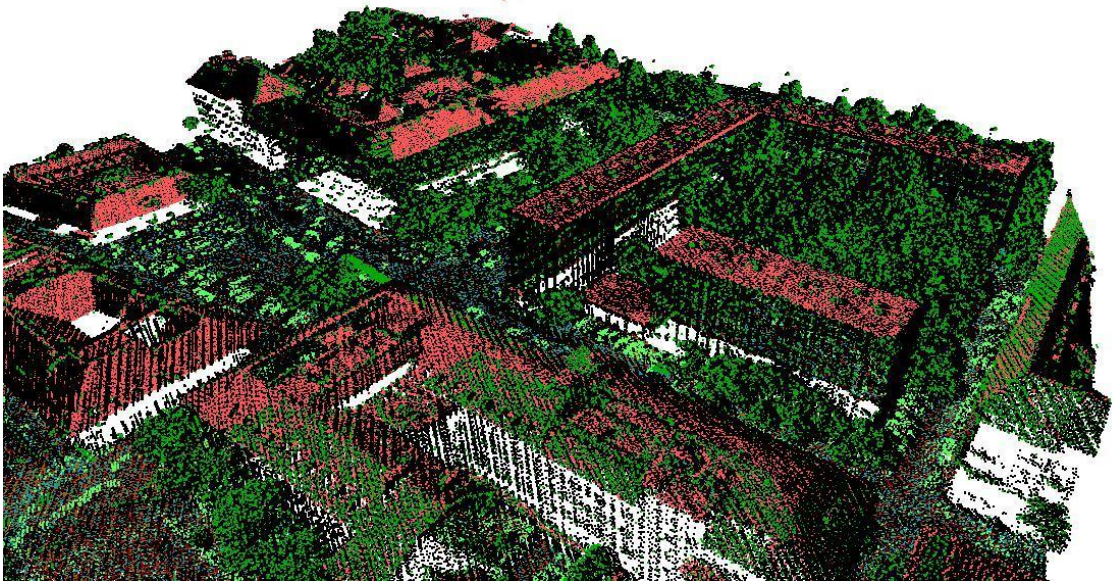


1. ábra - Terepmódel generálásához felhasznált csatornaaknák

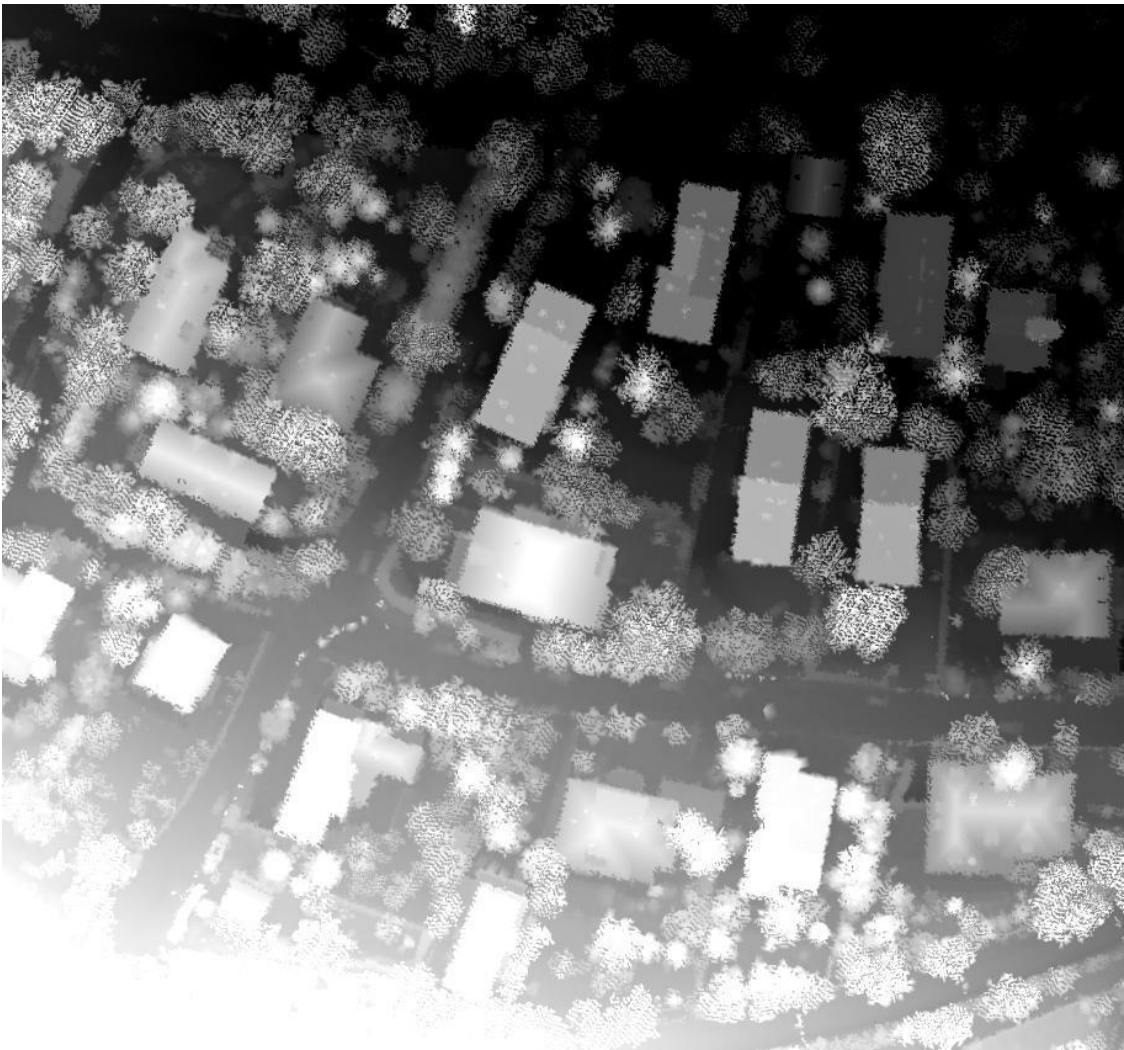
2.2 LIDAR ADATOK ÉRTÉKELÉSE ÉS SZŰRÉSI KRITÉRIUMOK MEGHATÁROZÁSA

A Fővárosi Önkormányzattól megkaptuk a 2016-ban az FCSM Zrt. által készített LIDAR adatokat. Ez terepmódellet és felületmódellet is tartalmaz, többféle formátumban, akár 3D-ben is. A felületmódelletben a terepszint feletti tárgyak, azaz az épületek és a fák szintjei jelennek meg, ahogy az alábbi ábrákon látszik. A felszíni csapadék-lefolyás vizsgálatához annak a felületnek az ismerete szükséges, ahol a lefolyás megtörténik, ezért a további elemzéseinkhez a terepmódelletet használtuk.

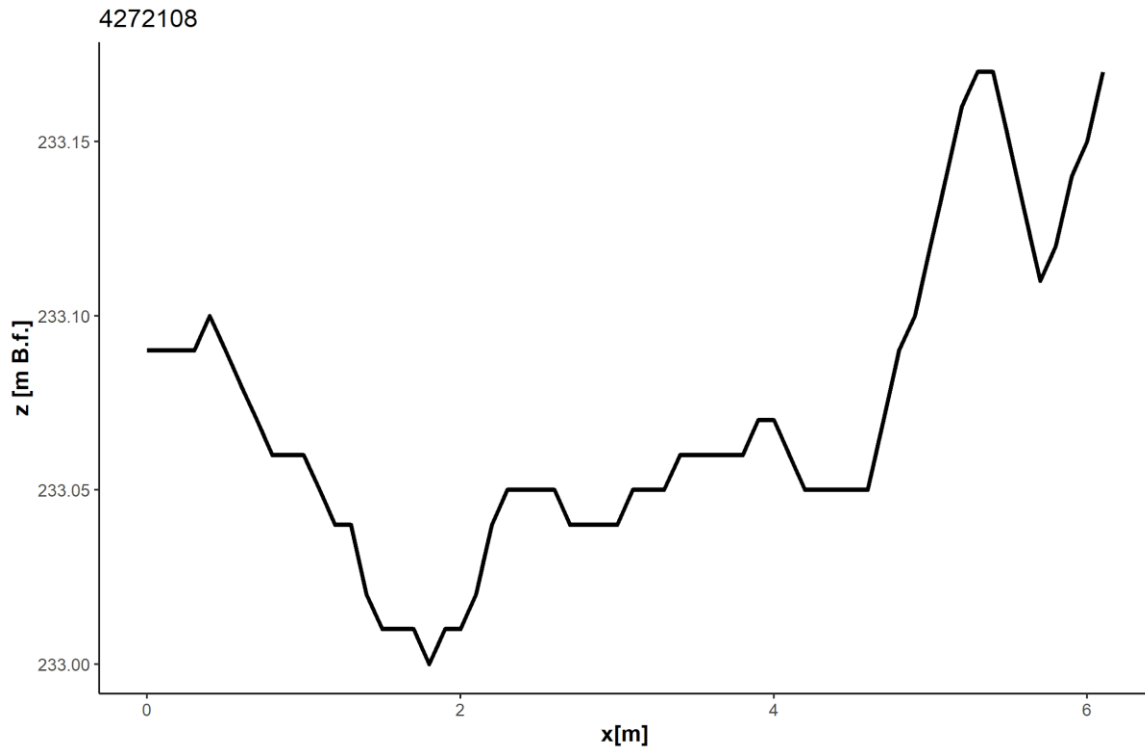
Az eredeti LIDAR terepmódellet hálójának felbontása 10 cm-es horizontális (XY) felbontású. A magassági adatok (Z) felbontása 1 cm-es. A magassági adatok pontossága azonban a vizsgálataink szerint nem felel meg a felbontásának. Ezt mutatják a LIDAR terepmódelletből készített utca keresztmetszésvonalaink (4-7. ábrák). Nem lehet felfedezni a jellemző pontokat pl. útszegély, viszont benne vannak a valóságban nem létező, kiugró pontok.



