

Csapadékvízhálózatok számítása

Magyar Mérnöki Kamara 2023

Fülöp Roland

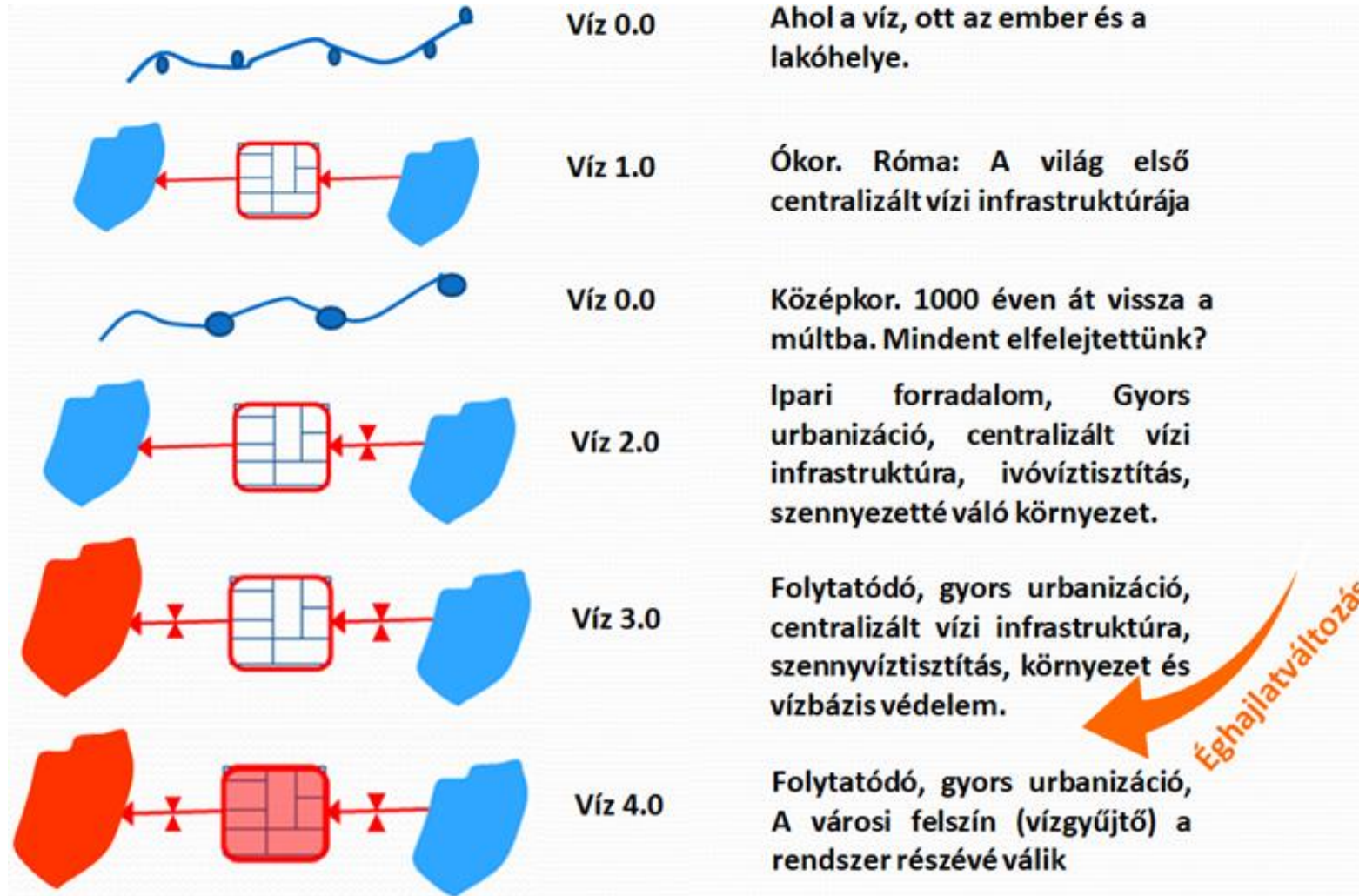
Csapadékvíz elvezetés története

- Az emberi társadalmak kialakulás során a településekre koncentráció megjelenik, ezzel a burkolt felületek növekedése a csapadékvíz elvezetés igényét megteremtette
- Első régészeti bizonyíték az ókori görögöktől származik
- Zárt csapadékvíz elvezető rendszerek az ipari forradalomtól kezdtek épülni
- **Elmúlt évtizedekben paradigmaváltás következett be, csapadékvízgazdálkodás lett a fókuszban a csapadékvíz elvezetéssel szemben!**

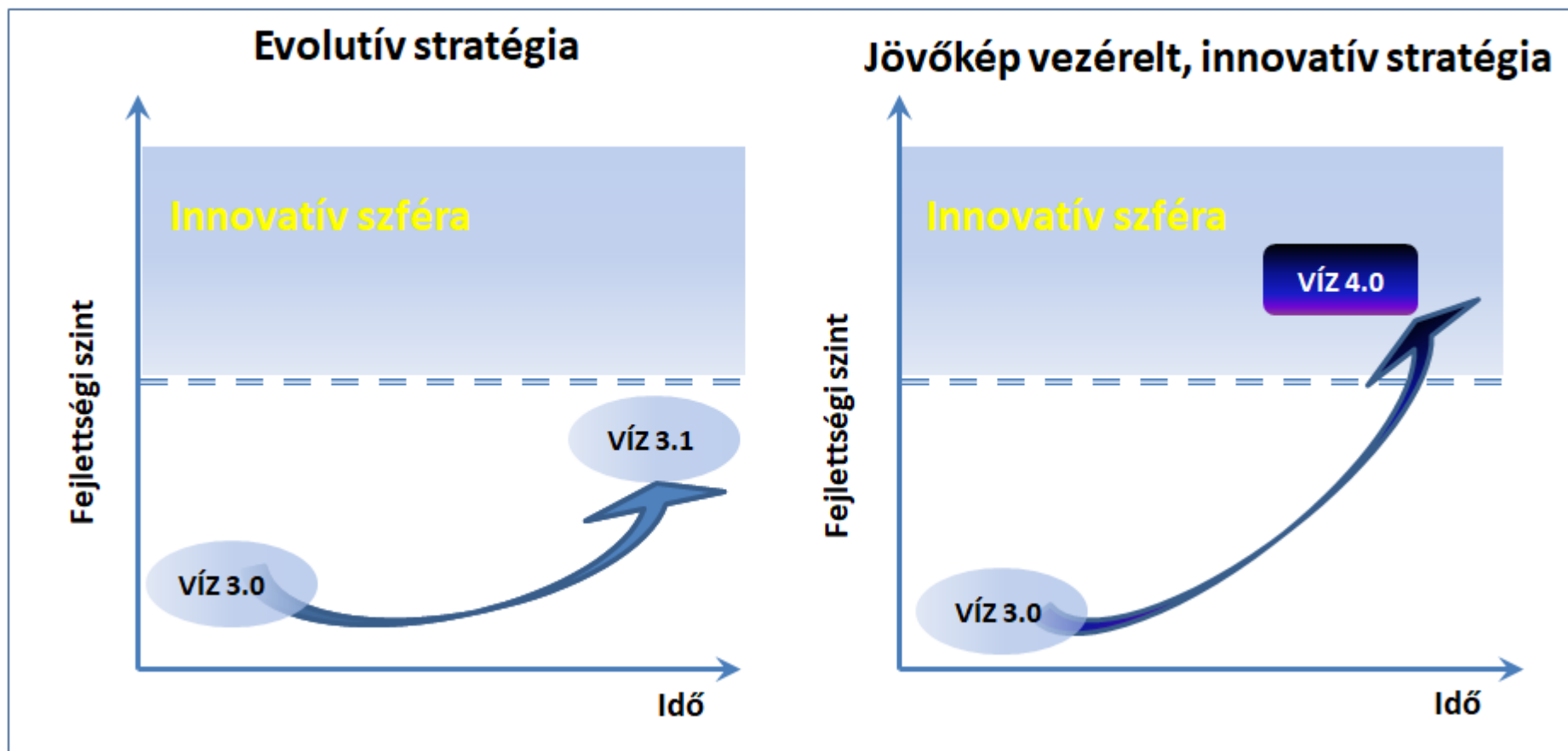


Települési víziközmű infrastruktúra történelmi fejlődése

Itt tartunk
➔



Fejlődési lehetőségek



Evolúciós ugrások az iparban és a városi vízi infrastruktúrában

Ipari fejlődés		Vízi infrastruktúra fejlődése	
1.0	Az első ipari forradalom...	2.0	Vezetékes vízellátás és az ivóvíz tisztítás beillesztése a városi vízrendszerekbe. A települési vízvezetés fejlesztése.
2.0	Tömeggyártás		
3.0	Elektronika és információs technológia bevezetése	3.0	Szennyvíz tisztítás, a városi vízrendszer kiterjesztése
4.0	Kiberfizikai rendszerek, robotizáció	4.0	<ul style="list-style-type: none">• Az Ipar 4.0 eredményeinek beépítése a technológiai folyamatok irányításába<ul style="list-style-type: none">◦ Érzékelés, mérés◦ Valós idejű modellezés◦ Optimalizálási célú beavatkozás• A vízbázistól a víztermelésen, elosztáson, a szennyvíz gyűjtésén és tisztításon át a természetes befogadóig húzódó rendszer kiegészül a városi vízgyűjtővel, és ezt már nem csak természeti adottságként kezeljük, hanem aktívan alakítjuk, befolyásoljuk a vízgyűjtőn lezajló hidrológiai folyamatokat is.• IWA - Digitális Víz program

