

# HIDRAULIKAI MODELLEZŐ PROGRAM HASZNÁLATA AZ IVÓVÍZMINŐSÉG JAVÍTÓ PROGRAMOK TERVEZÉSE SORÁN

Csongrádi Zoltán  
vízépítési irodavezető  
OVIBER Kft.

## Kivonat

A tervező munkáját többféle eszköz segítik, számológépek, rajzprogramok, szivattyú jelleggörbék, vezetékek méretezési táblázatok stb.. A tervező ezeken túl ma már hozzáférhetőek a vízellátó hálózatok modellezésére alkalmas szoftverek. Ha egy tervezési feladathoz kapcsolódóan megismeri a program használatát, akkor lehet, hogy nem csak az összetett hálózatok ellenőrzésére fogja használni, hanem az egyszerűbb számítások esetén is. Céлом az volt, hogy egy konkrét tervezési feladat ellenőrzésével bemutassam, hogy a vízellátó hálózatok modellezésének van létjogosultsága a tervezés során.

**Kulcsszavak:** tervezés, hidraulikai modellezés, HCWP

## BEVEZETÉS

Munkámhoz kapcsolódóan részt veszek egy ivóvízminőség javító programban. A tervek kialakítása során felmerült bennem annak a lehetősége, hogy megvizsgáljam a hidraulikus modellező program használatát segítheti-e tervezési folyamatot.

## AZ IVÓVÍZMINŐSÉG JAVÍTÓ PROGRAMOK CÉLJA, MEGOLDÁSAI

A tisztavíz az élőlények számára egy nagyon fontos tápanyag. Amikor az emberi fogyasztásra szánt vízre tekintünk akkor élelmiszerként vesszük azt figyelembe. Az ivóvíz szolgáltatási ágazat egyik szlogenje „az ivóvíz a legjobban ellenőrzött élelmiszer”. Az ivóvíz minőségével szemben nagyon komolyak az elvárások, aminek a közüzemi ivóvízellátás során meg kell, hogy feleljenek a víziközmű szolgáltatók.

A hazai ivóvízellátás számosságában a legtöbbször a mélységi vízbázisokra alapszik. Az Európai Unió által elfogadott szabályozás az ivóvíz minőségi paraméterek közül az arzén és az ammóniumion vonatkozásában komoly határérték szigorítást vezetett be.

Ahol szükséges az új vízminőségi paraméterek során a beavatkozás többféle megoldás alkalmazására van lehetőség:

- A. A meglévő vízbázis megtartása mellett a tisztítástechnológia korszerűsítése.
- B. A meglévő vízbázis felhagyásával szomszédos víziközmű rendszerhez történő csatlakozás, ahol fejlesztéssel vagy anélkül rendelkezésre áll a település ellátására a megfelelő minőségű és mennyiségű ivóvíz.
- C. Több település felhagyja a vízbázisait, létrehoznak egy regionális ivóvízellátó rendszert és a legoptimálisabb helyzetben lévő vízbázist fejlesztik. Így biztosítva a települések megfelelő vízminőségű, biztonságos ellátását.

A tervezők számára a legnagyobb kihívást a „C” változat jelenti, hiszen egy távvezetékekkel összekötött többtávozós regionális-vízellátórendszert kell kialakítani.

## **REGIONÁLIS VÍZELLÁTÓ RENDSZEREK KIALAKÍTÁSÁNAK LÉPÉSEI**

Nem tartom szükségesnek a tervezési folyamatba történő elmélyülésbe, de a tervezés lépéseinek bemutatásával láthatóak azok a kapcsolódási pontok, ahol segítséget kaphatunk a hidraulikai modellező program által.

A legfontosabb lépések és azok sorrendje:

1. A települések napi vízigényeinek meghatározása (maximum, minimum, átlagos).
2. Az összegzett legnagyobb vízigény ellátását biztosító vízbázis kijelölése. Szerencsés, ha távlati igények fejlesztésére is van lehetőség.
3. A vízbázis kijelölése után meghatározzuk a kialakítandó távvezetékek nyomvonalát.
4. A nyomvonal alapján meghatározom a vezeték anyagát átmérőjét és a szivattyút.
5. Ellenőrzés. (szivattyú és vezeték).
6. Ha minden rendben, megszerkesztjük a vezetéket, elkészítjük a hossz- és keresztmetszeti terveket, csomóponti terveket, műszaki leírást, részletrajzokat stb.
7. Tervegyeztetések.
8. Tervmódosítás.
9. Terv leadása.

A hidraulikai modellező programok nem tervező programok, csak a tervezési folyamat kiegészítéseként használhatóak. A modell előállításánál szükséges a tervezőnek és az üzemeltetőnek együtt dolgoznia. Az üzemeltető tapasztalata nélkül a modell számítási adatai a tervező számára nem adnak teljeskörű képet, hiszen nincs meg az adott rendszerre vonatkozó üzemeltetési tapasztalata. A gyakorlott modellezőnek vannak jól használható modellezési tapasztalatai, ami segítheti őt az eredmények kiértékelése során, de ezek a tapasztalatok nem pótolják a vizsgált rendszerre vonatkozó üzemeltetés hosszú éveitől összegyűlt ismereteket.

### **A települések vízigényeinek meghatározása**

Ma már minden víziközmű szolgáltatók rendelkezik valamilyen összetettséggű vállalati információs rendszerrel. A vállalati információs rendszer a gazdasági és műszaki adatbázisokból kinyerhető információkra alapszik.

A tervezéshez szükséges vízigényeket a vízdíjszámlázási és a SCADA adatbázisaiból nyerhetjük ki. A SCADA megadja a napi termelt maximumot, minimumot és az átlag értékeket. Ebből képezhető az évszakos egyenlőtlenességi tényező. A vízdíjszámlázási adatokból a fogyasztói igények határozhatók meg, ami alapján a hálózati veszteség számszerűsíthető. A kigyűjtést a tervezést megelőző öt év adataiból kell elvégezni.

Az adatokból meghatározzuk a települések/fogyasztási körzetek napi fogyasztását ( $m^3/d$ ).

A települések összesített vízigénye alapján tudjuk meghatározni a vízbázissal szemben támasztott kapacitás igényt.

### **A vízbázis kijelölése**

A meglévő ismert vízbázisok kapacitás adatai és a nyersvíz minőségei alapján meghatározzuk az igényelt vízmennyiségnek megfelelő kapacitású vízbázist, ahol a nyersvízminőség alapján a legolcsóbban üzemeltethető víztisztítási technológia kiépíthető.

## A távvezetékek nyomvonalának meghatározása

A vízműtelepet és a regionális rendszer településeinek medencéit és víztornyait össze kell kötni távvezetékekkel. A nyomvonal kiválasztásánál a legrövidebb változatú nyomvonalat kell meghatározni, ahol megkaphatjuk a kivitelezéshez a vízjogi létesítési engedélyt (területhasználat biztosítva van, nincs az építést ellehetetlenítő korlátozás).

Település	2012 év	2013 év	2014 év	2015 év	2016 év
	Vízigény (m <sup>3</sup> /év)				
Összes termelt víz	17 625	21 783	16 920	17 440	18 195
Kiszámlázott lakossági fogyasztás	9 710	7 767	8 915	7 504	8 221
Kiszámlázott intézményi fogyasztás	138	39	8	-	-
Kiszámlázott ipari fogyasztás	407	318	878	666	734
Szezonálisan megjelenő lakossági vízigény (pl.: üdülőövezet)	584	890	639	655	734
Összes kiszámlázott víz	10 839	9 014	10 440	8 825	9 794
Nem kereskedelmi célú víz (értékesítési veszteség)	203	780	852	330	165
Hálózati veszteség becsült mennyisége	6 583	11 989	5 628	8 285	8 236
Hálózati veszteség a termelés százalékában	37,35 %	55,04 %	33,26 %	47,51 %	45,27 %
	1 főre jutó fogyasztás / igény (l/fő/nap)				
Lakosság összesen (fő)	356	361	347	330	326
1 főre jutó lakossági (háztartási) fogyasztás	74,70	58,90	70,40	62,30	69,10
Bruttó 1 főre jutó igény	136	165	134	145	153
1 főre jutó összes vízigény (összes kiszámlázott vízből számolt)	83	68	82	73	82
	Mértékadó mennyiségek (m <sup>3</sup> /nap)				
Átlagos napi vízigény	48,30	59,70	46,40	47,80	49,80
Napi csúcsvízigény	105	140	150	150	150

1. táblázat

## A távvezetékek nyomvonalának meghatározása

A vízműtelepet és a regionális rendszer településeinek medencéit és víztornyait össze kell kötni távvezetékekkel. A nyomvonal kiválasztásánál a legrövidebb változatú nyomvonalat kell meghatározni, ahol megkaphatjuk a kivitelezéshez a vízjogi létesítési engedélyt (területhasználat biztosítva van, nincs az építést ellehetetlenítő korlátozás).