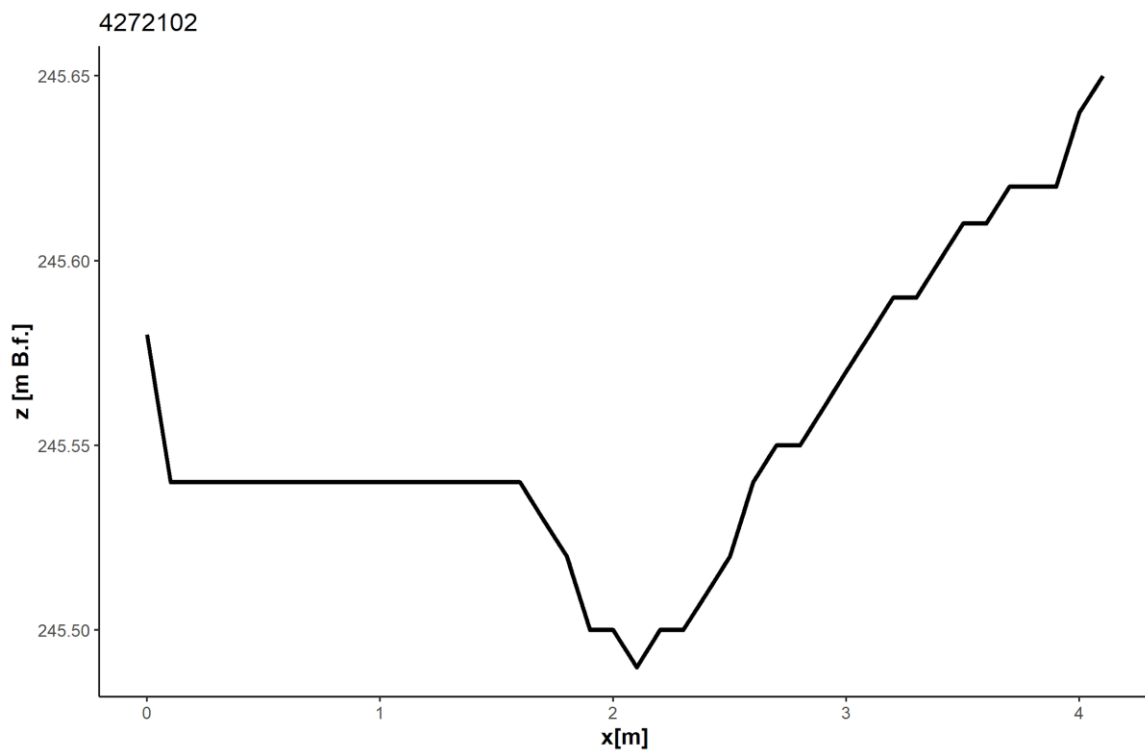
2. ábra - LIDAR felületmodell 3D-s perspektivikus megjelenítése



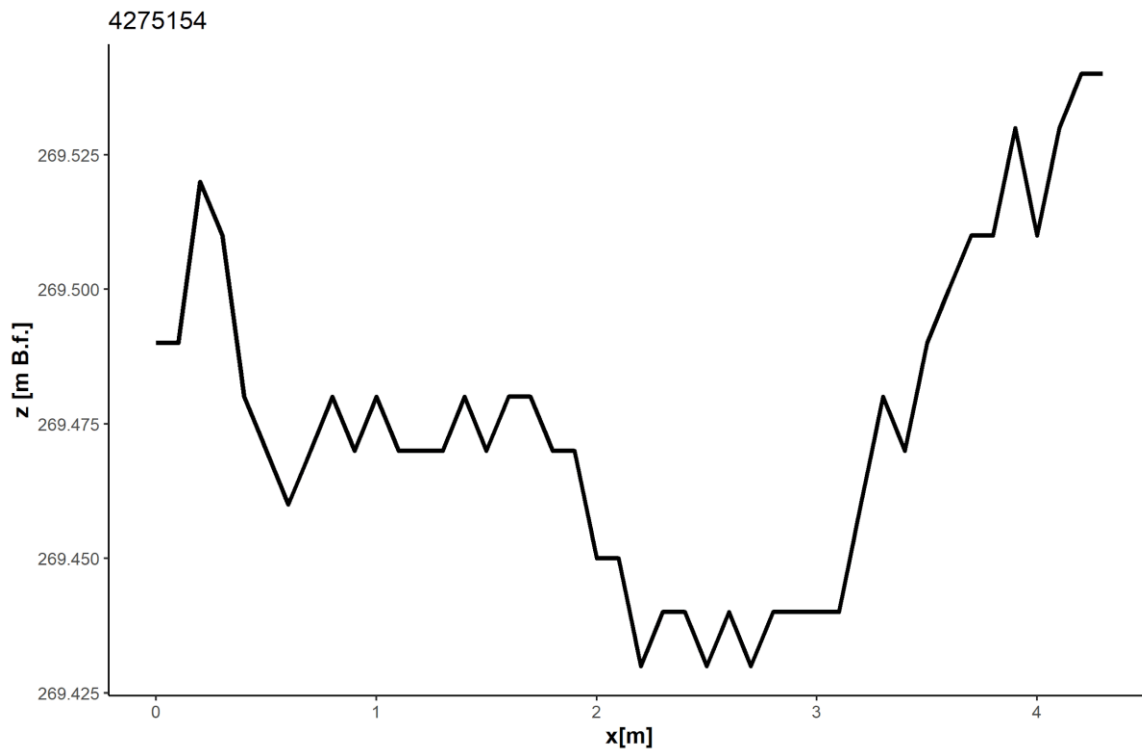
3. ábra - LIDAR felületmodell felülnézete



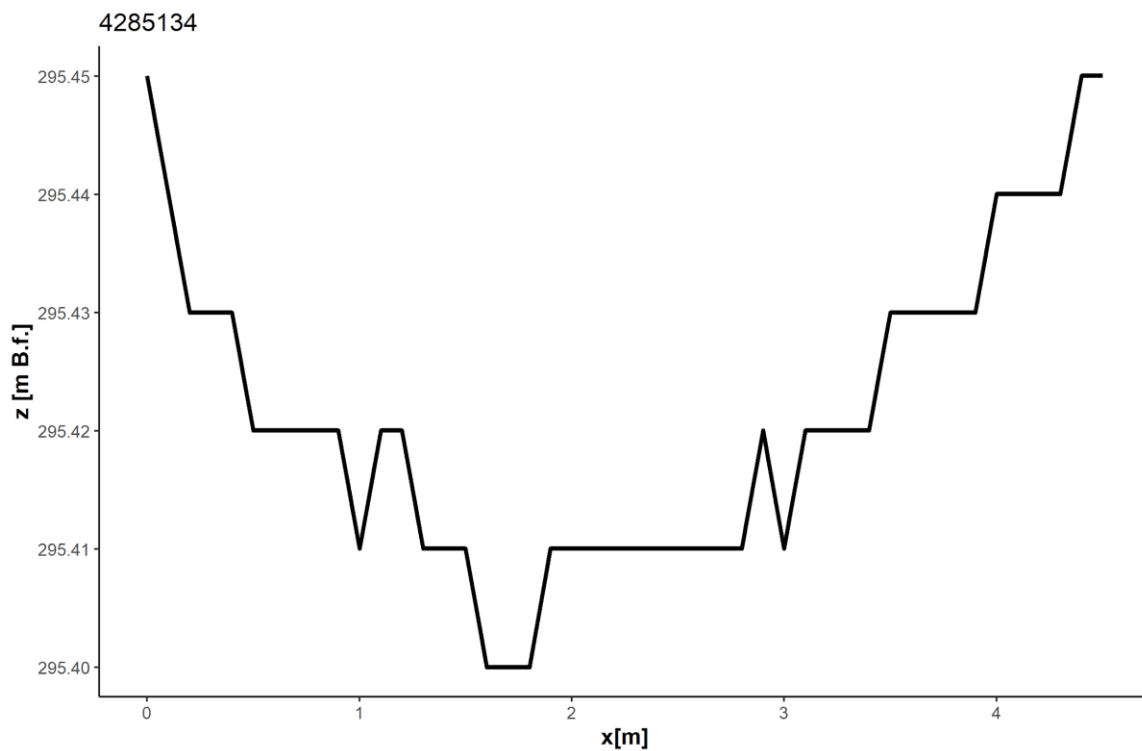
4. ábra - LIDAR terepmodellből lekérdezett út keresztmetszévény, 1. példa



5. ábra - LIDAR terepmodellből lekérdezett út keresztmetszévény, 2. példa



6. ábra - LIDAR terepmodellből lekérdezett út keresztmetszévény, 3. példa



7. ábra - LIDAR terepmodellből lekérdezett út keresztmetszévény, 4. példa

12. KERÜLET – LEFOLYÁSMODELL FELÉPÍTÉSE

2.3 DOMBORZATMODELL LÉTREHOZÁSA A SZÚRT SZINT ADATOKBÓL

2.3.1 DTM LÉTREHOZÁSA CSATORNA FEDLAPSZINTEKBŐL

A helyes adatokból Kriging módszerrel állítottuk elő a digitális terepmodellt (Digital Terrain Model – DTM). A Kriging módszer alapvetően rasztert állít elő pontok interpolálásával. Ezen belül is különböző modelleket lehet használni a pontok távolsága és a terepszintek varianciája közötti kapcsolat leírására szolgáló variogram közelítésére. Mi a szférikus modellt használtuk. Az interpolációt QGIS térinformatikai szoftver segítségével végeztük el. A paramétereket a feladatnak megfelelően állítottuk be. A raszter kiosztását az aknák sűrűségének megfelelően 5 m-re állítottuk.

2.3.2 DTM LÉTREHOZÁSA LIDAR-BÓL

A LIDAR tapasztalt pontatlanságai, illetve a terepmodellel végzendő műveletek nagy számításai igénye miatt a 10 cm-es felbontású hálóból 1 m-es felbontásút készítettünk, és ezt használtuk a további elemzésekhez.

