



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM

Építőmérnöki Kar

Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék

A MISKOLCI VÍZELLÁTÓ RENDSZER HIDRAULIKAI MODELLJÉNEK KALIBRÁCIÓJA

Készítette: BÍBOK ATTILA

Neptun kód: IIZTEY

Konzulens: Dr. Darabos Péter egyetemi adjunktus

Dr. Buzás Kálmán egyetemi docens

2014 október

1. TARTALOMJEGYZÉK

1. TARTALOMJEGYZÉK.....	2
1. BEVEZETÉS.....	7
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	8
3. HÁLÓZAT ISMERTETÉSE.....	10
3.1. MISKOLC BEMUTATÁSA	10
3.2. NYOMÁSZÓNÁK.....	10
3.2.1. Rendelkezésre álló adatok.....	10
3.2.2. Alap zóna	12
3.2.3. Árok utca.....	14
3.2.4. Avas I.....	15
3.2.5. Avas II.....	16
3.2.6. Avas III.....	17
3.2.7. Bencések zóna.....	18
3.2.8. Bükkisztvárszló I.....	19
3.2.9. Bükkisztvárszló II.....	20
3.2.10. Előhegyi-Göröghegyi zóna	21
3.2.11. Iglói zóna.....	24
3.2.12. Komlóstetői zóna	25
3.2.13. Örömhegyi zóna	26
3.2.14. Perecesi zóna.....	27
3.2.15. Ruzsini zóna.....	28
3.2.16. Vadgalamb u.-i zóna	29
3.2.17. Lillafüredi zóna	30
4. MODELL FELEPÍTÉSE	31
4.1. FOGYASZTÁSI MENETGÖRBÉK MEGHATÁROZÁSA	31
4.1.1. Alap zóna	31
4.1.2. Árok utca.....	34
4.1.3. Avas I. zóna	35
4.1.4. Avas II. zóna.....	35
4.1.5. Avas III. zóna.....	36
4.1.6. Bencések zóna.....	37
4.1.7. Bükkisztvárszló I. zóna	38
4.1.8. Bükkisztvárszló II. zóna.....	39

4.1.9.	<i>Előhegyi-Göröghegyi zóna</i>	40
4.1.10.	<i>Igló utcai zóna</i>	43
4.1.11.	<i>Komlóstetői zóna</i>	44
4.1.12.	<i>Örömhegyi zóna</i>	44
4.1.13.	<i>Perecesi zóna</i>	45
4.1.14.	<i>Ruzsini zóna</i>	46
4.1.15.	<i>Vadgalamb utcai zóna</i>	47
4.1.16.	<i>Lillafüredi zóna</i>	47
4.1.17.	<i>Teljes miskolci hálózat</i>	48
4.2.	VEZETÉK FOGYASZTÁSI SÚLYSZÁMOK MEGHATÁROZÁSA	49
4.2.1.	<i>Lakossági vízfogyasztás</i>	50
4.2.2.	<i>Közületi fogyasztók</i>	51
4.3.	VEZETÉKHÁLÓZAT KIALAKÍTÁSA	53
4.3.1.	<i>Vezetékhálózat importálása az objektumkezelőből</i>	53
4.3.2.	<i>Csomópontok magasságának meghatározása</i>	55
4.3.3.	<i>Vezetékhálózat módosításai</i>	57
4.3.4.	<i>HCWP objektumok csatolása</i>	62
4.3.5.	<i>Kutak kezelése</i>	62
5.	MÉRÉSI ADATOK IMPORTÁLÁSA	63
5.1.	HCWPIIMPORT SZOFTVER BŐVÍTÉSE	65
5.1.1.	<i>Kutak kezelése</i>	66
5.2.	KEZDETI ÉRTÉKEK BETÖLTÉSE	66
5.3.	FOGYASZTÁSI MENETGÖRBÉK SZÁMÍTÁSA	67
5.4.	SZIVATTYÚ MENETRENDEK	67
5.5.	MÉRT ADATSOROK IMPORTÁLÁSA	68
5.5.1.	<i>Medence vízszintek</i>	68
5.5.2.	<i>Csomóponti nyomások</i>	69
5.5.3.	<i>Szivattyú vízszállítás</i>	69
6.	MODELL KALIBRÁCIÓ	70
6.1.	KALIBRÁLÁS METODIKÁJA	70
6.1.1.	<i>Medence vízszintek vizsgálata</i>	70
6.1.2.	<i>Csomóponti nyomások vizsgálata</i>	71
6.1.3.	<i>HCWP fejlesztése: Útvonalkereső algoritmus implementálása</i>	76
6.2.	HIDRAULIKAI MODELL KALIBRÁCIÓJA	79
6.2.1.	<i>Alap zóna</i>	79
6.2.2.	<i>Árok utca</i>	81
6.2.3.	<i>Avas I. zóna</i>	83
6.2.4.	<i>Avas II. zóna</i>	84

6.2.5.	<i>Avas III. zóna</i>	87
6.2.6.	<i>Bencések zóna</i>	87
6.2.7.	<i>Bükkszentlászló I.</i>	90
6.2.8.	<i>Bükkszentlászló II.</i>	91
6.2.9.	<i>Előhegyi-Göröghegyi zóna</i>	92
6.2.10.	<i>Igló utcai zóna</i>	95
6.2.11.	<i>Komlóstetői zóna</i>	97
6.2.12.	<i>Örömhegyi zóna</i>	99
6.2.13.	<i>Perecesi zóna</i>	101
6.2.14.	<i>Ruzsini zóna</i>	102
6.2.15.	<i>Vadgalamb u.</i>	104
7.	MODELL PONTOSÁGA	106
8.	AJÁNLÁSOK	109
8.1.1.	NYOMÁSMÉRŐK ELHELYEZÉSE.....	109
8.1.2.	ADATSOROK FELÜLVIZSGÁLATA	109
8.1.3.	DIGITÁLIS NYILVÁNTARTÁS PONTOSÍTÁSA	110
9.	ÖSSZEFOGLALÁS	112
10.	ÁBRAJEGYZÉK	114
11.	TÁBLÁZATJEGYZÉK	118
12.	RAJZJEGYZÉK	119
13.	IRODALOMJEGYZÉK	120

Absztrakt

Budapest után Miskolc rendelkezik hazánk legösszetettebb ivóvíz ellátó hálózatával. A megbízható hidraulikai modell megalkotásának legfontosabb lépése a kalibráció. Ehhez nélkülözhetetlen a vízellátó hálózaton belül az ivóvízfogyasztás területi megoszlásának az ismerete, illetve annak a modellbe történő integrálása.

A vezetékhálózat geometriája a digitális hálózat nyilvántartás alapján lett meghatározva. A terhelési modell alapja a kiszámlázott, valós ivóvízfogyasztás volt, figyelembe véve a közületi és lakossági fogyasztókat. A vezetékekre generált fogyasztási súlyszámokat az éves átlagos fogyasztásból állítottuk elő.

A magassági értékek kétféle terepmodell alkalmazásával – bilineáris interpoláció, és Delaunay háromszögelés - lettek előállítva, egyesítve a kétféle eljárás előnyeit.

Ezzel a módszerrel a fogyasztás nyomászónán belüli területi megoszlása jobban közelíti a valós állapotokat, mint a korábbi modellekben a vezetékszszakaszok hosszának arányában történő súlyozás.

A létrehozott modellt a 10 perc részletességű üzemeltetési adatsorokkal vetettük össze a kalibráció során, melyeket a SCADA üzemirányító rendszer, illetve manuális leolvasással a MIVIZ szolgáltatott. A csomóponti nyomások pillanatnyi értékei, illetve az ellennyomó medencék pillanatnyi vízszintjére vonatkozó adatsorokkal vizsgáltuk a modell pontosságát.

Abstract

Miskolc's DWS is the second most complex drinking water system in Hungary, right after the one that supply Budapest. Calibration of a hydraulic model is an essential step of setting up a reliable model. It is inevitable to know the distribution of water consumption along the pipe network, and to integrate it into the hydraulic model itself.

The geometry of the pipeline was extracted from the digital network register. The base of the consumption model were the annual revenue water values, which included both the residential and commercial consumption. The weights of the pipeline were determined from the annual sum of water consumption.

The elevation values of the vertices were determined by the combination of two different DTMs (digital terrain model) which were bilinear interpolation, and Delaunay triangulation.

We could build a more accurate consumption model by this method, than distributing the values in proportion to the pipe lengths.

The calibration of the hydraulic model was based on timeseries with 10 minutes timestep. These series was provided by the SCADA system and the manual records of the water works. The pressure values in the junctions and the water levels in the pressure zones pools were the series we scrutinized in the project.

1. BEVEZETÉS

Napjainkban elvárható, hogy a vízellátó hálózatok bővítését, rekonstrukcióját, üzemoptimalizálását illetve minden olyan beavatkozást, mely a hálózat nyomásviszonyait jelentősen befolyásolja, hidraulikai modellezés előzze meg.

Az alkalmazott hidraulikai modellel szemben támasztott alapvető követelmény, hogy a modellezett üzemállapotok megfeleljenek a valós állapotoknak, de legalábbis megfelelő pontossággal közelítsék azt. Ahhoz, hogy a modell a valóságot legjobban közelítse a lehető legpontosabb szimulációs eredményeket biztosítsa, elengedhetetlen a modell kalibrációja.

A kalibráció elvégzéséhez legalább 24 órás folytonos üzemeltetési adatokat tartalmazó idősorra van szükség, mely alapján felállíthatók a nyomászónák (fogyasztási körzetek) vízmérlegei. Egy Miskolc nagyságú, és összetettséggű rendszer esetében a folytonos adatsorok biztosítása is komoly feladat. A rögzített üzemeltetési adatokat különféle archiválási, és mérési hibák terhelik, melyek szűrése elengedhetetlen részét képezik a munka folyamatának.

A Magyarországon széles körben alkalmazott HCWP hidraulikai modellező program és annak segédsoftvereivel történt a kalibráció.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

A hidraulikai modellek kalibrációja jellemzően a 2000-es évektől kezdte el foglalkoztatni a mérnököket. A lehetőséget a kutatásokhoz a számítási kapacitás rohamos növekedése biztosította.

A vízellátó rendszerek (WDS) hidraulikai modelljének kalibrációja során a cél a modell paramétereinek a beállítása oly módon, hogy a változók mért és számított értékei kellő mértékben egyezzenek.¹

A pontos kalibráció szükségességét bizonyítja az is, hogy a kalibrált hidraulikai modellek által szolgáltatott sebesség és nyomás értékek képezik az alapját a vízminőségi modellek (pl.: maradék klór számítása a vezetékekben) számításainak. A hidraulikai modell kalibrációjának pontatlansága a vízminőségi modelleket is terhelik ez által.² Mivel a hibák ebből kifolyólag egymásra halmozódnak, elsődleges feladatnak tekinthető, hogy a vezetékhálózat geometriailag a lehető legnagyobb mértékben egyezzen a tényleges hálózattal, mely többtényezős döntések sorozatát igényli.

A megkívánt pontosság függ a kalibrált modell felhasználási céljától is. Amennyiben a hálózat bővítésének hatásait szükséges vizsgálni, úgy jóval több adatra, és végeredményben pontosabb modellre van szükség, mintha az üzemeltetés optimalizálása lenne a cél.³

A kalibráció során mérési adatként a nyomás, illetve áramlási sebesség áll rendelkezésre. A kalibrációs időszak, illetve a mérések időköze változó. Van példa egy hetes kalibrációs időszakra, 60 perces mérési gyakorisággal⁴. Ebben az esetben a kalibrációs időszakba tűzcsapok nyitását is beiktatták, melynek következtében nagyobb áramlási sebességek alakultak ki. Az áramlási sebességet a vezeték belső falának érdessége jelentősen befolyásolja, így az érdesség értékek kalibrálása során ez kimondottan hasznosnak bizonyult. A miskolci hálózat esetében ezzel szemben a jellemző mintavételi időköz 10 perc, azonban a szimuláció maximális hossza 24 óra.

¹ (5)

² (6)

³ (8)

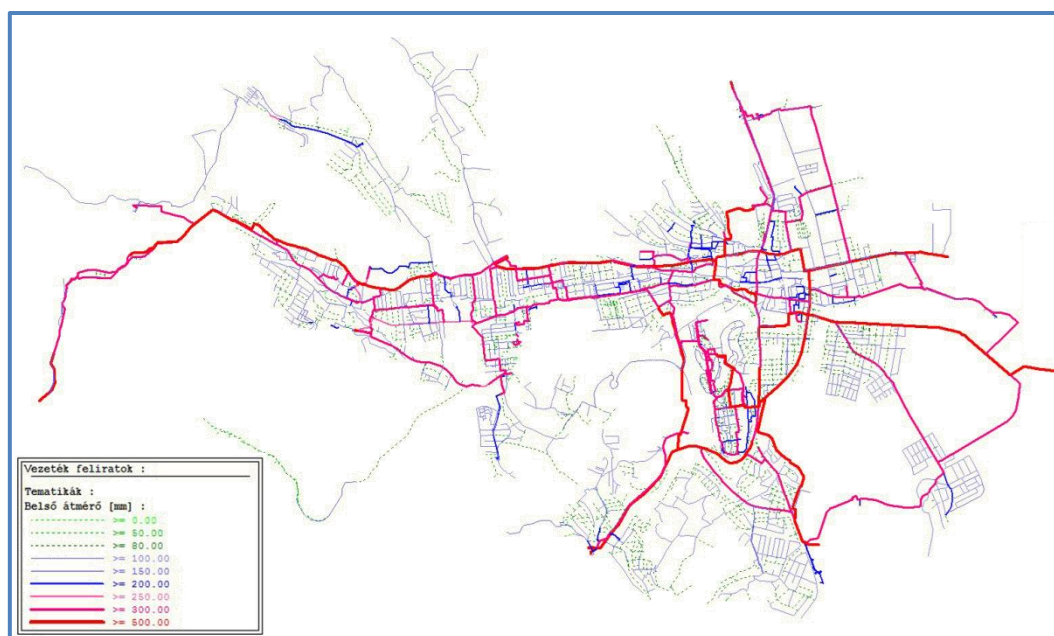
⁴ (7)

3. HÁLÓZAT ISMERTETÉSE

3.1. MISKOLC BEMUTATÁSA

Miskolc városa a Bükk hegység keleti oldalában található, a Szinva, a Sajó és a Hejő völgyében. A város lenyűgöző fekvésű területre épült, azonban ahhoz, hogy ezt felismerje az ember, el kell tudni vonatkoztatni a domboldalakra épített nagy kiterjedésű paneltömböktől.

Miskolc területe 236,68 km², melyből 58,02 km² belterület és 178,66 km² külterület. A város kelet-nyugat irányban 30km hosszan fekszik. A város egyes részei között a magasságkülönbség eléri a 800 m-t is. A legmagasabban fekvő zóna a Lillafüredi, melynek túlfolyószintje 400 mBf felett van.



3.1. ábra: Miskolc város ivóvízhálózata

3.2. NYOMÁSZÓNÁK

3.2.1. RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ ADATOK

A nyomászónák vízmérlegeinek meghatározásához ismerni kell a zónába betáplált, illetve abból kivett vízmennyiséget. Ellennyomó medencés zónák esetében olyan adatsorra is szükség van, melyből a tározó vízforgalma kiszámítható. Ez lehet pillanatnyi vízállás, tárolt térfogat, vagy a töltővezeték előjeles vízforgalma.

A legtöbb adatsor esetében a SCADA rendszer által rögzített adatsorok alkalmazhatóak. A manuálisan leolvasott vízhozam adatsorok listáját az alábbi táblázatba összegeztem:

Adatkód	Név	Fizikai mennyiség	mértékegység	leolvasás gyakorisága
900	Tapolca	Vízhozam	m ³ /h	15 perc
901	Tapolca	Nyomás	bar	15 perc
902	ÉRV	Vízhozam	m ³ /h	5 perc
903	ÉRV	Nyomás	bar	5 perc
904	Iglói nyomáscsökkentő (bemenő)	Nyomás	bar	24 óra
905	Iglói nyomáscsökkentő (kimenő)	Nyomás	bar	24 óra

3.1. táblázat: Manuálisan leolvasott adatsorok

Az egyéb a SCADA rendszer által rögzített adatsorokra 10 perces mintavételi gyakoriság jellemző. A HcwpImport segédsoftverrel a három napos kalibrációs időszakot, és annak környezetét vizsgálva az alábbi eredmények adódtak, 10 perces mérési gyakorisággal és 30 perces hibatűréssel.

Dátum	Adat hiány	Adat hiba
2013-12-16	27	1
2013-12-17	0	0
2013-12-18	187	0
2013-12-19	0	0
2013-12-20	7	0

3.2. táblázat: Adatsor ellenőrzés eredménye

A manuális leolvasások a zölddel jelölt napokon történtek. Az adathiányok száma a folytonos adathiány szakaszokat jelöli az idősorban.

2013-12-19 00:00:00-tól 2013-12-19 23:59:59-ig tartó időszakban a kalibrációt jelentősen befolyásoló, vagy akadályozó adathiány nem volt tapasztalható.

Olyan esetekben, mikor a rendelkezésre álló adatsorokból a nyomászóna vízmérlege nem volt megállapítható egyértelműen, az ismeretlen vízforgalmakat kiküszöbölendő, aggregált nyomászónák kerültek létrehozásra (lásd: 3.2.10-es fejezet).

3.2.2. ALAP ZÓNA

Zóna vízforgalma

- Avas-Tetemvár alapzóna(10000)
- Martintelep Észak (24000)
- Martintelep Dél, Szirma Észak (25000)
- Szirma Dél (26000)
- Tetemvár (27000)

Hozzá tartozó medencék:

- Avasi régi medencék
- Tetemvári medencék

Beadott víz:

- ÉRV-től beadási pont Csúcsvízműből József A. út (ÉRV adatsor)
- ÉRV-től Szentpéteri kapunál (zárva)
- Tapolcai vízmű Újkút (Átéptetés miatt helyszíni olvasás)
- Tapolcai vízmű Olasz kút (Átéptetés miatt helyszíni olvasás)
- Termál kút (Átéptetés miatt helyszíni olvasás - zárva)
- Vologda gépház, átengedés Göröghegy alsó felől (Távfelügyelet)
- Vas utcai gépház, átengedés Göröghegy felől (Távfelügyelet)

Kivett víz:

- Fenyő utcai gépház Vadgalamb zóna felé (Távfelügyelet)
- Iglói úti gépház Iglói úti zóna felé (Távfelügyelet)
- Bencések úti átemelő gépház Bencések I. zóna felé (Távfelügyelet)
- Középszer úti gépház Avas I. és II. felé (Távfelügyelet)
- Alsóruzsín gépház Avas II. felé, Felsőruzsín medence felé (Távfelügyelet)

A vízellátás módja:

Miskolctapolca felől DN 400 és DN 800, Hernádnémeti felől DN 600, Sajóecseg felől DN 200 üzemelő vezetékek, táplálják a rendszert.

A kalibrációs időszak alatt Sajóecseg felől (Szentpéteri-kapu) nem történt betáplálás a zónába. Az ÉRV-től Sajó-hídnál átvett vízmennyiségre vonatkozó adatsort az ÉRV rendelkezésünkre bocsájtotta.

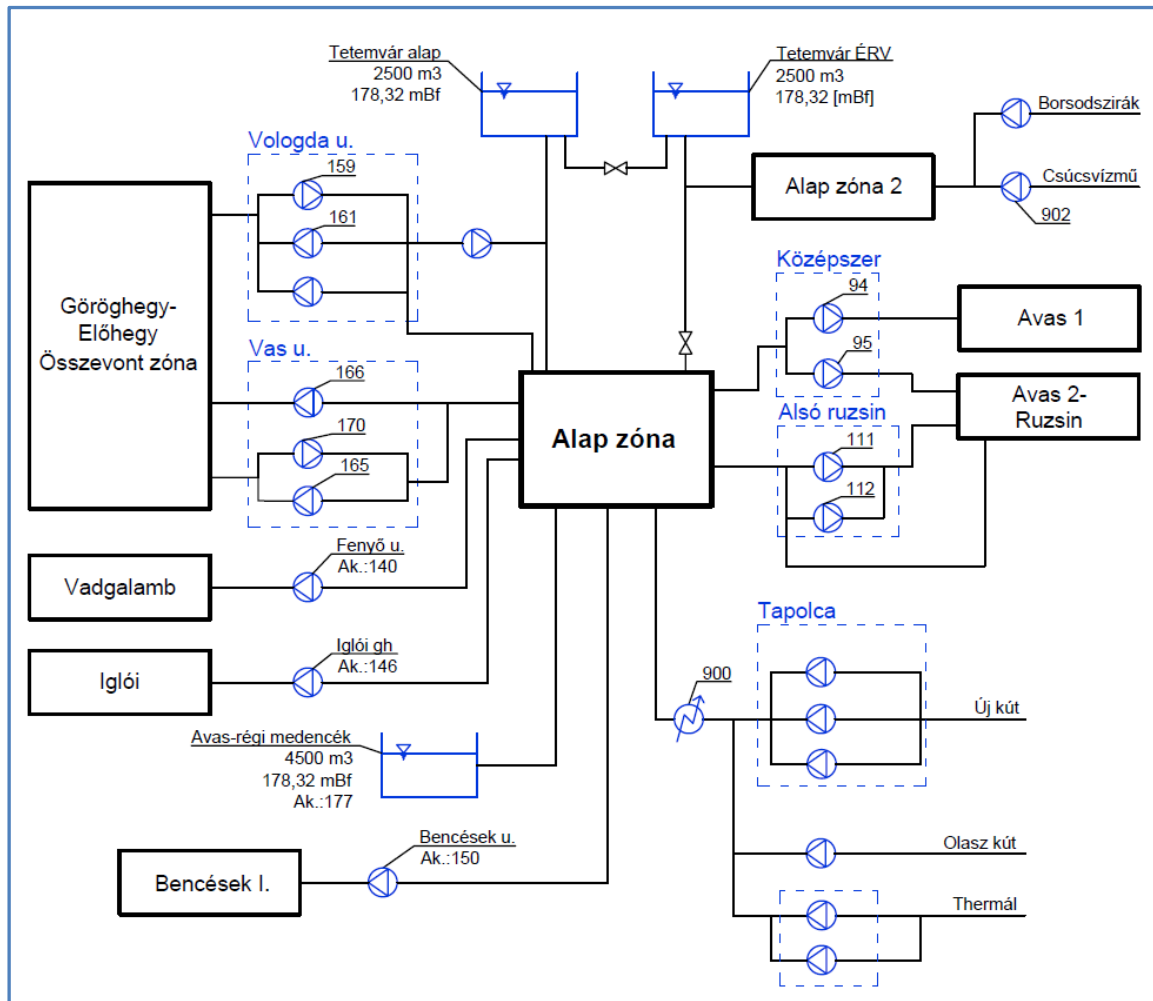
Bár lehetőség van mind a Vas utcai, mind a Vologdai gépháznál történő leengedésre, a kalibrációs időszak alatt erre nem került sor. Mind a 159-es (Vologda), mind a 170-es (Vas u.) adatsor végig zérus vízhozam értéket mutat.

A Göröghegy-Előhegy összevont zóna létrehozása miatt a Vologda utcai és a Vas utcai gépházak által átemelt vízmennyiségek ugyanabba a zónába kerülnek a jelenlegi fogyasztási körzetek értelmezésében.

Az Avas II. és Ruzsini zóna is összevonásra került, ennek megfelelően az Alsóruzsini gépházból ezekbe a zónákba átemelt vízmennyiségek ebbe az összevont zónába kerülnek.

A zónából történő vízkivétellel van ellátva a Vadgalamb utcai, Iglói, Bencések I.-II. zóna, illetve az Avas I. zóna.

A zónához két medencecsoport tartozik, ezek az Avas-régi medencék (4500 m³ tárolt térfogat), illetve a Temetvári medencék (2x2500 m³ tárolt térfogat).