### A távvezeték anyagának és átmérőjének megválasztása

A vezeték anyagát, a vezetékre ható terheléseket, az elvárt élettartamot, a kivitelezésre elkölthető beruházási forrás és az üzemeltetői elvárások határozzák meg.

A vezeték anyagmegválasztása után a gyártómű adatbázisból vagy szabványból kinyerhetők a választható vezetékátmérők és az ahhoz tartozó belső átmérő és vezeték érdesség.

Miután a települések mértékadó üzemállapota a szolgáltató üzemeltetési tapasztalatai alapján ismert így a távvezetéseket méretezéséhez szükséges mértékadó térfogatáramok ( $Q_m$ ) ez alapján meghatározhatók.

A távvezetésekre elfogadott maximum sebesség ( $v_{max}$ ) ismeretében a távvezeték átmérője ( $d_{min}$ ) számolható (1. ábra) és így a cső belső átmérője ( $d$ )a gyártmánynak megfelelő méretválasztékból kiválasztható. Az átmérő ismeretében a vezeték mértékadó üzemállapotához kapcsolódó súrlódási veszteség ( $h_s$ ) kiszámolható. A súrlódási veszteség az  $l$  csőhosszal egyenesen, a  $d$  csőátmérővel fordítottan arányos. A  $\lambda$  csőszúrlódási tényező a cső, az áramló folyadék és az áramlás jellemzőitől függ, értéke számolható, vagy táblázatból választható (1. ábra).

$$d_{min} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_m}{v_{max} \cdot \pi}}$$

1. ábra

$$h_s = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

2. ábra

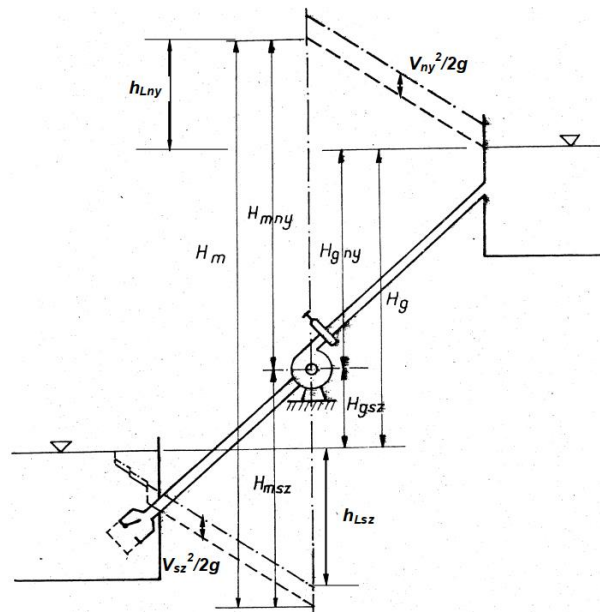
### A szivattyú kiválasztása

A súrlódási veszteség ismeretében meghatározandó a szivattyú munkapontja. A munkaponthoz ismerni kell a szivattyú a manometrikus emelőmagasság ( $H_m$ ) igényét (3. ábra). A manometrikus emelőmagasság számolása 3. ábra jelölései alapján a:

$$H_m = H_{gsz} + h_{Lsz} + H_{gny} + h_{Lny} + \frac{v_{sz}^2}{2 \cdot g} - \frac{v_{ny}^2}{2 \cdot g}$$

melyből a sebességmagasságok különbségét általában elhanyagolhatjuk.

Az **sz** alsó index a szívó, míg a **ny** alsó index a nyomóoldalra utal.  $H_g$  a geodéziai magasság a szivattyú tengelyére vonatkoztatva,  $h_L$  a veszteségmagasság. A  $h_{Lny}$  távvezeték súrlódási vesztesége.



3. ábra

A munkapont ismeretében a beépítendő szivattyú katalógusból választható.

## Ellenőrzés

A szivattyú kiválasztása után ellenőrzöm a kiválasztott szivattyú munkapontját figyelembe véve, a mértékadó üzemállapot alapján a távvezetékben kialakuló nyomásokat. A kiszámított nyomásérték nem lehet a rendszer szempontjából az igényeknél alacsonyabb, illetve a nem alakulhat ki káros túlyomás sem.

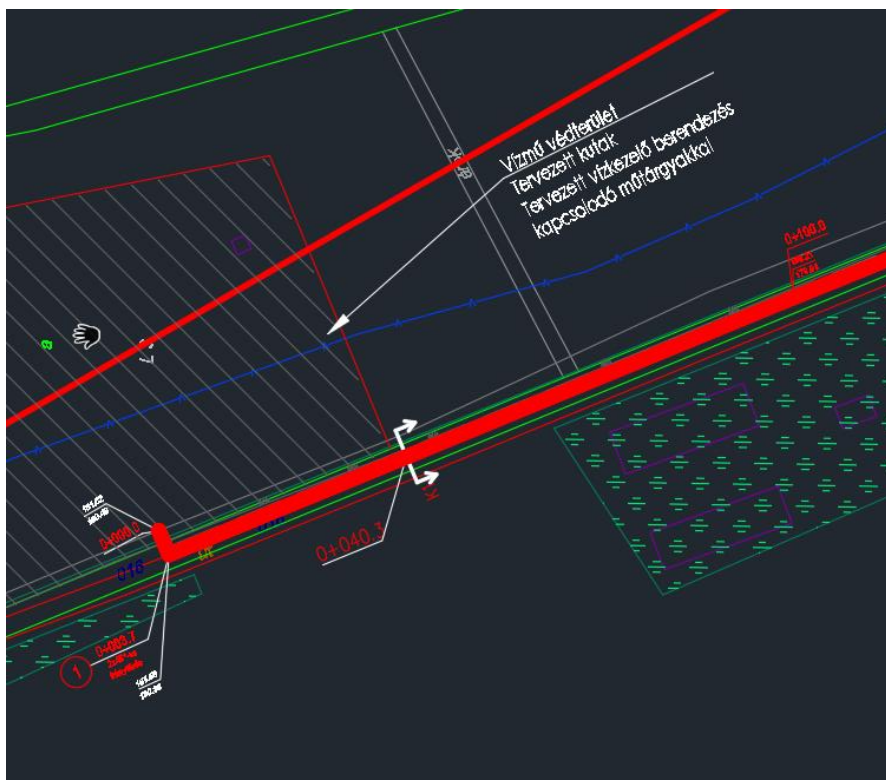
## AZ ELKÉSZÜLT TERV ALAPJÁN A REGIONÁLIS VÍZELLÁTÓ RENDSZER HIDRAULIKAI MODELLJÉNEK ELŐÁLLÍTÁSA

### Az alkalmazott hidraulikai modellező program

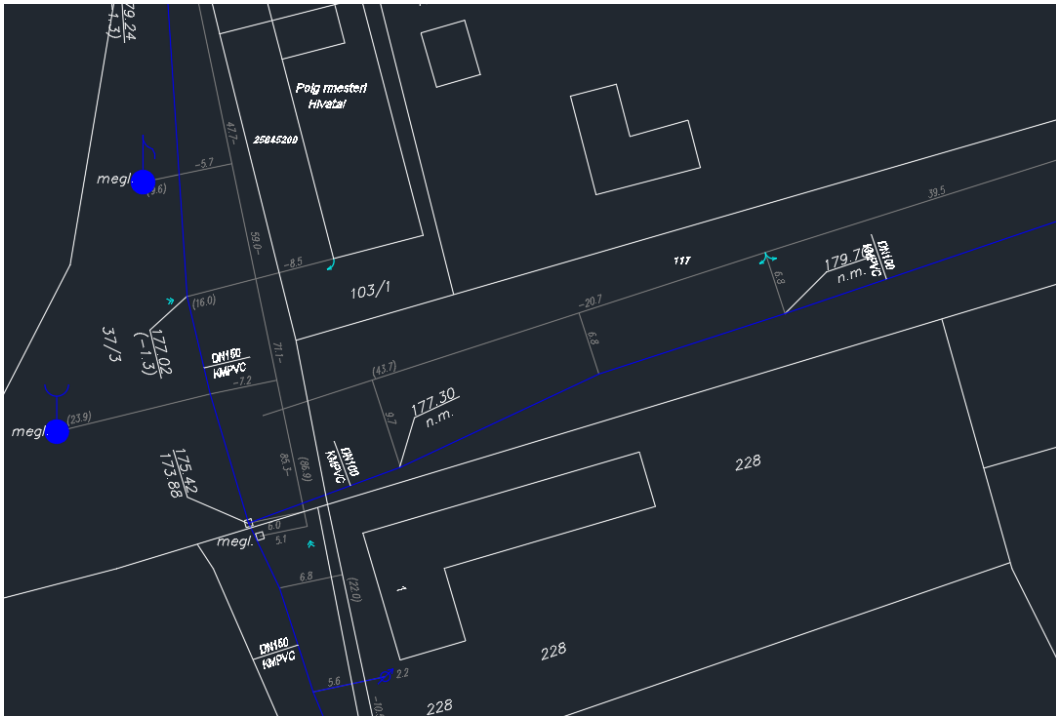
A rendszermodell létrehozásához HydroConsul Kft. által kifejlesztett HCWP-programot használtam. A program nyomás alatti vízellátó rendszerek modellezésére lett kifejlesztve. A HCWP programot Bozóky-Szeszich Károly munkásságára támaszkodva hazai szakemberek fejlesztették ki.