Vízgyűjtők és vízelvezető rendszerek jellemzői:

- Meglévő rendszerek sok esetben túlterheltek, okok:
 - Klímaváltozás
 - Vízyűjtő burkoltság
- Cél a klímaváltozás hatásainak csökkentése a vízgyűjtőkön:
 - Zöld, kék infrastruktúrák előtérbe kerülése
 - Tározás
 - Szikkasztás
 - Lefolyás késleltetés

Széles körben használt racionális módszer története

- Pierre Parrault 1674 vízfolyások vízhozam kapcsolata a csapadékokkal
- Első publikálása 1851 Írországbán Thomas Mulvaney összefüggés a vízhozam és a csapadék időtartama közt.
- Emil Kuichling 1889 alkalmazta a csatornatervezésre először New Yorkban.



Racionális módszer elméleti háttere

A csapadékból származó:

$$Q_{cs} = \alpha_a * i_p * A, \quad [l/s]$$

A csapadék (átlagos) intenzitása a csapadék
időtartamának függvénye:

$$i_p = a * T^{(-m)} \quad [l/s,ha]$$

Ahol: $T = t$

T - a csapadék időtartama [min]

t - a szelvényhez tartozó vízgyűjtő
összegyülekezési idő [min]

$$\alpha_a = \frac{A_1 \alpha_1 + A_2 \alpha_2 + \dots + A_n \alpha_n}{\Sigma A_i}$$



Milyen bizonytalanságokkal terhelt a módszer?

Az egyszerűségéből fakadó következmények.

- Lefolyási tényező értékei:
 - A felületek lefolyási értékei igencsak aggregált értékek
 - Beszivárgás egy konstans érték
 - Vízáteresztő vízzáró felületek közti lefolyás variációkat nem kezeli
 - Felszíni tározódást, párolgást nem veszi figyelembe
- Összegyülekezési idő becslése:
 - Vízigyűjtő geometriáját nem veszi figyelembe

Egyetlen csapadékeseményt vizsgál. Csapadékvíz közvetlen lefolyásán kívül nem vizsgál semmit (beszivárgás, párolgás, vízminőség)!

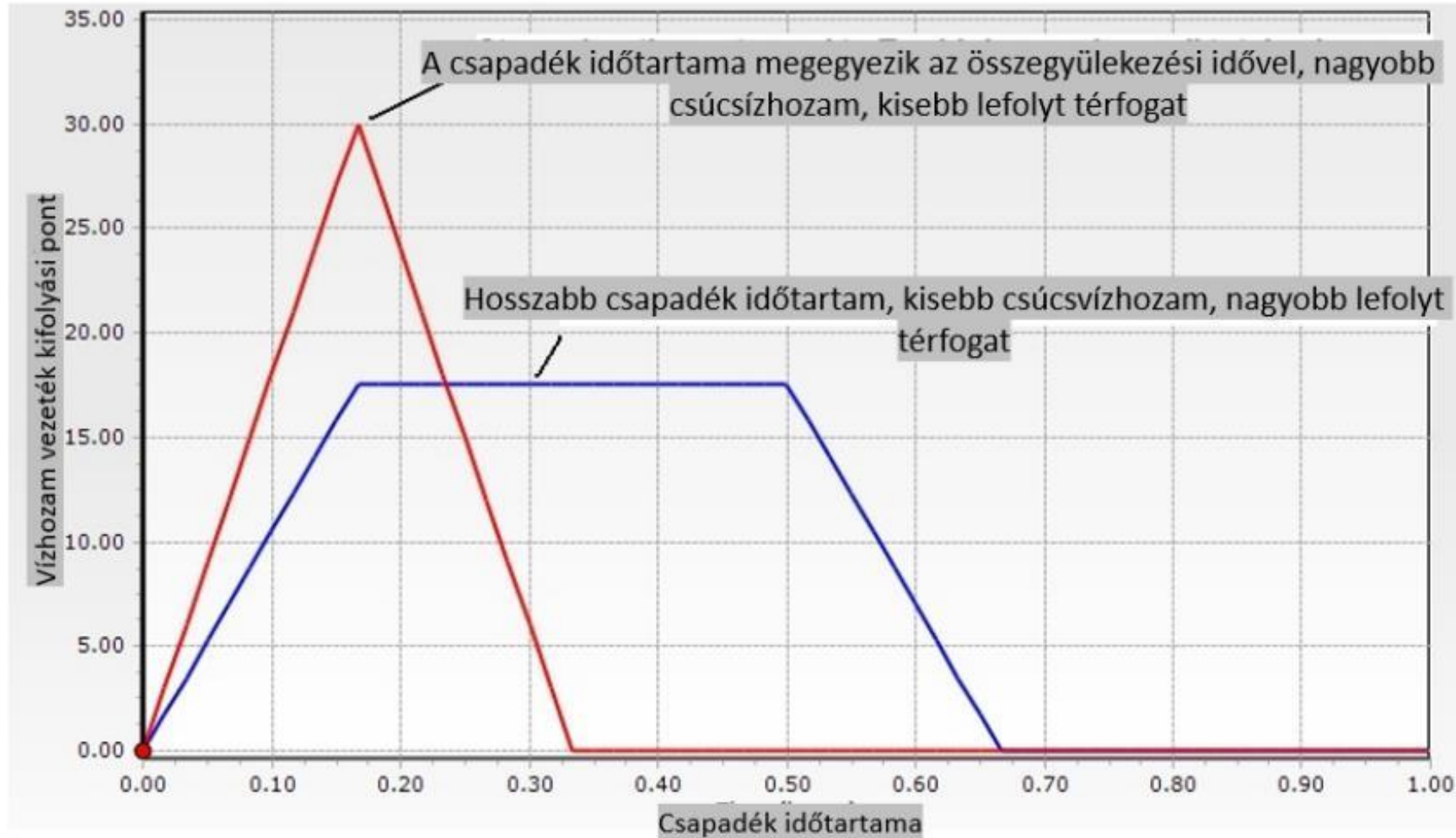
Racionális módszer alkalmazhatósági feltételei

- Az alábbi feltételek együttes teljesülése esetén alkalmazható csak:
 - a vízgyűjtő terület ≤ 200 ha,
 - a vízgyűjtő terület összegyülekezési ideje ≤ 60 perc,
 - részvízgyűjtőnként közel homogén talajjellemzők és területhasználat.

Nem alkalmazható olyan rendszereknél, ahol:

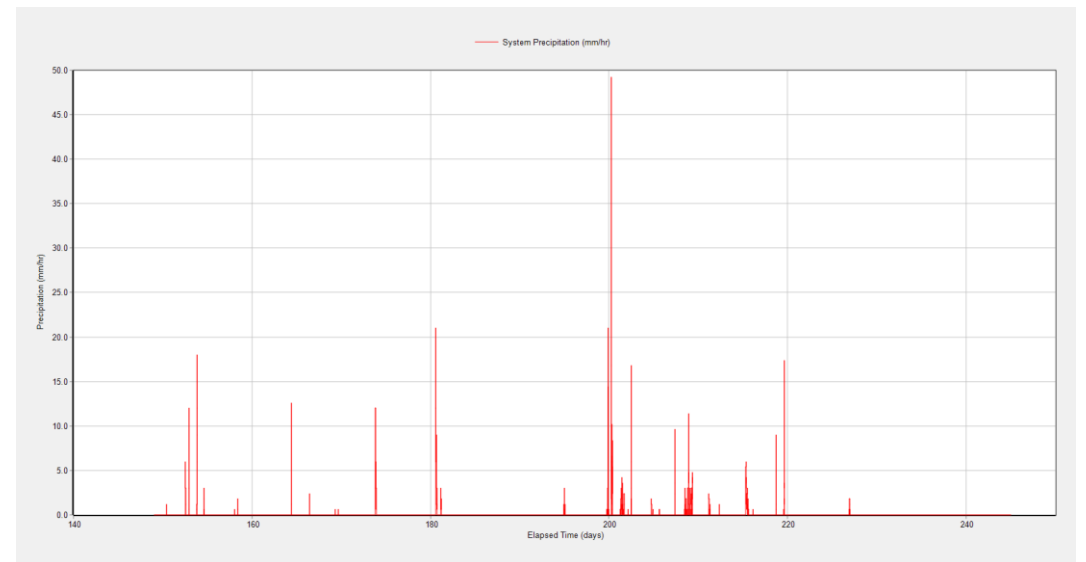
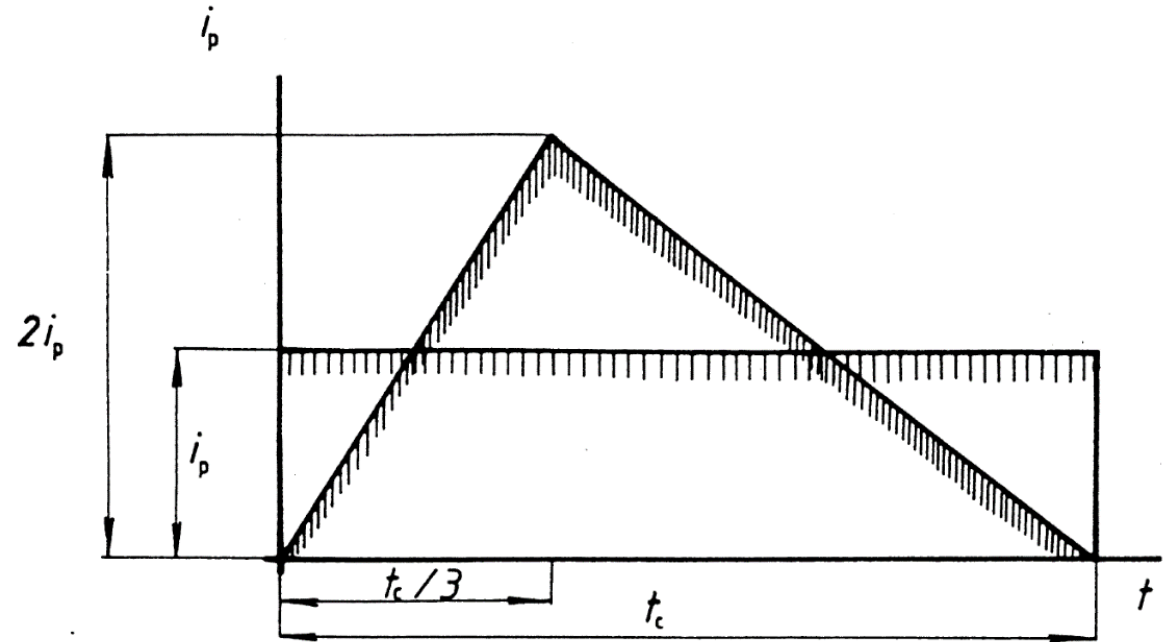
- árhullám csökkentés,
- tározás,
- alvízi visszaduzzasztás, vagy,
- a felszíni természetes lefolyást befolyásoló beavatkozás történik.

Tározó méretezéshez a módosított racionális módszert alkalmazzák



Milyen modell csapadékokat alkalmazhatunk?

- Helyileg és regionálisan konstans csapadék intenzitást
- Csapadékidőtartam-intenzitás összefüggésből számolt konstans csapadékot (racionális módszer)
- Egyetlen csapadék esemény intenzitás profilját (modell csapadék MI-10-455/2–1988)
- Csapadék idősor (valós, generált) OMSZ honlapjáról letölthetők.



Számítási előírások

- OVF Racionális módszer felülvizsgálata
- MSZ EN 16933-2:2017: Települések vízvezető és csatornarendszerei. Tervezés. 2. rész: Hidraulikai tervezés:
 - Csúcs vízhozamra történő egyszerűsített méretezést konstans csapadékra vonatkozóan (racionális módszer), helyi előírás hiányában csak a következő esetben használható:
 - Összegyülekezési idő kisebb, mint 15 perc
 - A vízgyűjtő terület kisebb, mint 200 ha
- Útügyi Műszaki előírások: KÖZUTAK VÍZTELENÍTÉSE TERVEZÉS, ÉPÍTÉS, KARBANTARTÁS

Lefolyás számítási módszerek

- Egyszerű empirikus módszer (racionális módszer)
- Kinematikus árhullám
- Dinamikus árhullám

Lefolyás számítás elméleti háttere

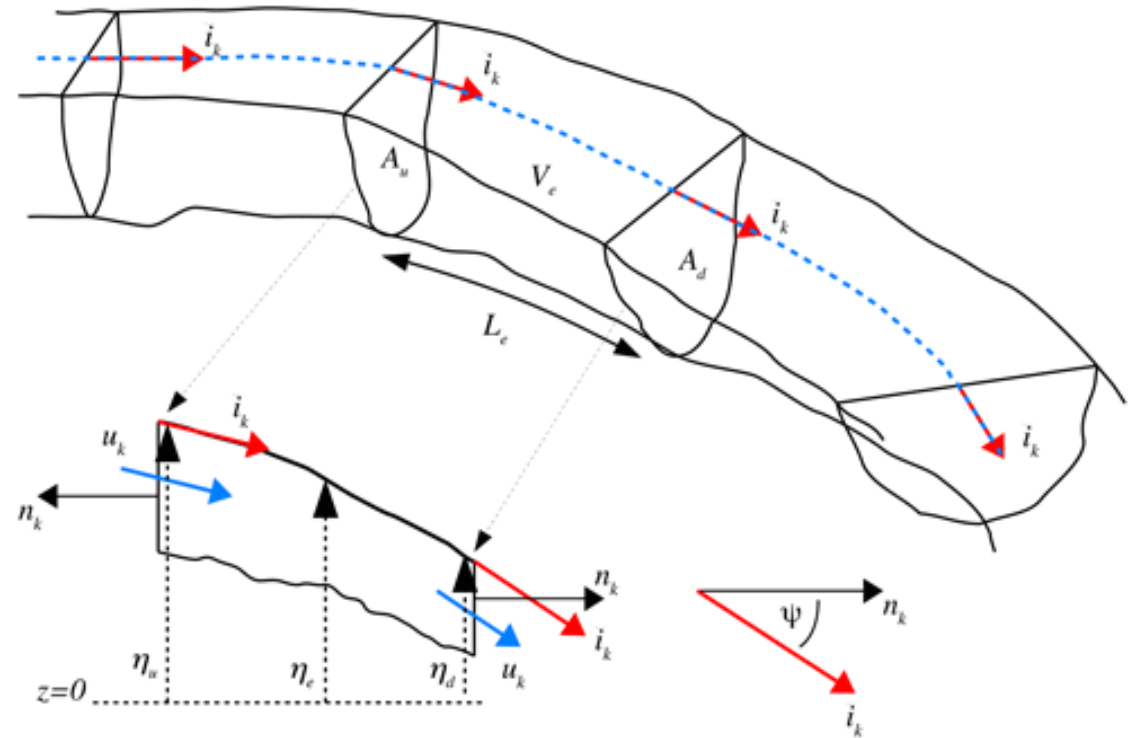
1D-os St. Venant egyenletek

Momentum egyenlet:

$$\frac{cvq}{gA_f} + \frac{1}{g} \times \frac{\delta v}{\delta t} + \frac{v}{g} \times \frac{\delta v}{\delta x} + \frac{\delta y}{\delta x} = J_S - J_F$$

Folytonossági egyenlet:

$$\frac{\delta Q}{\delta x} + \frac{\delta A_F}{\delta t} = q$$



Forrás: Ben R. Hodges

Példák 1D lefolyás szimulációs szoftverekre

Fizetős:

- Mike Urban (DHI)
- OPEN Flows SewerGems/SewerCad/Civilstorm (Bentley)
- Storm and Sanitary Analysis (Autodesk)