3.2. ábra: Alap zóna kapcsolatai

3.2.3. ÁROK UTCA

Zóna vízforgalma

- Árok utca zóna (31000)
- Árok utca magaszóna (31100)

Hozzá tartozó medence

- Árok úti medence

Beadott víz:

- Galagonyás úti gh – (Távfelügyelet)

Kivett víz:

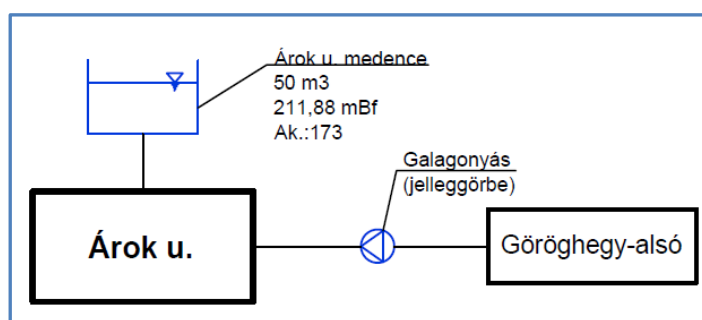
- nincs

A vízellátás módja:

A Göröghegy alsó rendszerből emel ki a Galagonyás sori átemelő és ellátja a nyomásövezetet.

Ellennyomó medence:

Árok utcai medence: 50 m^3 Túlfolyó: 211,88 mBf.
Fenékszint: 209,81 mBf.



3.3. ábra: Árok utcai zóna kapcsolatai

3.2.4. AVAS I.

Zóna vízforgalma

- Ávas I. zóna (14000)
- Benke J. utcai zóna (14100)

Hozzá tartozó medence

- Jósika u. medence

Beadott víz:

- Középszer úti gépház (Távfelügyelet)
- Jósika u. gh (Helyi olvasás?) – Ávas II. felől

Kivett víz:

- Jósika u. gh (Távfelügyelet) – Ávas III. felé
- Jósika u. gh (Távfelügyelet) – Ávas II. felé

A vízellátás módja:

Az Alap zónából a Középszer u.-i átemelő gépház szivattyúi emelik ki a vizet a zóna részére, és töltik a Jósika u.-i medencéket.

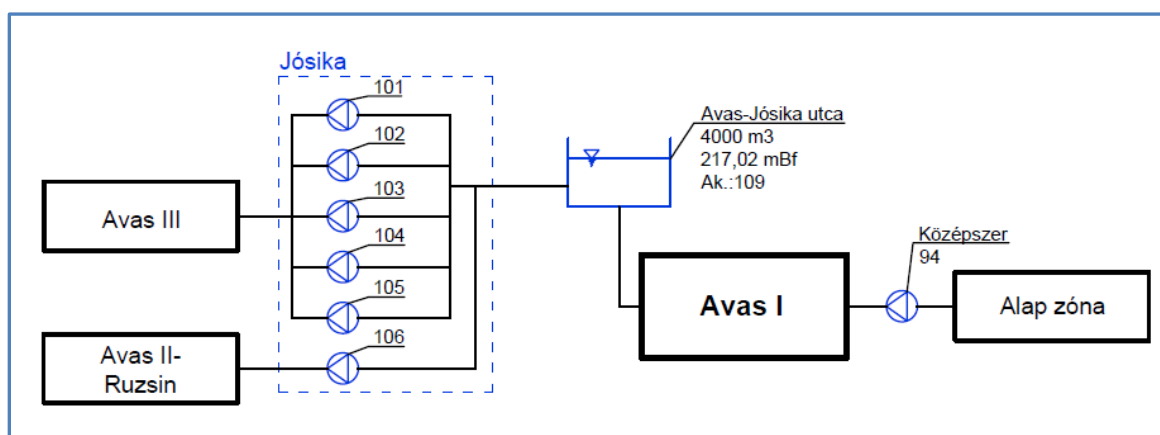
Az Avas III. zóna a Jósika utcai gépházból van táplálva, fordulatszám-szabályozott szivattyúkkal, a zónához ellennyomó medence nem tartozik.

Az Avas II. zónába átemelés a Jósika utcai gépházból lehetséges, azonban a kalibrációs időszak alatt erre nem volt példa.

Ellennyomó medence:

Jósika u.-i medence $3 \times 1000 \text{ m}^3$ és $2 \times 500 \text{ m}^3 = 4000 \text{ m}^3$ Túlfolyó: 217,02 mBf.

Fenékszint: 211,02 mBf.



3.4. ábra: Avas I. zóna kapcsolatai

3.2.5. AVAS II.

Zóna vízforgalma

- Avas II. zóna (15000)
- Korach Mór (15200)

Hozzá tartozó medence

- Mendikás medence

Beadott víz:

- Középszer gh (Távfelügyelet)
- Alsóruzsín gh (Távfelügyelet)
- Jósika u. gh (Távfelügyelet) – Avas I.-ből
- Jósika u. gh (Helyi olvasás?) – Avas III.-ból

Kivett víz:

- Jósika u. gh (Helyi olvasás?) – Avas I. felé

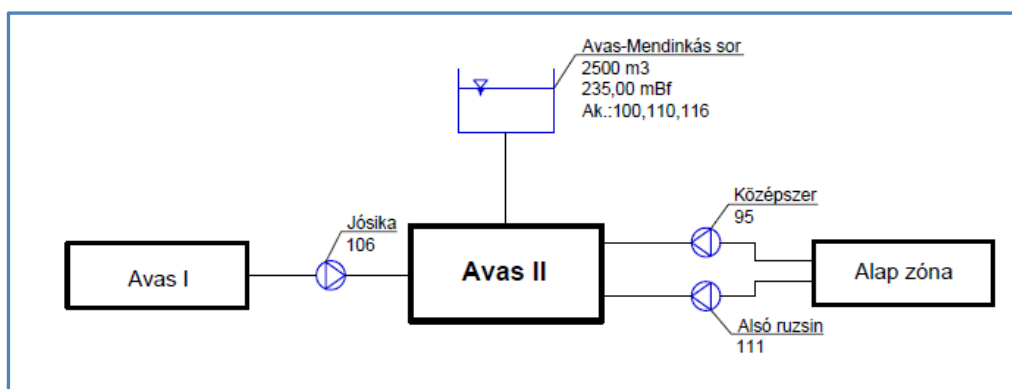
A vízellátás módja:

A vízkivétel több irányból is megoldott. Egyrészt az Alsóruzsín gépházon át és a Középszer utcán át az Alap zónából. Másrészt lehetőség van az Avas I. zónából átemelésre a Jósika utcai gépházban.

Ellennyomó medence:

Mendikás sori medence: $1800 \text{ m}^3 + 700 \text{ m}^3 = 2500 \text{ m}^3$ Túlfolyó: 235,00 mBf.

Fenékszint: 232,00 mBf.



3.5. ábra: Avas II. zóna kapcsolatai

3.2.6. AVAS III.

Zóna vízforgalma

- Avas III. zóna (14200)
- Mélyvölgy zóna (14210)
- Perczel Mór zóna (14220)
- Felsőruzsín körút zóna (14230)
- Hidegsor zóna (14240)

Hozzá tartozó medence

- nincs

Beadott víz:

- Jósika u. gh (Távfelügyelet)

Kivett víz:

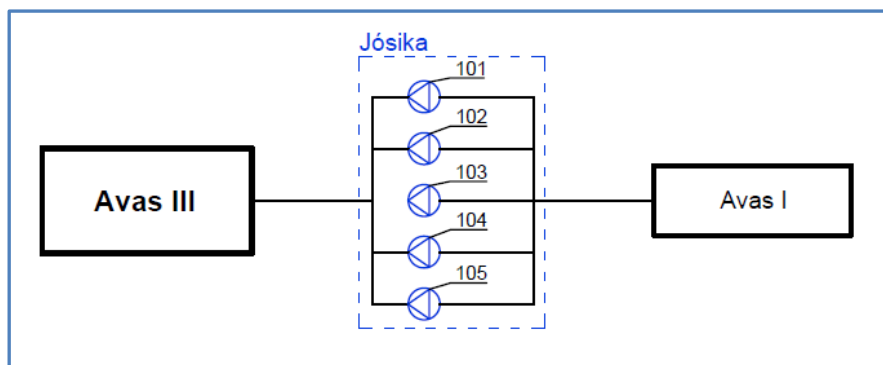
- Jósika u. gh (Helyi olvasás?) – Avas I. felé

A vízellátás módja:

A vízkivétel az Avas I. zónából történik.

Ellennyomó medence:

Nyomásfokozott zóna. Nem található ellennyomó medence.



3.6. ábra: Avas III. zóna kapcsolatai

3.2.7. BENCÉSEK ZÓNA

Zóna vízforgalma

- Bencések úti zóna (13000)
- Püspöklak zóna (13200)
- Bencések II. zóna (13300)
- Mészáros utcai zóna (13400)
- Bencések kertszövetkezet (13100)
- Kiskökötő (13110)

Hozzá tartozó medence:

- Bencések úti medence

Beadott víz:

- Bencések úti gépház (Távfelügyelet)

Kivett víz: nincs

A vízellátás módja:

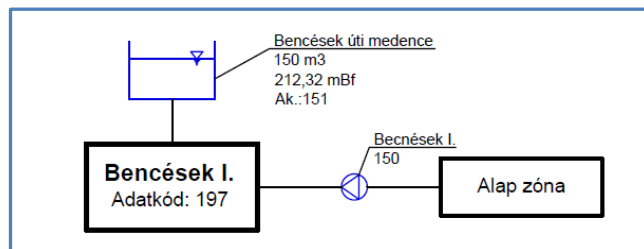
A vízkivétel az Avas-tetemvári (alap) zónából történik.

Ellennyomó medence:

Bencések u.-i medence: $2 \times 75 \text{ m}^3 = 150 \text{ m}^3$

Túlfolyó: 212,32 mBf.

Fenékszint: 209,32 mBf.



3.7. ábra: Bencések u. zóna kapcsolatai

3.2.8. BÜKKSZENTLÁSZLÓ I.

Zóna vízforgalma

- Bükkszentlászló I. zóna (43000)
- Fő utca alsó (43110)

Hozzá tartozó medence

- Bükkszentlászló 10 m³

Beadott víz:

- DIGÉP delta gh (Távfelügyelet)

Kivett víz:

- Bükkszentlászlói átemelő gh.

A vízellátás módja:

A rendszer expressz vezeték, jellege ellenére négy bekötő vezetéket is ellát. Mexikó-völgyben a zóna alsó részét a Bükkszentlászlói alsó átemelő gépházban a zónatolózárn nyitásával provizor módon el lehet látni. A többi helyen lajt kocsis ellátás biztosítható.

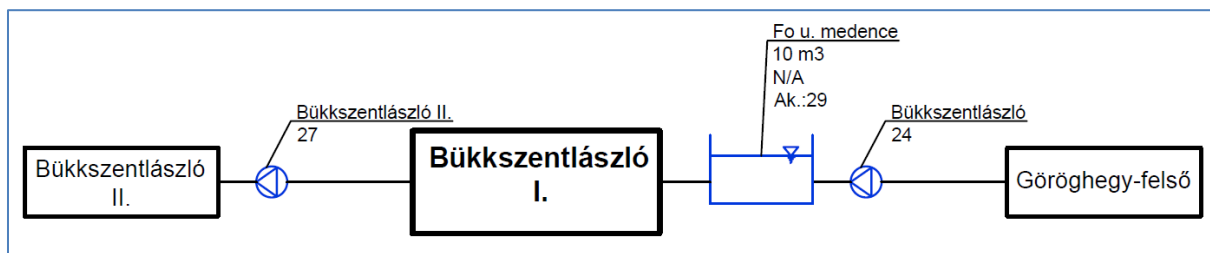
Ellennyomó medence:

Fő u.9. medence

10 m^3

Túlfolyó: 324,64 mBf.

Fenékszint: 322,60 mBf.



3.8. ábra: Bükkszentlászló I. zóna kapcsolatai

3.2.9. BÜKKSZENTLÁSZLÓ II.

Zóna vízforgalma

- Bükkszentlászló II. zóna (43100)

Hozzá tartozó medence

- Bükkszentlászló 50 m³

Beadott víz:

- Bükkszentlászlói átemelő gh.

Kivett víz:

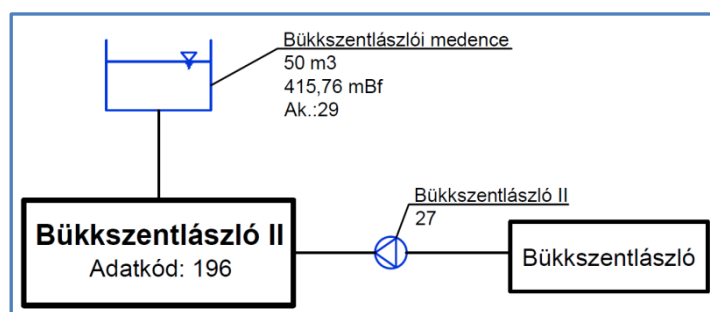
- nincs

A vízellátás módja:

A gépház és a medence közötti DN 100-as töltő-szolgáltató vezeték a 105. számig expressz jellegű és csak attól felfelé elosztó jellegű. Havária esetén csak lajt kocsis ellátás, medencét töltve

Ellennyomó medence:

Bükkszentlászlói medence 50 m³ Túlfolyó: 410,79 mBf.
Fenékszint: 410,79 mBf.



3.9. ábra: Bükkszentlászló II. zóna kapcsolatai

3.2.10. ELŐHEGYI-GÖRÖGHEGYI ZÓNA

Előhegy

- Előhegyi zóna (50000)
- Vájár utca zóna (52000)
- Partos u. zóna (51000)
- Ibolya utcai zóna (53000)

Hozzá tartozó medence

- Előhegyi medence

Beadott víz:

- Diósgyőri városkp (Távfelügyelet) *megj.: az agregált zónában kiesik*
- Csanyiki gyorsító (Távfelügyelet)
- Csehov u. gh (Távfelügyelet) Pereces felől

Kivett víz:

- Előhegyi medence túlfolyás (Béke utcai aknában olvasható) *megj.: az agregált zónában kiesik*
- Csehov u. gh (Távfelügyelet)

Göröghegy-felső

- Göröghegy felső zóna (40000)
- Csavar utca zóna (44000)
- Tatárdomb zóna (45000)
- Lyukóvölgy I. zóna (41000)
- Lyukóvölgy II. zóna (41100)

Hozzá tartozó medence

- Göröghegy Felső medence
- Lyukóvölgyi medence – nincs hozzá vízszint mérés

Beadott víz:

- Göröghegyi átemelő gh (Távfelügyelet) agregált zónában kiesik
- Vas u. gh (Távfelügyelet)
- Csanyiki gyorsító (Távfelügyelet)

- Előhegyi medence túlfolyó (Béke utcai aknában olvasható) *megj.: az agregált zónában kiesik*
- Tavi-forrás vízmű (Távfelügyelet)
- Szentgyörgy-forrás (Távfelügyelet)

Kivett víz:

- Strek nyomásszabályzó akna: zárva
- Göröghegyi túlfolyó – nem üzemel
- Göröghegyi gh (Távfelügyelet)
- Diósgyőr városkp. gh (Távfelügyelet) *megj.: az agregált zónában kiesik*
- DIGÉP delta, Bükkszentlászló (Távfelügyelet)
- Puskin utca gh (Távfelügyelet)

Göröghegy-alsó

- Göröghegy alsó zóna

Hozzá tartozó medence

- Göröghegy alsó medence

Beadott víz:

- Vologda gh (Távfelügyelet)
- Vas utca gh (Távfelügyelet)
- Göröghegyi túlfolyó – nem *megj.: az agregált zónában kiesik*
- Göröghegyi gh (Távfelügyelet) – Göröghegy felső
- Strek nyomásszabályzó akna: zárva *megj.: az agregált zónában kiesik*

Kivett víz:

- Vologda gh (Távfelügyelet)
- Vas utca gh (Távfelügyelet)
- Galagonyás úti gh – (Távfelügyelet)
- Göröghegyi átemelő gh (Távfelügyelet) *megj.: az agregált zónában kiesik*

A vízellátás módja:

Az Előhegyi rendszer az Anna- és Szinva-források által van táplálva az Anna-forrasi vízmű csillapító medencéjétől. Lehetséges a zóna ellátása a Diósgyőri átemelőn keresztül is Göröghegy-felső zónából történő vízkivétellel.

A kalibrációs időszak során a Diósgyőri átemelőn keresztül nem történt betáplálás Göröghegy-felső zónából. Az üzemeltetési adatok archiválása során a fenti átemelt pillanatnyi vízhozam adatsora kicserélésre került az előhegyi medence pillanatnyi túlfolyás adatsorával. Erre a két zóna közti vízforgalom pontos mérése miatt volt szükség, mely nélkül nem lehet egymástól független fogyasztási menetgörbéket számolni az adott fogyasztási körzetre.

Az előhegyi medence túlfolyásának adatsorát terhelő bizonytalanság miatt összevonásra került az Előhegyi zóna a Göröghegy-felső és Göröghegy-alsó zónával (részletesebben: 4.1.9-es fejezet). Ezzel az előhegyi túlfolyás ki lett küszöbölve a számítás során.

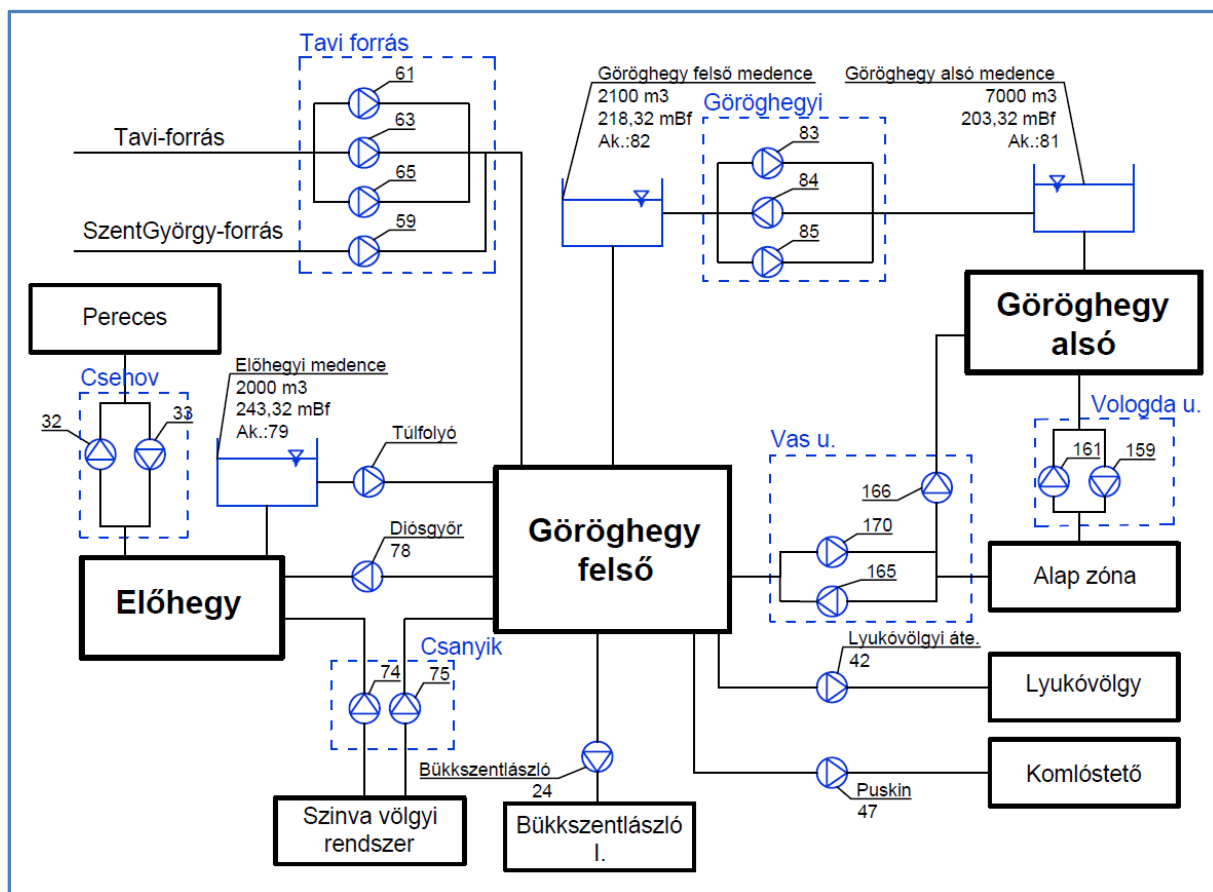
A Göröghegy-alsó zónába az összevont zónán kívülről a Vas utcai, illetve a Vologda utcai gépházon keresztül lehet betáplálni. A Vas utcai gépházból a Göröghegy-felső zónába is lehetőség van betáplálásra. Ezen felül a Göröghegy-felső zónát táplálja a Tavi-forrás hozama – leszámítva a túlfolyó vízmennyiséget.

Ellennyomó medence:

Előhegyi medence: $2 \times 1000 \text{ m}^3 = 2000 \text{ m}^3$ Túlfolyó: 243,32 mBf.
Fenékszint: 238,32 mBf.

Göröghegyi felső medencerendszer: $2 \times 750 \text{ m}^3 + 600 \text{ m}^3 = 2000 \text{ m}^3$
Túlfolyó: 218,32 mBf.
Fenékszint: 214,32 mBf.

Göröghegyi alsó medencerendszer: $1 \times 5000 \text{ m}^3 + 2 \times 750 \text{ m}^3 + 1 \times 600 \text{ m}^3 = 7100 \text{ m}^3$
Túlfolyó: 203,32 mBf.
Fenékszint: 199,32 mBf. $(2 \times 700 + 600 \text{ m}^3)$
198,32 mBf. (5000 m^3)



3.10. ábra: Göröghegy-Előhegyi egyesített zóna kapcsolatai

3.2.11. IGLÓI ZÓNA

Zóna vízforgalma

- Iglói úti zóna (12000)
- Katona József utca (12100)

Hozzá tartozó medence:

- Nagykőmázsa medence

Beadott víz:

- Igló úti gépház (Távfelügyelet)

Kivett víz: nincs

A vízellátás módja:

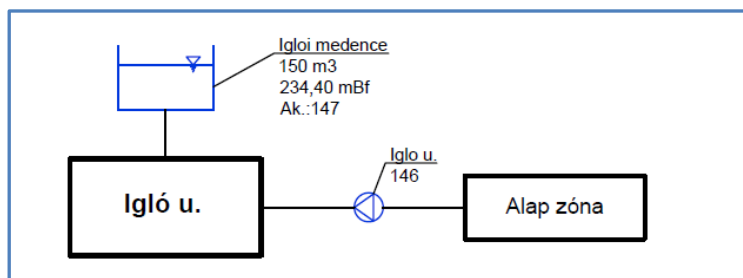
A vízkivétel az Avas-tetemvári (alap) zónából történik.

Ellennyomó medence:

Nagykőmázsi medence: $2 \times 75 \text{ m}^3 = 150 \text{ m}^3$

Túlfolyó: 234,40 mBf.

Fenékszint: 231,40 mBf



3.11. ábra: Igloi zóna kapcsolatai

3.2.12. KOMLÓSTETŐI ZÓNA

Zóna vízforgalma

- Komlóstető I. zóna (42000)
- Komlóstető II. zóna (42100)
- Komlóstető kertszövetkezet (42200)
- Szegedi utca zóna (42110)

Hozzá tartozó medence

- Komlóstetői medence

Beadott víz:

- Puskin úti gh (Távfelügyelet)
- Örömhegy felől Komlóstető 49-51. szám nyomásszabályzó akna – zárva

Kivett víz:

- nincs

A vízellátás módja:

Az ellátás csak a Puskin u.-i átemelő gépházból történik, egy DN 300-as PVC és egy DN 150-es bélelt öntöttvas vezeték üzemelésével. Havária esetén Örömhegy felől a Komlóstető II. zónából a vízellátás biztosított.