### A modell készítése

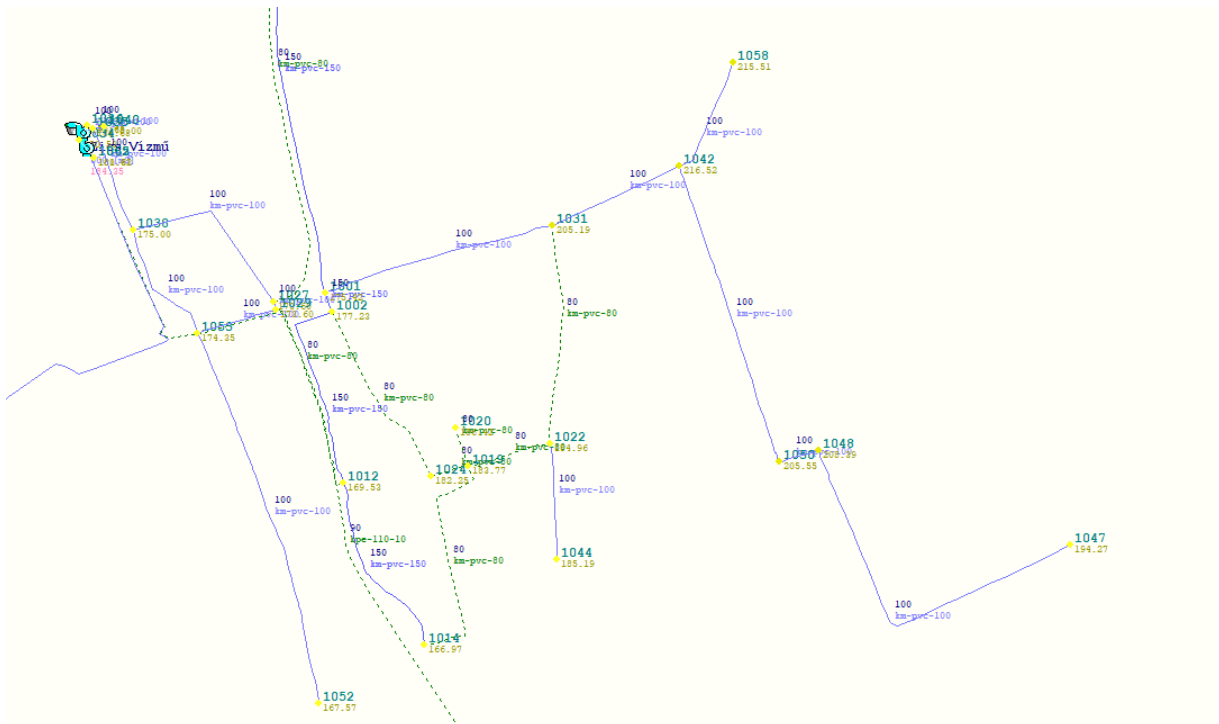
A tervezőtől megkapott dwg rajz (4. ábra) és az üzemeltető által biztosított dwg nyilvántartási térkép állományból (5. ábra) generált EOY helyes DXF- állományokból kialakítottam a vezetékek nyomvonalát (anyag- átmérő, hossz, egyéb tulajdonságok) (6. ábra). Mind a két esetben maguk a nyomvonalak EOY koordináta helyesen kerültek be a modellbe anyag átmérők szerinti bontásban. A rajzok sajnos a magassági adatokat feliratként tartalmazták így azokat csomópontonként egyedileg kellett rögzíteni kézzel.



4. ábra



5. ábra



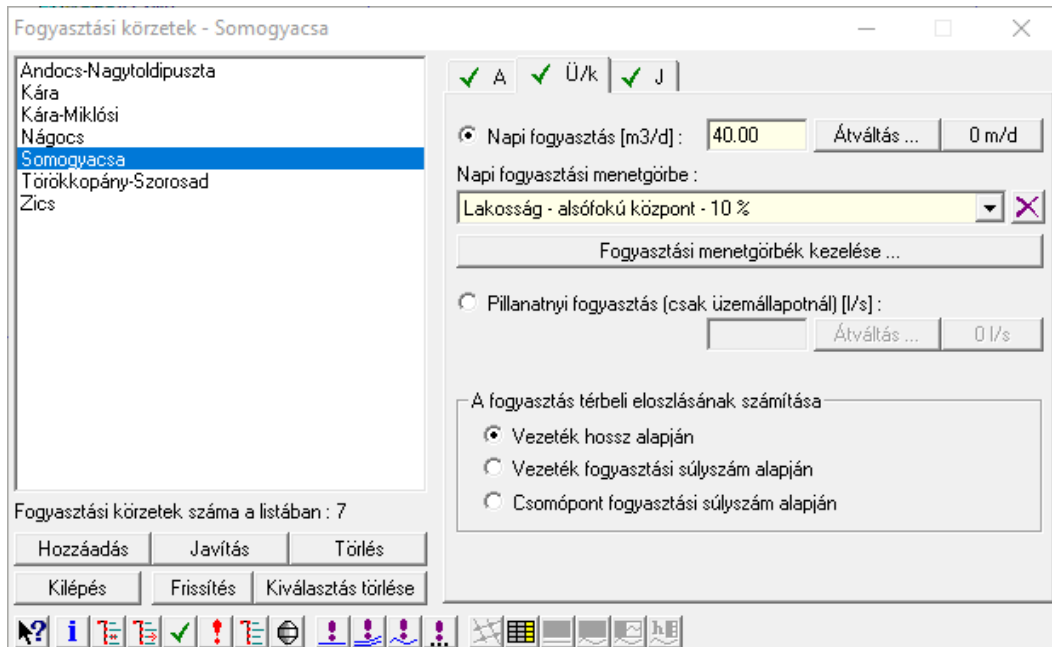
6. ábra

Ezek után a vízrendszerben lévő tornyot és medencéket, a geometriai-, valamint magassági tulajdonságaikkal együtt feltöltöttem a modellbe.

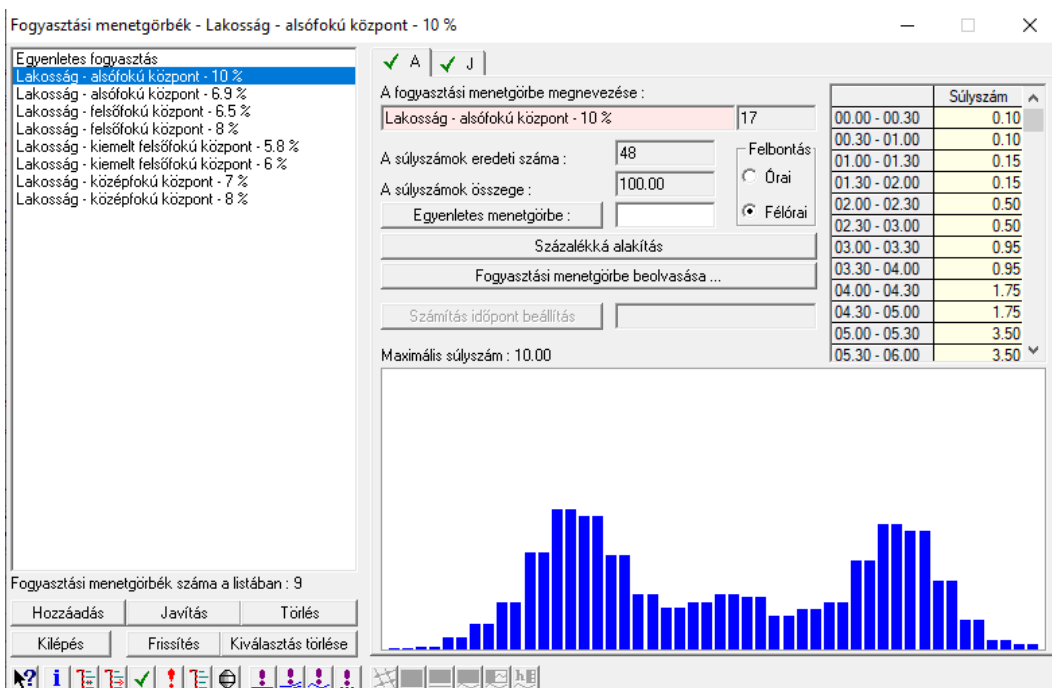
A tervben szereplő szivattyú és medence adatokat is beépítettem a modellbe. A meglévő vízműtelepeket nem vettem figyelembe, mert nem része a meglévő rendszer vizsgálata a tervezési folyamatnak, a jövőben kialakítandó regionális vízellátó rendszer modellezése a cél.