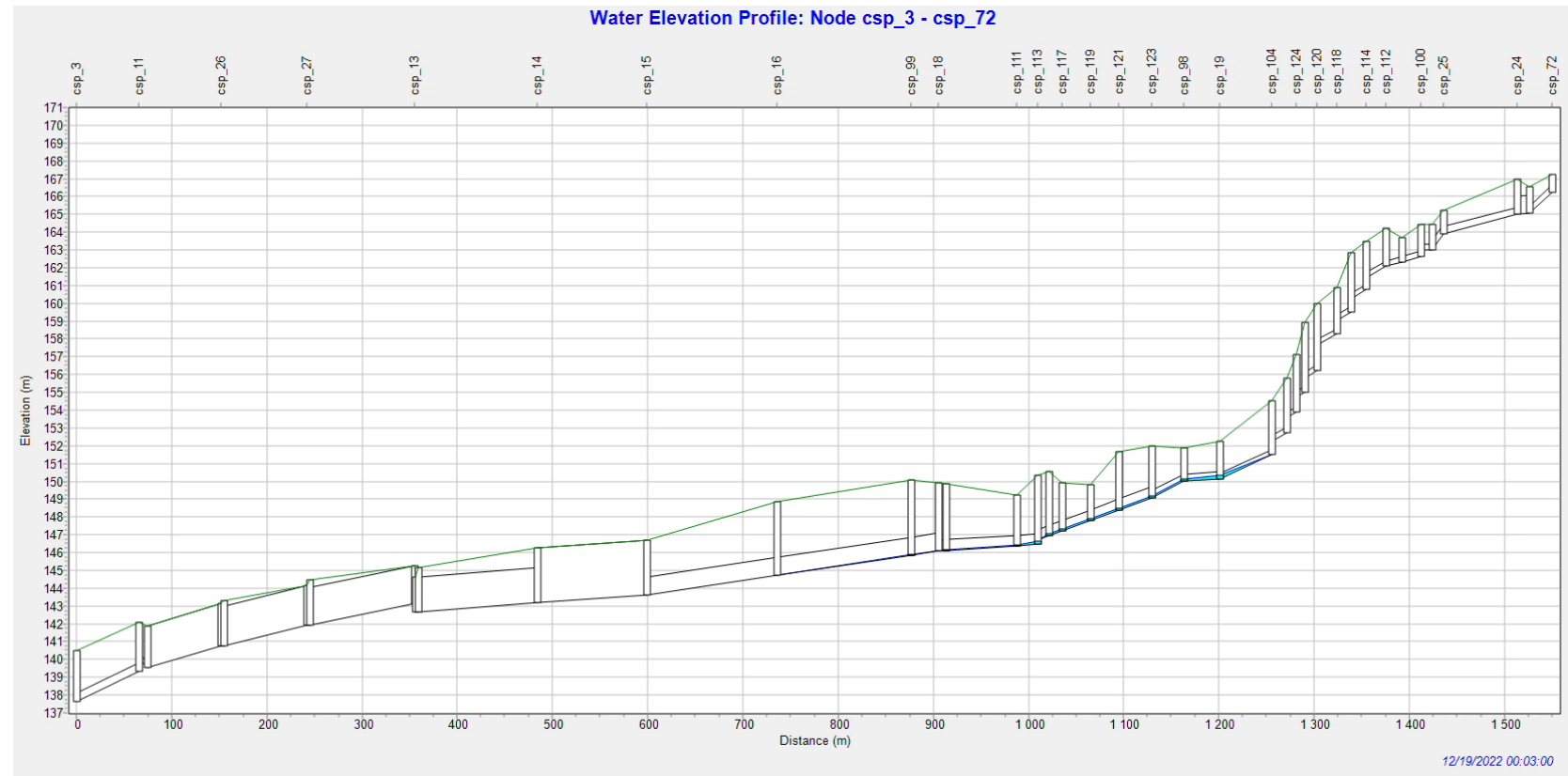
Ingyenes:

- SWMM
- HEC-RAS

Vízvezető rendszer vizsgálata 1D

Lehetséges eredmények
(idősor, szélsőérték, ...):

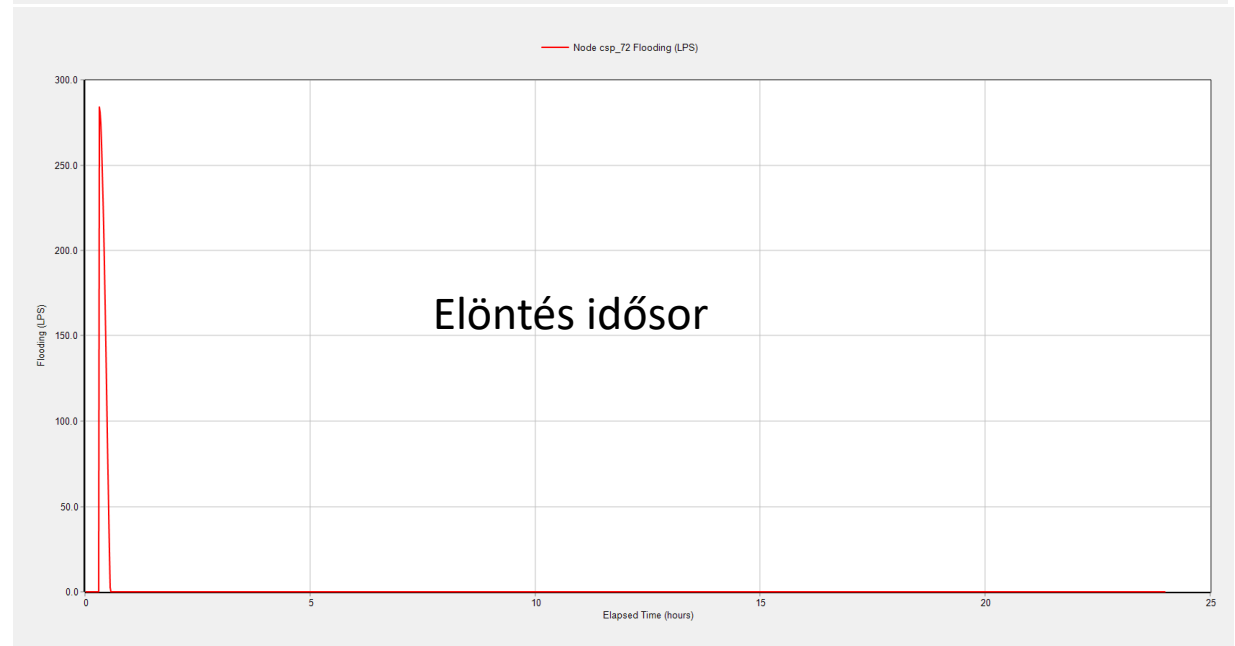
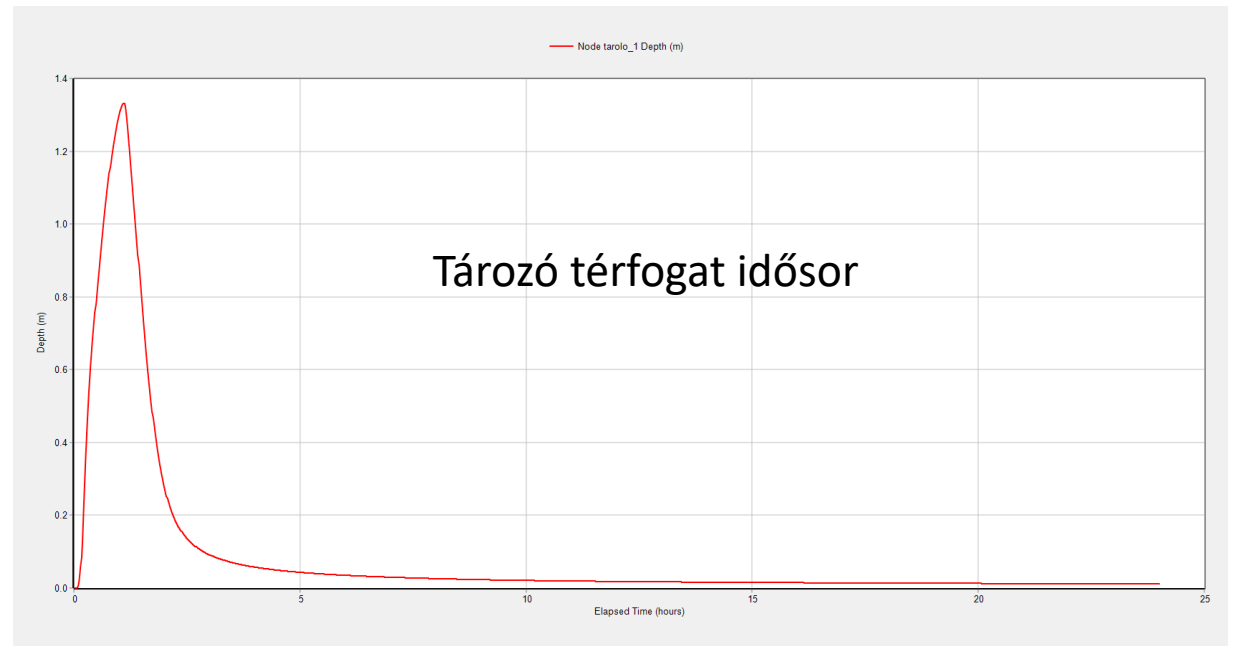
- **Vízszint**
- Vízszállítás/sebesség
- Tározó térfogat vízszint
- Elöntés
- Beszivárgás
- Párolgás
- Olvadás
- ...