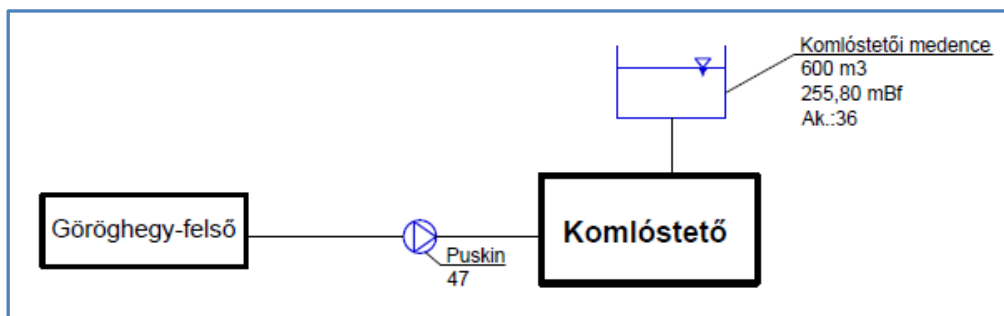
Ellennyomó medence:

Komlóstetői medence

$$2 \times 300 \text{ m}^3 = 600 \text{ m}^3$$

Túlfolyó: 255,80 mBf.

Fenékszint: 252,00 mBf.



3.12. ábra: Komlóstetői zóna kapcsolatai

3.2.13. ÖRÖMHEGYI ZÓNA

Zóna vízforgalma

- Örömhegy zóna (15110)
- Magashegy zóna (15111)
- Csermőkei út I., Vargahegy (15112)
- Martinász utca zóna (15113)
- Hajnal utcai zóna (15114)
- Nagycsermőke dőlő I. (15115)
- Nagycsermőke dőlő II. (15116)
- Batthyány sor zóna (15117)
- Báthory sor zóna (15118)
- Komlóstető u. zóna (15119)

Hozzá tartozó medence

- Örömhegyi medence

Beadott víz:

- Felsőruzsini átemelő gh (Távfelügyelet)

Kivett víz:

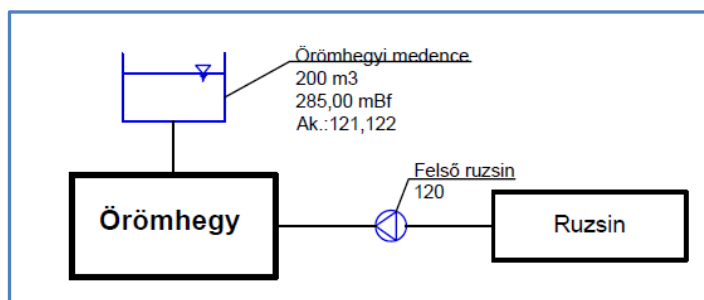
- Komlóstető II. zóna felé (zárva)

A vízellátás módja:

DN 150-es töltő-szolgáltató vezetékről ágvezetéki jelleggel üzemel a zóna. Ellátása a Felsőruzsini átemelőből történik. Üzemzavara esetén a Komlóstető magaszónából Komlóstető u. 49-51-nél zónahatár nyitással lehet pótolni a rendszerből hiányzó ivóvizet

Ellennyomó-medence:

Örömhegyi medence:	2 x 100 m ³	Túlfolyó szintek:	284,54 mBf.
			284,56 mBf.
		Fenékszintek:	281,38 mBf.
			281,36 mBf.



3.13. ábra Örömhegyi zóna kapcsolatai

3.2.14. PERECESI ZÓNA

Zóna vízforgalma

- Felső-forrás zóna (60000)
- Pereces zóna (61000)
- Taksony u. zóna (62000)
- Csernalj felső zóna (61100)
- Csernalj alsó-felső kőpad zóna (61110)
- Lyukóbánya lakótelep (61120)

Hozzá tartozó medence

- Perecesi medence

Beadott víz:

- Felső-forrás (Távfelügyelet)
- Csehov utca gh (Távfelügyelet)

Kivett víz:

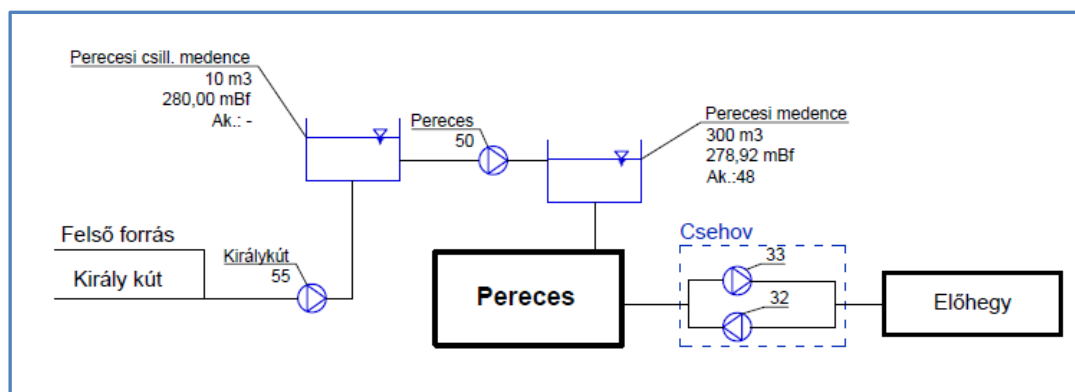
- Csehov utca gh (Távfelügyelet)

A Csehov u.-i átemelő gépház és a medence között egy kezdetben DN 200-as, majd DN 150-es töltő-szolgáltató vezeték táplálja meg az DN 100-as elosztó körhálózatot. Az Előhegyi rendszerből a Csehov u. i átemelő gépház üzemével lehet biztosítani a vízellátást.

Ha a Felső-forrási vízmű kapacitása csökken karszt-minimum esetén a Királykúti vízműn keresztül lehet a Királykút és az Anna-forrás vizeiből a hiányt pótolni.

Ellennyomó medence:

Perecesi medence: $2 \times 150 \text{ m}^3 + 300 \text{ m}^3 = 600 \text{ m}^3$ Túlfolyó: 278,92 mBf.
Fenékszint: 274,92 mBf.



3.14. ábra: Perecesi zóna kapcsolatai

3.2.15. RUZSINI ZÓNA

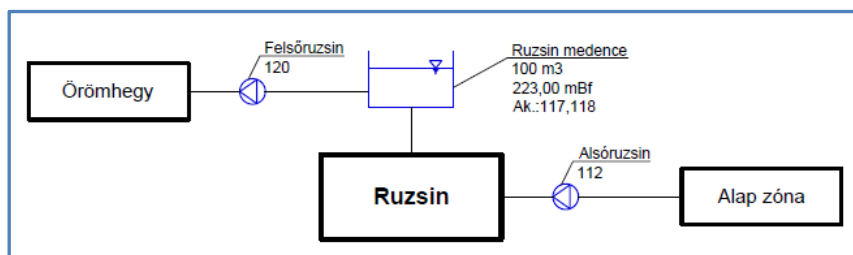
A vízellátás módja:

Az ellátó és egyben szállító vezeték DN 150-es KMPVC vezeték. Az Avas II. ütemi zónából úszókapcsolós vezérléssel történik a medencetöltés, az Alsóruzsini gépházban található pillangószelep automatikus nyitásával.

Havária esetén az Örömhegyi medencéből lehet visszaengedni a zónába.

Ellennyomó-medence:

Felsőruzsini medence: $2 \times 50 \text{ m}^3$ Túlfolyó szintek: 223,40 mBf.
223,41 mBf.
Fenék szintek: 220,47 mBf.
220,48 mBf.



3.15. ábra: Ruzsini zóna kapcsolatai

3.2.16. VADGALAMB U.-I ZÓNA

Zóna vízforgalma

- Vadgalamb úti zóna (11000)
- Nagyszentbenedek zóna (11100)
- Mihályka zóna (11110)
- Károlyi M. zóna (11120)
- Benedek hegy zóna (11130)
- Hejőliget zóna (11131)
- Egri utca zóna (11140)

Hozzá tartozó medence:

- Vadgalamb úti medence

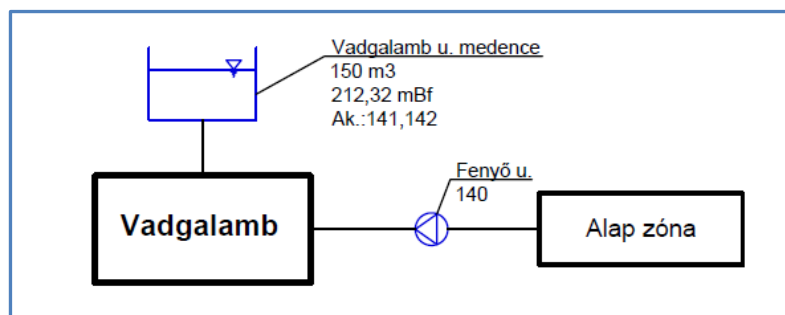
Beadott víz:

- Fenyő úti gépház (Távfelügyelet)

Kivett víz: nincs

A vízellátás módja:

A vízkivétel az Avas-tetemvári (alap) zónából történik. A zónát a Fenyő u.-i átemelő gépház látja el ivóvízzel a miskolctapolcai strandon átmenő DN 200-as KPE szívó vezetékről.



3.16. ábra: Vadgalamb utcai zóna kapcsolatai

3.2.17. LILLAFÜREDI ZÓNA

Zóna vízforgalma

- Lillafüred alsó zóna (70000)
- Erzsébet sétány zóna (71000)
- Felső-Hámor zóna (72000)

Hozzá tartozó medence

- Lillafüredi medence

Beadott víz:

- Szinva-forrás Palota (Távfelügyelet)
- Lillafüredi gh (Távfelügyelet)

Kivett víz:

- nincs

A vízellátás módja:

A Szinva-forrástól a vízzáró alagúton, majd egy DN 600-as vezetéken keresztül érkezik a nyers víz a Lillafüredi medence területére, innen DN 400-as öv. vezeték üzemel a Palota szállóig, ahol egy nyomástartó HAWIDO szabályozza a DN 400-as öv. vezetékben uralkodó nyomást (a fölös vízmennyiség az energia törőn keresztül az Anna-forrasi vízmű 10 m³-es csillapító medencéjébe jut el), biztosítva a Palota szálló oltóvizét.

Ellennyomó medence:

Lillafüredi medence:	200 m ³	Túlfolyó: 338,32 mBf.
		Fenékszint: 334,32 mBf.

4. MODELL FELÉPÍTÉSE

4.1. FOGYASZTÁSI MENETGÖRBÉK MEGHATÁROZÁSA

A fogyasztási menetgörbe a szimulációs időszakban az adott fogyasztási körzet napi vízfogyasztásának időbeli eloszlását leíró függvény. A görbe általában órai, vagy félórai részletességű. A miskolci hálózat esetén a pontosabb közelítés érdekében félóra részletességű fogyasztási menetgörbékkel végeztük el a számításokat.

A fogyasztási körzetek a hálózat olyan területei, melyre azonos fogyasztási szokások, illetve fogyasztási menetgörbék jellemzők. Ezzel szemben a nyomás zónák (3.2-es fejezet) fizikailag egymástól szerelvényekkel, illetve szivattyúkkal határolt részei a vezetékhálózatnak.

A miskolci vízellátó hálózat esetében a fogyasztási zónák és a nyomás zónák azonos területeket jelölnek, hiszen a számítások során mind a fogyasztási menetgörbéket, mind a zónák közti vízforgalmat egyértelműen meg kell tudni határozni. Ebből kifolyólag a továbbiakban, mint *zóna* kerül említésre mindkét fogalom.

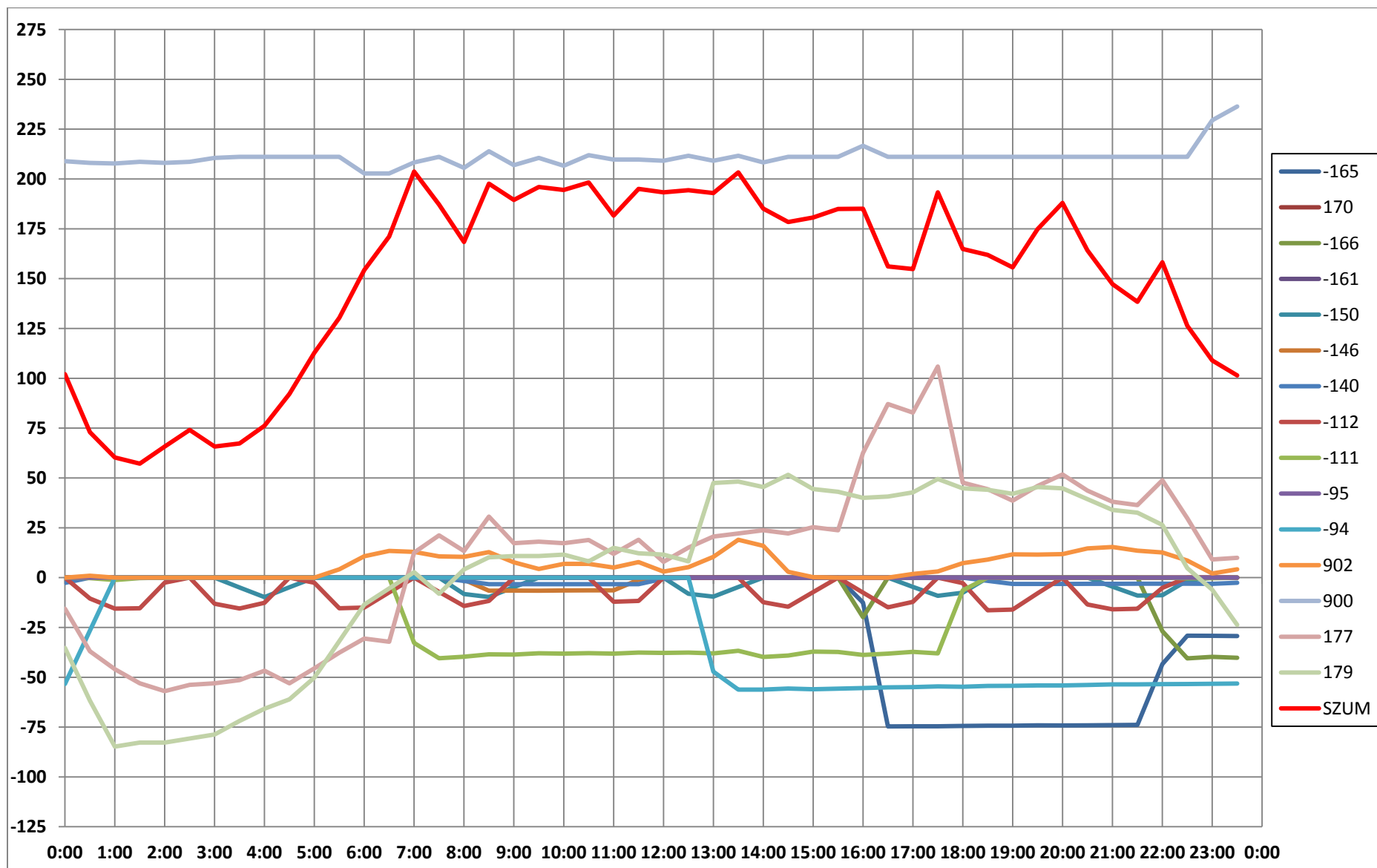
A fogyasztási menetgörbék kiszámításánál az adatsorok összegzésére az alábbi alapelvek kerültek alkalmazásra:

- zónába történő betáplálás: pozitív előjellel
- zónából történő vízkivétel: negatív előjellel
- zónához tartozó medence vízforgalma: negatív előjellel

A fenti elveknek megfelelően előjelesen összegzett vízforgalmak eredménye lesz a félóra részletességű fogyasztási menetgörbe.

4.1.1. ALAP ZÓNA

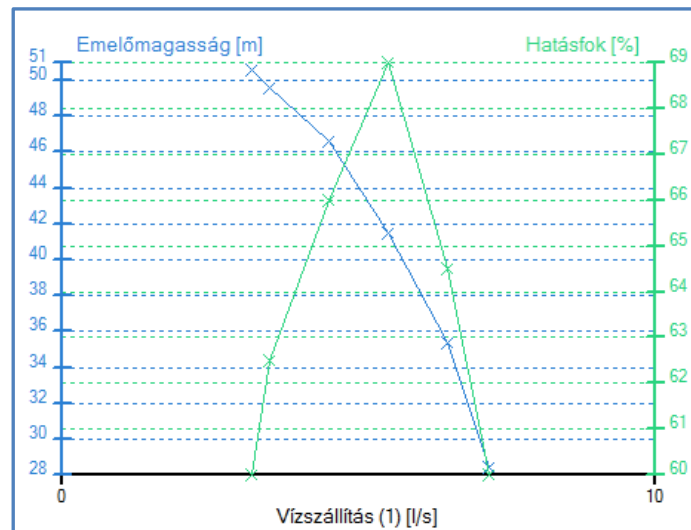
Az alap zóna a miskolci rendszer legkiterjedtebb zónája, és ehhez kapcsolódik a legtöbb ellennyomó medencés zóna az összes közül. Mivel két medencerendszer is tartozik a zónához (Avas régi medencék és Tetenvári medencék) nagyon összetett zónáról van szó, melynek a fogyasztási menetgörbáját 15 vonatkozó adatsorból lehetett meghatározni (4.1. ábra).



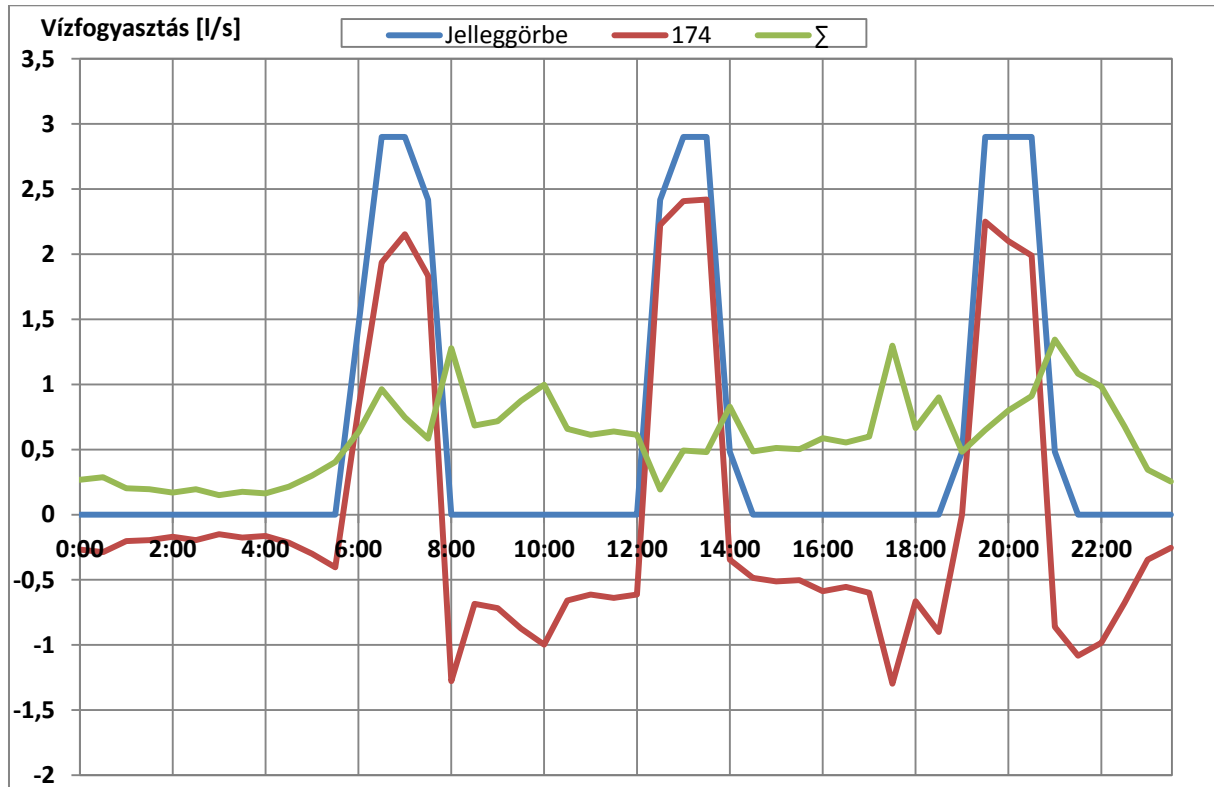
4.1. ábra: Alap zóna fogyasztási menetgörbéje

4.1.2. ÁROK UTCA

Az árok utcai zóna esetében nem állt rendelkezésünkre mért vízhozam idősor, azonban közvetve meg lehetett határozni a szivattyú vízszállítását a szívó- illetve nyomó oldali nyomásmagasság különbségéből (H emelőmagasság) és a beépített szivattyú jelleggörbéjéből (4.2. ábra).

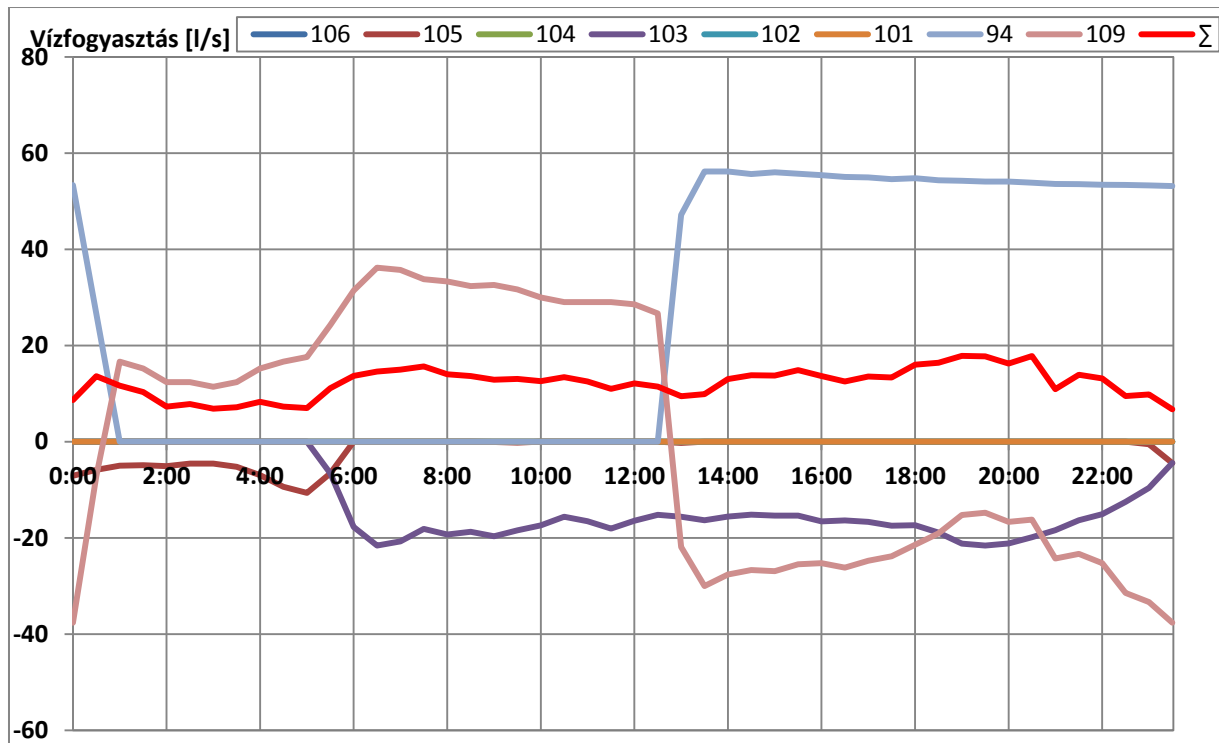


4.2. ábra: Göröghegy-alsó -> Árok u. szivattyú jelleggörbéje



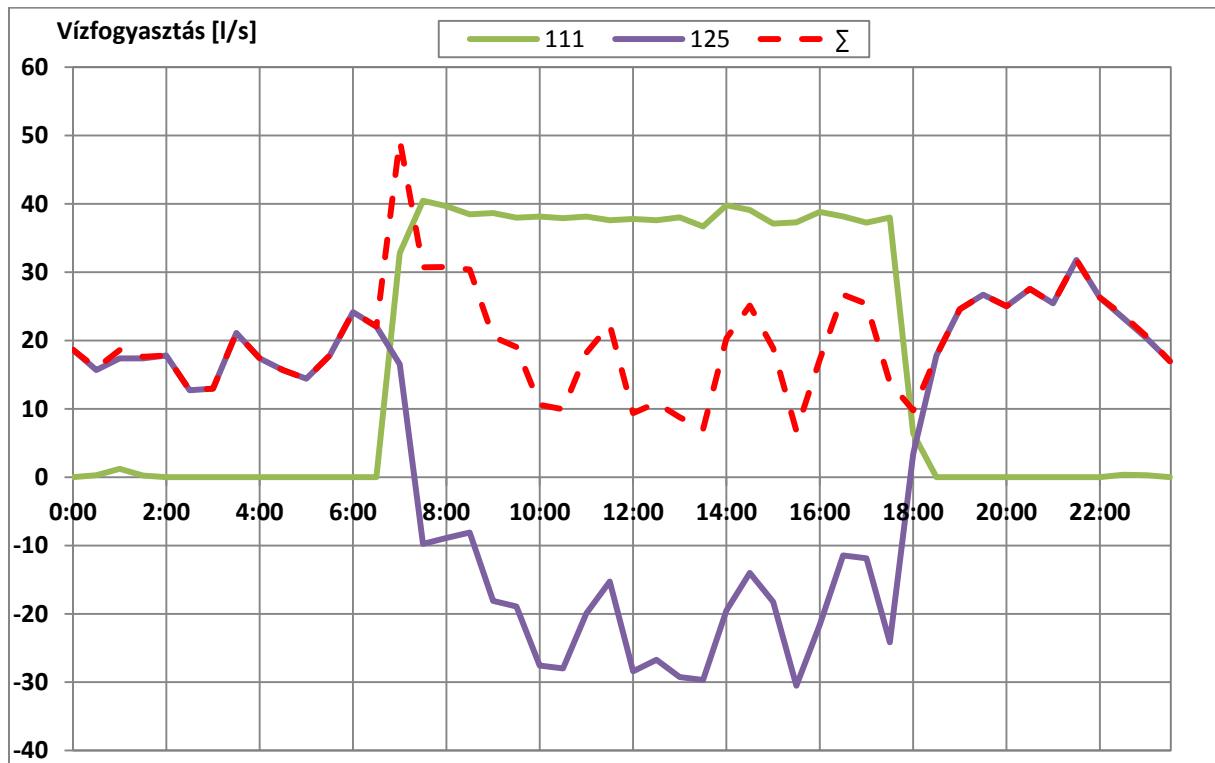
4.3. ábra: Árok utcai zóna fogyasztási menetgörbéje