## Fogyasztási körzetek kialakítása

A tervezéskor meghatározott fogyasztási adatok alapján létrehoztam a modellben a **fogyasztási körzeteket** (7. ábra). Szerencsések lehetünk, ha a víziközmű szolgáltató rendelkezik egy napon belüli fogyasztást leíró fogyasztási menetgörbével. Ha nincs ilyen adat a program beépített görbéi közül választhatunk vagy más adatbázis alapján készíthetünk egyet a program felületén. Jelen esetben a programba beépített menetgörbét alkalmaztam (8. ábra).



7. ábra

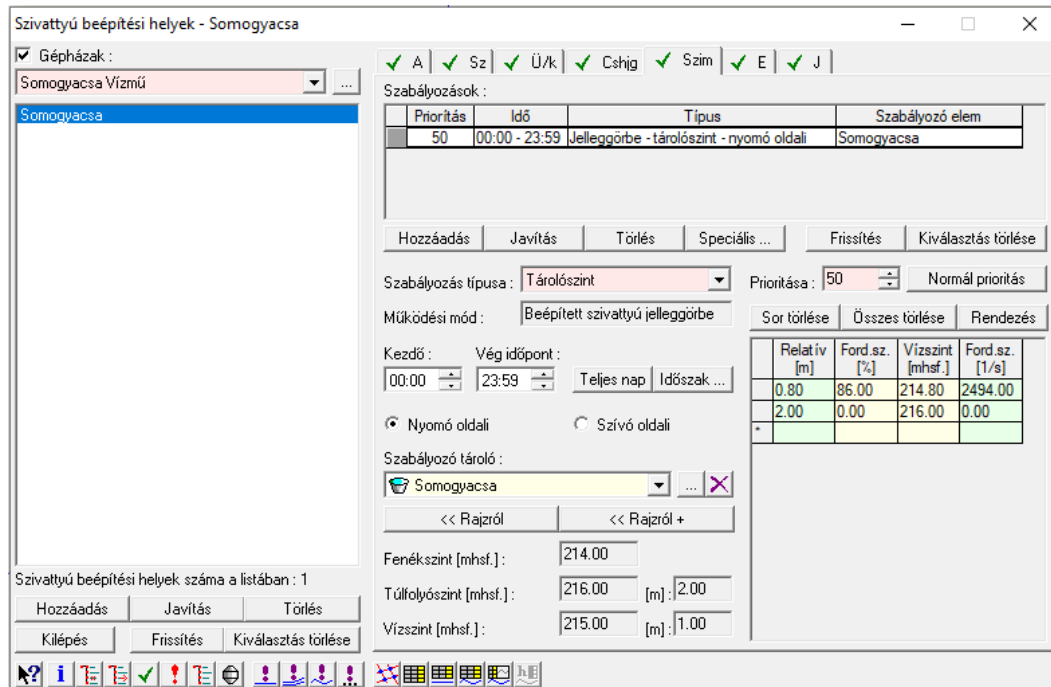


8. ábra

A fogyasztásokat a települések vezetékéhez rendeltem és meghatároztam a fogyasztás térbeli eloszlását.

## Szabályozások

Ahhoz, hogy a modellünk 24 órás szimuláció kiszámítására alkalmas legyen. A tornyok medencék töltését ellátó szabályozott elzárók és szivattyúk szabályozási értékeit szükséges beállítanunk (9. ábra). A töltendő medence relatív vagy mBf szintjei mint be- és kikapcsolási szintek indítják vagy leállítják a szivattyút a tervezés során meghatározott fordulatszámmal.



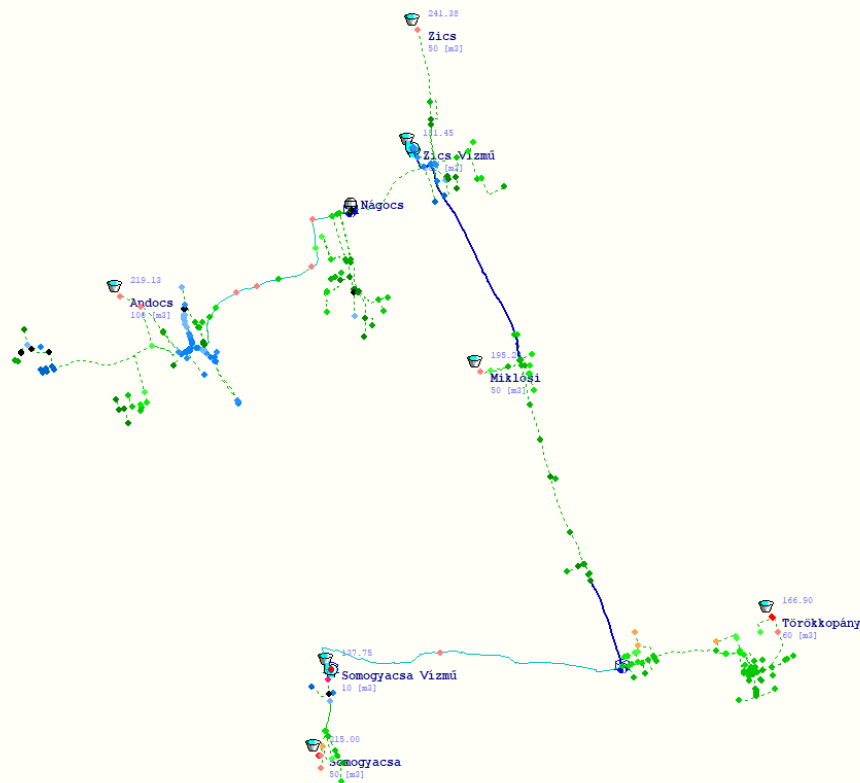
9. ábra

## A modell ellenőrzése

Lefuttattam egy 24 órás szimulációs számítást. Miután egy medence és víztorony sem ürült vagy folyt túl a számítási eredmények valóságát elkezdtem leellenőrizni. Megvizsgáltam a betáplálások nagyságrendjét, a csomópontokon kialakuló nyomásértékeket, a medencék tornyok szintváltozásai összevettem a fogyasztásokkal és betáplálásokkal, a betáplálások alapján a vezetékekben kialakult sebességeket leellenőriztem.

Miután az általam fellelt hibákat javítottam (rossz terepszint, nem megfelelő csőátmérő, helytelenül beállított szabályozás), a terepszinten kialakuló káros nyomásokat leegyeztettem az üzemeltetővel (10. ábra).