A 0.1 m-es hálóból a QGIS gdal raster összevonás parancsával végeztük el az 1 m-es hálóra konvertálást. A folyamathoz szükséges paramétereket Excel makrók segítségével állítottuk elő.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	65-143-2332	65-143-2241	65-143-2342	65-143-1131	65-144-1132	65-144-1143	65-144-1142	65-144-1133	65-144-1241	65-144-1242	65-144-1243	65-144-2131	65-144-2132	65-144-2141	65-144-2142	65-144-2231	65-144-2232	65-144-2241	65-144-2242	65-233-1131	65-233-1132
2	65-143-2234	65-143-2245	65-143-2244	65-144-1133	65-144-1134	65-144-1145	65-144-1146	65-144-1231	65-144-1245	65-144-1244	65-144-2135	65-144-2136	65-144-2145	65-144-2146	65-144-2235	65-144-2236	65-144-2245	65-144-2246	65-233-1135	65-233-1136	
3	65-143-2414	65-143-2421	65-143-2422	65-144-1311	65-144-1312	65-144-1321	65-144-1322	65-144-1411	65-144-1412	65-144-1421	65-144-1422	65-144-2311	65-144-2312	65-144-2321	65-144-2322	65-144-2411	65-144-2412	65-144-2421	65-144-2422	65-233-1311	65-233-1312
4	65-143-2414	65-143-2423	65-143-2424	65-144-1311	65-144-1314	65-144-1324	65-144-1411	65-144-1414	65-144-1421	65-144-1422	65-144-2311	65-144-2312	65-144-2323	65-144-2324	65-144-2413	65-144-2414	65-144-2423	65-144-2424	65-233-1313	65-233-1314	
5	65-143-2432	65-143-2441	65-143-2442	65-144-1331	65-144-1332	65-144-1341	65-144-1342	65-144-1431	65-144-1441	65-144-1442	65-144-2331	65-144-2332	65-144-2341	65-144-2342	65-144-2431	65-144-2432	65-144-2441	65-144-2442	65-233-1331	65-233-1332	
6	65-143-2434	65-143-2443	65-143-2444	65-144-1331	65-144-1334	65-144-1344	65-144-1431	65-144-1441	65-144-1443	65-144-1444	65-144-2331	65-144-2334	65-144-2344	65-144-2431	65-144-2434	65-144-2444	65-144-2445	65-233-1333	65-233-1334		
7	65-143-4212	65-143-4221	65-143-4222	65-144-3111	65-144-3112	65-144-3121	65-144-3122	65-144-3211	65-144-3212	65-144-3221	65-144-3222	65-144-4111	65-144-4112	65-144-4121	65-144-4122	65-144-4211	65-144-4212	65-144-4221	65-144-4222	65-233-3111	65-233-3112
8	65-143-4214	65-143-4223	65-143-4224	65-144-3111	65-144-3114	65-144-3124	65-144-3211	65-144-3214	65-144-3223	65-144-3224	65-144-4113	65-144-4114	65-144-4123	65-144-4124	65-144-4213	65-144-4214	65-144-4223	65-144-4224	65-233-3113	65-233-3114	
9	65-143-4232	65-143-4241	65-143-4242	65-144-3131	65-144-3132	65-144-3141	65-144-3142	65-144-3231	65-144-3232	65-144-3241	65-144-3242	65-144-4131	65-144-4132	65-144-4141	65-144-4142	65-144-4231	65-144-4232	65-144-4241	65-144-4242	65-233-3131	65-233-3132
10	65-143-4234	65-143-4243	65-143-4244	65-144-3131	65-144-3134	65-144-3144	65-144-3231	65-144-3234	65-144-3243	65-144-3244	65-144-4131	65-144-4134	65-144-4143	65-144-4144	65-144-4233	65-144-4234	65-144-4243	65-144-4244	65-233-3133	65-233-3134	
11	65-143-4412	65-143-4421	65-143-4422	65-144-3311	65-144-3312	65-144-3321	65-144-3322	65-144-3411	65-144-3412	65-144-3421	65-144-3422	65-144-4311	65-144-4312	65-144-4321	65-144-4322	65-144-4411	65-144-4412	65-144-4421	65-144-4422	65-233-3311	65-233-3312
12	65-143-4414	65-143-4423	65-143-4424	65-144-3311	65-144-3314	65-144-3324	65-144-3411	65-144-3414	65-144-3423	65-144-3424	65-144-4311	65-144-4314	65-144-4323	65-144-4324	65-144-4413	65-144-4414	65-144-4423	65-144-4424	65-233-3313	65-233-3314	
13	65-143-4432	65-143-4441	65-143-4442	65-144-3331	65-144-3332	65-144-3341	65-144-3342	65-144-3431	65-144-3432	65-144-3441	65-144-3442	65-144-4331	65-144-4332	65-144-4341	65-144-4342	65-144-4431	65-144-4432	65-144-4441	65-144-4442	65-233-3331	65-233-3332
14	65-143-4434	65-143-4443	65-143-4444	65-144-3331	65-144-3334	65-144-3344	65-144-3431	65-144-3434	65-144-3443	65-144-3444	65-144-4331	65-144-4334	65-144-4343	65-144-4344	65-144-4433	65-144-4434	65-144-4443	65-144-4444	65-233-3333	65-233-3334	
15	65-321-2212	65-321-2221	65-321-2222	65-322-1111	65-322-1112	65-322-1121	65-322-1122	65-322-1211	65-322-1212	65-322-1221	65-322-1222	65-322-2111	65-322-2112	65-322-2121	65-322-2122	65-322-2211	65-322-2212	65-322-2221	65-322-2222	65-411-1111	65-411-1112
16	65-321-2214	65-321-2223	65-321-2224	65-322-1113	65-322-1114	65-322-1123	65-322-1124	65-322-1213	65-322-1214	65-322-1223	65-322-1224	65-322-2113	65-322-2114	65-322-2123	65-322-2124	65-322-2213	65-322-2214	65-322-2223	65-322-2224	65-411-1113	65-411-1114
17	65-321-2232	65-321-2241	65-321-2242	65-322-1131	65-322-1132	65-322-1141	65-322-1142	65-322-1231	65-322-1232	65-322-1241	65-322-1242	65-322-2131	65-322-2132	65-322-2141	65-322-2142	65-322-2231	65-322-2232	65-322-2241	65-322-2242	65-411-1131	65-411-1132
18	65-321-2234	65-321-2243	65-321-2244	65-322-1131	65-322-1134	65-322-1143	65-322-1144	65-322-1233	65-322-1234	65-322-1243	65-322-1244	65-322-2133	65-322-2134	65-322-2143	65-322-2144	65-322-2233	65-322-2234	65-322-2243	65-322-2244	65-411-1133	65-411-1134
19	65-321-2412	65-321-2421	65-321-2422	65-322-1311	65-322-1312	65-322-1321	65-322-1322	65-322-1411	65-322-1412	65-322-1421	65-322-1422	65-322-2311	65-322-2312	65-322-2321	65-322-2322	65-322-2411	65-322-2412	65-322-2421	65-322-2422	65-411-1311	65-411-1312
20	65-321-2414	65-321-2423	65-321-2424	65-322-1313	65-322-1314	65-322-1323	65-322-1324	65-322-1413	65-322-1414	65-322-1423	65-322-1424	65-322-2313	65-322-2314	65-322-2323	65-322-2324	65-322-2413	65-322-2414	65-322-2423	65-322-2424	65-411-1313	65-411-1314
21	65-321-2432	65-321-2441	65-321-2442	65-322-1331	65-322-1332	65-322-1341	65-322-1342	65-322-1431	65-322-1432	65-322-1441	65-322-1442	65-322-2331	65-322-2332	65-322-2431	65-322-2432	65-322-2441	65-322-2442	65-322-2443	65-322-2444	65-411-1331	65-411-1332
22	65-321-2434	65-321-2443	65-321-2444	65-322-1333	65-322-1334	65-322-1343	65-322-1344	65-322-1433	65-322-1434	65-322-1443	65-322-1444	65-322-2333	65-322-2334	65-322-2433	65-322-2434	65-322-2443	65-322-2444	65-322-2445	65-322-2446	65-411-1333	65-411-1334
23	65-321-4212	65-321-4221	65-321-4222	65-322-3111	65-322-3112	65-322-3121	65-322-3122	65-322-3211	65-322-3212	65-322-3221	65-322-3222	65-322-4111	65-322-4112	65-322-4121	65-322-4122	65-322-4211	65-322-4212	65-322-4221	65-322-4222	65-411-3111	65-411-3112
24	65-321-4214	65-321-4223	65-321-4224	65-322-3113	65-322-3114	65-322-3123	65-322-3124	65-322-3213	65-322-3214	65-322-3223	65-322-3224	65-322-4113	65-322-4114	65-322-4123	65-322-4124	65-322-4213	65-322-4214	65-322-4223	65-322-4224	65-411-3113	65-411-3114
25	65-321-4232	65-321-4241	65-321-4242	65-322-3131	65-322-3132	65-322-3141	65-322-3142	65-322-3231	65-322-3232	65-322-3241	65-322-3242	65-322-4131	65-322-4132	65-322-4141	65-322-4142	65-322-4231	65-322-4232	65-322-4241	65-322-4242	65-411-3131	65-411-3132
26	65-321-4234	65-321-4243	65-321-4244	65-322-3133	65-322-3134	65-322-3143	65-322-3144	65-322-3233	65-322-3234	65-322-3243	65-322-3244	65-322-4133	65-322-4134	65-322-4143	65-322-4144	65-322-4233	65-322-4234	65-322-4243	65-322-4244	65-411-3133	65-411-3134
27	65-321-4412	65-321-4421	65-321-4422	65-322-3311	65-322-3312	65-322-3321	65-322-3322	65-322-3411	65-322-3412	65-322-3421	65-322-3422	65-322-4311	65-322-4312	65-322-4321	65-322-4322	65-322-4411	65-322-4412	65-322-4421	65-322-4422	65-411-3311	65-411-3312
28																					
29	sárga	12ter																			
30	barna	katonai																			

8. ábra - 12. kerületre eső 10 cm-es felbontású LIDAR "csempék" leválogatása a Budapest egészére kapott állományból

Az Excel képen a 12. kerület EOTR térképlapjai láthatók, melyeket a makró állít elő. A barna cellák a hiányzó, budakeszi katonai terület, a sárga cellák a 12. kerület egyéb részei. Ugyanez az Excel makró készít EOTR szelvény listát tetszőleges területre, megadva a szélső EOTR lapok neveit.