4.1.3. AVAS I. ZÓNA



4.4. ábra: Avas I zóna fogyasztási menetgörbéje

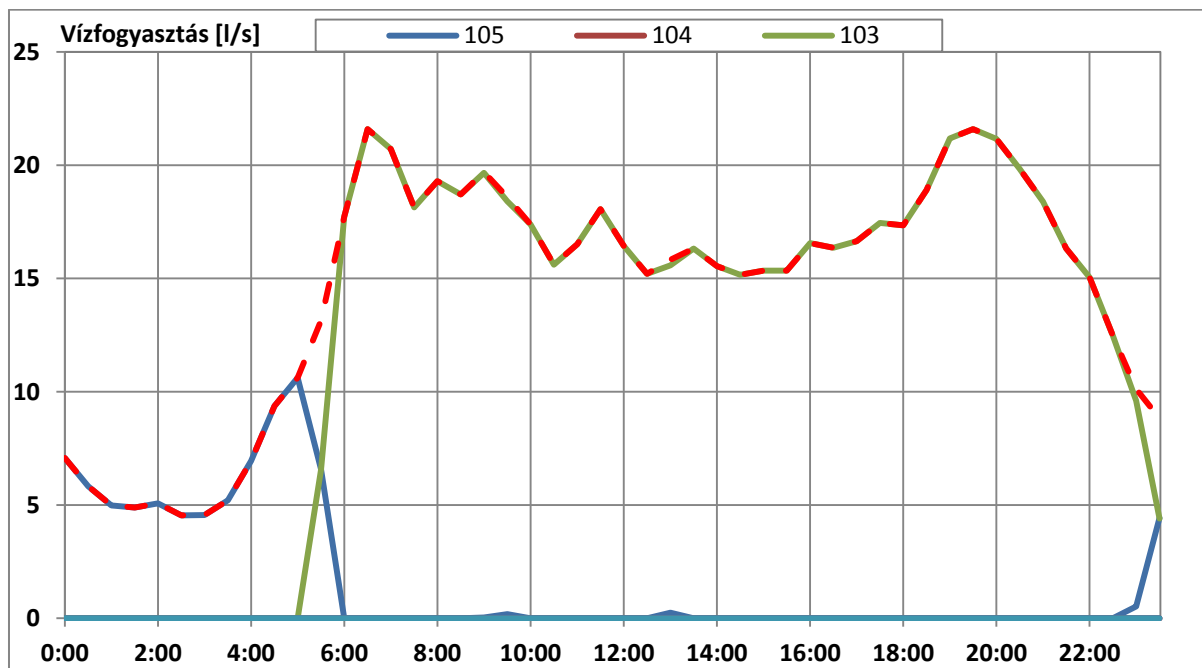
4.1.4. AVAS II. ZÓNA



4.5. ábra: Avas II. zóna fogyasztási menetgörbéje

4.1.5. AVAS III. ZÓNA

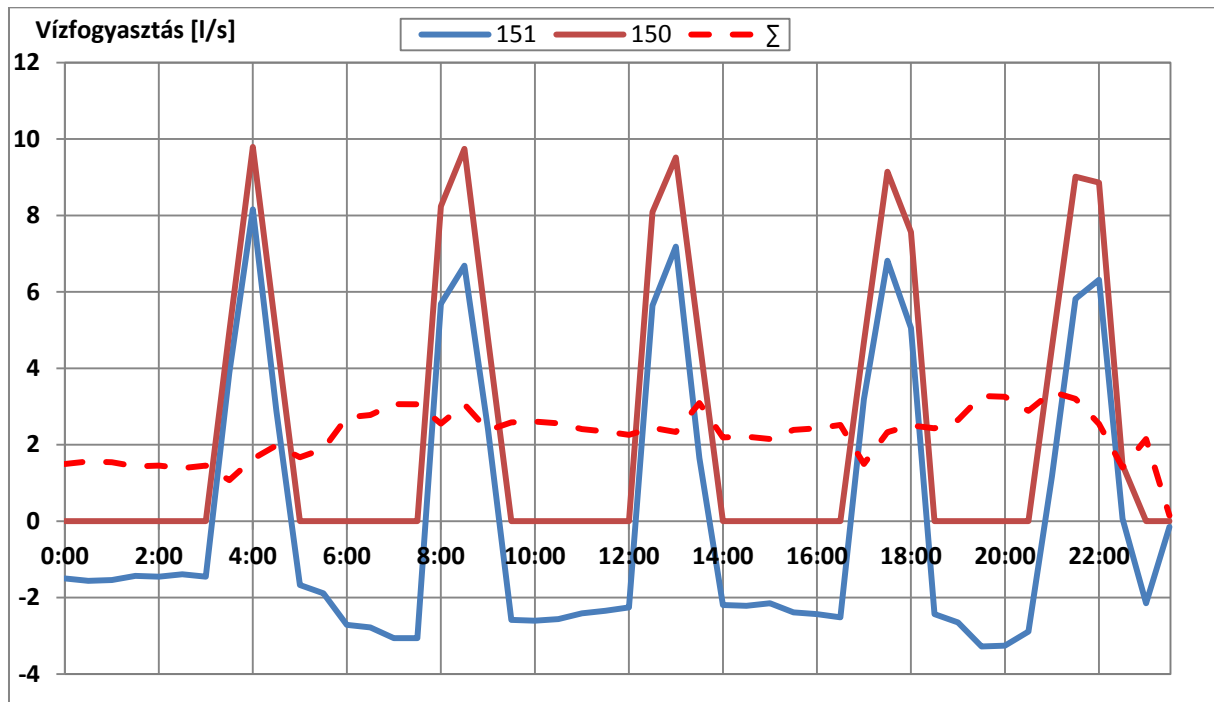
Az avas III. zóna nyomásfokozott zóna, így nem feltétlenül lenne szükséges meghatározni a fogyasztási menetgörbét, azonban a vízfogyasztás területi eloszlását jobban követi a modell, ha több zónára van bontva. Az Avas III. zóna azért bír nagy jelentőséggel, mert $\sim 1200 \text{ m}^3/\text{nap}$ fogyasztása a többi nyomásfokozott zónához képest jelentősnek tekinthető.



4.6. ábra: Avas III. nyomásfokozott zóna fogyasztási menetgörbéje

4.1.6. BENCÉSEK ZÓNA

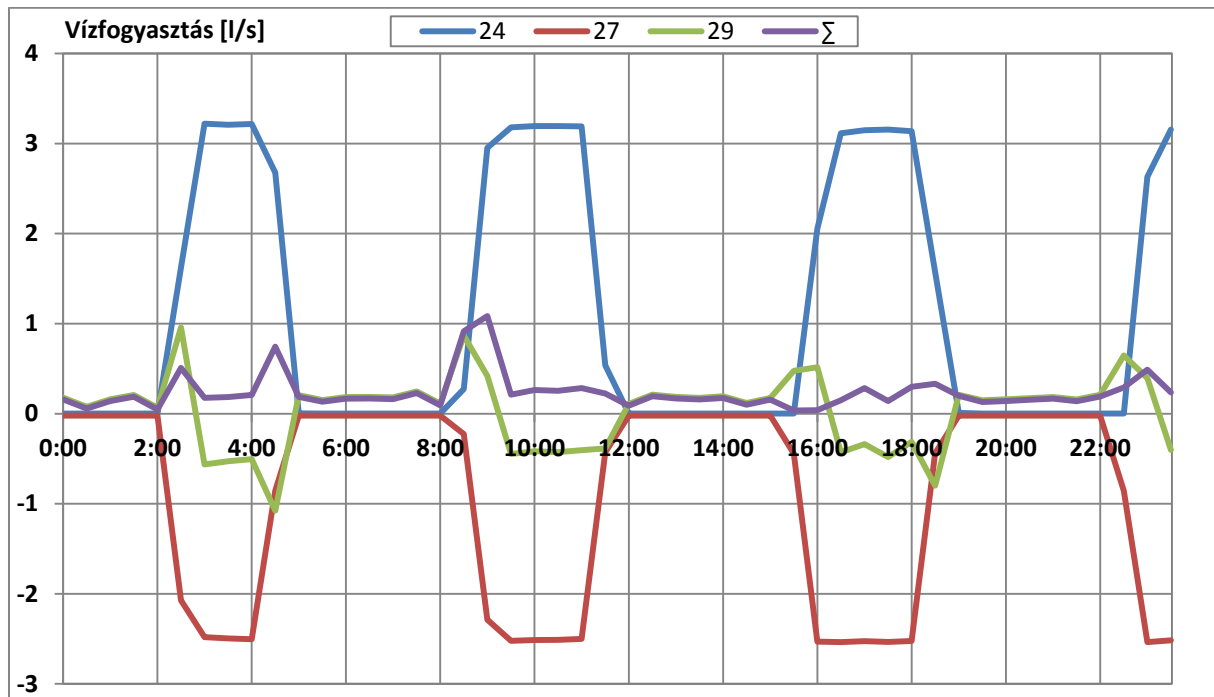
A Bencések zóna egy ponton van betáplálva, és vízkivétel nincs. Tartalmaz több nyomásfokozott, illetve nyomáscsökkentett zónát, azonban a fogyasztási menetgörbét ezek összevonása nem befolyásolja.



4.7. ábra: Bencések utcai zóna fogyasztási menetgörbéje

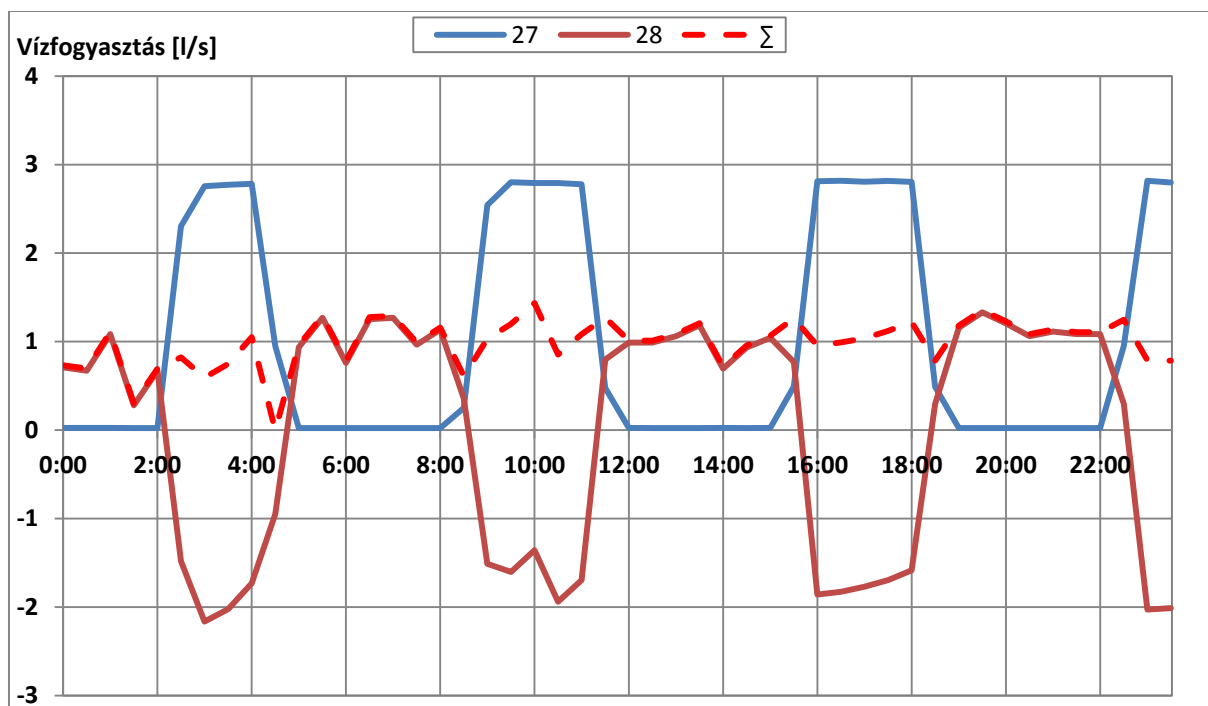
4.1.7. BÜKKSZENTLÁSZLÓ I. ZÓNA

A Bükkszentlászló I. zóna esetében a szivattyúk indításánál és leállításánál jól látszanak a kiugró értékek. Ez a 10 perces mintavételi időköz okozta numerikus hibával magyarázható. Ennek a korrigálására automatizált megoldást akkor lehetne alkalmazni, ha a rendelkezésre állna pontos adatsor arról, hogy a szivattyút mikor kapcsolták be, illetve mikor nem üzemelt. A hiba mértékét csökkentheti a rövidebb időközönként történő adatrögzítés is.

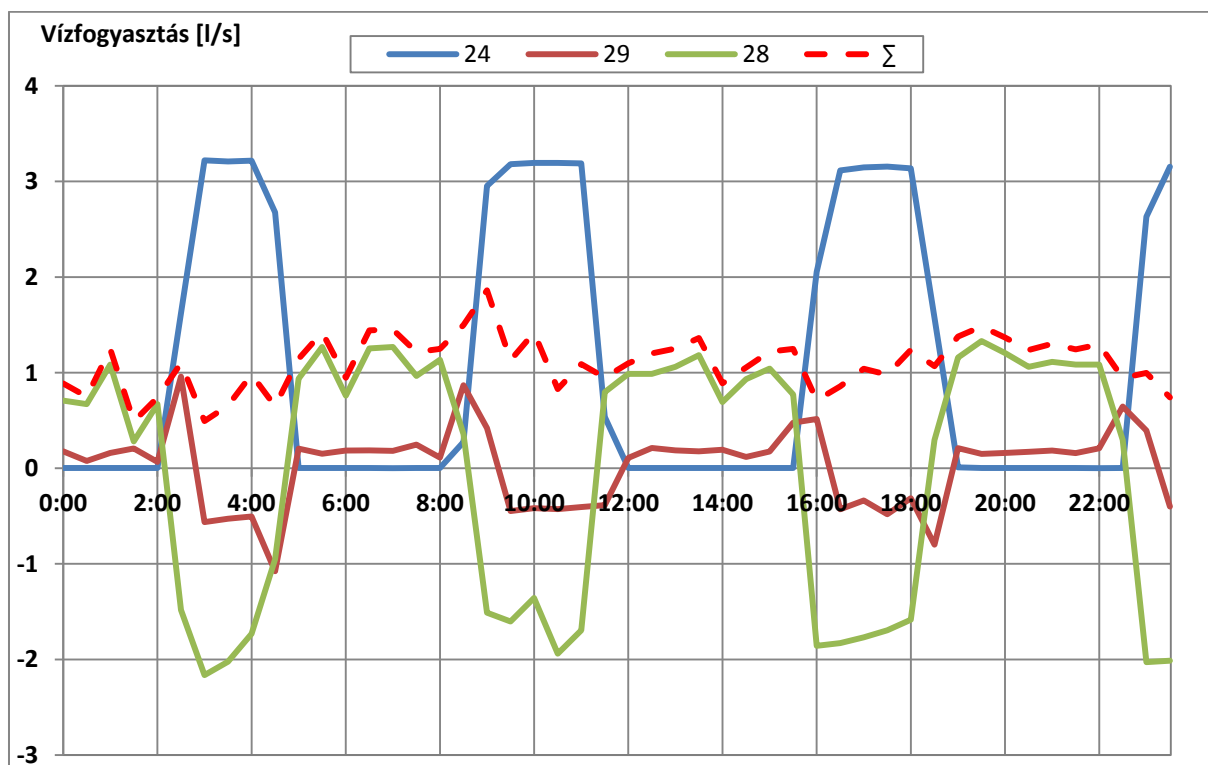


4.8. ábra: Bükkszentlászló I. zóna fogyasztási menetgörbéje

4.1.8. BÜKKSZENTLÁSZLÓ II. ZÓNA



4.9. ábra: Bükkszentlászló II. zóna fogyasztási menetgörbéje



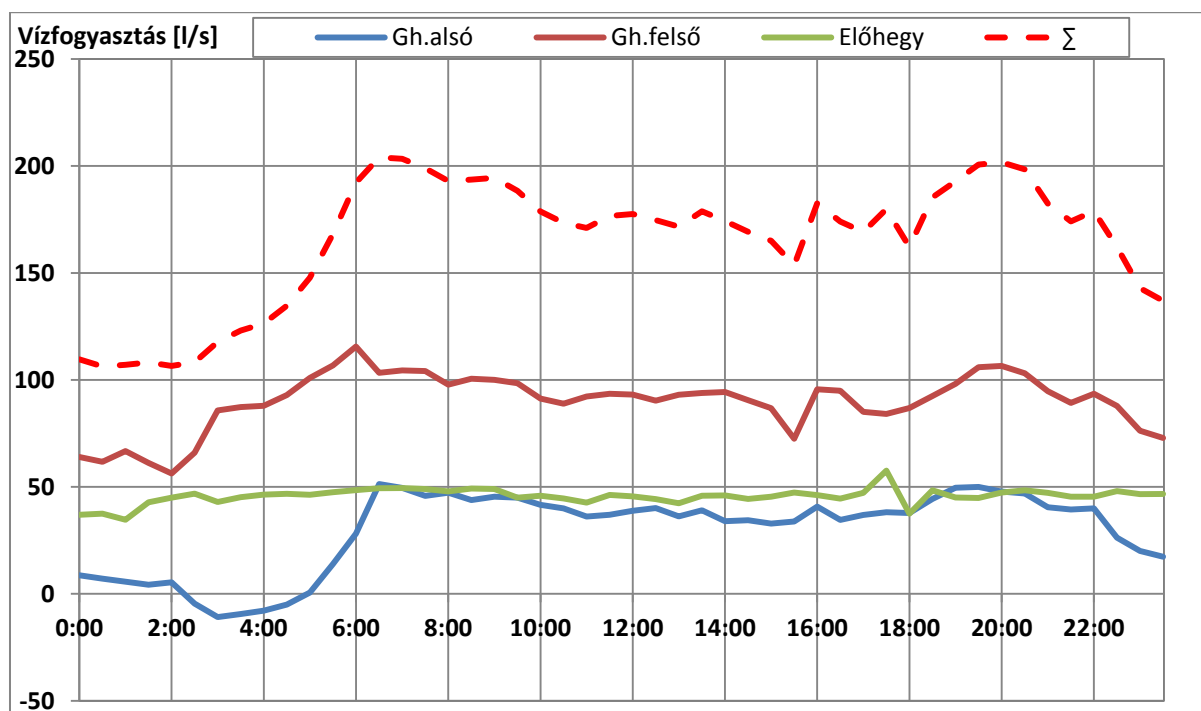
4.10. ábra: Bükkszentlászlói összevont zóna fogyasztási menetgörbéje

4.1.9. ELŐHEGYI-GÖRÖGHEGYI ZÓNA

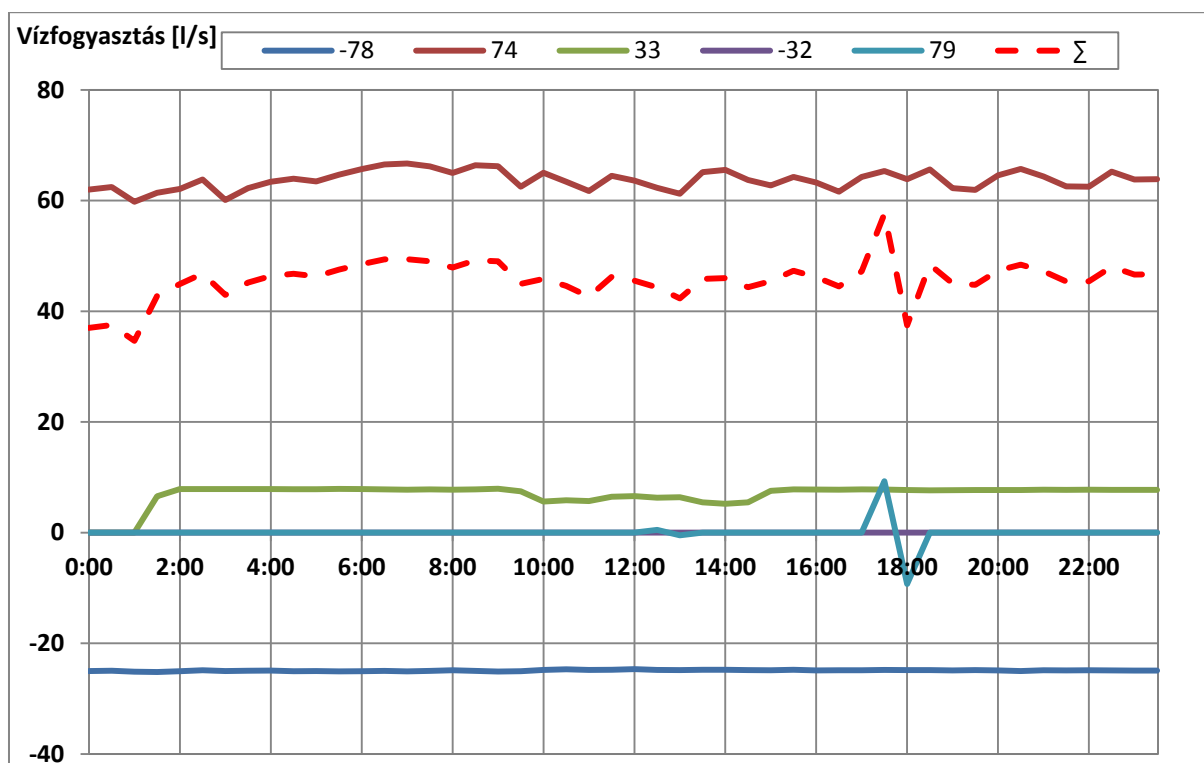
Olyan esetekben, mikor nem határozható meg egyértelműen két zóna közötti vízforgalom, úgy össze kell vonni az érintett zónákat, és egy közös fogyasztási menetgörbét kell meghatározni.