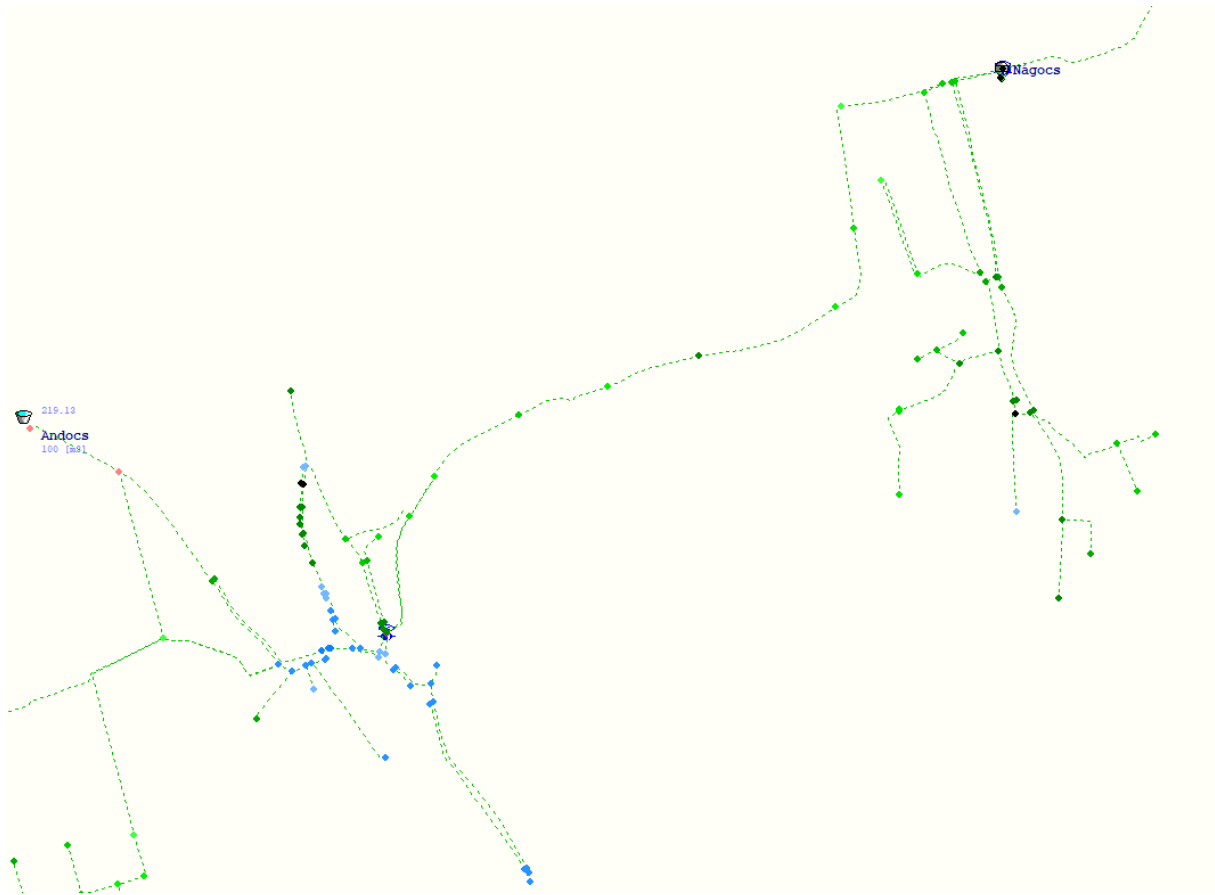


10. ábra

Az üzemeltető bemutatta a nyilvántartásait, ahol ugyan azok az utcák voltak megjelölve, mint a modellben. Ezekben az utcákban 6 bar nyomásnál nagyobb az üzemszerű terepszintű nyomás.

Az alacsony nyomású helyeket is beazonosítottuk, kivétel nélkül ezek az utcaszakaszok már nyomásfokozott zónaként működnek. Regionális rendszer kialakítása miatt volt olyan településrész, ahol a terepszinten mérhető üzemi nyomás megnőtt a rendszerek összekötése miatt. Itt a tervező már eredendően nyomáscsökkentőszelepet tervezett beépíteni az átadási pontra, aminek a jogosságát a modell is kimutatta.

A megtervezett távvezetéken is volt káros nyomásnak kitett szakasz. A tervezővel és az üzemeltetővel folytatott egyeztetés eredményeként a medencetöltő tolózár helyét módosítottuk így a nyomásprobléma megszűntetésre került (11. ábra).



11. ábra

Az adatok egyeztetésével a modell valósághű működését visszaigazoltnak vettem. A végleges kalibrációhoz méréseket szükséges végezni a már megépült rendszeren és azt össze kell vetni a modell által kiszámolt értékekkel.

### **JELLEMZŐ ÜZEMÁLLAPOTOK VIZSGÁLATA**

Az üzemállapot vizsgálatánál csak a tervezési folyamat részeként ismert feltételeket vettem figyelembe. Ennek megfelelően a települések mértékadó vízfogyasztása volt a vizsgálat alapja. A hidraulikai modellekkel megoldható feladatok közül üzemállapot számítást végeztem a maximális fogyasztás időpontjában, a szivattyúk kiválasztásának ellenőrzését, illetve egy 24 órás szimulációt.

#### **Üzemállapot számítás**

A vizsgálat során a maximális fogyasztás időpontjában a két helyzetet méretezési helyzetet vizsgáltam meg az elosztóhálózaton a tározók minimum és maximum szintje esetén hogyan alakulnak a nyomások a települések csomópontjain, a sebességek a vezetékben.

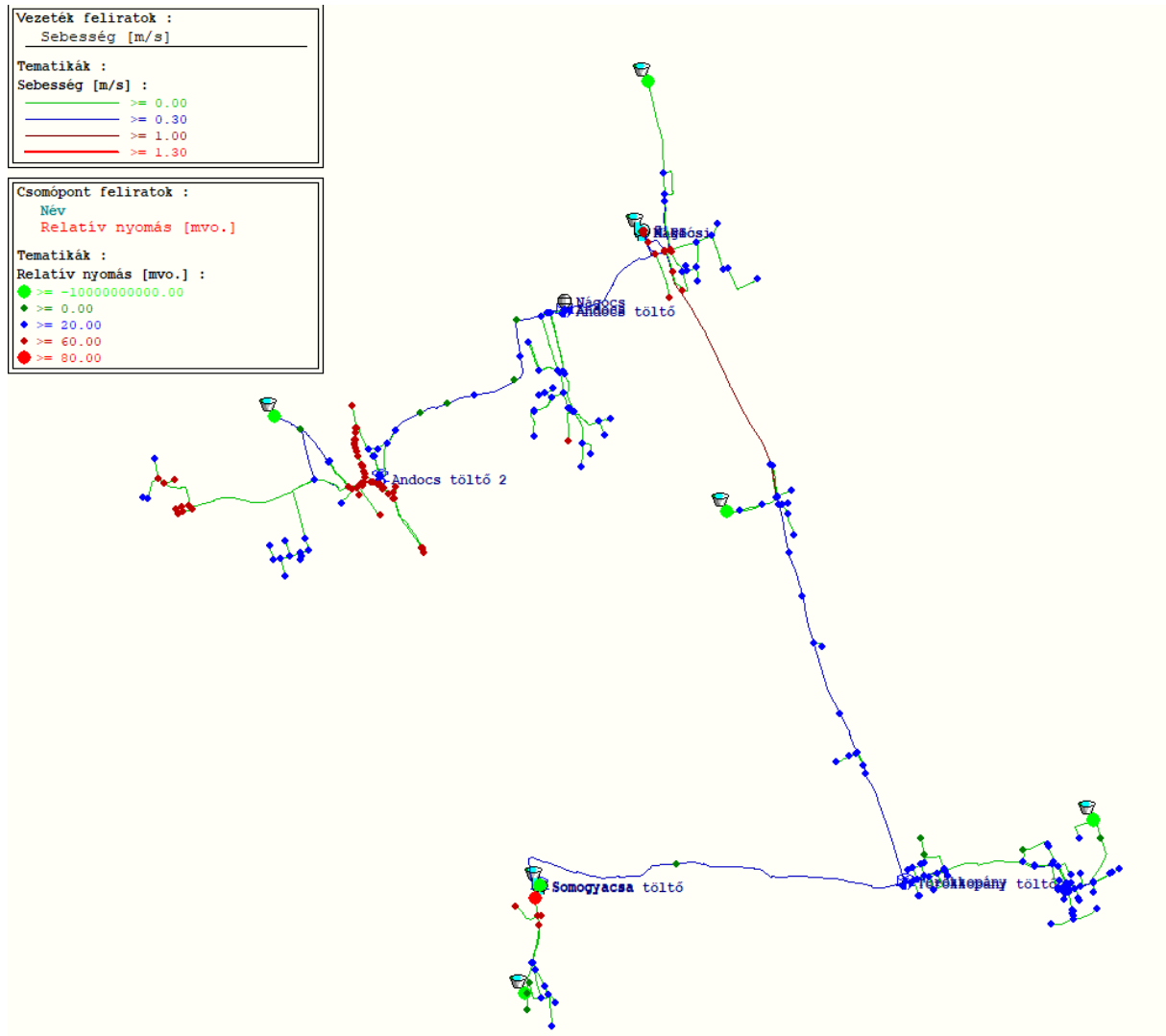
*A tározók minimum szinten vannak*

Beállítások:

- A szivattyúk azon a fordulatszámon üzemelnek, amit a tervező megadott.
- A medencéket töltő szabályozott elzárók nyitott állapotban.
- Az üzemállapotszámítás időpontja, a tervező által megadott maximális napi fogyasztás legnagyobb fogyasztási időpontjában.