A QGIS raszter kalkulátorral a sorok és oszlopok számát tizedére csökkentettük. A hiányzó adatokra 0-val feltöltést állítottunk be, a GDAL analízis interpolálással.

Az elkészített DTM felbontásának bemutatására a következő ábrákat mutatjuk be ugyanarra a területre:

- a 12. kerületi Önkormányzat által 2020-ban készített ortofotó,
- az eredeti 0.1 m-es felbontású LIDAR terepmodell,
- és az 1.0 m-esre konvertált terep modell.

Látható, hogy a 0.1m-es és az 1m-es DTM-ek között nincs szignifikáns különbség.

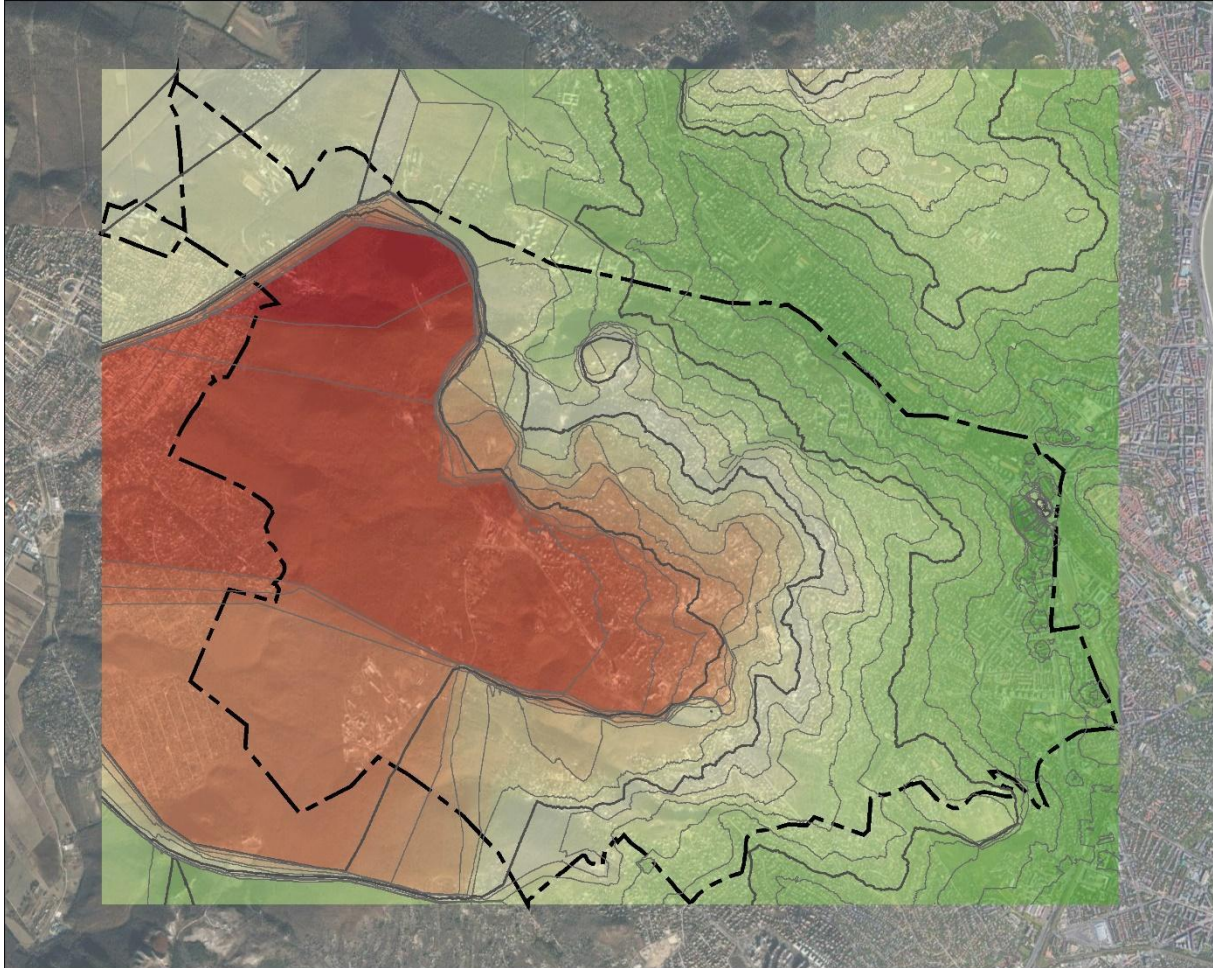


9. ábra - A 10 cm-es és az 1 m-es felbontású DTM összehasonlítása a 12. kerület egy kivágatán

3 EREDMÉNYEK

3.1 CSATORNA FEDLAPSZINTEKBŐL LÉTREHOZOTT DOMBORZATMODELL

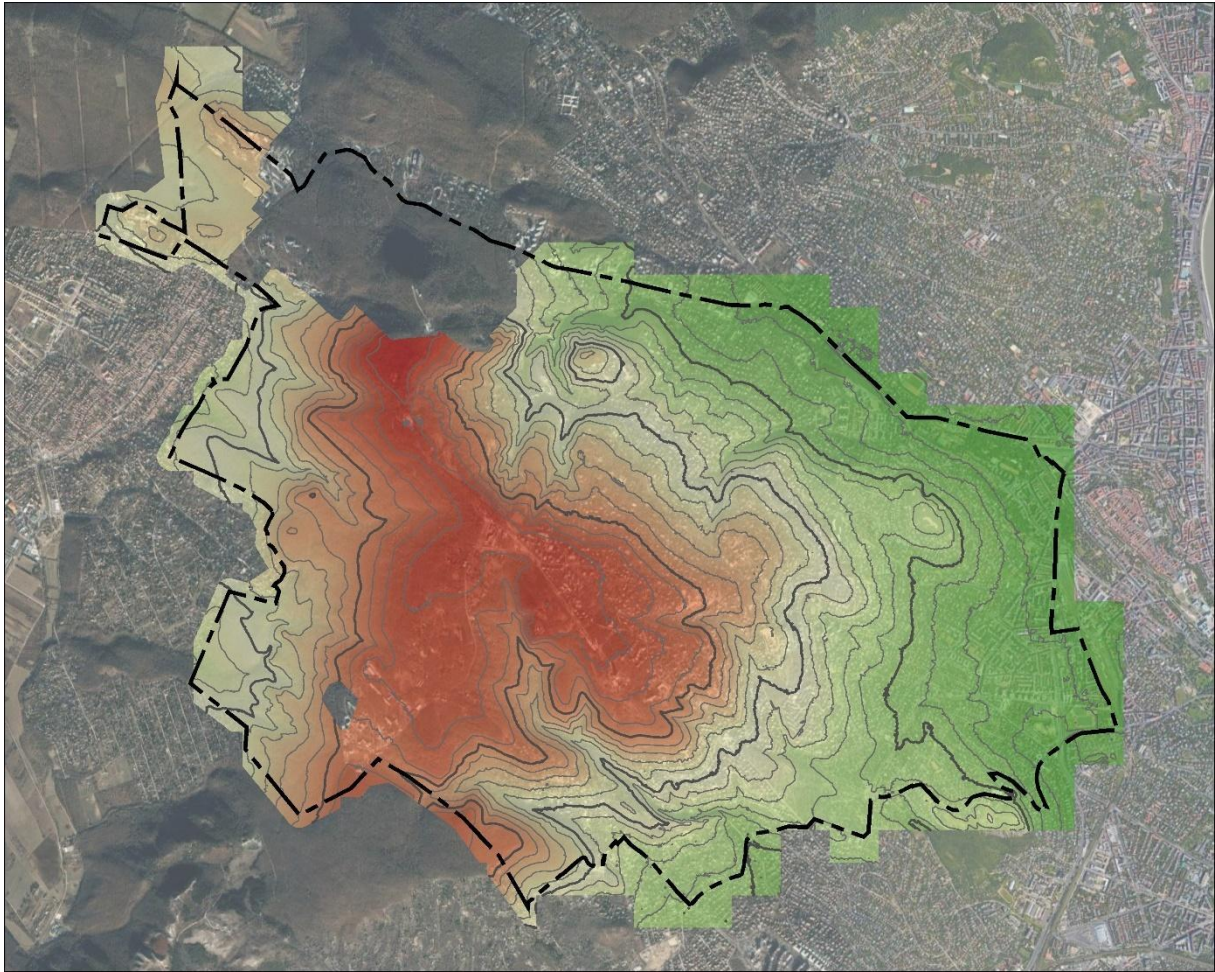
Ezzel a módszerrel a 12. kerületnek csak azon a részén használható az elkészített DTM, ahol vannak csatorna aknák. Az aknákkal nem lefedett területrészekben az extrapolált értékek megbízhatósága nagyon kicsi.



10. ábra – Csatorna fedlapszintekből létrehozott 5 m-es felbontású domborzatmodell

3.2 LIDAR ADATOKBŐL LÉTREHOZOTT DOMBORZATMODELL

Az eredeti 0.1 m-es hálójú LIDAR kb. 100-szor akkora adatállományokat jelent, mint az 1 m-es. Az 1 m-es háló már kezelhető sebességű további adatfeldolgozást és megjelenítést biztosít. Mivel összehasonlító vizsgálataink szerint az adatok pontossága sem helyszínrajzi (XY), sem magassági (Z) értelemben nem nagyobb a nagyobb hálófelbontás esetén, így a továbbiakban az 1 m-es hálót használtuk.