Ez az eset áll fenn a Göröghegyi és az Előhegyi zónák kapcsán is. a 4.12. ábraán látható anomáliák miatt nem tekinthető megbízhatónak a túlfolyást leíró adatsor. Ezt kiküszöbölendő kerültek összevonásra a zónák.

Göröghegy-alsó zóna esetében negatív vízfogyasztás jelentkezik, ami annyit jelent, hogy nem mért betáplálás történik a zónába. Ez abban az esetben lehetséges, ha egy zónahatároló tolózár nem zár rendesen, így vízátbocsájtás van a felső zónából. Az ilyen hibákat is a zónák egyesítésével lehet kiküszöbölni.



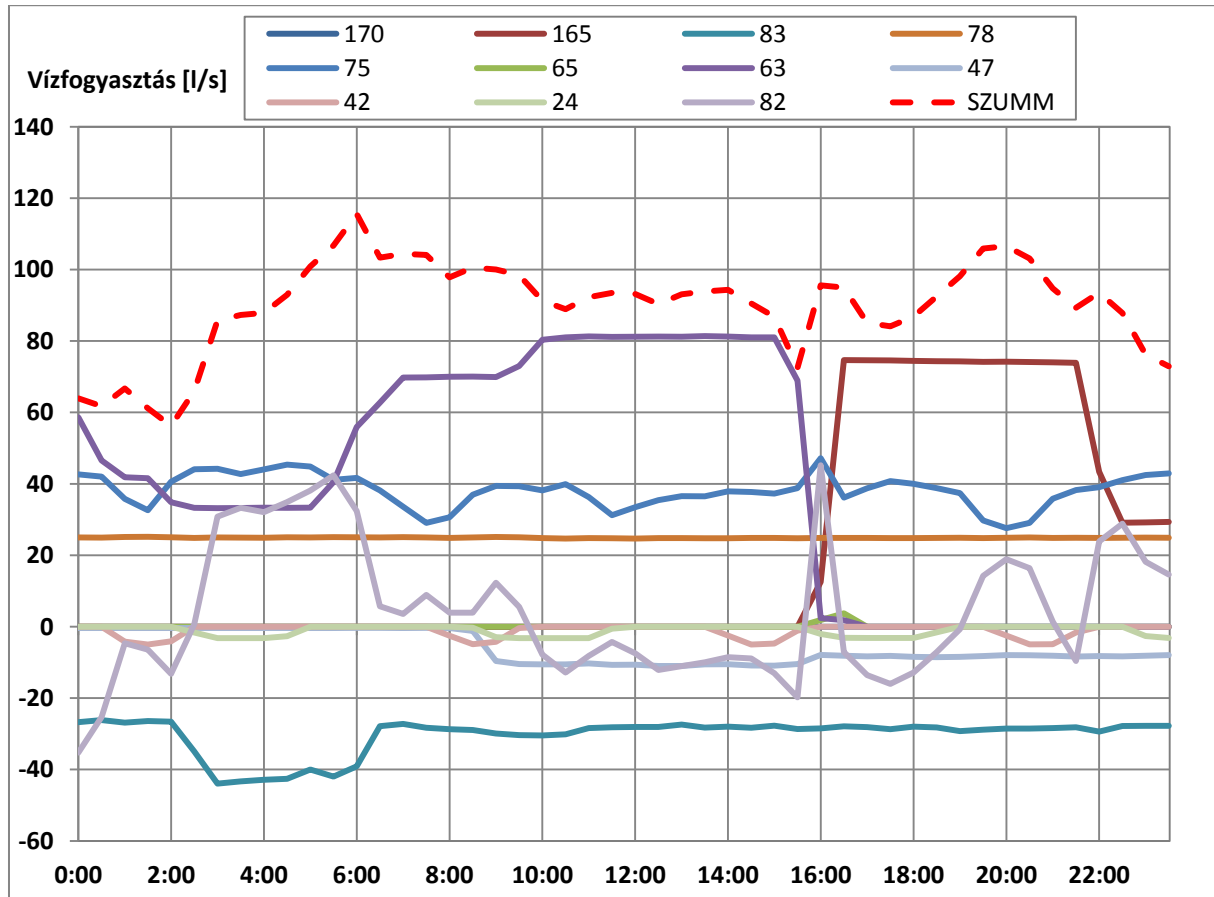
4.11. ábra: Egyesített Göröghegyi-Előhegyi zóna fogyasztási menetgörbéje



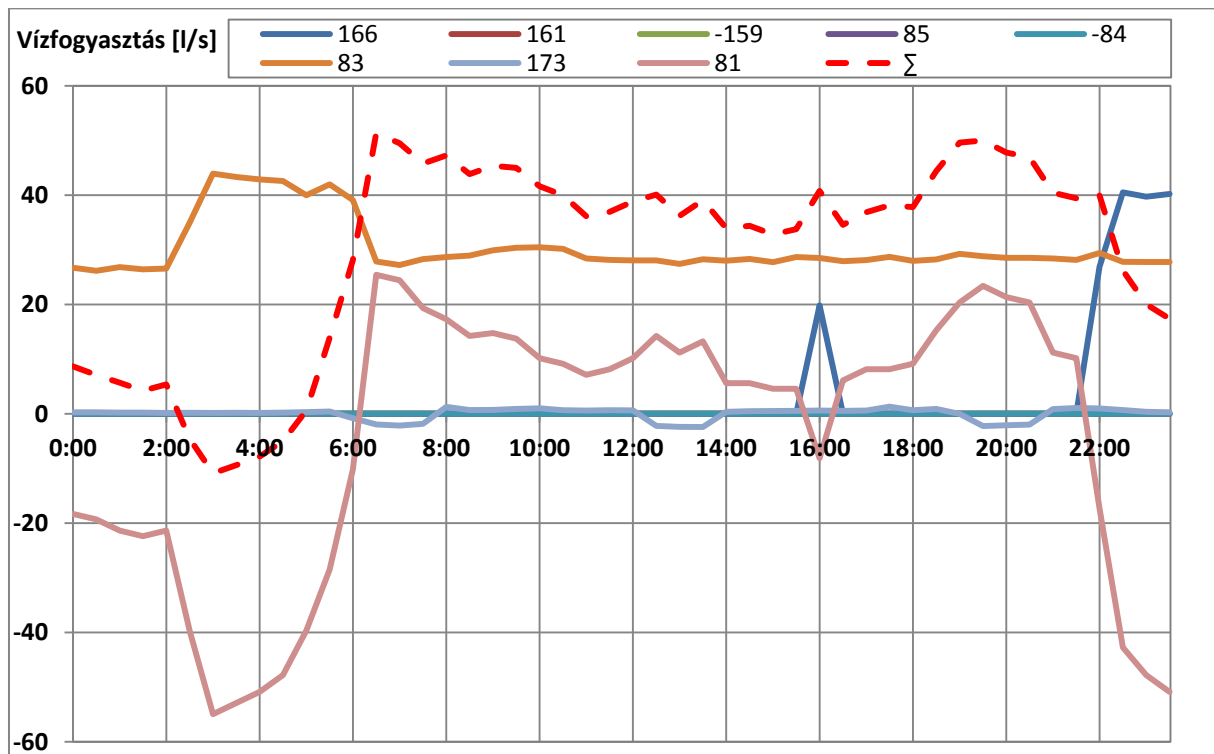
4.12. ábra: Előhegyi zóna fogyasztási menetgörbéje

Az előhegyi zóna fogyasztási menetgörbéjét vizsgálva jól látszik, hogy 12:30-kor, illetve 17:30-kor az Előhegyi medence vízszintje csökkent, vagyis a túlfolyószint alá került. Ennek megfelelően a túlfolyó vízmennyiség (78-as adatkód) értékének le kellett volna csökkennie, jó közelítéssel zérusra. Szemmel láthatóan a túlfolyó vízmennyiség megközelítőleg konstans értéken maradt továbbra is.

Az előhegyi zónában a lakossági ivóvízfogyasztás van túlsúlyban, így jelentkeznie kéne a reggeli, illetve esti fogyasztási csúcsoknak. Ezzel szemben a fogyasztás a kalibrációs időszak teljes időtartama alatt 45 l/s körül mozgott a zóna pillanatnyi ivóvízfogyasztása.



4.13. ábra: Görghegy-felső zóna fogyasztási menetgörbéje

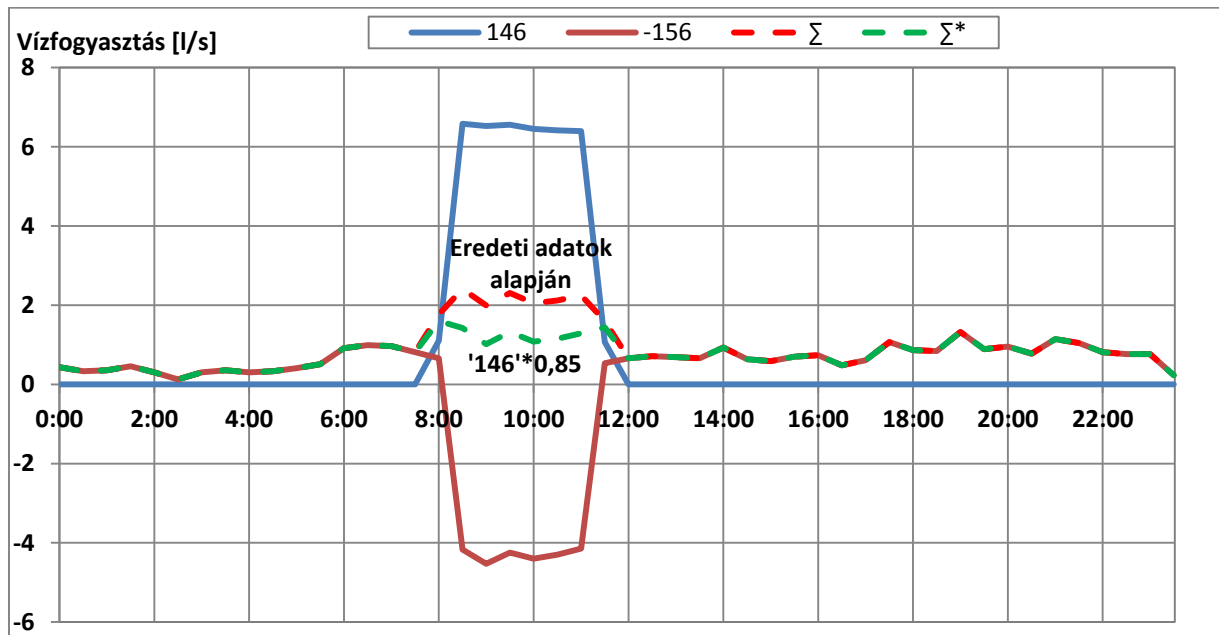


4.14. ábra: Görghegy-alsó fogyasztási menetgörbéje

4.1.10. IGLÓ UTCAI ZÓNA

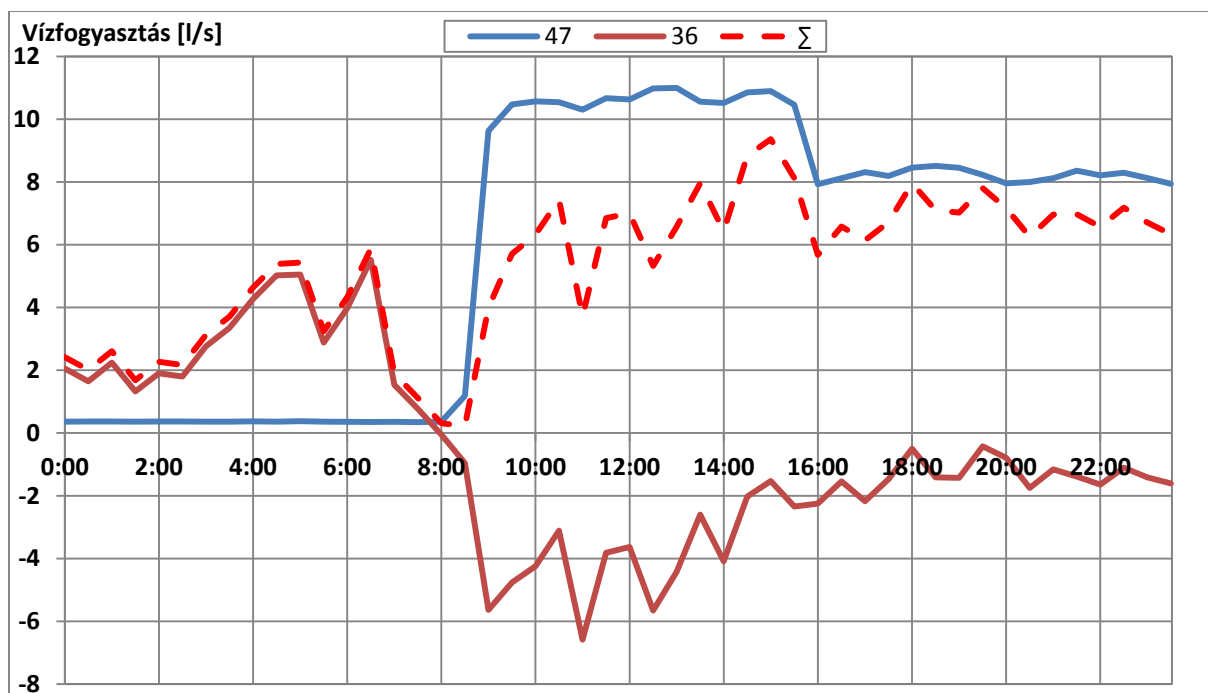
Az Igló utcai zóna esetében jól látható, hogy amikor a szivattyú üzemel, látszólag jelentősen megnő a fogyasztás. Ez feltételezhetően az indukciós vízhozam mérő pontatlanságából fakad, melyet egy általam megválasztott szorzóval korrigáltam úgy, hogy a görbe illeszkedjen a fogyasztási menetgörbe többi szakaszához (4.15. ábra).

A szivattyúhoz tartozó, '140'-es adatkód esetében 0,85-ös szorzóval sikerült a fogyasztási menetgörbéhez illeszteni azt a szakaszt, ahol a szivattyú üzemel.



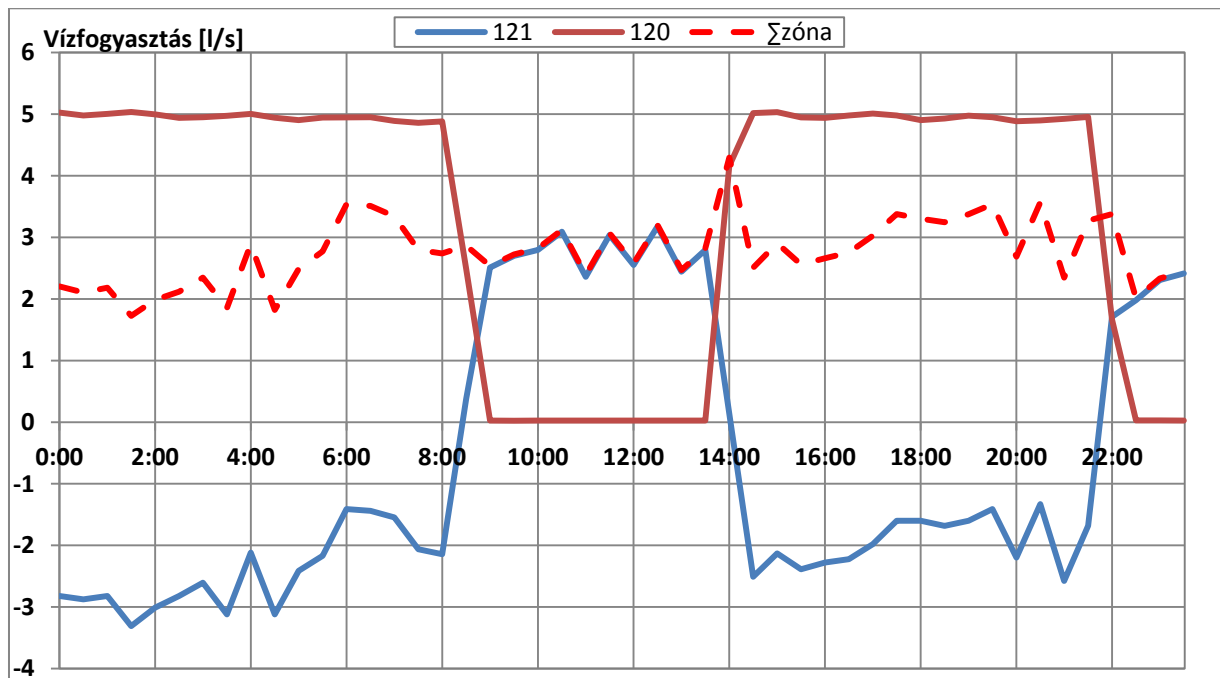
4.15. ábra: Iglói zóna fogyasztási menetgörbéje

4.1.11. KOMLÓSTETŐI ZÓNA



4.16. ábra: Komlóstetői zóna fogyasztási menetgörbéje

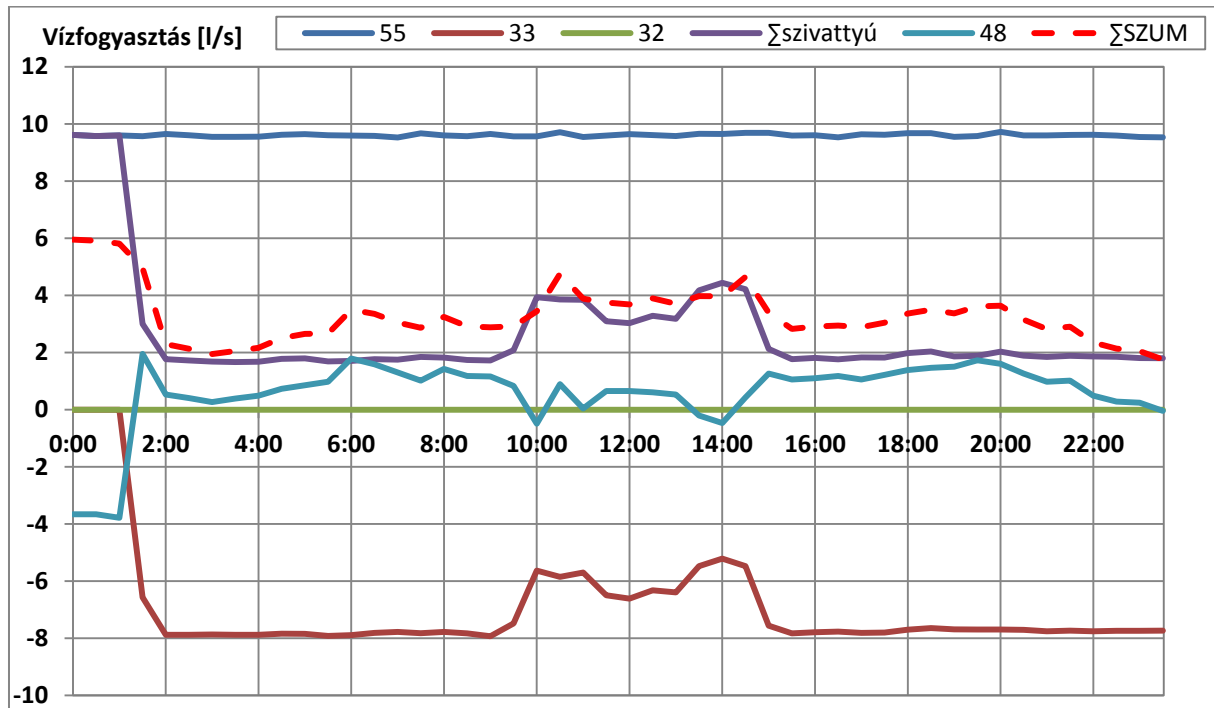
4.1.12. ÖRÖMHEGYI ZÓNA



4.17. ábra: Örömhégyi zóna fogyasztási menetgörbéje

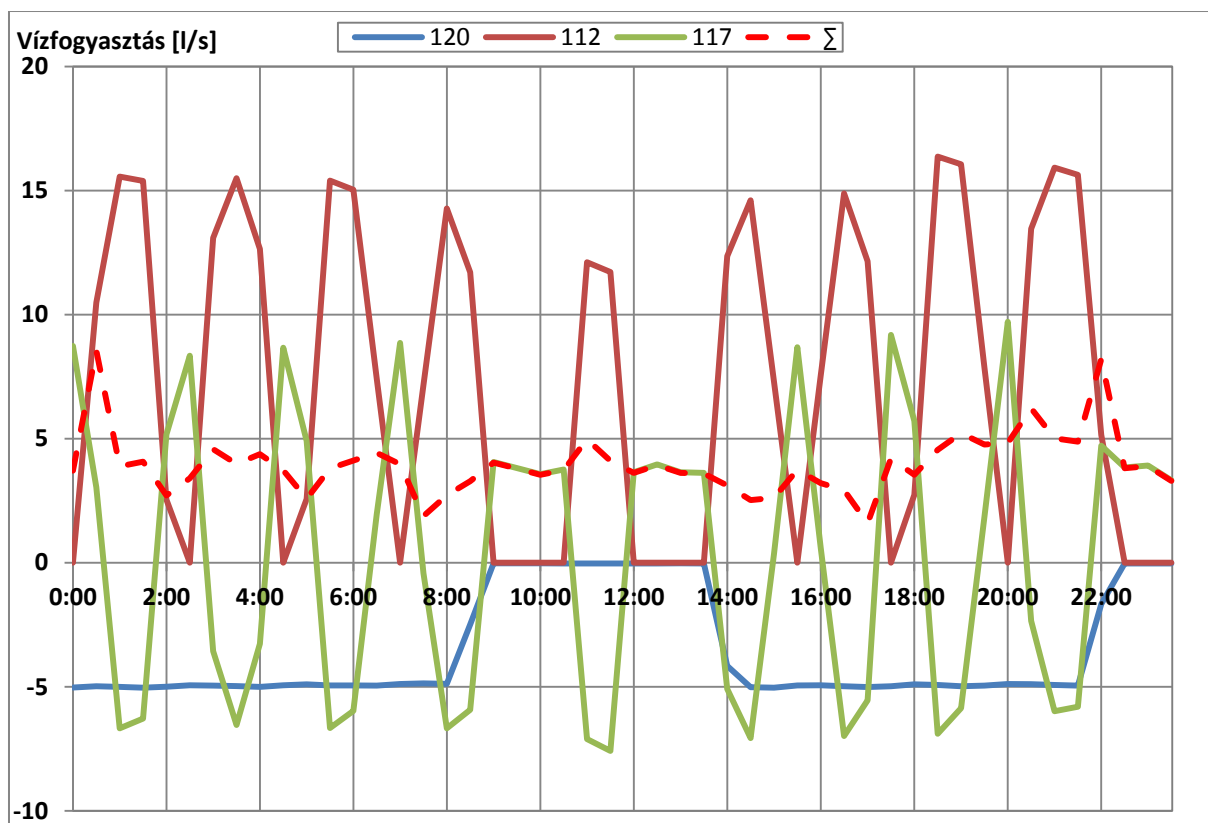
4.1.13. PERECESI ZÓNA

A perecesi zóna esetében a vízfogyasztás szemmel láthatóan nem követi az általános kétpúpú fogyasztási menetgörbét. A perecesi zóna területén található a vadaspark, és a gyógyszergyár is, melyek vízigénye előidézhetheti a 4.18. ábraán látható szokatlan fogyasztási görbét.