Eredmények (12. ábra):

- A csomóponti nyomások mind a településen, mind a távvezetési hálózaton megfelelőek.
- A vezetékben kialakult sebességek, a tervezési gyakorlatnak megfelelőek ( $v \leq 1 \frac{m}{s}$ )



12. ábra

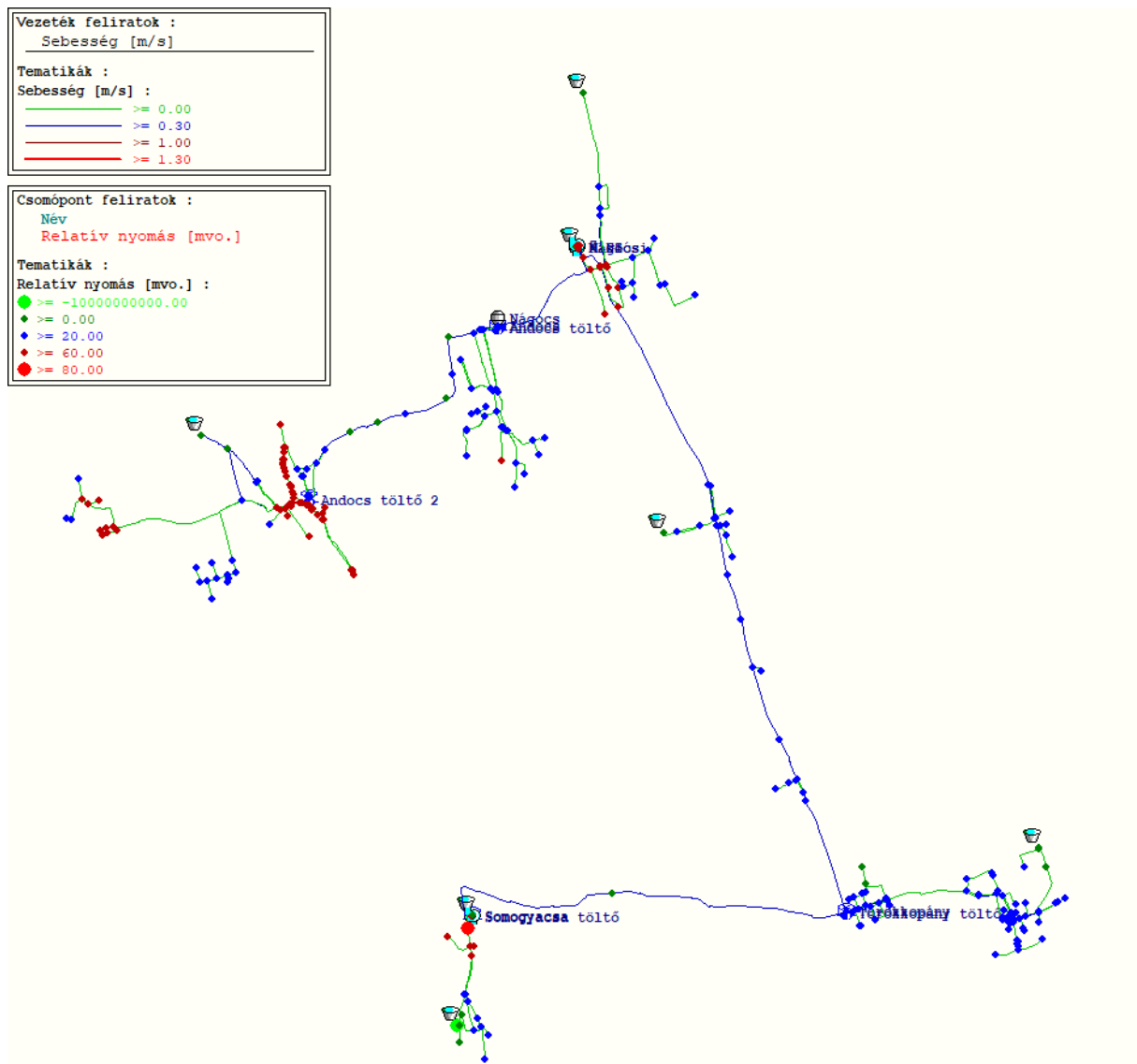
A tározók maximum szinten vannak

Beállítások:

- A szivattyúk azon a fordulatszámon üzemelnek, amit a tervező megadott.
- A medencéket töltő szabályozott elzárók nyitott állapotban.
- Az üzemállapotszámítás időpontja, a tervező által megadott maximális napi fogyasztás legnagyobb fogyasztási időpontjában.

Eredmények (13. ábra):

- A csomóponti nyomások mind a településen, mind a távvezetési hálózaton megfelelőek.
- A vezetékben kialakult sebességek, a tervezési gyakorlatnak megfelelőek ( $v \leq 1 \frac{m}{s}$ )



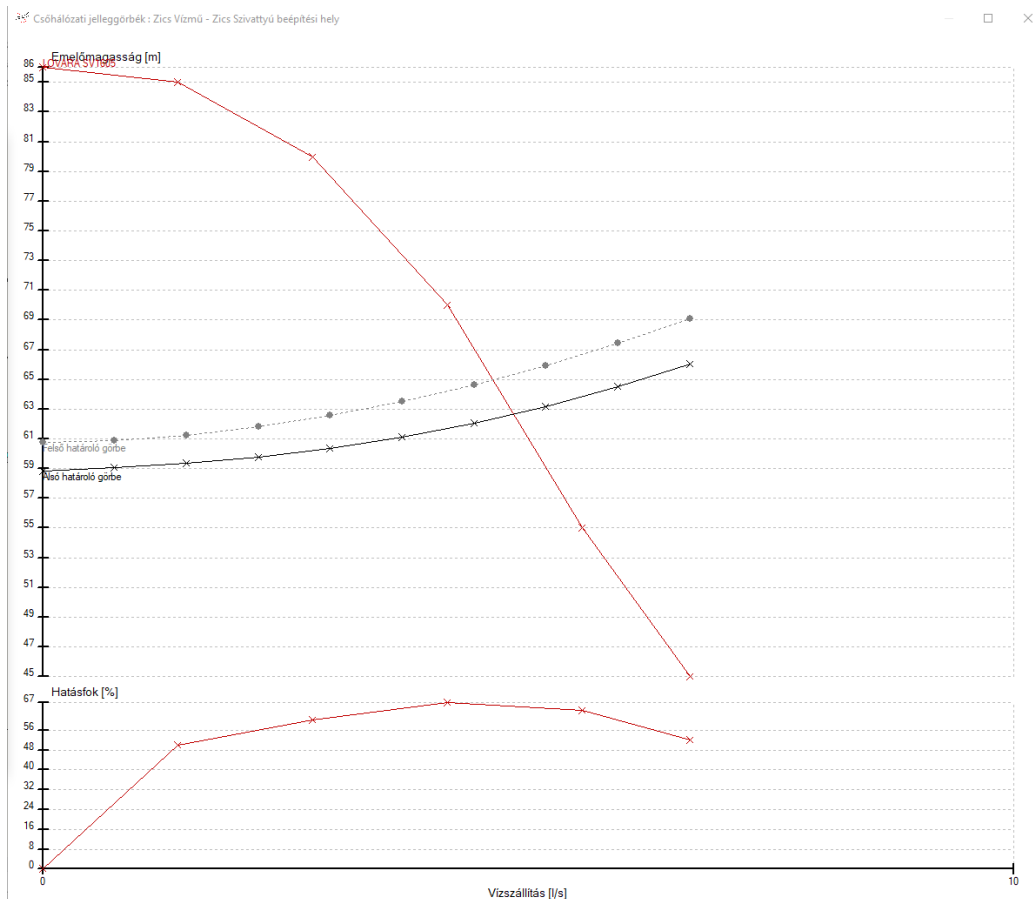
13. ábra

### A szivattyú kiválasztás ellenőrzése

Négy szivattyú van a rendszerben. A szivattyú kiválasztásának ellenőrzéséhez elő kell állítani két csőhálózati jelleggörbe számítást a medencék minimális és maximális szintjeihez. A program a bevitt szivattyú jelleggörbékkel végzi el a számítást és a megjelenítést.