11. ábra – LIDAR-ból létrehozott 1 m-es felbontású domborzatmodell

III. 1D ÉS 2D LEFOLYÁSMODELLEK FELÉPÍTÉSE, A MODELLEK ÖSSZEKAPCSOLÁSA

1 BEVEZETÉS

1.1 A MUNKARÉSZ HÁTTERE

A 12. kerületben a projekt keretében tervezendő lefolyás-csökkentő beavatkozások tervezését, méretezését és hatásuk előzetes értékelését numerikus lefolyásmodellel támogatjuk meg.

1.2 A MUNKARÉSZ CÉLJA

A cél olyan részletességű lefolyásmodell felépítése a 12. kerület egészére, amely a kerület léptékű csapadékvíz-gazdálkodási stratégiai tervezés támogatása mellett alkalmas egyedi beavatkozások optimális paramétereinek meghatározására és hatásuk előzetes becslésére.

2 MÓDSZERTAN / FELADATOK

A lefolyási modellt az EPA Storm Water Management Model (SWMM) szoftverben építettük fel. A modell szimulálja a vízgyűjtőkön történő terepi lefolyást, illetve a felszín alatti csatornahálózatban és a burkolt felszínen (2D modul), azaz az utakon történő csapadék-lefolyást, különböző

12. KERÜLET – LEFOLYÁSMODELL FELÉPÍTÉSE

csapadékterhelések hatására. Az 1D csatornamodell és a 2D felszíni modell összekapcsolásával a csatornahálózat állapotjellemzői mellett számítható a felszíni elöntés mértéke az utak keresztmetszetében.

2.1 LEFOLYÁS MODELL FELÉPÍTÉSE (RÉSZVÍZGYŰJTŐK LEHATÁROLÁSA ÉS PARAMÉTEREZÉSE)

A lefolyásmodell felépítése az alábbi feladatokat jelentette:

- az SWMM-től lényegesen különböző struktúrában és formátumban rendelkezésre álló adatok konverziója és modellbe importálása,
- csatornák paraméterezése,
- optimális vízgyűjtő felbontás meghatározása és a vízgyűjtők lehatárolása,
- vízgyűjtők felparaméterezése

2.1.1 ADATOK IMPORTÁRLÁSA

A csatornahálózat geometriáját az FCSM Zrt. nyilvántartásából hoztuk át. Az adatok eredetileg PostGreSQL adatbázisban voltak, ebből kellett exportálni MS Access formátumba. Az Access Mdb fájlból kellett egy Visual Basic-ben megírt program segítségével átkonvertálni a megfelelő táblákból az SWMM inp fájl formátumába átrakni az adatokat. A több száz soros VBA szkript egy részlete látható az alábbiakban:

```
'[XSECTIONS] section kiírása
Print #1, "[XSECTIONS]"
For iAk = 1 To Naknakoz
  If IsNull(Aknakoz(iAk, 8)) Then
    Aknakoz(iAk, 8) = 0
  End If
  If IsNull(Aknakoz(iAk, 9)) Then
    Aknakoz(iAk, 9) = 0
  End If
  If Aknakoz(iAk, 11) = "STREET" Then
    Print #1, Aknakoz(iAk, 8), Aknakoz(iAk, 11), "utcaalak1"
  Else
    Print #1, Aknakoz(iAk, 8), Aknakoz(iAk, 11), Replace(Format(Aknakoz(iAk, 9), "0.00"), ",", "-"), _
      Replace(Format(Aknakoz(iAk, 8), "0.00"), ",", "-"), 0, 0, 1
  End If
Next iAk
'STREETS section kiírása
Print #1, "[STREETS]"
Print #1, ";;Name          Tcrown   Hcurb   Sx      nRoad   a       W       Sides   Tback   Sback   nBack"
Print #1, ";;-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----"
Print #1, "utcaalak1      4.0 0.2 5    0.016  0    0  1  0  0  0"
Print #1, "utcaalak2      4.0 0.2 5    0.016  0    0  2  0  0  0"
'INLETS section kiírása
Print #1, "[INLETS]"
Print #1, ";;Name          Type          Parameters:"
Print #1, ";;-----|-----|-----"
Print #1, "FELULBEOMLOS GRATE  0.5  0.5  P_BAR-50"
Print #1, "OLDALBEOMLOS CURB  0.5  0.1  HORIZONTAL"
Print #1, "FELUL_ES_OLDAL GRATE  0.5  0.5  P_BAR-50"
Print #1, "FELUL_ES_OLDAL CURB  0.5  0.1  HORIZONTAL"
Print #1, "FELULBEOMLOS IKER GRATE  1  0.5  P_BAR-50"
Print #1, "FELULBEOMLOS_ISZAPFOGOS GRATE  0.5  0.5  P_BAR-50"
Print #1, "FELULBEOMLOS_HYDROBLOCK GRATE  1  0.5  P_BAR-50"
Print #1, "FELULBEOMLOS_LAGYSZELEPPEL GRATE  0.5  0.5  P_BAR-50"
'INLET_USAGE section kiírása
Print #1, "[INLET_USAGE]"
Print #1, ";;Conduit          Inlet          Node          Number   %Clogged  Qmax   aLocal  wLocal  Placement"
Print #1, ";;-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----"
```

2.1.2 CSATORNÁK PARAMÉTEREZÉSE

A hálózaton a közcsatorna-szakaszok mind anyag, mind átmérő tekintetében több csoportba sorolhatók. Ezen jellemzők figyelembevételével meghatároztunk 5 csoportot, amelyek mindegyikét különböző Manning-tényezővel jellemeztünk, hogy a későbbi modellparaméterezésnél az adott csoportba eső csatornaszakaszok Manning-tényezője egy lépésben változtatható legyen (group edit paranccsal).

1. táblázat – Csőanyag és csőátmérő szerinti csoportok és kezdeti Manning-tényezőjük¹

1	PVC csatornák	0.011001	RIBLOC muanyag, PE, KD EXTRA, muanyag behuzással atepített
2	ÜPE csatornák	0.011002	üvegszállal megerősített műa.
3	beton csat (D_{max} 75 cm)	0.011003	ac, aszfalt, vasbeton, román beton, kőagyag, aszfalt+beton, acél
4	beton csat (D_{min} 76 cm)	0.011004	ac, aszfalt, vasbeton, beton+kőagyag, bauxit beton,
5	tégla	0.011005	tégla+beton

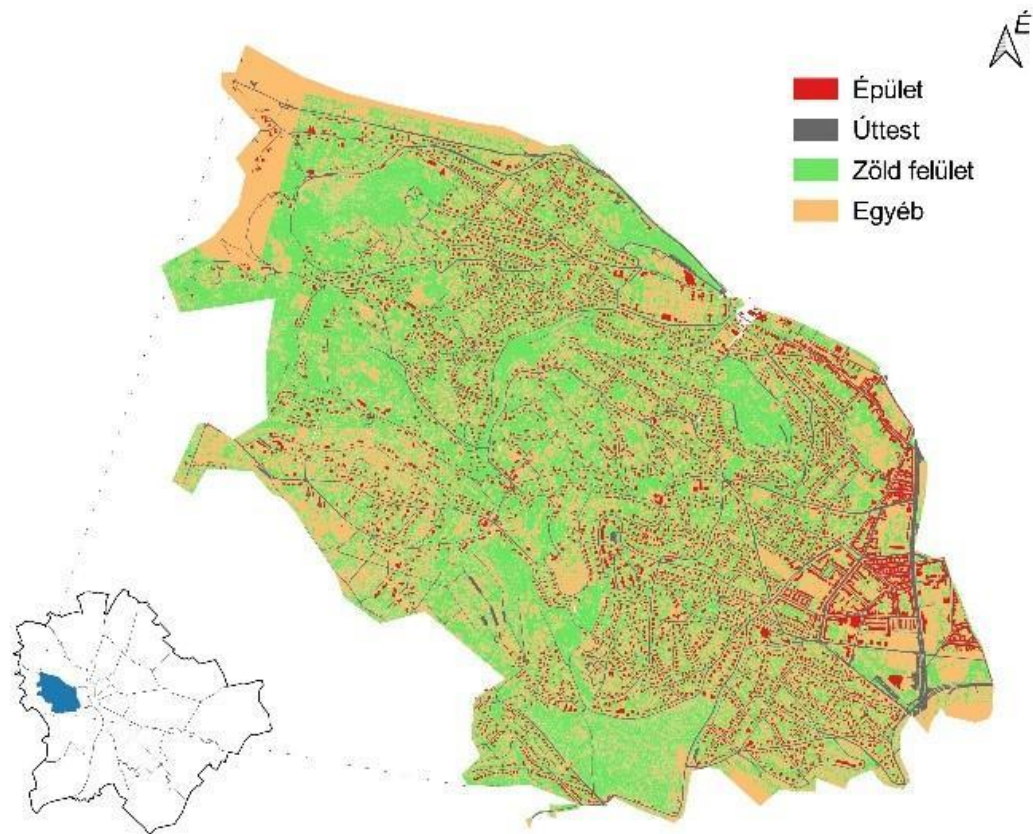
2.1.3 VÍZGYŰJTŐK LEHATÁROLÁSA ÉS PARAMÉTEREZÉSE

A célkitűzéseknek megfelelő részletességű modell létrehozásához a kerület minden egyes (közel 3100) csatornaaknájához lehatároltuk és felparamétereztük a hozzá tartozó vízgyűjtőt. A burkolt és burkolatlan felületek jelentősen eltérő lefolyásviszonyainak figyelembevételéhez minden vízgyűjtőre számítottuk a burkolt és burkolatlan felületek arányát. A burkolt felületek közül az épületek tetőit külön kategóriába soroltuk, hogy a tetővízgyűjtésre fókuszáló csapadékvíz-gazdálkodási megoldások hatása más beavatkozásoktól függetlenül vizsgálható legyen. A fentiek alapján a következő felülettípusokat különítettük el:

- épületek tetői,
- utak,
- zöldfelületek (fás, gyepes és cserjés területek),
- egyéb, a fentiekbe nem sorolt burkolt felületek.

A lehatárolás eredményét az 1. ábra. térképe mutatja, a részleteket a következő alfejezetekben tárgyaljuk.