4.18. ábra: Perecesi zóna fogyasztási menetgörbéje

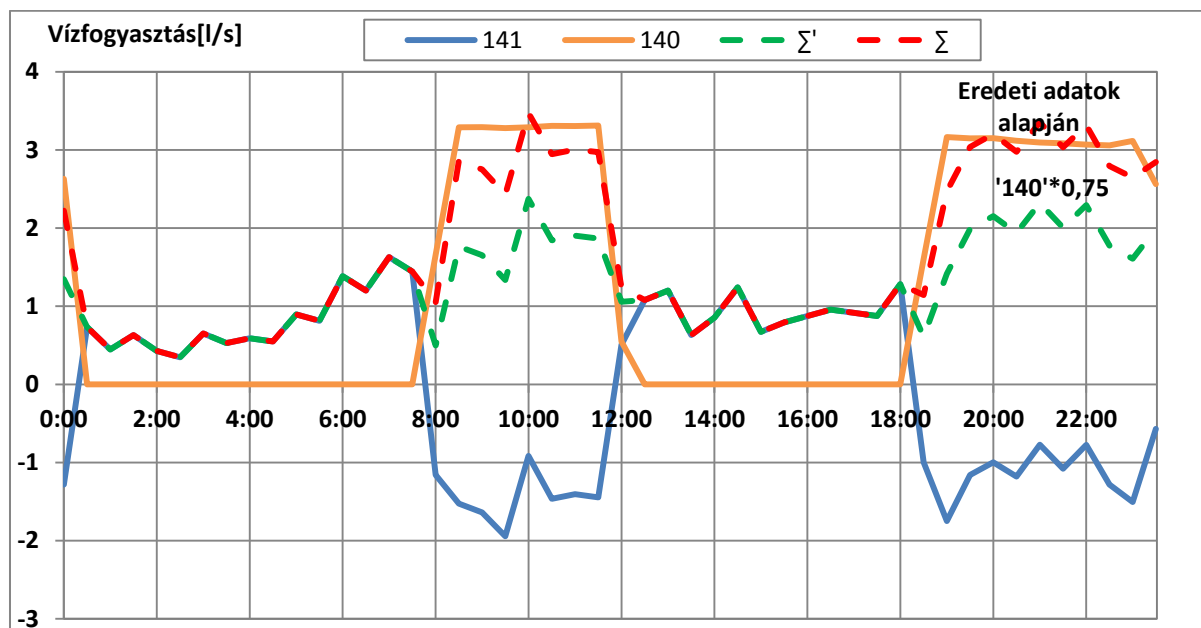
4.1.14. RUZSINI ZÓNA



4.19. ábra: Ruzsin zóna fogyasztási menetgörbéje

4.1.15. VADGALAMB UTCAI ZÓNA

A vadgalamb utcai zóna esetében hasonló probléma merült fel, mint az Igló utcai zónánál (4.15. ábra). Ennek az oka is a vízhozam mérők pontatlanságával indokolható. Mivel a zóna vízfogyasztásához képest nagy teljesítményű szivattyúk találhatók a gépházakban, ezért a vízhozammérők hibái sokkal szembetűnőbbek, mint egy nagyobb fogyasztású zóna esetén.



4.20. ábra: Vadgalamb utcai zóna fogyasztási menetgörbéje

4.1.16. LILLAFÜREDI ZÓNA

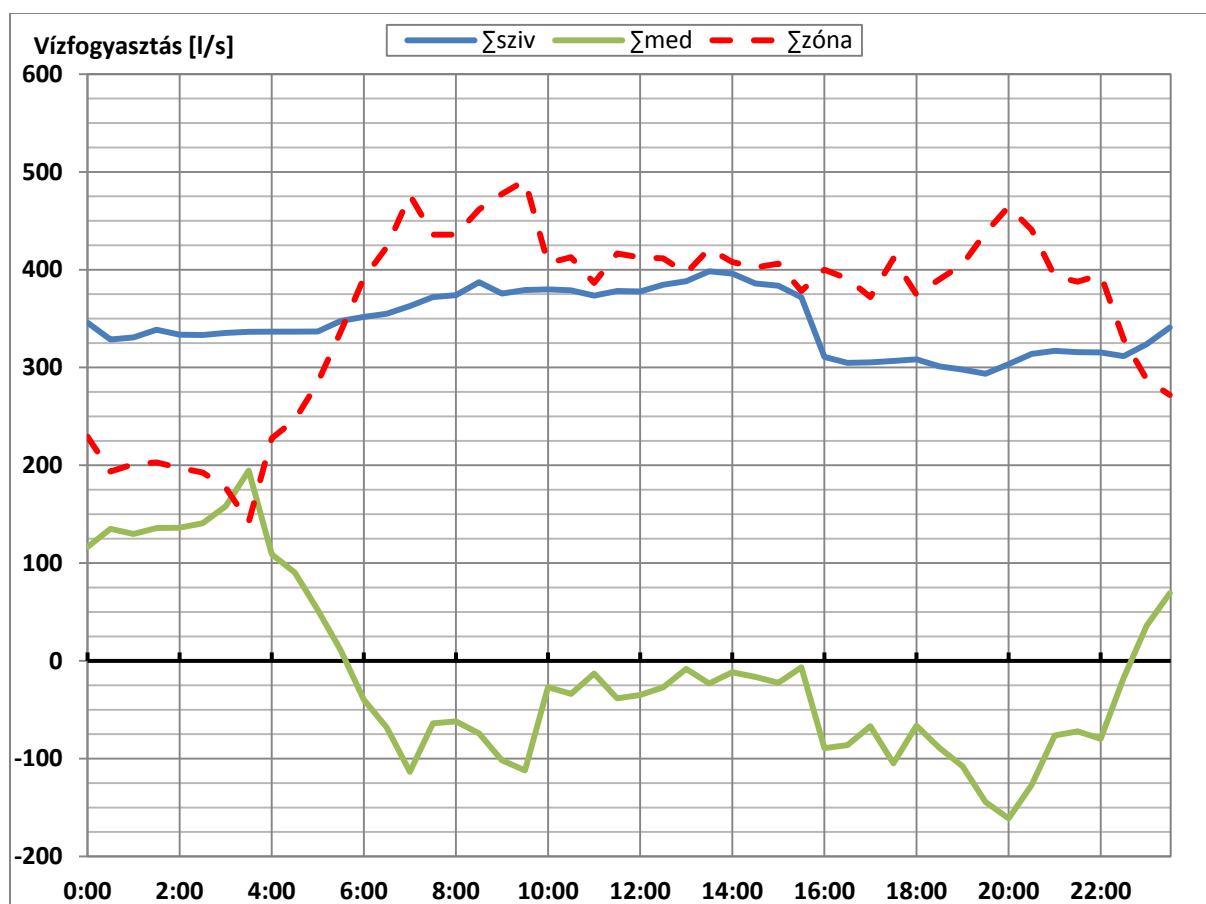
A Lillafüredi zóna fogyasztási menetgörbéje a betáplálási adatsorok bizonytalansága miatt nem volt egyértelműen meghatározható. Megbízható és pontos adatsorok híján a lillafüredi zónát kizártam a további vizsgálatokból. Mivel a Lillafüredi zóna a hálózat periferiáján helyezkedik el, ez a többi zóna vizsgálatát nem érintette. A Csanyiki gépházról (Göröghegy-felső, Előhegy felé) és a Király-kúttól (Pereces felé) már hiteles adatsorok állnak rendelkezésre.

4.1.17. TELJES MISKOLCI HÁLÓZAT

A teljes miskolci hálózatra vonatkozó fogyasztási menetgörbét az összes tározó vízforgalmából, és az összes a hálózatba betáplált vízmennyiség előjeles összegéből kaptuk (4.21. ábra).

Azonos eredményre jutnánk abban az esetben is, ha a többi zónának a fogyasztási menetgörbéit összegeznénk, mivel minden két zóna közötti vízforgalom szerepel vízkivételként, illetve betáplálásként, vagyis kiejtik egymást. Ennek megfelelően végeredményben a két görbe azonos lesz.

A hidraulikai modellezés során ezt a görbét nem használjuk fel, így ez csak informatív jelleggel bír.



4.21. ábra: A teljes miskolci hálózat vízmérlege

A fogyasztási menetgörbék numerikus integrálásából (trapézokkal történő közelítéssel) megkapjuk az a kalibrációs időszakban a fogyasztási zónák napi összegzett vízfogyasztását. Ez az érték tartalmazza mind a számlázott vízfogyasztást, mind a tényleges

és látszólagos veszteséget. E mellett fontos megjegyezni, hogy a vízhozam, és vízszint mérők mérési hibái terhelik ezeket az értékeket.

A 2013 december 19-ei napi fogyasztási értékeket zónákra bontva a 4.1. táblázat tartalmazza:

Zóna	Napi összegzett fogyasztás [m³/nap]
Alap zóna	12399,65
Árok utca	47,00
Avas I.	1056,72
Avas II.	1704,37
Avas III.	1255,68
Bencések út	198,64
Bükkszentlászló I.	9,27
Bükkszentlászló I.	85,52
Előhegy-Göröghegy	14211,17
Igló utca	66,89
Komlóstető	471,61
Lillafüred	-----
Örömhegy	242,04
Pereces	277,69
Ruzsin	342,51
Vadgalamb	105,68
Összesen:	32755,01

4.1. táblázat: Fogyasztási körzetek napi összegzett fogyasztása

4.2. VEZETÉK FOGYASZTÁSI SÚLYSZÁMOK MEGHATÁROZÁSA

A vezeték fogyasztási súlyok által adott zónán belül tudjuk a terhelés területi megoszlását közelíteni.

A súlyszámok meghatározása a 2012-es éves számlázott vízfogyasztási értékek alapján történt. Számlázás szempontjából a közületi, és a lakossági fogyasztók meg voltak

különböztetve, azonban számunkra ez lényegtelen, hiszen a víz felhasználásának célja a hidraulikai modell felépítését nem befolyásolja.

A fogyasztási súlysúlyszámok számlázási adatok alapján utcánként lett kiszámítva. Természetesen egy utcához több vezeték is tartozhat, ezért az így előállított fogyasztási súlysúlyszámok vezetékhossz arányában lettek szétosztva az adott utcához tartozó vezetékek között.

A fogyasztás menetrendjében lévő különbségeket a fogyasztási menetgörbék pillanatnyi vízhozam értékekből történő számításánál már figyelembe vettük, így ez nem torzítja a modellt. Ugyanígy a fogyasztási súlysúlyszámok esetében a hálózati veszteséggel sem kell számolni, mivel azt az adott fogyasztási körzethez tartozó fogyasztási menetgörbék már tartalmazzák.

A számítás során ebből kifolyólag azzal a közelítéssel éltünk, hogy hálózati veszteséget a vízfogyasztással arányosnak tekintettük egyéb, erre vonatkozó információ híján.

4.2.1. LAKOSSÁGI VÍZFOGYASZTÁS

A rendelkezésekre álló számlázott vízfogyasztási adatsor és a vezetékekhez rendelt utcanevek nem minden esetben egyeztek. Ezek sok esetben olyan jellegű hiba volt, mint például : az egyik listában „Petőfi Sándor utca” szerepelt, míg a másikban csupán „Petőfi S. utca”. A MIVIZ-zel történt egyeztetések segítségével ezeket a problémákat sikerült orvosolni.

A Lyukóvölgyi zóna esetében jól látható, hogy nem állt rendelkezésre számlázott fogyasztási adat az utcákra bontva (4.22. ábra). Ezek a vezetékek feketével vannak jelölve a tematikában. Ebben a fogyasztási körzetben a napi fogyasztás vezetékhossz arányában került szétosztásra a vezetékek között.

Abban az esetben, ha egy utca fogyasztási értékéhez nem tartozott az Objektumkezelőben vezeték, az nem lett hozzárendelve egyik vezetékhöz sem, ami egyenértékű lenne azzal, ha az adott fogyasztási érték a többi utca között arányosan lesz szétosztva, hiszen végeredményben ez egy mértékegység nélküli súlysúlyszám lesz, mely arányában került szétosztásra az adott napra meghatározott napi teljes vízfogyasztás. Az ilyen, vezeték nélküli vízfogyasztás nem érte el a 2%-ot, így ennek a hiánya nem befolyásolja jelentősen a terhelési modellt (4.2. táblázat).

	[m ³ /év]	[%]
Teljes fogyasztás	8407312	100%
Arányosan szétosztott	152933	1,82%

4.2. táblázat: Lakossági számlázott vízfogyasztás

4.2.2. KÖZÜLETI FOGYASZTÓK

A közületi fogyasztók esetében gyakorlatilag 100%-ig hozzá lehetett rendelni a modellben szereplő utcákhoz a számlázott fogyasztási értékeket. A közületi fogyasztók a teljes éves számlázott vízfogyasztás 1/3-át teszik ki. A 4.22. ábra a közületi és lakossági fogyasztás összegeként adódott súlysúlyszámokat tartalmazza!

	[m ³ /év]	[%]
Teljes fogyasztás	3538465	100%
Arányosan szétosztott	50	0,001%

4.3. táblázat: Közületi számlázott vízfogyasztás



4.22. ábra: Vezetékek fogyasztási súlyszáma

4.3. VEZETÉKHÁLÓZAT KIALAKÍTÁSA

4.3.1. VEZETÉKHÁLÓZAT IMPORTÁLÁSA AZ OBJEKTUMKEZELŐBŐL

A Miskolci ivóvíz hálózat geometriája a digitális nyilvántartó rendszerből lett áttöltve. A nyilvántartásban olyan vezetékek is szerepelnek, melyek már nem üzemelnek, illetve melyekre a hidraulikai számítás során nincs szükség. Értelmszerűen a fenti vezetékek áttöltése ezért felesleges, sőt, kevésbé lenne átlátható a hidraulikai modell a lezárt vezetékek miatt.

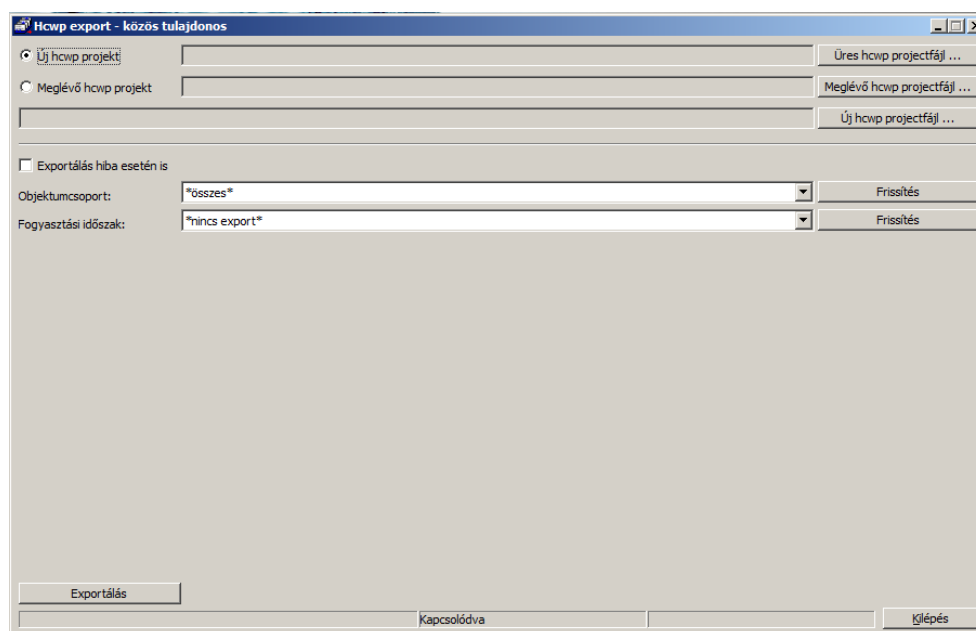
Az áttöltendő objektumok *objektumcsoportba* lett rendezve alfanumerikus szűrők segítségével. Így a „nem működő” és a „hidraulikai számításhoz nem szükséges” vezetékek nem kerültek áttöltésre.

A vezetékhálózat geometriáján kívül a vezetékek alábbi attribútumai kerültek importálásra a HCWP-be:

- vezeték belső átmérője [mm]
- vezeték belső felületének érdessége [mm]
- fogyasztási súlysorszám [-]
- vezeték végpontjainak X,Y koordinátái [EOV]

A nyilvántartásban szereplő vezetékekhez magassági értékek nem voltak hozzárendelve, így az áttöltött modell lényegében a hálózat 2D-s vetülete.

A fogyasztási súlysorszámok az éves kiszámlázott fogyasztás alapján a 4.2-es fejezetben ismertetett módon lettek meghatározva.



4.23. ábra: Hcwp Export segédsoftver kezelőfelülete

4.3.2. CSOMÓPONTOK MAGASSÁGÁNAK MEGHATÁROZÁSA

A vezetékek importálása során a vezetékek geometriai adatai magassági értékek nélkül kerültek áttöltésre. A HCWP funkciói között rendelkezésre áll terepmodell által magassági értékek meghatározása (4.24. ábra).

A HCWP program alapértelmezetten a Delauney-háromszögelésen⁵ alapuló eljárást alkalmaz a terepmodell előállítására, majd a magassági értékek lekérdezésére. Ez az eljárás rendezetlen ponthalmaz esetén ideális, hiszen a háromszögelés akkor és csak akkor valódi, ha a ponthalmaz pontjai közül nincs olyan három pont, mely egy egyenesre esne, illetve nincs olyan négy pont, mely egy körre esne.

A rendelkezésünkre álló ponthalmazok:

- 50x50m-es alaphálózati terepszint magasságok [mBf]
- rendezetlen ponthalmazok a vízmű által megrendelt geodéziai felmérésekből [mBf]

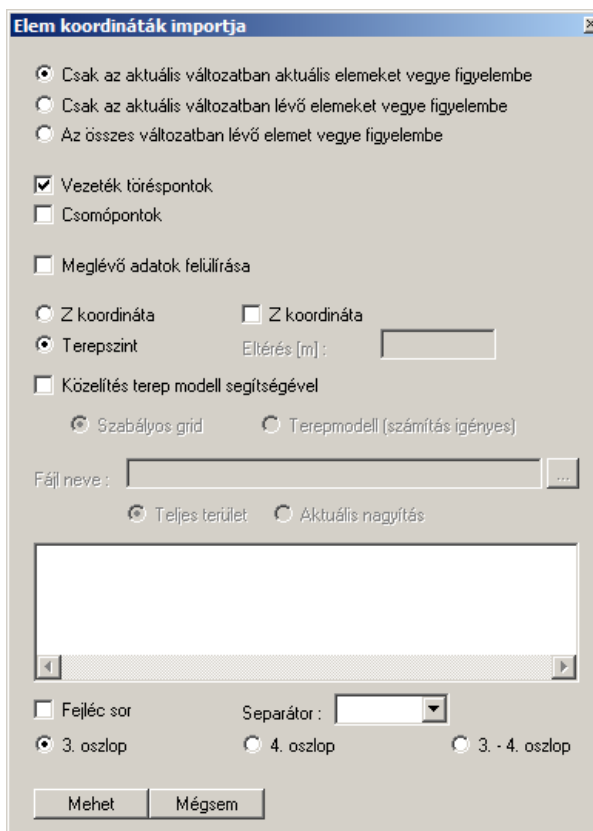
A rendezetlen ponthalmazok területi megoszlására jellemző, hogy a gépházak, vízmű telepek és ipari övezetek környezetében sűrűbb, míg a külterületeken egészen ritka, vagy egyáltalán nem is található tereppont (4.25. ábra).

⁵ (1)

A rendezett tereppontokra a fent említett kritériumon kívül a nagy számítási teljesítmény igény miatt sem célravezető alkalmazni a Delauney-háromszögelést. Rendezett tereppontokra egyszerű és kézenfekvő megoldás a bilineáris interpoláció mely jelentősen gyorsabb a háromszögelésnél.

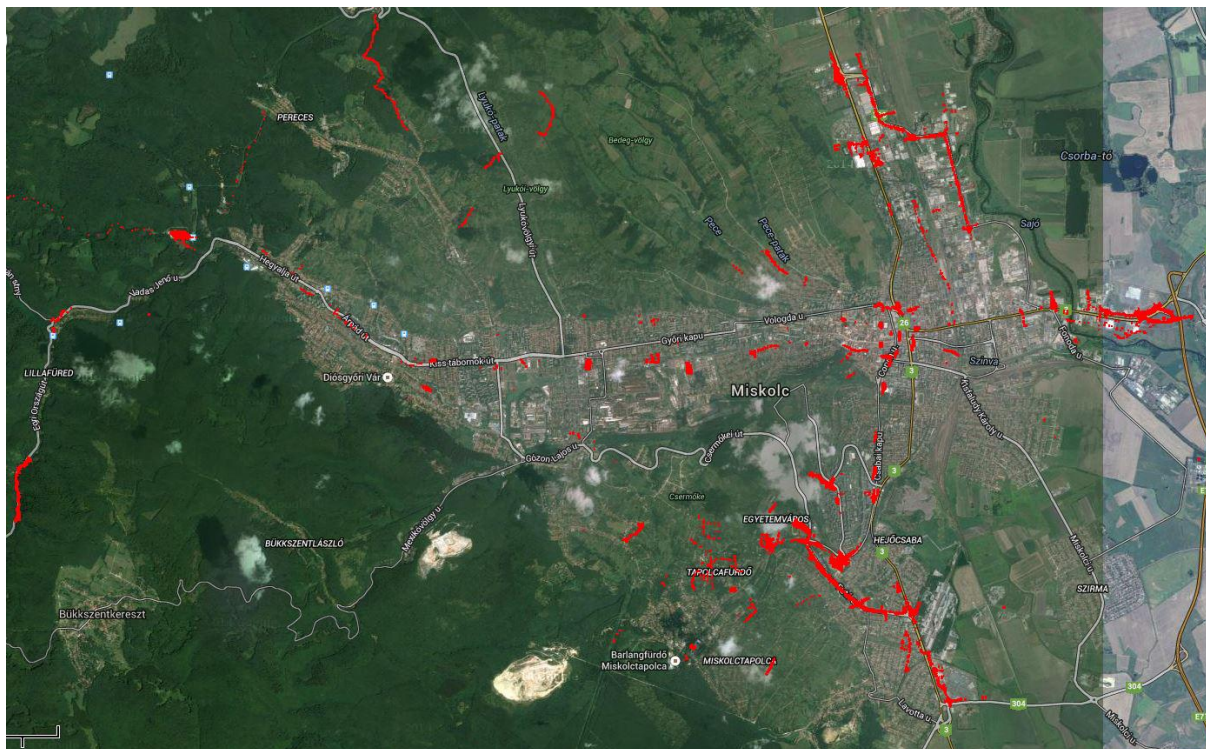
Ennek a funkciónak az implementálását a HCWP-be magam végeztem el. Módosítottam a terepmodellel történő interpoláció menetén is. A terepmodell csak abban az esetben számítja ki, és módosítja az adott csomópont, vagy vezeték töréspont magasságát, ha az azt befoglaló 30m*30m nagyságú négyzetben található tereppont. Ennek köszönhetően egyrészt javul a számított magassági értékek megbízhatósága, másodsorban pedig csökken a futási ideje az algoritmusnak.

A módosítások előnyeit kihasználva először a rendezett, alaptérképi tereppontok alapján bilineáris interpolációval⁶ meghatároztam az összes csomópont és vezeték töréspont magasságát, majd pontosítottam az értékeket felhasználva a rendezetlen geodéziai mérések tereppontjaira elkészített háromszögelt terepmodellel.