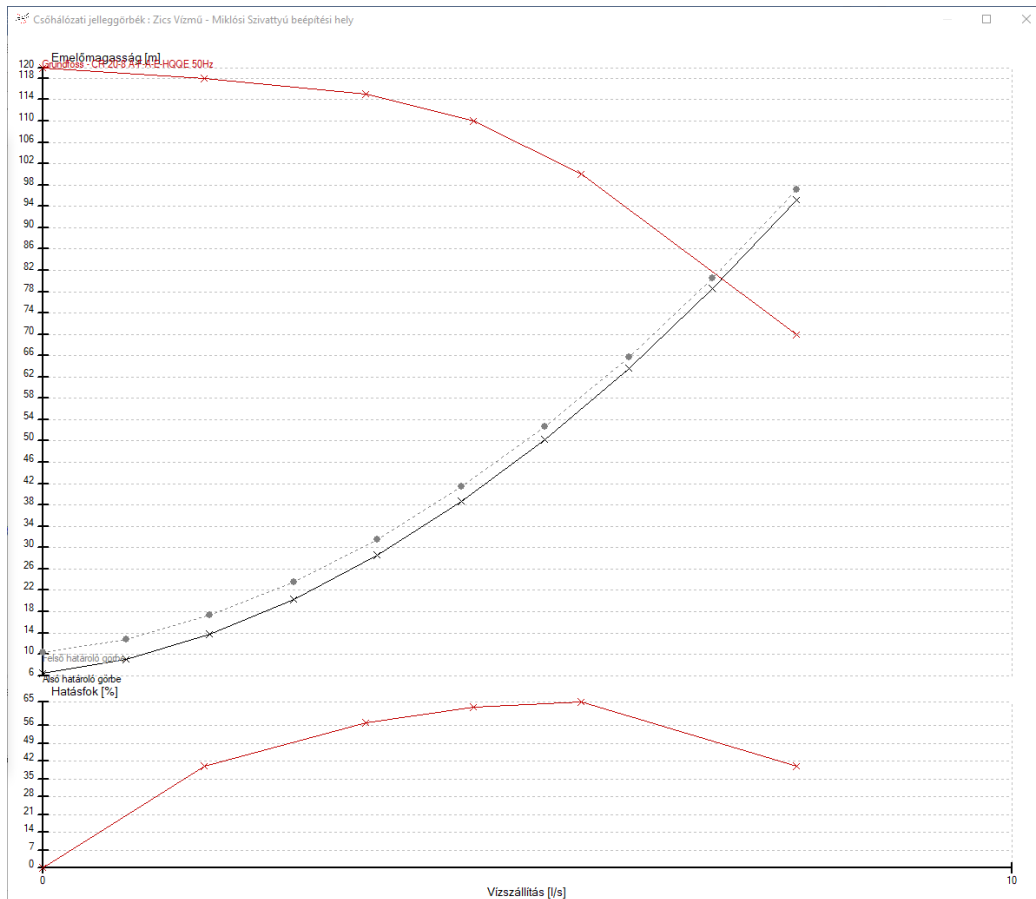
Eredmények:

A 14. ábrán látható a két csőhálózati jelleggörbe és a beépített szivattyú jelleggörbéje. A szivattyú kiválasztása megfelelő.



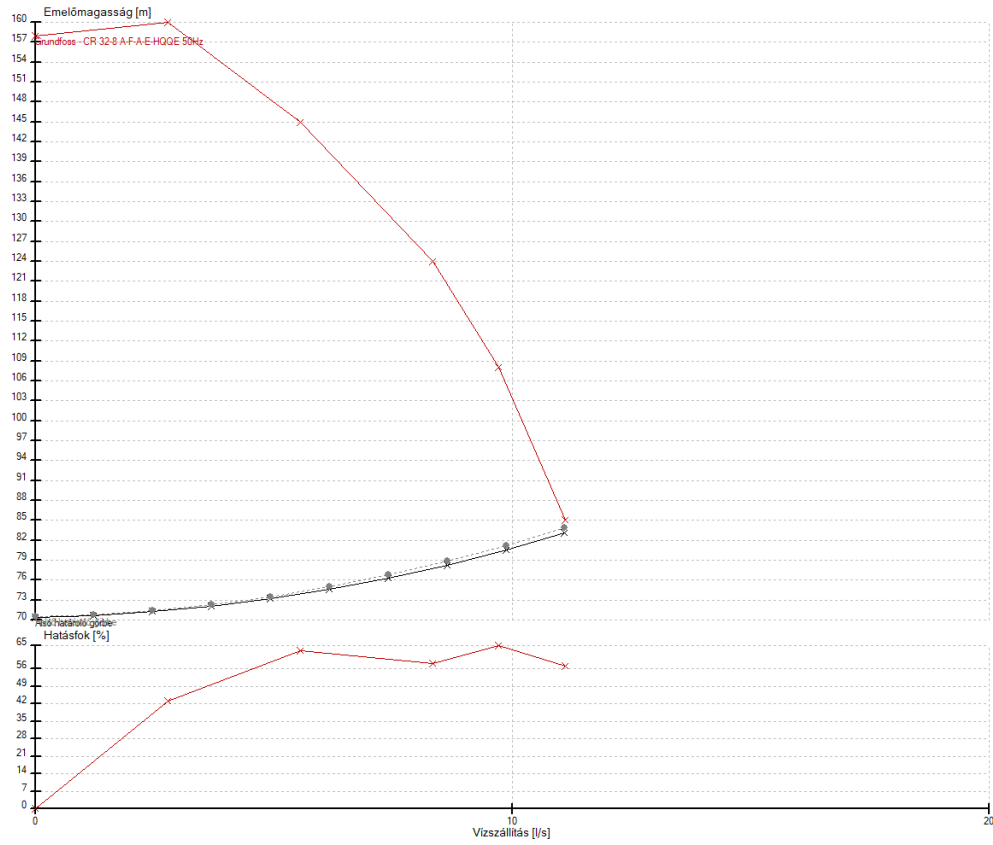
14. ábra

A 15. ábrán látható szivattyúbeépítési helyen a szivattyú túlméretetettnek tűnik. Az ok amiért ezt a típust választotta a tervező, hogy a medence kiesése esetén nyomásszabályozott üzemmódban is el tudja látni a településeket a szivattyú.



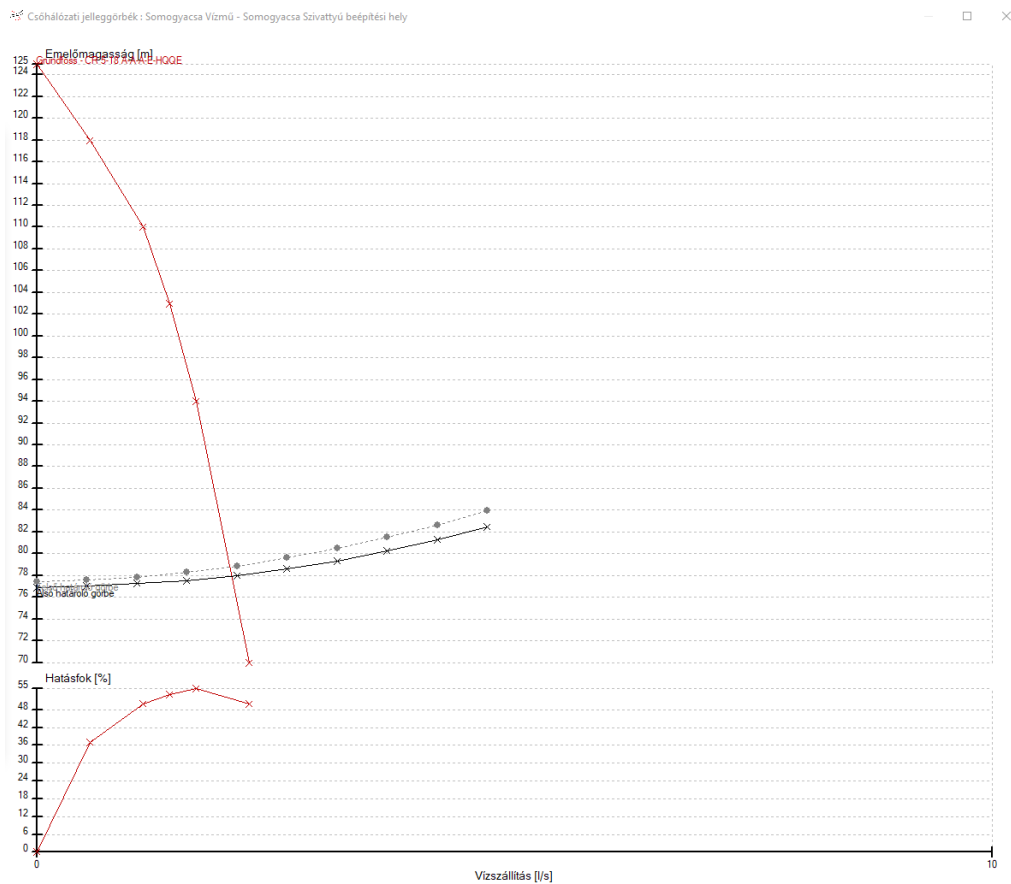
15. ábra

A következő szivattyú (16. ábra) jelleggörbéje nem is illeszkedik a két csőhálózati jelleggörbére, itt módosítani szükséges a beépítendő szivattyút.