¹ A Manning-tényező értékének meghatározása szempontjából a vezetékek átmérőjének és anyagának ismeretén túl hasznosítható lenne a műtárgyak állapotát jobban leíró nyilvántartási rendszer. Az érdesség értékének meghatározásához hasznos attribútum például a műtárgyak építési éve, illetve a csatornavizsgálatok eredményei alapján készített rekonstrukciós terv szerinti minősítés, mely adatokból következtetni lehet az avultság miatti érdességnövekedésre.



1. ábra - Felszínborítások (felülettípusok) a 12. kerületben

2.1.3.1 Tetők lehatárolása

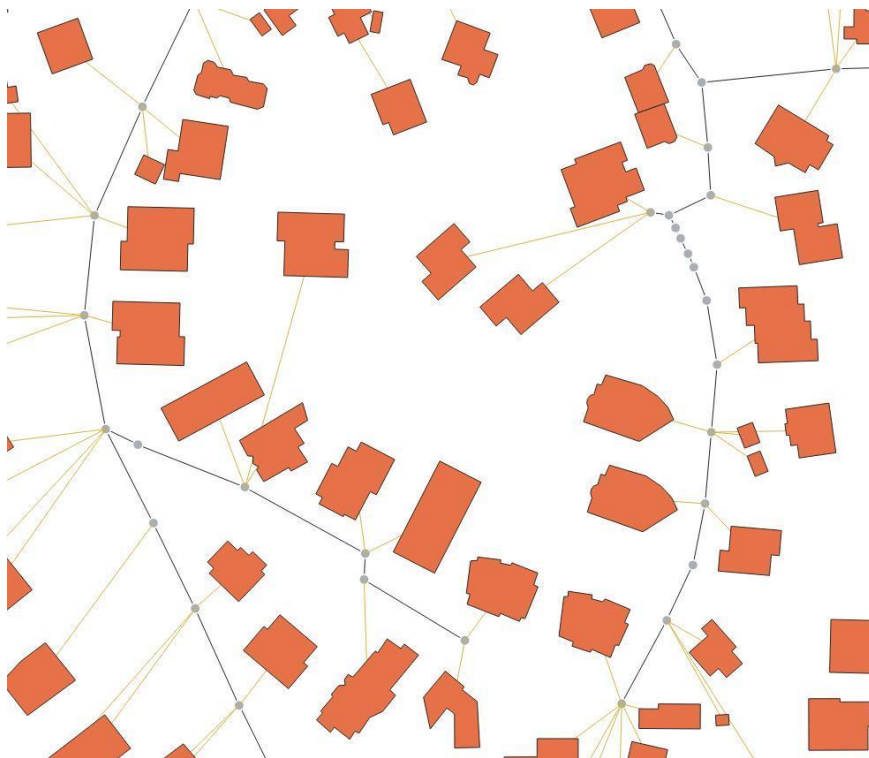
Az épületek poligonjait az OpenStreetMap (OSM) nyílt adatbázisa alapján határoltuk le (2. ábra).

Nem volt hozzáférhető, és racionális erőforrással feldolgozható adatunk arra vonatkozóan, hogy az épületek tetőiről lefolyó csapadékvíz hol és milyen módon van a csatornahálózatra kötve. Ezért az épületek tetőit az egyesített csatornarendszer épülethez legközelebbi aknájához rendeltük a QGIS MMQGIS HubLines plugin használatával. A tetővizek tehát közvetlenül az aknákat terhelik a modellben. Egy aknához több épület tetőfelülete is tartozhat, és vannak olyan aknák, melyekhez nem rendeltük tetőt (3. ábra).

LIFE IN RUNOFF – D.C.3.2.
12. KERÜLET – LEFOLYÁSMODELL FELÉPÍTÉSE



2. ábra - Tetőfelületek meghatározásához felhasznált poligonok az OpenStreetMap adatbázisban



3. ábra - Épülettetők csatornaaknához rendelése

2.1.3.2 Utak lehatárolása

Az utakat a 12. kerületi Önkormányzattól kapott 2015. évi parkolási zónák felmérése, és ezt kiegészítve a 2008-as burkolt felületekre készült felmérése alapján határoztuk le. A LIDAR terepmodell

pontatlanságai miatt az út típusú vízgyűjtőket nem esés alapján rendeltük a víznyelőkhöz, hanem (egyszerű megközelítéssel) az úttest poligonjait feldaraboltuk a víznyelőkhöz meghatározott Thiessen poligonok segítségével, vagyis minden víznyelőhöz azt az útfelületet rendeltük, amelynek minden pontja közelebb esik az adott víznyelőhöz, mint bármelyik másikhoz.



4. ábra - Lehatárolt utak és burkolt felületek, és ezek víznyelőhöz rendelése Thiessen poligonok segítségével

2.1.3.3 Zöldfelületek és egyéb (burkolt) felületek lehatárolása

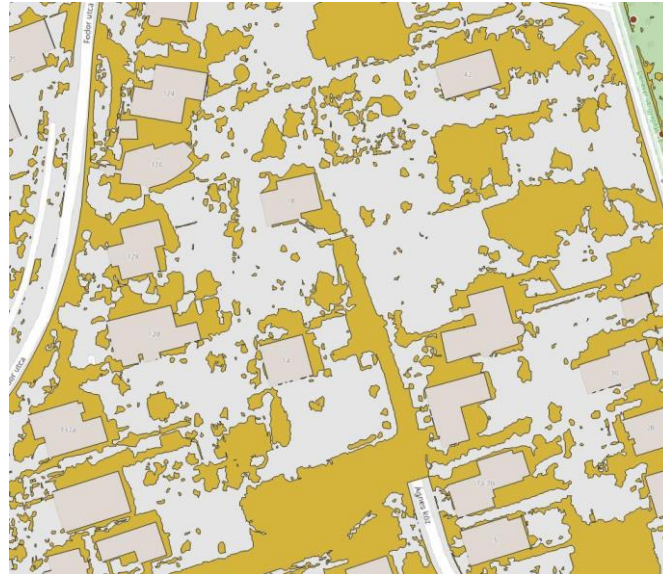
A zöldfelületeket az Önkormányzattól kapott, a kerület egészét lefedő ortofotók alapján lehetett a legjobban lehatárolni, színfelismerő algoritmus alkalmazásával. Az ortofotókon térinformatikai elemzést végeztünk el a képek RGB sávok analízisével. Az elemzést saját, R környezetben fejlesztett programkóddal végeztük el. A zöldfelületekhez köthető RGB színsávok kombinációit iteratív módon állítottuk úgy, hogy az eredmény a lehető legjobb egyezést mutassa a vizuálisan észlelhető zöldfelületekkel. Ehhez négy mintaterületet választottunk ki, melyeken eltérő típusú vegetáció volt domináns (örökzöld, lombhullató, gyepek és fedetlen talaj (kopár)). A mintaterületeken elvégeztük az RGB sávok intervallumszűkítését, majd a teljes vízgyűjtőre érvényesítettük ezeket, úgy, hogy csak olyan zöld területeket határoltunk le, melyek minimum 10 m² kiterjedésűek voltak (ezáltal csökkentve a fájl méretet olyan méretűre, mely modellezési munkákra alkalmas). Az eredmény egy vektoros állomány lett, mely a lehatárolt zöldfelületeket mutatja (5. ábra).

Az egyéb felületek az eddigi lehatárolások (tetők, utak és zöldfelületek) után maradt felületek (6. ábra).

LIFE IN RUNOFF – D.C.3.2.
12. KERÜLET – LEFOLYÁSMODELL FELÉPÍTÉSE



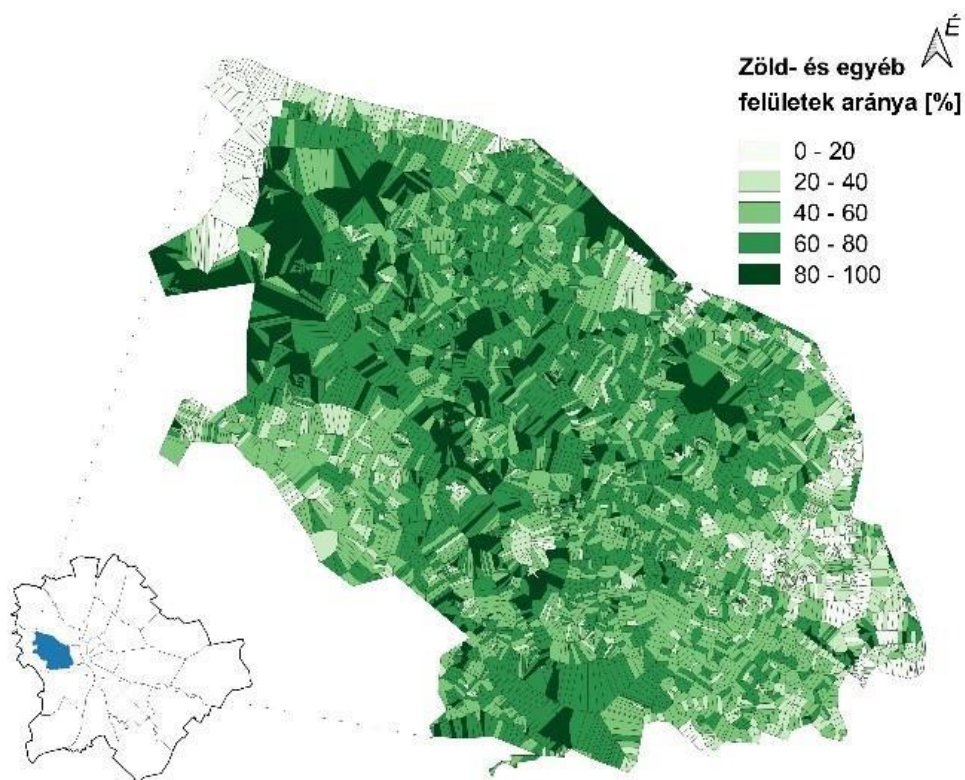
5. ábra - A lehatárolásához használt ortofoto (felül) és az algoritmusmal lehatárolt zöldfelületek (alul)



6. ábra - Egyéb (nem tetőfelületek és utak), javarészt burkolt felületek

A zöldfelületek beszivárgási paramétereit a kerületben 35 helyszínen elvégzett felszíni infiltrációs próba eredményei alapján adtuk meg.