4.24. ábra: Magassági adatok generálása terepmodell segítségével

⁶ (2)



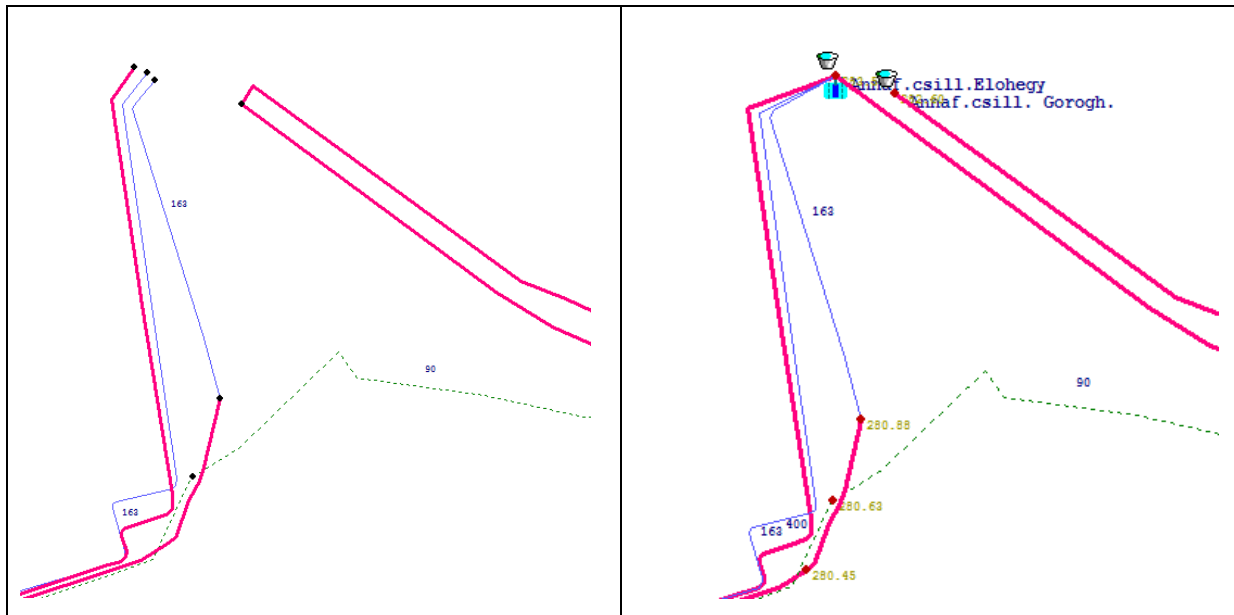
4.25. ábra: Rendezetlen tereppontok Miskolc környezetében (fotó forrása: Google Earth)

4.3.3. VEZETÉKHÁLÓZAT MÓDOSÍTÁSAI

A digitális nyilvántartó rendszer a gépházak esetében sok olyan vezetéket tartalmaz, mely a hidraulikai számítások során elhanyagolható. A medencerendszerek esetében a tározótérfogatokat egyetlen objektumban összegeztük. Ebből kifolyólag a medencéket összekötő vezetékek feleslegessé váltak, így a modell áttekinthetősége érdekében ezek a vezetékek törlésre kerültek, míg az egyesített tározó egy hidraulikai szempontból a valós kialakítással egyenértékű csomópontba került.

Az alábbiakban az alkalmazott egyszerűsítések és módosítások kerülnek részletezésre. A bal oldali képen minden esetben a digitális nyilvántartó rendszerből áttöltött módosítás nélküli hálózat látható, míg a jobb oldalon a módosított, a hidraulikai számítások során is alkalmazott hálózat jelenik meg.

A Bencések utcai medence, és nyomásfokozó gépház esetében a vezetékszakaszok megszakításán, és az objektumok beillesztésén kívül egyéb módosítás nem történt.



4.33. ábra: Anna-forrás

4.3.4. HCWP OBJEKTUMOK CSATOLÁSA

Az objektumkezelőből áttöltött vezetékhez a hidraulikai modellezéshez szükséges objektumokat hozzá kell rendelni a hálózathoz. Az alábbi objektumokat alkalmaztam a miskolci hálózat esetében:

- Medence
- Gépház
- Szivattyú beépítési hely
- Szabályozott elzáró
- Visszacsapó szelep

4.3.5. KUTAK KEZELÉSE

Az üzemirányító rendszer a szivattyúk pillanatnyi vízhozam értékeit rögzíti. Ahhoz, hogy a kutak betáplálása importálható lehessen a modellbe, a kút objektumokat helyettesíteni kell egy szivattyúval, és egy állandó vízszintű tározóval a szívó oldalon.

A kutakhoz tartozó szivattyúkat minden esetben „fix vízszállítású” módba kell állítani, hogy pontosan a mért vízhozam értékeket táplálják be a hálózatba.

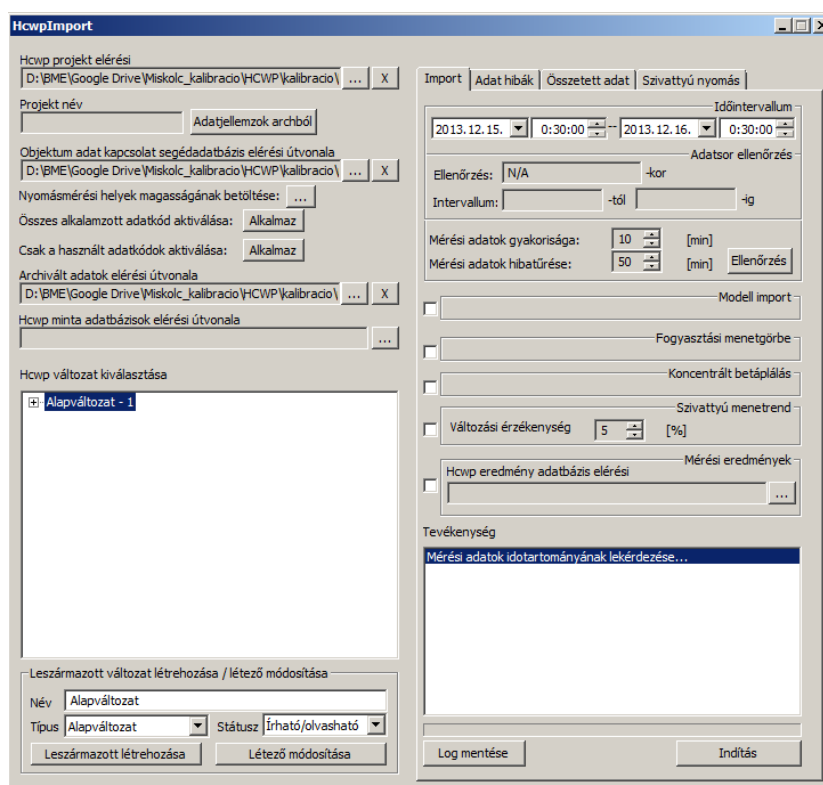
5. MÉRÉSI ADATOK IMPORTÁLÁSA

A HCWP hidraulikai modell és az archivált üzemeltetési adatok közötti kapcsolatot a HcwpImport segédsoftver jelenti. Ez végzi a szivattyúk menetrendjének számítását az archivált adatok alapján, a beállított zónákra előállítja a fogyasztási menetgörbét, illetve a szivattyú menetrendeket áttölti a HCWP modell által használt .hpr projekt fájlba.

A mérési adatsorok egy .hmd kiterjesztésű sqlite adatbázis fileba kerülnek, melynek a felépítése hasonló a HCWP szimulációs eredményfájljaihoz. A HCWP-ben lehetőség van összehasonlítani a szimulációs eredményeket az áttöltött mérési idősorokkal.

A programnak az alábbi bemeneti fájlokra van szüksége:

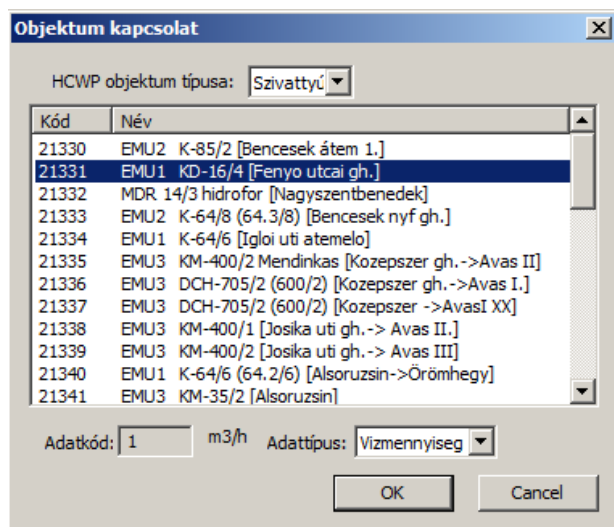
- Archivált adatok sqlite adatbázis fájlja [.db]
- Objektum-adat kapcsolat segédadatbázis file [.db]
- HCWP projekt file [.hpr]
- HCWP eredmény adatbázis (opcionális) [.hmd]



5.1. ábra: A HcwpImport szoftver kezelőfelülete

A rendelkezésre álló adatsorok között több kézi leolvasással lett előállítva, mely a kalibrációra alkalmazható adatsort nagy mértékben leszűkíti. A 3*24 órás intervallumban, melynél a mérések történtek (2013.12.18-2013.12.20) csupán a **2013.12.19-ei 00:00-23:59** időszak volt kellően folytonos ahhoz, hogy megbízható fogyasztási menetgörbét, és szivattyúmenetrendet lehessen előállítani.

5.1. HCWPIMPORT SZOFTVER BŐVÍTÉSE



5.2. ábra Objektum kapcsolat dialógusa

A kapcsolatot a mérési adatok és a hidraulikai modell között egy úgynevezett kapcsolati adatbázis írja le.

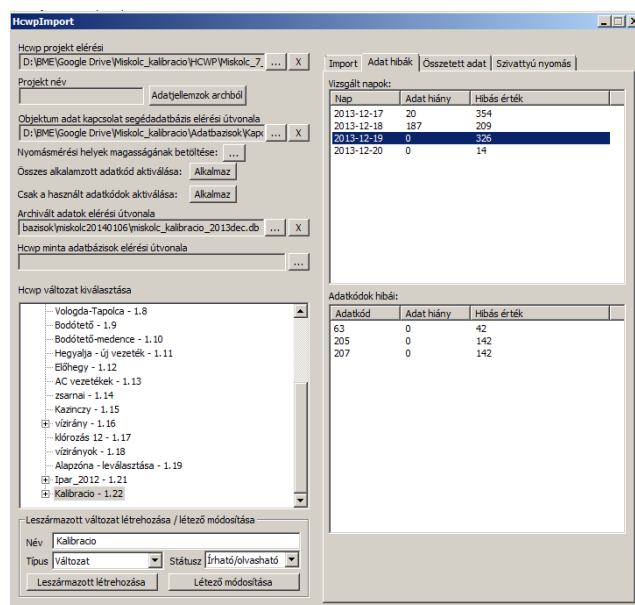
A kapcsolati adatbázis feltöltését megkönnyítendő, kiegészítettem a program kezelőfelületét olyan dialógusokkal, melyekkel meghatározható a HCWP objektum és a mérési adatsor közti kapcsolat, illetve annak a típusa is (5.2. ábra).

Jelenleg adatsort szivattyú „beépítési hely”, „medence” és „víztorony” típusú objektumhoz lehet kapcsolni. Az adattípust az archivált adatoknál megadott mértékegység alapján automatikusan felajánlja a program, azonban ezt utána tetszőlegesen lehet módosítani.

Létrehozásra került az adatsorok hitelességvizsgálatának eredményét kiértékelő fül is (5.3. ábra). Ennek célja annak a napnak a kiválasztása, melyben a legkevesebb az adathiány, illetve a hitelességi tartományon kívül elhelyezkedő érték.

Az adott nap kiválasztása esetén a program listázza a problémás adatsorokat, és a hibaesemények számát.

Állítható mind az archivált adatsorok mintavételi időköze, illetve a hibatűrési idő, melyen belül nem kezeli a program adathiánnak a kieső értékeket. Ennek köszönhetően jól paraméterezhető az adatsorok ellenőrzése.



5.3. ábra: Adathibák/Adathiányok megtekintése

Az utolsó ellenőrzés eredményeit, és időpontját az adatbázisban tárolja el, így az a következő indításkor is elérhető válik. Az archivált adatokat tartalmazó adatbázisból egy gombnyomással be lehet olvasni az adott adatkódhoz tartozó adatjellemzőket (minimális, és maximális érték, mértékegység stb.), melyeket ez után a kapcsolati adatbázis tárol.

Az importáló program bővült egy olyan funkcióval is, hogy a szivattyúk be- és kimenő nyomásértékeihez a mérőpont Balti feletti magasságának megadásával a program abszolút nyomásmagasságokat számít a csomópontra, mely a HCWP-ben megtekinthető grafikusban is (5.4. ábra).

Az adatkódokhoz tartozó nyomásmérők magasságát a főmenüben található gombbal lehet beolvasatni egy szöveges dokumentumból.

5.1.1. KUTAK KEZELÉSE

Az üzemirányító rendszer a szivattyúk pillanatnyi vízhozam értékeit rögzítik. Ahhoz, hogy a kutak betáplálása importálható lehessen a modellbe, a kút objektumokat helyettesíteni kell egy szivattyúval, és egy állandó vízszintű tározóval a szívó oldalon.

A kutakhoz tartozó szivattyúkat minden esetben „fix vízszállítás” módba kell állítani, hogy pontosan a mért vízhozam értékeket táplálják be a hálózatba.

5.2. KEZDETI ÉRTÉKEK BETÖLTÉSE

A szimulációk futtatásánál, fontos, hogy a tározók kezdeti vízszint értékei, illetve a szivattyúk kezdeti vízhozamai megegyezzenek a kalibrációs időszak értékeivel. Ezeket az értékeket kézzel beállítani hosszadalmas folyamat lenne, ezért ezt a HcwpImport „modellimport” funkciója automatikusan elvégzi, amennyiben az opció ki van pipálva.

Adatkód	Név
21330	EMU2 K-85/2 [Bencsek átem 1.]
21331	EMU1 KD-16/4 [Fenyő utcai gh.]
21332	MDR 14/3 hidrofor [Nagyszentbenedek]
21333	EMU2 K-64/8 (64.3/8) [Bencsek nyf gh.]
21334	EMU1 K-64/6 [Igloi uti atemelo]
21335	EMU3 KM-400/2 Mendinkas [Kozepszer gh.->Av...
21336	EMU3 DCH-705/2 (600/2) [Kozepszer gh.->Avas...
21337	EMU3 DCH-705/2 (600/2) [Kozepszer ->AvasI XX]
21338	EMU3 KM-400/1 [Josika uti dh.-> Avas II.]

Adatkód	Név	Magasság[mBf]
107	Kilepo nyomás II-zona [Josika]	210.34
108	Kilepo nyomás III-zona [Josika]	210.45
113	Belepo nyomás [Alsoruzsin]	172.71
114	Kilepo nyomás Mendikas fele [...]	173.27
115	Kilepo nyomás Felsoruzsin fele...	173.6
119	Kilepo nyomás [Felsoruzsin]	222.57
12	Belepo nyomás (atemelo gh.) ...	-1
123	Kilepo nyomás [oromhegy]	280.88
13	Kilepo nyomás (atemelo dh.) [...]	-1

Adatkód	Név	Magasság[mBf]
107	Kilepo nyomás II-zona [Josika]	210.34
108	Kilepo nyomás III-zona [Josika]	210.45
113	Belepo nyomás [Alsoruzsin]	172.71
114	Kilepo nyomás Mendikas fele [...]	173.27
115	Kilepo nyomás Felsoruzsin fele...	173.6
119	Kilepo nyomás [Felsoruzsin]	222.57
12	Belepo nyomás (atemelo gh.) ...	-1
123	Kilepo nyomás [oromhegy]	280.88
13	Kilepo nyomás (atemelo dh.) [...]	-1

5.4. ábra Nyomásmérési helyek magasságának megadása

5.3. FOGYASZTÁSI MENETGÖRBÉK SZÁMÍTÁSA

Amennyiben a HcwpImport kezelőfelületén az adott zónához megadjuk az ahhoz tartozó betáplálásokat, vízkivételeket illetve a medencékhez tartozó vízszinteket (vagy tárolt térfogatokat), a program kiszámítja a fogyasztási menetgörbét félóra részletességgel, és áttölti a zónához tartozó fogyasztási menetgörbe objektumba a HCWP-n belül.

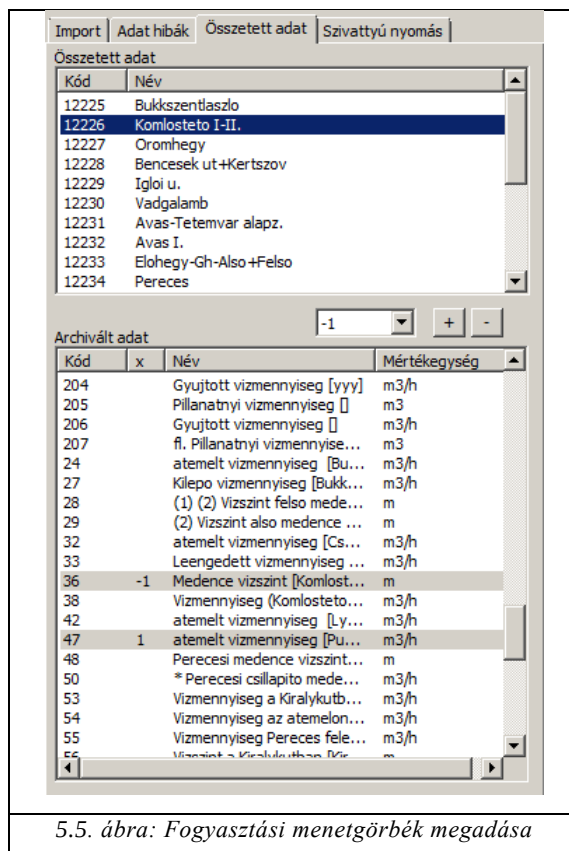
Fontos, hogy az előjelek helyesen legyenek megválasztva. A vízkivételnek negatív, míg a betáplálásnak a zóna szempontjából pozitív előjellel kell szerepelnie a kapcsolatok között.

A medence által tárolt térfogatra vonatkozó adatsoroknak (vízszint vagy tárolt térfogat) negatív előjellel kell szerepelnie a kapcsolatok között.

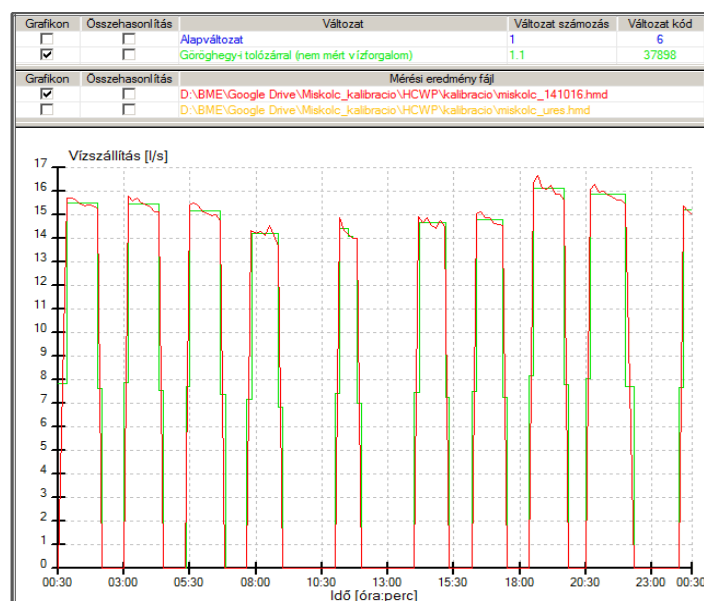
5.4. SZIVATTYÚ MENETRENDEK

A szivattyú menetrendek generálása történhet jelleggörbe alapján és fix vízszállítással is. A szivattyú jelleggörbe alapján történő számítás pontosabban közelíti a valós értékeket a szimuláció során, azonban a kalibráció kezdeti fázisában fix vízszállítási módban érdemes az adatokat importálni.

A változási érzékenység beállítása (mely alapesetben 5%) arra szolgál, hogy amennyiben az aktuális érték az előzőhöz képest a megadottnál nagyobb mértékben tér el, új időkapcsolás szabályozási bejegyzés kerül a szivattyú beépítési helyhez (5.6. ábra). Értelemszerűen, minél kisebb az érzékenység %-os értéke, annál részletesebb lesz a szimulációban alkalmazott szivattyú menetrend, és annál jobban fogja közelíteni a vízszállítás a mért értékek grafikonját.



5.5. ábra: Fogyasztási menetgörbék megadása



5.6. ábra: Szivattyú menetrend generálása mért értékek alapján

5.5. MÉRT ADATSOROK IMPORTÁLÁSA

Az archivált adatokat tartalmazó adatbázisból a HCWP által olvasható .hmd formátumba a „mérési eredmények” jelölő kipipálásával lehet elérni. Ehhez szükséges egy üres adatbázis fájl a megfelelő struktúrával. Ez az üres mintaadatbázis elérhető a HCWP főkönyvtárában.

A program az alábbi adattípusokat képes áttölteni a mérési eredmény adatbázisba:

- Medence vízszint [mBf]
- Medence tárolt térfogata [m³]
- Vízszállítás [l/s]
- Szívóoldali nyomás [mBf]
- Nyomó oldali nyomás [mBf]

A HCWP a mért értékekből egyértelműen származtatható adatokat is képes megjeleníteni.

5.5.1. MEDENCE VÍZSZINTEK

A medence vízszintek esetében a bemeneti értékek lehetnek tárolt térfogat [m³] és abszolút vízszint [mBf]. A típust az objektum adatkapcsolat megadó dialógusban kell kiválasztani. Alapértelmezett, ha meg van adva mértékegység az archivált adatok adat jellemzői között, a program felismeri azt, és felajánlja a hozzá tartozó adattípust.

Az importáláshoz szükség van a vonatkozó medence objektum kiválasztásához is, melyek listáját a HCWP-ből lekérdezi a HcwpImport, így mindig az aktuális objektumok közül lehet kiválasztani.

5.5.2. CSOMÓPONTI NYOMÁSOK

Csomóponti nyomásokat jelenleg a szivattyú beépítési helyek szívó, illetve nyomó oldali csomópontjához lehet betölteni a HCWP programba. A HCWP program a csomóponti nyomásokat a hasonlító sík feletti magasságként kezeli, ahol a hasonlító sík jellemzően a Balti-tenger szintje.

Ehhez képest a mért nyomás adatsorok mértékegysége: [bar]. Mivel a bar relatív nyomás és nem abszolút nyomás, ismerni kell a nyomásmérési pont geodéziai magasságát ahhoz, hogy a HCWP számára megfelelő mértékegységben tudjuk bevinni az adatokat.

5.5.3. SZIVATTYÚ VÍZSZÁLLÍTÁS

A szivattyúk vízszállításának alapértelmezett mértékegysége a [l/s]. A HCWP számára ilyen mértékegységben szükséges betáplálni a mérési adatokat, ahhoz, hogy összevethető legyen a programon belül a szimulációs eredményekkel.

Az archivált adatok között a szivattyúk vízszállítása [m^3/h] mértékegységgel szerepelnek. A váltószám a [l/s] és a [m^3/h] között 3,6, vagyis amikor visszafelé számoljuk [m^3/h]-ból [l/s]-ba, $1/3,6$ -tal kell megszorozni a mért értékeket.

6. MODELL KALIBRÁCIÓ

A hidraulikai modell kalibrálása elengedhetetlen ahhoz, hogy a szimulációk során kapott eredmények megbízhatók legyenek. A kalibráció során a cél, hogy a mérési adatsorokkal megegyezzenek a szimulációs eredmények. Amennyiben rendelkezésre áll független adatsor, úgy a kalibrált modellt ellenőrizni kell a független adatsorra.

Jelen esetben csupán egyetlen 24 órás időszak áll rendelkezésre, így a meghatározott pontosságok a kalibráció eredményére vonatkoznak és nem egy ellenőrző időszakra végzett szimulált és mért értékek kapcsolatára!

6.1. KALIBRÁLÁS METODIKÁJA

6.1.1. MEDENCE VÍZSZINTEK VIZSGÁLATA

A kalibrálás első fázisában a meghatározott zónák, és az azokhoz tartozó fogyasztási menetgörbék, illetve a kapcsolatok hitelességét vizsgáljuk. Ilyenkor a szivattyúkat „fix vízszállítású” módban érdemes futtatni, mivel a jelleggörbe szerinti számítást torzítanák a valóstól eltérő nyomásviszonyok.

Amennyiben a szimulációs értékek, és a mérési értékek 5%-nál kisebb eltérést mutatnak, abban az esetben a fogyasztási menetgörbék és szivattyú menetrendek hitelesnek tekinthetők. Ez jellemzően a hálózat perifériáján elhelyezkedő egyszerű kapcsolatokkal rendelkező ellennyomó medencés zónákra teljesül.

Előfordulhat azonban olyan eset, hogy a mérési és a szimulációs értékek nem egyeznek. Ilyenkor érdemes megvizsgálni a következő lehetőségeket:

- Nem mért vízforgalom (túlfolyás) van a két zóna között (pl.: Előhegyi zóna)
- A két zóna közötti vízforgalomra vonatkozó adatsorok valamelyike hibás
- Rosszul záródó visszacsapó szelep található a két zóna között
- Rosszul záródó tolózár található a két zóna között (pl.: Göröghegyi zónák)
- Amennyiben több medence is található a zónában, ezek között a nyomásveszteség nem egyezik a valós értékekkel (pl.: Alap zóna)

Kisebb pontatlanságok esetén érdemes a szivattyú menetrend generálását az alapértelmezett 5%-ról csökkenteni. Amennyiben nem mért túlfolyás található két zóna

között, nem lehet elkülöníteni a két zóna közötti túlfolyást a tényleges fogyasztástól, ezért az ismeretlen változót kiiktatandó elengedhetetlen a két zóna összevonása.