Vízvezető rendszer vizsgálata 1D

Lehetséges eredmények
(idősor, szélsőérték, ...):

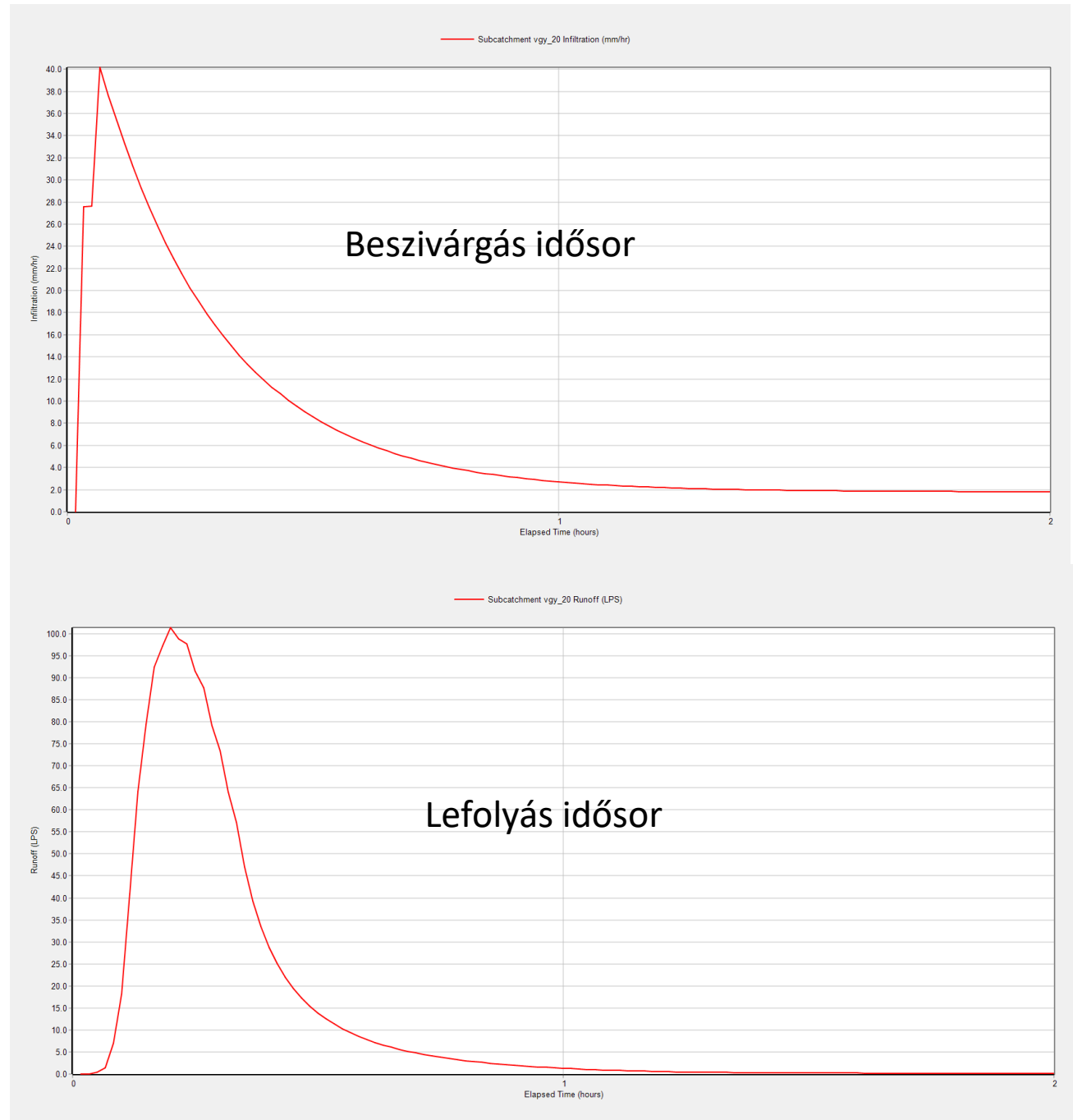
- Vízsztint
- Vízállítás/sebesség
- **Tározó térfogat vízszint**
- **Elöntés**
- Beszivárgás, felszíni lefolyás
- Párolgás
- Olvadás
- ...



Vízvezető rendszer vizsgálata 1D

Lehetséges eredmények
(idősor, szélsőérték, ...):

- Vízsint
- Vízállítás/sebesség
- Tározó térfogat vízszint
- Elöntés
- **Beszivárgás, felszíni lefolyás**
- Párolgás
- Olvadás
- ...



Példák 2D lefolyás szimulációs szoftverekre

Alapjuk a Navier-Stokes egyenletek numerikus megoldása

Fizetős

- MIKE SHE, MIKE Flood, Mike21 (DHI)
- OPENFLOWS SewerGems (Bentley) csak a felszíni lefolyás 2D

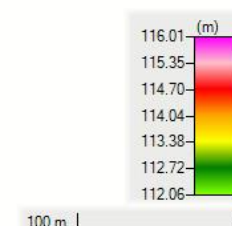
Ingyenes:

- HEC-RAS

Meder, vízfelszín vizsgálata 2D

Lehetséges eredmények
(idősor, szélsőérték, ...):

- Vízzint eloszlás
- Vízzállítás/sebesség eloszlás
- Feltöltődés, elöntési terület
- Hordalék transzport
- ...



Példák 3D szimulációs szoftverere (műtárgyakhoz)

Fizetős:

- Ansys

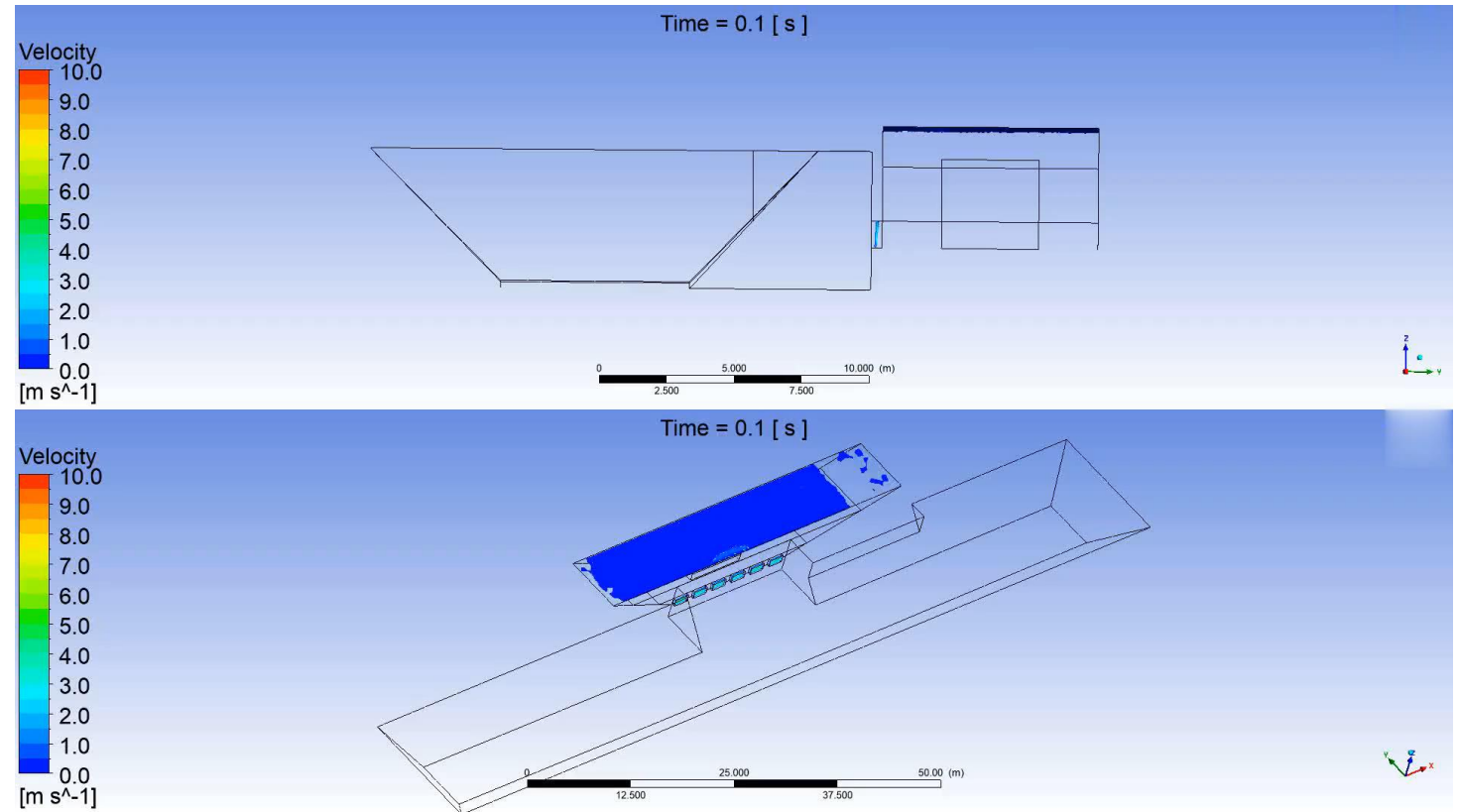
Ingyenes:

- OPENFOAM Freecad

Műtárgy modellezés 3D- ben

Lehetséges vizsgálatok

- Vízszintek
- Sebesség eloszlások
- Csúsztató feszültségek
- Nyomás eloszlások
- Lebegőanyag hordalékmozgás
- ...