16. ábra

A legkisebb szivattyú esetén (17. ábra), sem a legoptimálisabb a munkapont. Alapesetben 86% fordulatszámom határozta meg a tervező az üzemelést. A túlméretezettséget itt is a tározó nélküli üzem biztosítása indokolja.



17. ábra

### Szimulációs vizsgálat

Ebben az esetben nem csak a vízellátó rendszer működését figyeljük meg, hanem a szabályozó elemek működését is ellenőrizhetjük. Az ellenőrzés során a rendszerelemek időbeli együttműködését a grafikonok alapján egybevethetjük (18-19. ábrák).

Beállítások:

- A vizsgálat 24 órát ölel át, az indulás időpontja 0:00.
- A szivattyúk azon a fordulatszámon üzemelnek, amit a tervező megadott.
- A medencét töltő szabályozott elzárók a vizsgálat kezdőpontjában zárt állapotban.

Eredmények (18.-19. ábrák):

- A szimuláció hibamentesen lefutott.
- Az adatok alapján a települések biztonságosan elláthatók a tervező által meghatározott paraméterek, és az általam beállított szabályozások alapján.



**Vezeték feliratok :**

Visszailleslés [l/s]  
 Sebesség [m/s]  
 Fajlagos nyomásvesztés [mvo./km]  
 Belső átmérő [mm]

**Tematikák :**

Fajlagos nyomásvesztés [mvo./km] :

- >= 0.00
- >= 5.00
- >= 10.00
- >= 15.00
- >= 20.00

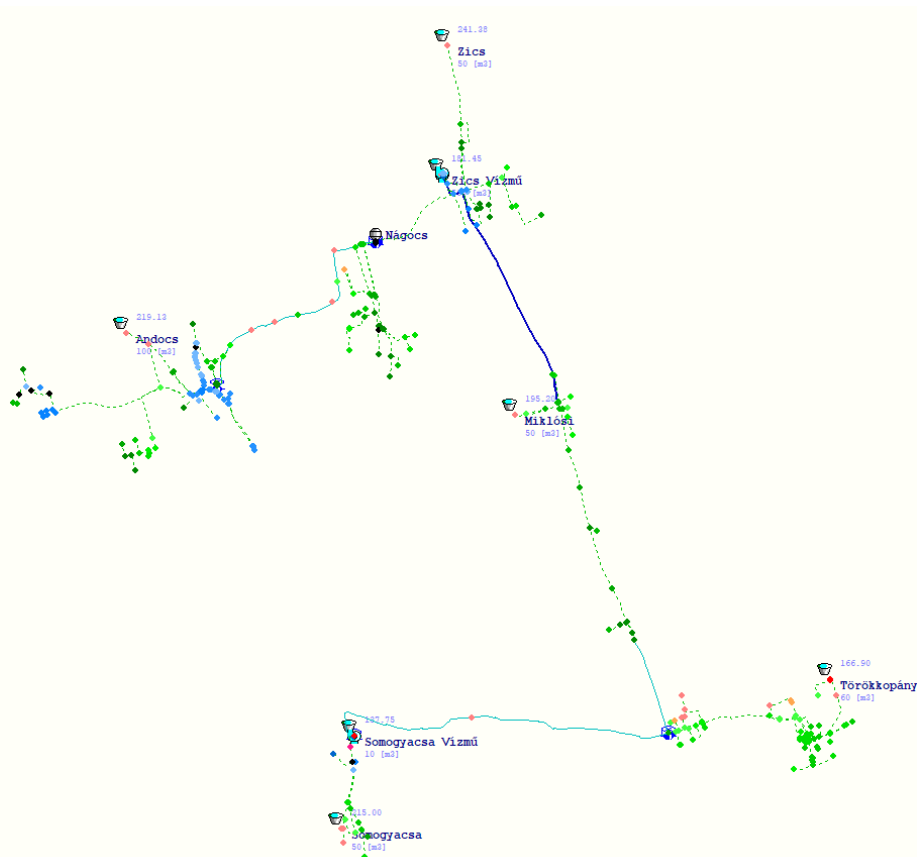
**Csomópont feliratok :**

Név  
 Relatív nyomás [mvo.]

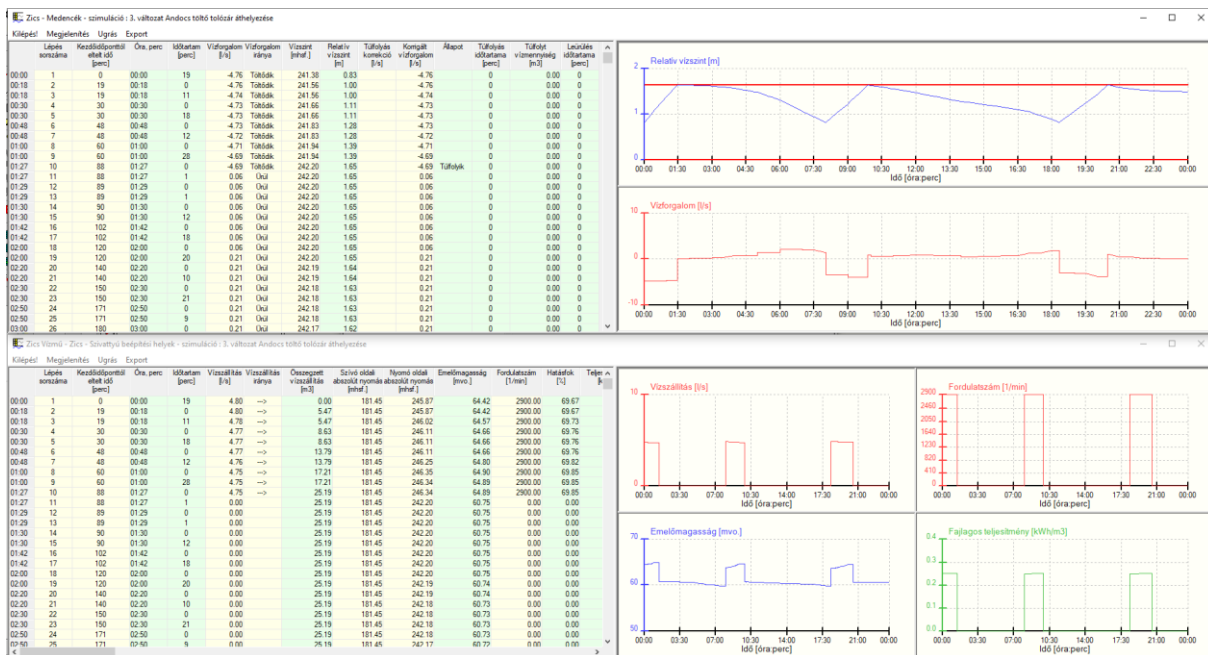
**Tematikák :**

Relatív nyomás [mvo.] :

- >= -1000000000.00
- >= 0.00
- >= 16.00
- >= 20.00
- >= 25.00
- >= 30.00
- >= 35.00
- >= 40.00
- >= 45.00
- >= 50.00
- >= 55.00
- >= 60.00
- >= 65.00
- >= 70.00
- >= 75.00
- >= 80.00



18. ábra



19. ábra

**ÖSSZEĞEZÉS**

A modell előállításával és a modellezéssel összességében 2 napot töltöttem.

A modell eredményei a káros nyomású vezeték szakaszokat jól láthatóan megmutatták, ami összevethető volt az üzemeltető tapasztalataival. Ez alapján az egyik szabályozott elzáró áthelyezésével lecsökkentettük a távvezetékre ható káros nyomásokat. A szivattyú kiválasztás

esetén látható, hogy egy lépcsőben nem lehet minden megoldást kezelni. A szivattyú módosítása után ismét elvégezhető a modellel a számítás, és igazolható a jó működés

Az eredmények ismeretében úgy gondolom, egy ilyen összetett tervezési feladat esetében megérte a fáradozás. A modellt tovább adom az üzemeltető részére, aki a működését tovább finomíthatja. A modellező program alkalmas arra, hogy további üzemállapotokat vizsgáljunk, mint tűzoltás, csőtörés. Szabályozási stratégiák tesztelését is el tudja végezni, illetve lehetősége van vízkor és keveredés számítására is.

**Köszönetemet fejezem ki a dolgozat elkészítéséhez: Csertán Gábor, Boros Orsolya, Guth László, Bégány Katalin DRV Zrt., Majer József, Kerekes Veronika, Bévárdi Béla Kristály Kft.**