A zöld és egyéb felületeket tudja együtt kezelni a modell (a területarányuk alapján súlyozva a beszivárgási és lefolyási paramétereket), így ezeknél is az utaknál már bemutatott, a víznyelőkre meghatározott Thiessen poligonok alapján történő vízgyűjtő lehatárolást alkalmaztuk.



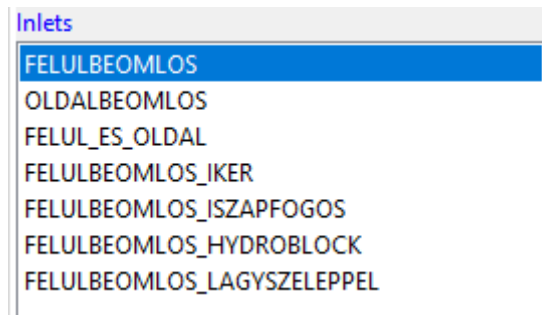
7. ábra – Nem út vagy tetőfelületek Thiessen poligonok alapján víznyelőkhöz rendelt vízgyűjtői a zöldfelületek területi arányával

2.2 2D LEFOLYÁSMODELL ÉPÍTÉSE

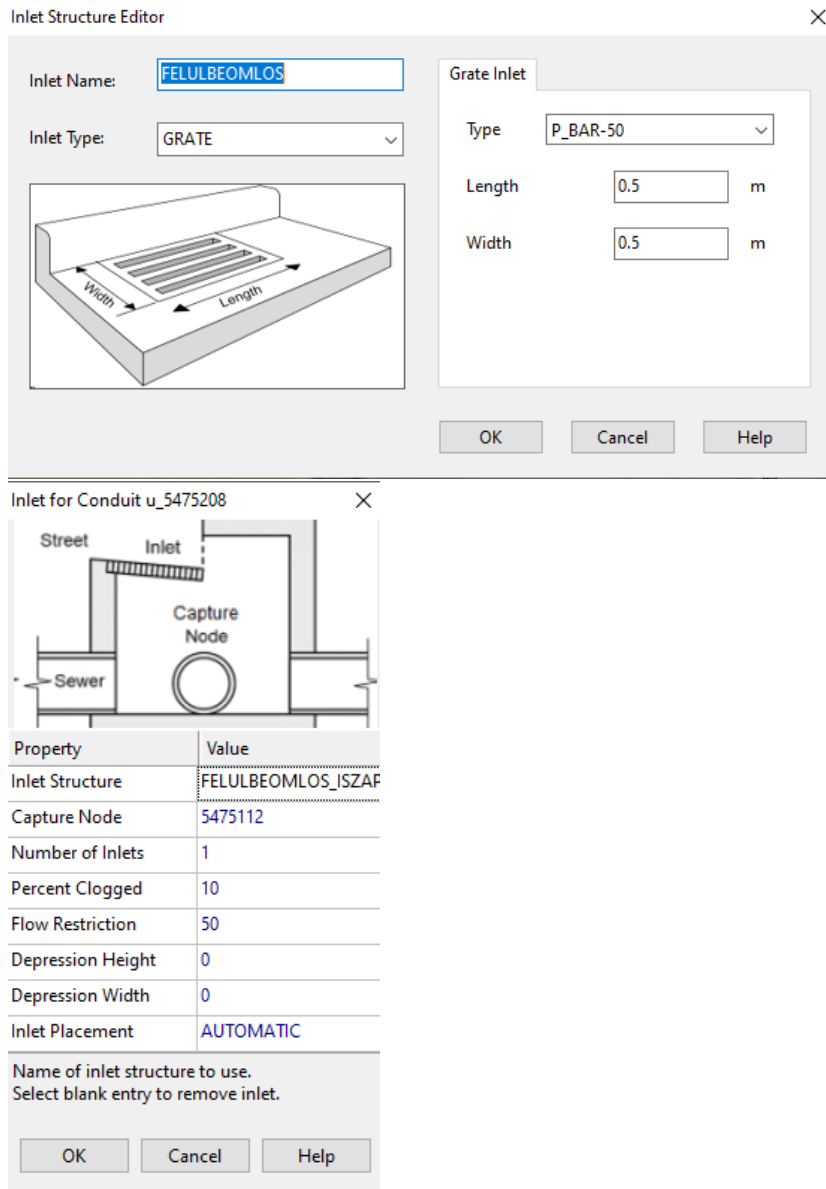
Az EPA SWMM 5.1 verziója – az előző verziókkal ellentétben – már tartalmazza a 2D lefolyás modult, amely az utakon kialakuló hossz- és keresztirányú lefolyás számításáért felel. Ehhez szükséges a víznyelők („Inlets”) és az utak („Streets”) objektumok modellbe építése és paraméterezése.

2.2.1 VÍZNYELŐK

A különböző kialakítású és emiatt eltérő kapacitású víznyelők figyelembevételéhez 7-féle típust definiáltunk a modellben:



A víznyelők paramétereit az aktuális víznyelő típusnak megfelelően állítottuk be a modellben (egy példát mutat a 8. ábra).



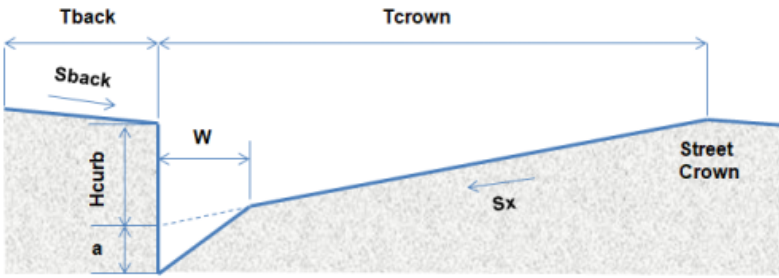
8. ábra – Felülbeömlős víznyelő típus (bal) és egy konkrét víznyelő (jobb) paraméterezése

2.2.2 UTAK

Az utakon történő lefolyást elsősorban az út geometriája határozza meg. Alapvetően kétféle utca alakot definiáltunk: egyoldali lejtésű és kétoldali lejtésű. Az utak paraméterezésére mutat egy példát a 9. ábra.

Street Section Editor ×

Street Section Name



Required		Optional	
Road Width (Tcrown)	<input type="text" value="4.0"/> m	Gutter Depression (a)	<input type="text" value="0"/> m
Curb Height (Hcurb)	<input type="text" value="0.2"/> m	Gutter Width (W)	<input type="text" value="0"/> m
Cross Slope (Sx)	<input type="text" value="5"/> %	Backing Width (Tback)	<input type="text" value="0"/> m
Road Roughness	<input type="text" value="0.016"/>	Backing Slope (Sback)	<input type="text" value="0"/> %
<input checked="" type="radio"/> One Sided	<input type="radio"/> Two Sided	Backing Roughness	<input type="text" value="0"/>

9. ábra - Utak modellparamétere

A paraméterek meghatározására elvi lehetőséget ad a nagy felbontású (10 cm) LIDAR terepmodell, de az adatok validálása során kiderült, hogy az utak/utcák keresztmetszetében a valóságban létező vonalak/szintek hiányoznak a terepmodellből, miközben olyan gödröket és kiemelkedéseket mutat, melyek nem léteznek. Ezért az utak automatizált paraméterezése helyett a keresztirányú lejtés szerinti definiált két főtípus közül a megfelelőbe, majd helyi ismeret és Google Streetview alapján paramétereztük.