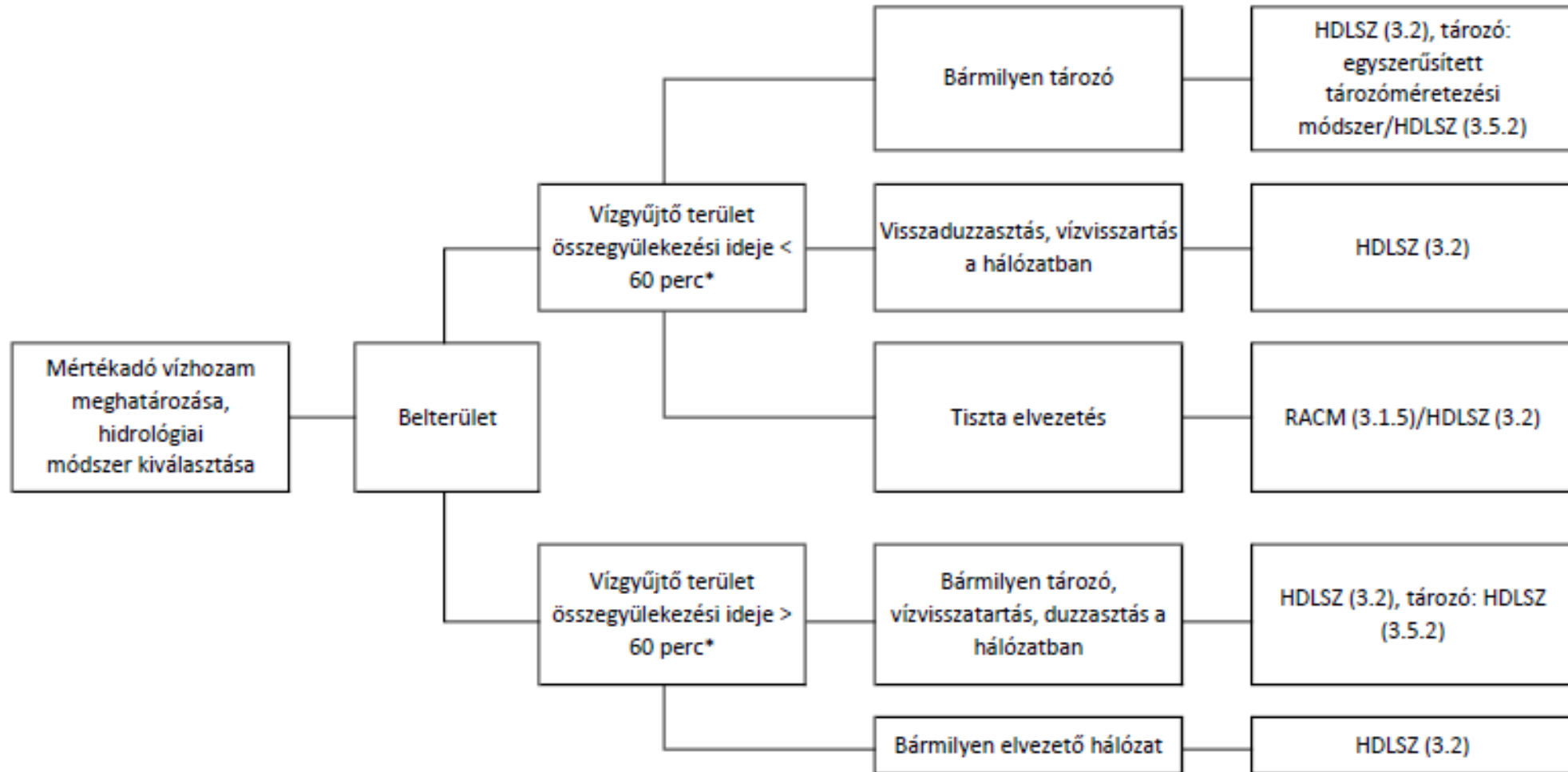


Felszíni elöntési lefolyás modellek

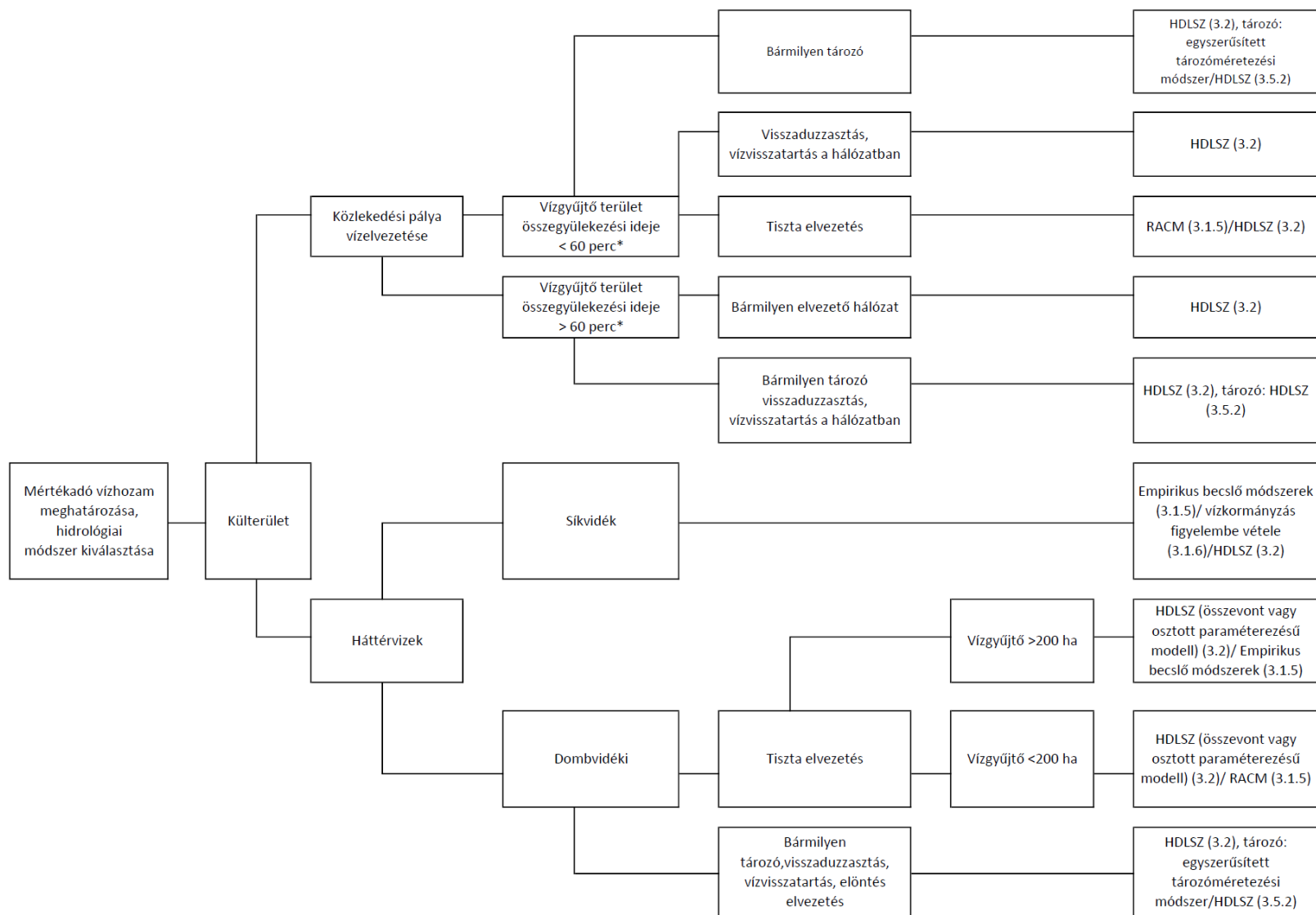
Alapvetően két megoldás létezik:

- 1 dimenziós előre definiált útvonalon történik a levezetés
- 2 dimenziós felszínmodell alapján az akadályokat figyelembevéve határozza meg a lefolyási pályát. Részletesebb felszínmodellt igényel.

Belterületi csapadékvízelvezetés módszertanának kiválasztása



Külterületi csapadékvízelvezetés módszertanának kiválasztása



Hálózati modell építés kérdésköre

E-közmű térkép/üzemeltető, kezelői adatbázisok???

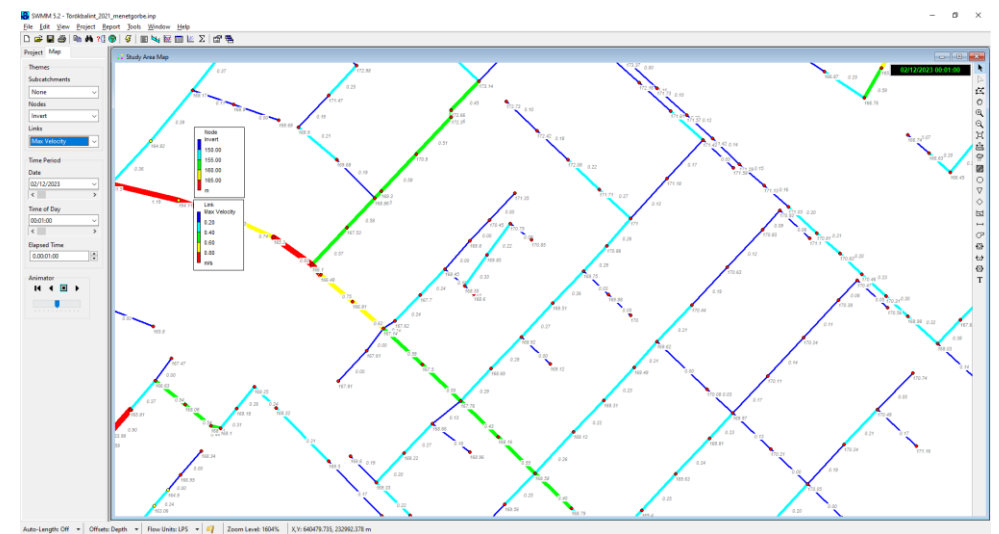
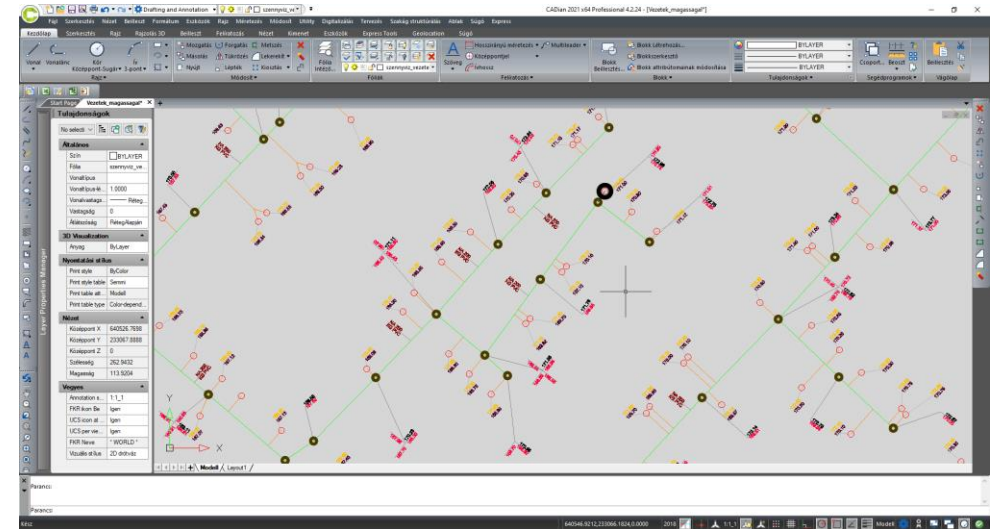
Új építési törvény tervezet előírja a BIM használatát állami beruházásoknál, ezzel a geometriai alapját megteremtik a modell építésnek.

Leggyakrabban használt közmű tervező szoftverek zárt vízelvezető rendszerek lefolyás szimulációjával rendelkeznek:

- C+I (Autocad, Civil 3D)
- Storm and Sanitary Analysis (Civil 3D)

Térinformatikai rendszerekből (GIS) topológiai kapcsolatok, kényszerek ellenőrizhetők és a modellek legenerálhatók:

- QGIS-ből, vagy CAD-ből előfeldolgozás és modell generálás SWMM, HEC-RAS



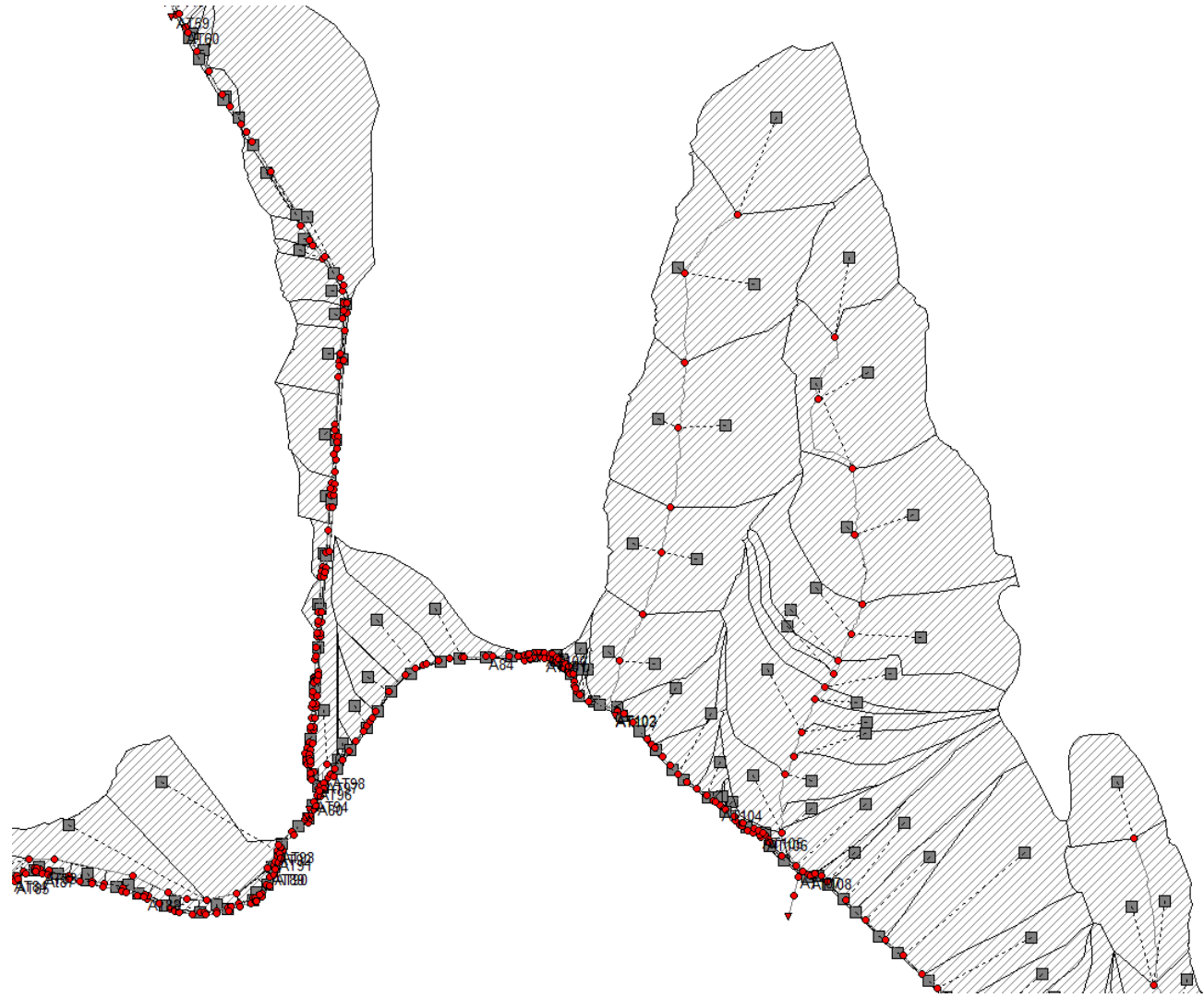
Vízgyűjtő modell építés

Alapadatok:

- Terepmodell
- Fedettségi térkép
- Talajadatok, szivárgásvizsgálatok eredményei
- Hálózati modell

Feldolgozás:

- GIS rendszerek (QGIS, ARCGIS)
- CAD (pl.: Civil3d)
- Kézi megadás

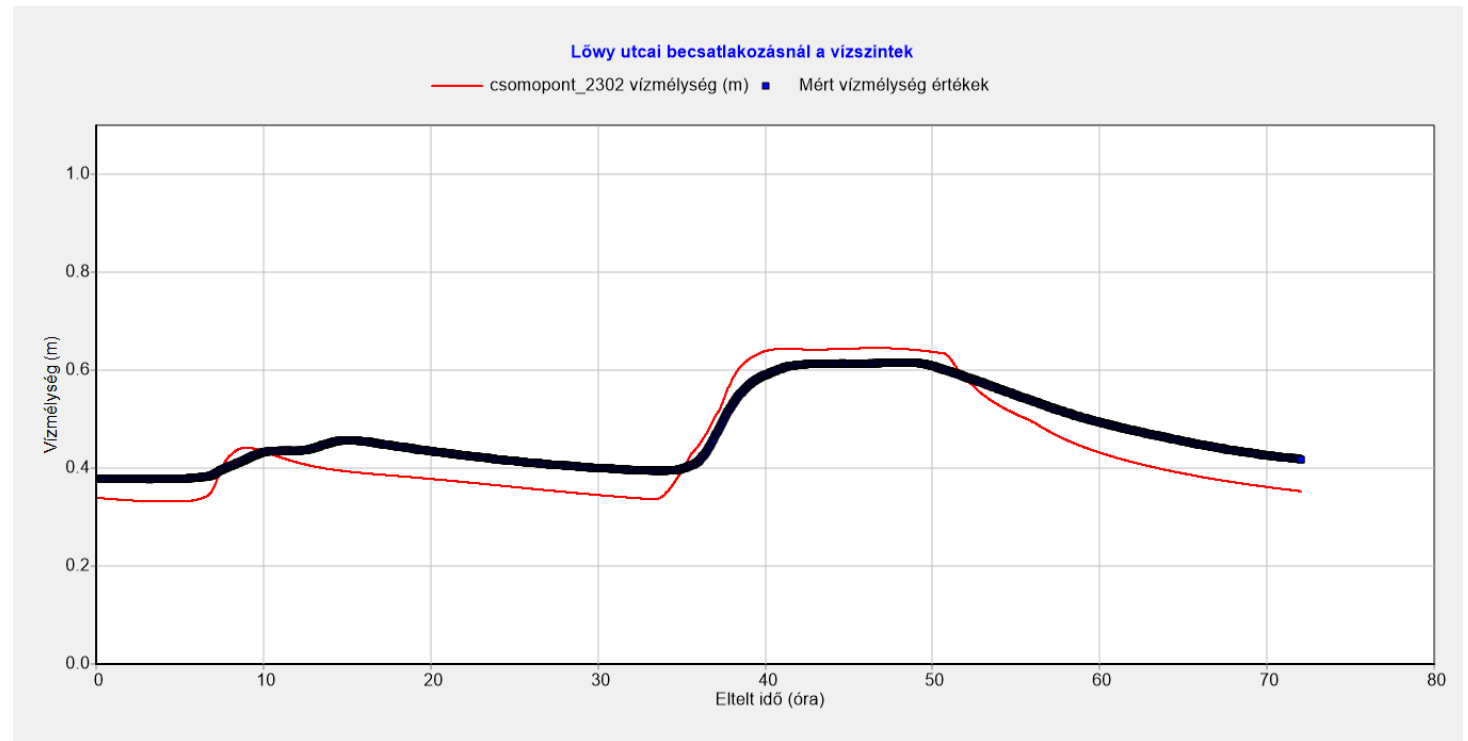


Modell kalibrálás

Meglévő rendszerek esetén

Mért adatok alapján:

- Csapadékesemény idősor
- Vízsint
- Vízhozam



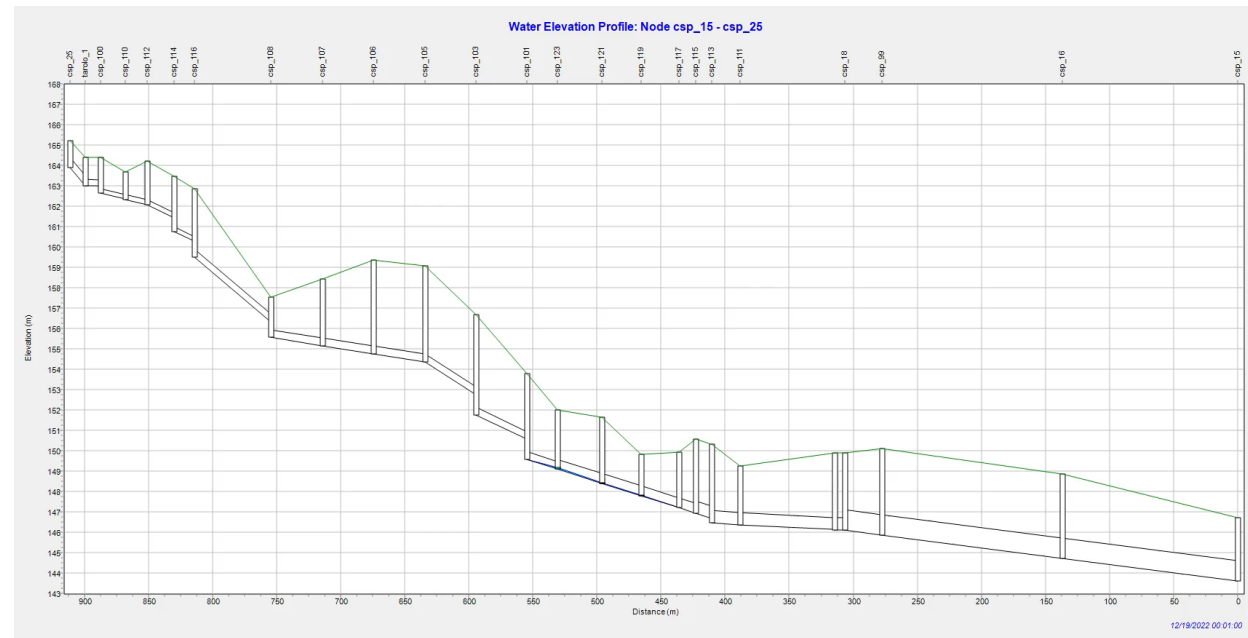
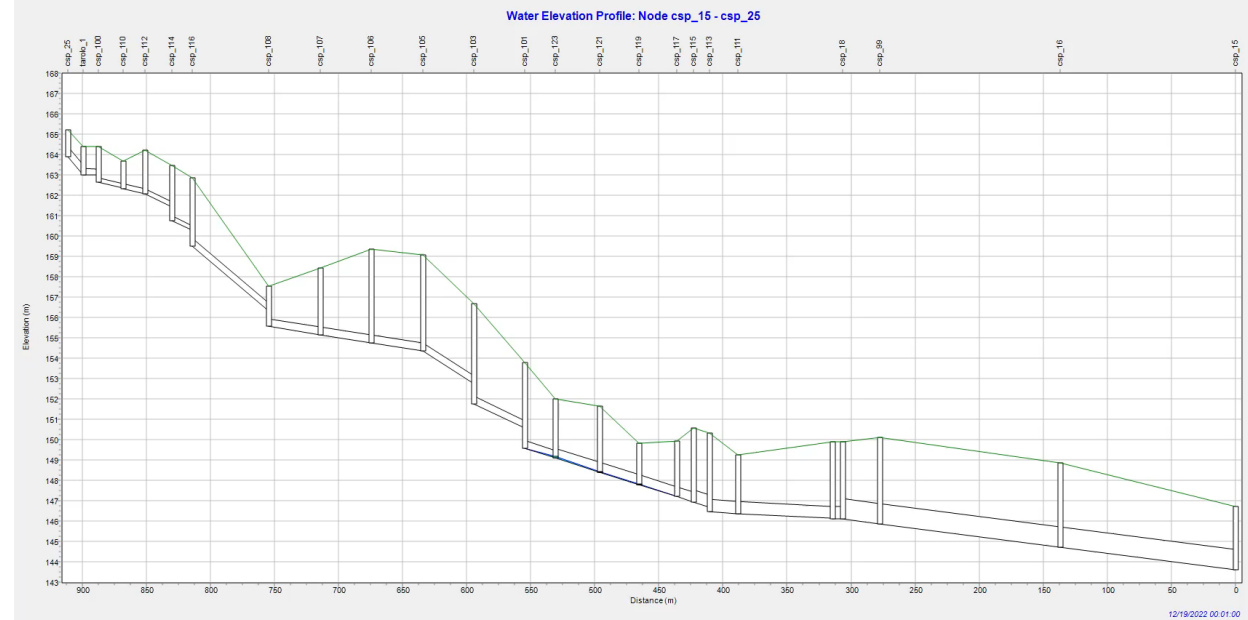
Érzékenység vizsgálat

Mikor kell végezni?

- Tervezett rendszerek esetén mert sok ismertelen paraméter van
- Meglévő rendszerek esetén mérési hiánykor

Milyen paramétereket kell változtatni?

- Vízyűjtő
- Hálózati



Köszönöm a figyelmüket!