2.2.3 VÍZNYELŐK ÉS UTAK BEÉPÍTÉSE A MODELLBE

Az „inlet” és „street” objektumok SWMM-be építése az FCSM adatokat áttöltő VBA konvertáló programba beépített funkciókkal valósult meg, melyeket többek között az alábbi programrészlet tartalmaz:

```

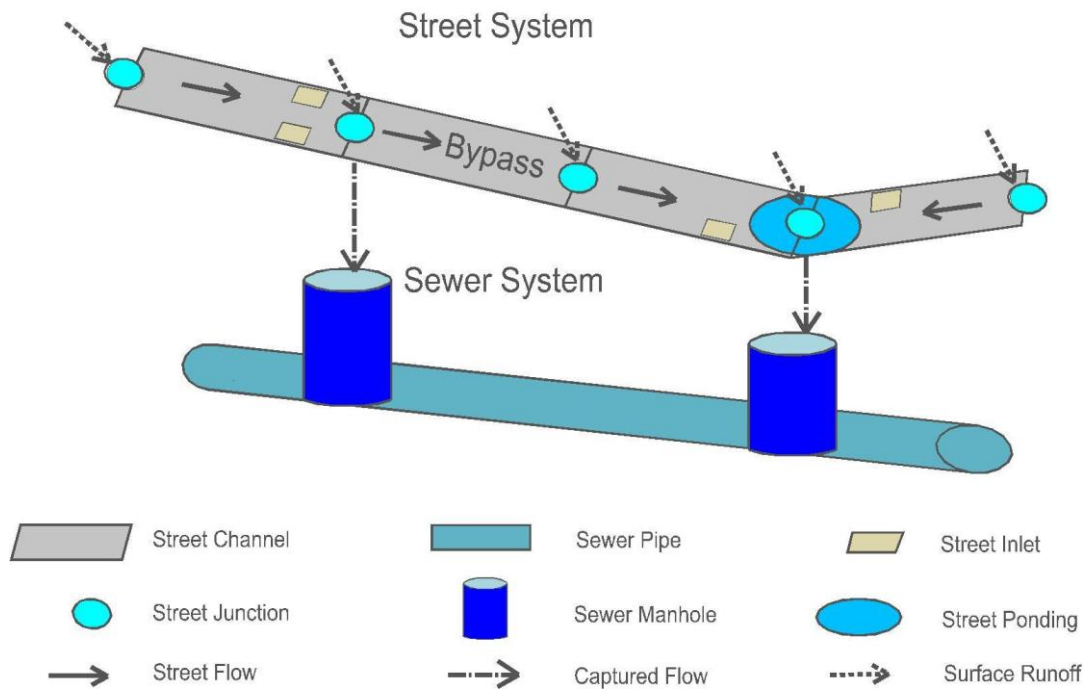
    DbBe.Execute sql1
'street szakaszok
    sql1 = "SELECT ak.akkod, tmp1.szimkod, Count(tmp1.b_akkod) AS CountOfb_akkod
    sql1 = sql1 + " akna.flaszint, akna_1.flaszint"
    sql1 = sql1 + " FROM ((tmp1 LEFT JOIN ak ON tmp1.akkod_kapcs = ak.akkod) LE
    sql1 = sql1 + " GROUP BY ak.akkod, tmp1.szimkod, ak.honnan, ak.hova, akna.a
    sql1 = sql1 + " akna.flaszint, akna_1.flaszint"
    sql1 = sql1 + " Having (((Count(tmp1.b_akkod)) > 0))"
    sql1 = sql1 + "ORDER BY ak.akkod;"

    Set RsStreet = DbBe.OpenRecordset(sql1, dbOpenSnapshot, dbReadOnly)
    If RsStreet.RecordCount = 0 Then
        MsgBox sql1 & Chr(10) & "Nincs a feltételnek megfelelő rekord!", vbCrit
        GoTo inpkeszites
    End If
    RsStreet.MoveLast
    RsStreet.MoveFirst
    Do While IsNull(RsStreet.Fields("akkod"))
        RsStreet.MoveNext
    Loop
    Akkod = RsStreet.Fields("akkod")
    ak_elozo = Akkod
    nInlet = 0
    sum_maxflow = 0
    n_street_inlettel = 0
    Do While Not RsStreet.EOF
'street típusú aknaköz és aknák
        If IsNull(RsStreet.Fields("akkod")) Then GoTo next_street1
        If IsNull(RsStreet.Fields("akna.agnax")) Then GoTo next_street1
        n_street_inlettel = n_street_inlettel + 1
        honnan_x = RsStreet.Fields("akna.agnax")
        honnan_y = RsStreet.Fields("akna.agnax")
        hova_x = RsStreet.Fields("akna_1.agnax")
        hova_y = RsStreet.Fields("akna_1.agnax")
        If IsNull(RsStreet.Fields("akna.flaszint")) Then
            Terep1 = 0
        Else
            Terep1 = RsStreet.Fields("akna.flaszint")
        End If
        If IsNull(RsStreet.Fields("akna_1.flaszint")) Then
            Terep2 = 0
        Else
            Terep2 = RsStreet.Fields("akna_1.flaszint")
        End If
        aknaszam_u1 = "u_" & RsStreet.Fields("honnan")
        aknaszam_u2 = "u_" & RsStreet.Fields("hova")
        aknaszam_capture = RsStreet.Fields("hova")
        nViznyelok = RsStreet.Fields("CountOfb_akkod")
        Akkod = RsStreet.Fields("akkod")
        szimkod = RsStreet.Fields("szimkod")
        Hossz = RsStreet.Fields("hossz")
'van-e már ilyen akna
        vanmar = False
        For iakna = 1 To Nakna
            If Akna(iakna, 0) = aknaszam_u1 Then
                vanmar = True
                Exit For
            End If
        Next iakna
    Loop
    End While
    End Sub

```

2.3 1D-2D MODELLEK ÖSSZEKAPCSOLÁSA

A modellben az előző fejezetekben leírtak szerint a felszíni és felszín alatti vízvezető rendszert is felépítettük. A két rendszert a víznyelő aknákon keresztül kapcsoltuk össze (10. ábra). A kapcsolat kétirányú: i) az úton lefolyó felszíni víz a víznyelőkön keresztül folyik a csatornába és ii) túlnyomás esetén a csatornából a víznyelőkön keresztül ömlik ki az utakra a víz. (A víznyelők kapacitását meghaladó terhelés esetén, ha a csatorna nem tudja elnyelni a felszínről érkező vizet, akkor a nem elnyelt rész tovább folyik a következő víznyelőhöz.) Minden út (STREET) esetén megadtuk, hogy milyen víznyelőkkal (INLET) kapcsolódik a felszín alatti hálózat aknájához.



10. ábra - 1D csatorna modell és 2D felszíni modell összekapcsolásának elve

2.4 ELŐZETES SZIMULÁCIÓK

A modell működését előzetes szimulációkkal ellenőriztük. Fiktív nagycsapadékokkal meghajtva a modellt azt vizsgáltuk, hogy az 1D csatorna- és a 2D felszíni modell közötti kétirányú kapcsolat megfelelően működik-e (11. ábra). A próbaszimulációk során a következő változókat ellenőriztük minden útszakaszra (STREET objektumok) és víznyelőre (INLET objektumok):

- maximális érkező vízhozam, l/s
- maximális keresztirányú elöntés, m
- maximális elöntési mélység, m
- víznyelő (INLET) típus
- közbenső vagy legalsó (ON-GRADE) víznyelő típus
- maximális elnyelt vízhozam, l/s
- maximális elnyelt vízhozam, %
- átlagos elnyelt vízhozam, %
- továbbfolyási gyakoriság, %
- visszafolyási gyakoriság, %

LIFE IN RUNOFF – D.C.3.2.

12. KERÜLET – LEFOLYÁSMODELL FELÉPÍTÉSE

Street Conduit	Peak Flow LPS	Max Spread m	Max Depth m	Inlet Structure	Inlet Location	Peak Flow Capture %	Average Capture %	Bypass Frequency %	Backflow Frequency %
u_3368102	6.127	0.643	0.032						
u_3368104	9.487	0.718	0.036						
u_3368106	12.083	1.444	0.072						
u_3368112	3.374	0.481	0.024						
u_3368116	12.789	0.749	0.037						
u_3378102	32.613	1.524	0.076						
u_4256002	7.145	0.929	0.046	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	99.00	94.67	15.28	0.00
u_4261112	10.698	0.664	0.033						
u_4261116	6.799	0.570	0.028						
u_4261118	5.980	1.413	0.071	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	89.81	89.95	71.39	0.00
u_4265122	65.054	0.887	0.044	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	77.78	88.46	99.73	0.00
u_4272102	10.962	0.587	0.029	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	98.94	93.92	14.56	0.00
u_4272104	6.087	0.480	0.024	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	90.00	90.00	47.26	0.00
u_4272106	4.751	0.462	0.023	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	90.00	90.00	43.72	0.00
u_4272108	4.264	0.440	0.022	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	99.00	93.16	5.97	0.00
u_4272116	56.316	0.841	0.042	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	99.73	99.60	30.60	0.00
u_4273110	30.678	0.793	0.040	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	99.98	99.85	0.00	0.00
u_4274102	1.963	0.309	0.015	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	99.00	93.25	0.00	0.00
u_4274104	0.535	0.202	0.010	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	99.00	92.10	0.00	0.00
u_4274106	0.432	0.144	0.007	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	99.00	91.21	0.00	0.00
u_4274120	4.786	0.439	0.022	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	90.00	90.00	36.05	0.00
u_4274176	2.261	0.330	0.016	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	99.00	92.79	0.00	0.00
u_4275102	3.977	0.352	0.018	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	99.90	92.30	0.00	0.00
u_4275106	2.077	0.305	0.015	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	99.00	92.98	0.00	0.00
u_4275112	1.323	0.289	0.014	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	99.00	92.34	0.00	0.00
u_4275116	1.841	0.305	0.015	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	99.00	92.99	0.00	0.00
u_4275120	1.509	0.308	0.015	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	99.00	93.12	0.00	0.00
u_4275128	2.935	0.357	0.018	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	99.90	93.57	0.00	0.00
u_4275132	2.795	0.356	0.018	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	90.00	90.00	29.86	0.00
u_4275140	16.114	0.582	0.029	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	99.85	97.41	0.00	0.00
u_4275158	1.338	0.764	0.038	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	89.63	89.93	39.06	0.00
u_4275164	4.736	0.454	0.023	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	89.99	90.00	44.59	0.00
u_4275170	3.276	0.540	0.027	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	89.99	90.00	48.84	0.00
u_4275173	4.349	0.704	0.035	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	90.00	90.00	30.72	0.00
u_4276114	0.680	0.234	0.012	FELULBEOMLO!	ON-GRADE	99.00	92.70	0.00	0.00

11. ábra - Próbaszimuláció kiíratott eredményei

3 EREDMÉNYEK

3.1 KIFEJLESZTETT SZOFTVEREK

Az EPA SWMM (Storm Water Management Model) legújabb (5.2) verziójához kapcsolva a következő, modellépítéshez szükséges szoftvereket fejlesztettük ki:

- zöldfelületeket lehatároló algoritmus
- MS Access-ből SWMM INP fájl konverziós szoftver VBA kódban (INLET, STREET objektumok kezelésével).

Ezek a szoftverek lehetővé teszik, hogy az alapadatok változása esetén gyorsan, egyszerűen, automatizálva frissíthető az SWMM adatok.

3.2 FELÉPÍTETT MODELL

Az akció legfontosabb eredménye a 12. kerületre felépített lefolyásmodell. Módszertani újításnak számít a felszín alatti (1D) csatornamodell és a felszíni (2D) lefolyásmodell víznyelőkkel történő összekapcsolása.

A modell részletessége a nyilvántartási adatok részletességének megfelel, azaz a lehető legrészletesebb, „víznyelő” szintű.

A modellbe beépített objektumok száma:

- közel 3100 víznyelő az FCSM Zrt. nyilvántartása szerint különböző típusokba sorolva,

12. KERÜLET – LEFOLYÁSMODELL FELÉPÍTÉSE

- kb. 5000 db akna,
- kb. 5000 db tető típusú vízgyűjtő,
- kb. 5000 db útfelület típusú vízgyűjtő,
- kb. 5000 zöld- és burkolt felület típusú vízgyűjtő számított burkolt/burkolatlan felület arányokkal.