6.1.2. CSOMÓPONTI NYOMÁSOK VIZSGÁLATA

Abban az esetben, ha a 6.1.1-es fejezetben bemutatott eljárás után a mérésekből és a szimulációs eredményekből származó medence vízszintek kellő pontossággal egyeznek, a nyomászónákon belüli nyomásviszonyok vizsgálata a következő lépés.

Ahhoz, hogy jelleggörbe szerinti vezérléssel lehessen szimulációkat végezni a hidraulikai modellel, elsődleges cél, hogy a szivattyúk szívó és nyomó oldalán a szimuláció eredményeként kapott és a mért nyomás értékek megegyezzenek.

A miskolci hálózat esetében csupán a szivattyúk szívó és nyomó oldali nyomásai érhetők el, nincs a zónákon belül mérési hely. Utóbbi jelentősen növelhetné megkönnyítené a hálózat kalibrálás pontosságát.

Amennyiben nem egyeznek az értékek, az alábbi lehetőségek vizsgálata szükséges, hogy meg lehessen találni az eltérés okát:

- Magas szimulációs nyomó oldali nyomás:
 - A vezetékek geometriája hibás
 - A vezetékek tulajdonságai hibásak

A fenti hibák oka jellemzően a vezetékhálózat digitalizálása során vétett emberi hibák. Mivel ezek jellemzően csupán nagyon nagy nagyítás esetén látszanak, a geometriai hibák keresése hosszadalmas, és nehézkes feladat.

A geometriai hibák abban az esetben szembetűnőek, ha az a gerincvezetékek mentén található, hiszen ilyen esetben igen magas nyomásveszteségek jelentkeznek az ellennyomó medence és a zónát tápláló szivattyú nyomó oldali csomópontja között.

Ezt a keresési feladatot is megkönnyítendő, munkám részét képezte egy útvonaltervező algoritmus implementálása a HCWP nyomáshossz-szelvény kezelő funkciói közé (lásd:6.1.3 -as fejezet). Ennek az alkalmazásával könnyebben felderíthetők a vezetékek folytonossági hiányai a gerincvezetékek mentén.

A vezetékek geometriai hibáin kívül előfordulhat olyan eset, amikor a digitalizált vezeték belső átmérője nem felel meg a valós értéknek. Miskolc esetében a vezetékeket

jellemzően a vezeték anyagjelölésével, és a névleges átmérővel nevezték el. Egy összetett adatbázis-lekérdezéssel összevetettem a vezeték nevében szereplő vezetékátmérőt az attribútumként tárolt belső átmérővel. Amennyiben nem egyeztek, átállítottam a belső átmérő és a névleges átmérő arányára a nyomásfokozatot (ez egy általam nem használt tulajdonsága volt a vezetéknek, így ebben szabadon tárolhattam egyéb a vezetékekre vonatkozó információt). Fontos megjegyezni, hogy a műanyag vezetékek esetében a névleges átmérő a külső átmérő, vagyis ezekben az esetekben nem fog egyezni a két érték. Ennek megfelelően 20% hibatűrést tettem bele a lekérdezésbe. Ez alól egyedül a kpe-225-ös vezetékek képeznek kivételt, mivel ott a belső átmérő kevesebb, mint 80%-a a névleges átmérőnek a nagy falvastagság miatt.

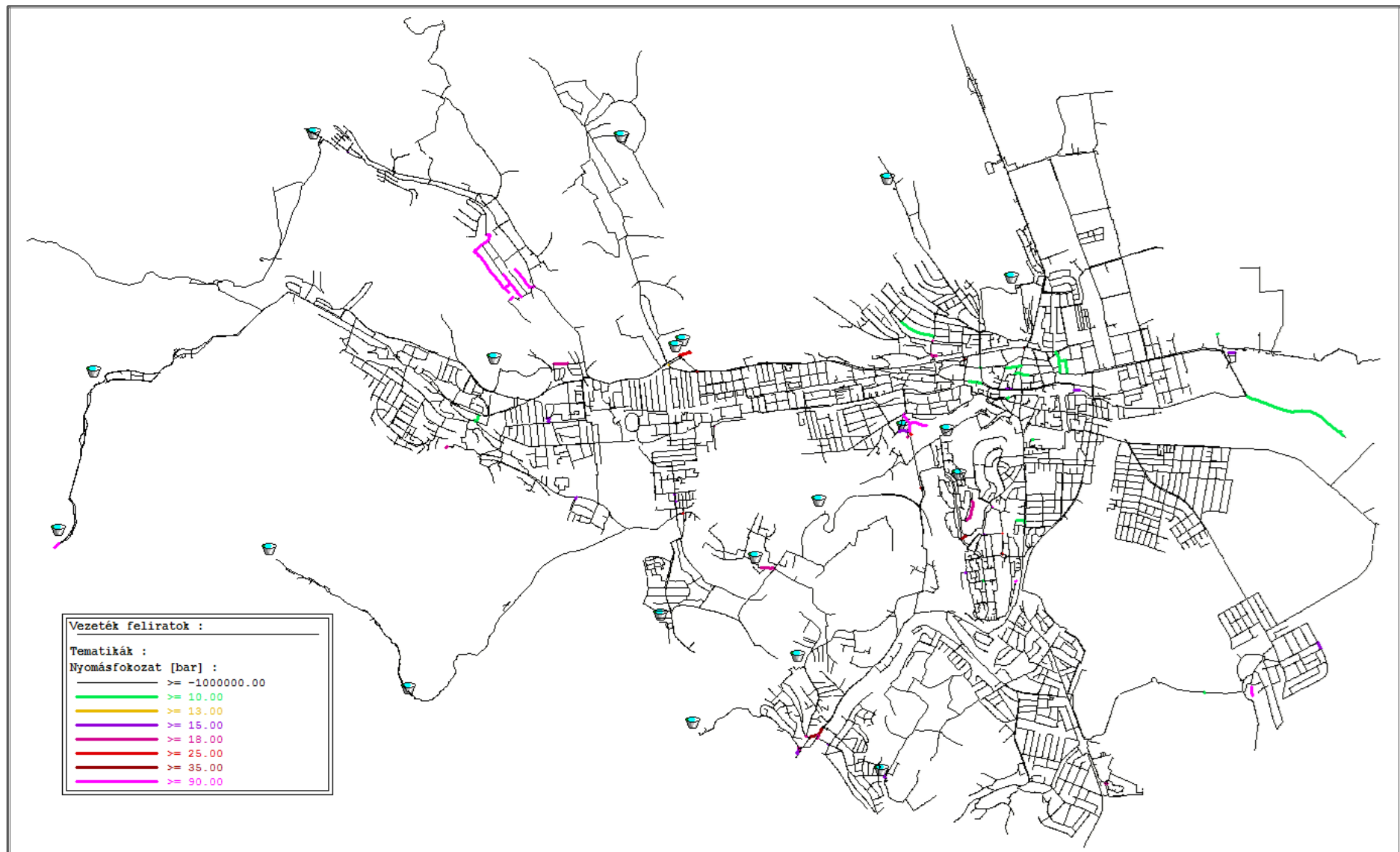
```
UPDATE Vezetek SET Nyomasfokozat=CAST(rtrim(
    SUBSTR(ltrim(vezetek_nev,
    '1234567890qwertyuiopasdfghjklzxcvbnmQWERTYUIOPASDFGHJKLZX
    CVBNMöüóóúéáűíöüóóúéáűí!#$$^&*()_+=`~[]\|{}|;:,.<>? '),2)
    , 'qwertyuiopasdfghjklzxcvbnmQWERTYUIOPASDFGHJKLZXCVBNMö
    üóóúéáűíöüóóúéáűí!#$$^&*()_+=`~[]\|{}|;:,.<>? -')
    AS REAL)*10/Belső_atmero WHERE
    CAST(rtrim(SUBSTR(ltrim(vezetek_nev,
    '1234567890qwertyuiopasdfghjklzxcvbnmQWERTYUIOPASDFGHJKLZX
    CVBNMöüóóúéáűíöüóóúéáűí!#$$^&*()_+=`~[]\|{}|;:,.<>? '),2)
    , 'qwertyuiopasdfghjklzxcvbnmQWERTYUIOPASDFGHJKLZXCVBNMö
    üóóúéáűíöüóóúéáűí!#$$^&*()_+=`~[]\|{}|;:,.<>? -') AS REAL)
    < 1500 AND CAST(rtrim(
    SUBSTR(ltrim(vezetek_nev,
    '1234567890qwertyuiopasdfghjklzxcvbnmQWERTYUIOPASDFGHJKLZX
    CVBNMöüóóúéáűíöüóóúéáűí!#$$^&*()_+=`~[]\|{}|;:,.<>? '),2)
    , 'qwertyuiopasdfghjklzxcvbnmQWERTYUIOPASDFGHJKLZXCVBNMö
    üóóúéáűíöüóóúéáűí!#$$^&*()_+=`~[]\|{}|;:,.<>? -')
    AS REAL)*0.8 > Belso_atmero;
```

6.1. ábra: A hibás átmérőjű vezetékek SQLite lekérdezése

Az sqlite lekérdezés eredményét tematikusan a 6.2. ábra tartalmazza. Az ismeretlen átmérőjű vezetékek magenta színnel lettek jelölve, hogy jól elkülöníthető legyen a hibás értékektől, hiszen ezek a vezetékek belső átmérő értékei nem feltétlen hibásak. A többi esetben a vezetéknevként szereplő átmérőt tekintettem valós értéknek. A „nyomásfokozat”,

mint paraméter INTEGER típusú, vagyis egész számok halmazán van értelmezve. Ebből kifolyólag, ha tört szám INTEGERként lesz tárolva, abban az esetben automatikusan a szám egészrészét veszi értéknek, és a tizedesjegy utáni rész, mint információ, elveszik. Ezt kiküszöbölendő, a névleges és a belső átmérő hányadosa be lett szorozva 10-zel, hogy az első tizedes jegy is értelmezve legyen.

Zöld színnel a korábban említett KPE-225-ös vezetékek vannak jelölve, melyek a hibahatáron kívül vannak, azonban a belső átmérő ez esetben valós értéket jelöl.



6.2. ábra: Hibás átmérőjű vezetékek

6.1.3. HCWP FEJLESZTÉSE: ÚTVONALKERESŐ ALGORITMUS IMPLEMENTÁLÁSA

A fejlesztés során a cél olyan útvonalkereső algoritmus volt, mely adott vezetékcsomópontok között képes megkeresni a legrövidebb útvonalat és megfelel az alábbi kritériumoknak:

- kezeljen párhuzamos éleket
- súlyozott gráfban keresse a legrövidebb súlyú útvonalat
- a súlyfüggvény több paramétert is kezeljen
- kezeljen irányított és irányítatlan gráfokat egyaránt
- hatékony legyen „ritka” gráfok esetén
- hatékony legyen egy hidraulikai modell nagyságrendjében

A kiválasztott eljárás a Dijkstra algoritmus Boost C++ implementációja⁷ lett, mely a fenti paramétereknek mind megfelel és a futási ideje 10.000 csomópontot tartalmazó gráfok esetén ezred másodperc nagyságrendű.

Jellemzően a hidraulikai modellek vezetékei alkotta gráfok „ritka” gráfnak tekinthetők. A gráfok sűrűségét az alábbi formulával határozhatjuk meg:

$$d = \frac{e}{n^2}$$

ahol:

- d: gráf sűrűsége
- e: élek száma
- n: csúcsok száma

A kapcsolati mátrixok abban az esetben hatékonyak, ha $d > 1/64$. A miskolci hálózat esetében ez az érték $1/10.000$, vagyis memória felhasználás szempontjából hatékonyabb, ha nem kapcsolati mátrixszal, hanem éllistában (adjacency list) tároljuk a kapcsolatokat.

Az adott élek súlyának meghatározásához azonban saját súlyfüggvény alkalmazása mellett döntöttem, mely általánosan az alábbi alakban írható le:

⁷ (3)

$$W_i = \left(C_1 - \frac{p_{1,i}}{p_{1,max}} \right) * \dots * \left(C_n - \frac{p_{n,i}}{p_{n,max}} \right) * l$$

ahol:

- W_i : i-edik vezeték súlya
- C_n : az n-edik paraméter
- $p_{n,i}$: az i-edik vezeték n-edik paramétere
- $p_{n,max}$: n-edik paraméter
- l : a vezeték hossza [m]

Az alapértelmezett súlyfüggvény az útvonalkeresés során:

$$W_i = \left(2 - \frac{D_i}{D_{max}} \right) * l$$

ahol:

- W_i : i-edik vezeték súlya
- l : a vezetékszakasz hossza [m]
- D_i : i-edik vezeték belső átmérője
- D_{max} : maximális belső átmérő a változatban

Az általam alkalmazott súlyfüggvény gyakorlatban azt jelenti, hogy az útvonalkeresés során az algoritmus dupla súlyt ad a legkisebb átmérőjű vezetékhez képest az adott változatban található maximális belső átmérőjű vezetéknek. Ennek megfelelően az útvonal jellemzően a gerincvezetékek mentén fog haladni.

Az útvonal megadása során tetszőleges számú pontot meg lehet adni, melyeken az algoritmus kiválasztási sorrendben halad végig. Ahhoz, hogy a hossz-szelvény egyértelműen meghatározható és ábrázolható legyen elengedhetetlen, hogy egy vezetékszakasz csak egyszer szerepelhessen. Ezt legegyszerűbben úgy lehet biztosítani, ha az útvonalkeresés „felégeti maga után” a legrövidebb útvonalat. Ennek megfelelően a Dijkstra algoritmust minden hossz-szelvény szakaszra le kell futtatni, mely ront a hatékonyságon. E nélkül a feltétel nélkül elég lenne csupán minden második csomópontra elvégezni az útvonalkeresést, hiszen minden köztes pontból lehet „előre” és „hátra” is nézni.

Hossz-szelvények kezelése

Álap->Vadgalamb
Proba
Ruzsin->Örömhegy

Hossz-szelvény név :
Ruzsin->Örömhegy 37934

Vezetékek :

	Név	Kód	Megnevez
1	kmpvc-160	29390	
2	kmpvc-160	29383	
3	kmpvc-150	29126	
4	kmpvc-160	29346	
5	kmpvc-160	29319	

Vezetékek megadása a rajzon A rajzon kijelölt vezetékek átvétele

Útvonal pontok megadása a rajzon Útvonal generálás

☐ Lezárt objektumok kihagyása

Összes vezetékek törlése

Vég csomópontok :

	Csomópont név	Csomópont kód	K.csp
1	29389	29389	☒
2	29394	29394	☐

Elágazó csomópontok :

	Csomópont név	Csomópont kód
--	---------------	---------------

Hozzáadás Javítás Törlés

Kilépés

6.3. ábra: Hossz-szelvények kezelése HCWP-ben

Lehetőség van továbbá az útvonalkeresés során a lezárt vagy 0.0 vízszállítású objektumok figyelmen kívül hagyására. Alapértelmezetten ez a funkció ki van kapcsolva, vagyis az útvonalkeresés zónákon keresztül is lehetséges.

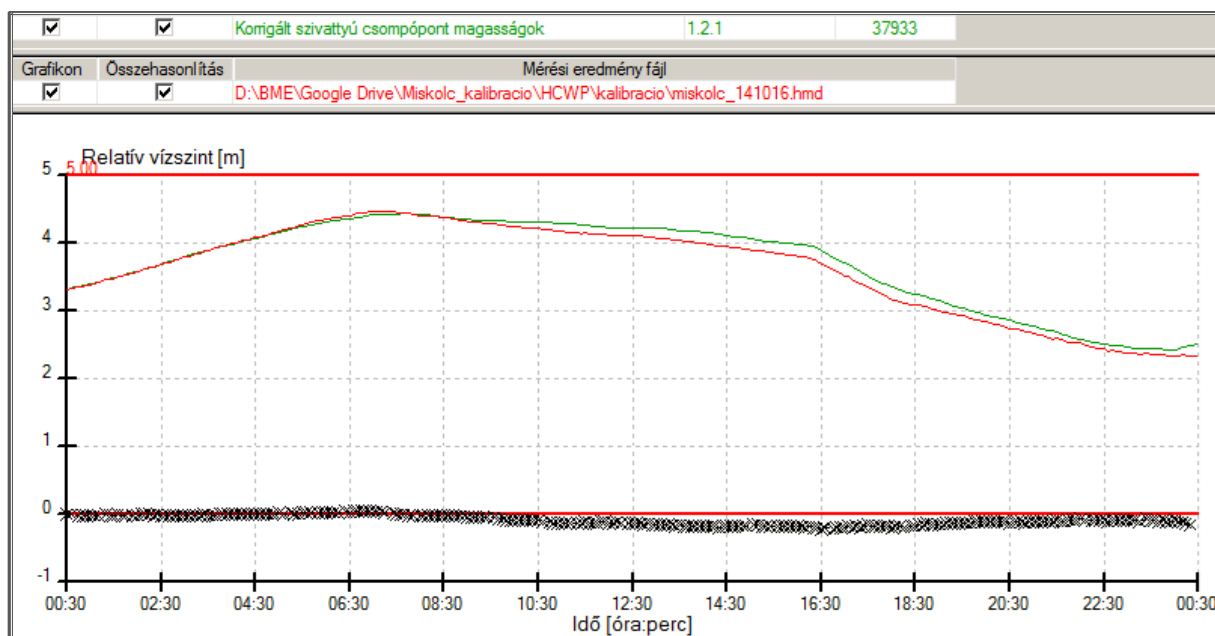
Amennyiben a generált útvonal nem megfelelő, lehetőség van kézzel módosítani hossz-szelvényt, az eddig alkalmazott módon.

6.2. HIDRAULIKAI MODELL KALIBRÁCIÓJA

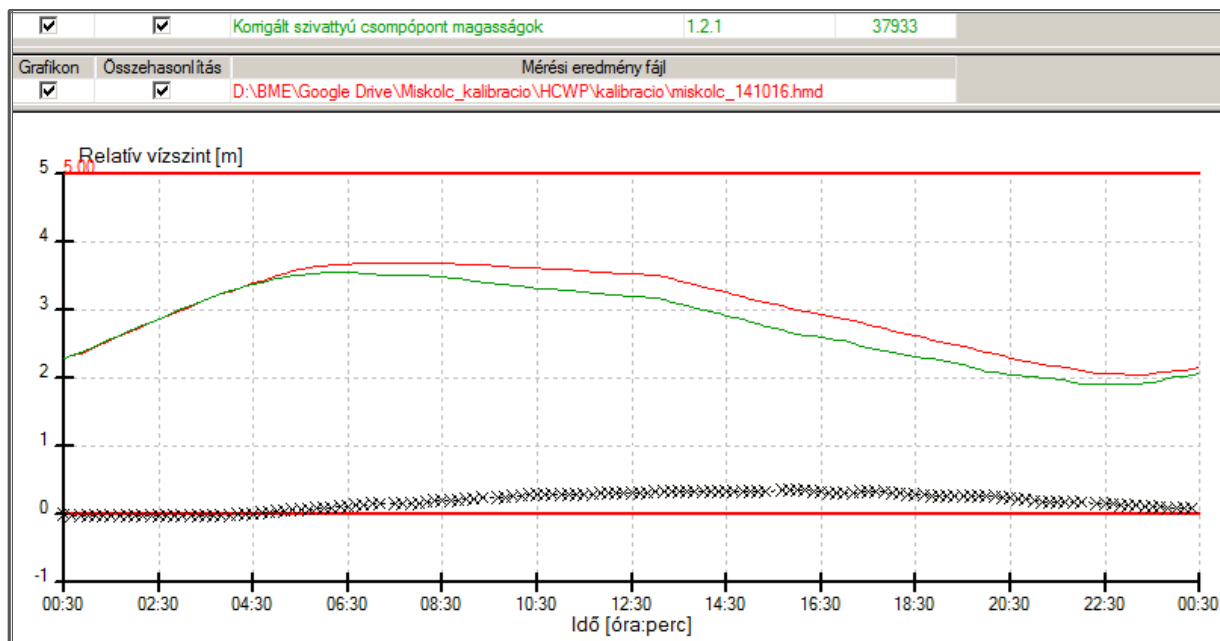
6.2.1. ALAP ZÓNA

Az Avas régi medencék és a Tetenvári medencék esetében látható, hogy a két medence által tárolt térfogat nem pontosan felel meg a mérési értékeknek. Ezt nagy valószínűséggel a modellben a két medence közötti, a valósnál nagyobb nyomásveszteség okozza. Bár hibahatáron belül van az eltérés, ennek kiküszöbölésére továbbra vizsgálatokra van szükség.

Egy, a két medence közötti gerincvezetéken elhelyezett nyomásmérő nagyban megkönnyítené a későbbiekben a modell kalibrációját.



6.4. ábra: Avas régi medencék mért és szimulációs relatív vízszint

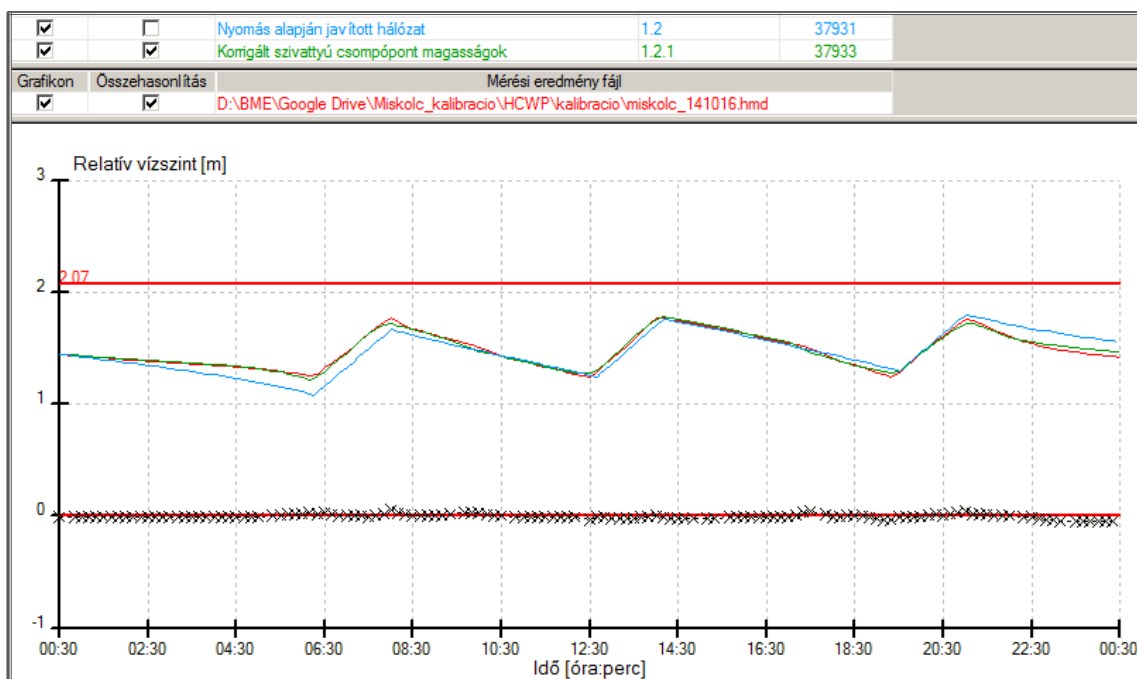


6.5. ábra: Tetemvári medencék mért és szimulációs relatív vízszint

Fogyasztási körzet	Alap	
	Avas régi medencék	Tetemvári medence
Tárolt térfogat [m ³]	4500	5000
Relatív túlfolyószint [m]	5,00	5,00
Hiba szórása	0,0731	0,1286
Átlagos hiba [m]	-0,0773	0,1977
Átlagos hiba [%]	1,55%	3,95%

6.1. táblázat: Kalibráció pontossága Alap zóna medencéinek vízszintje alapján

6.2.2. ÁROK UTCA

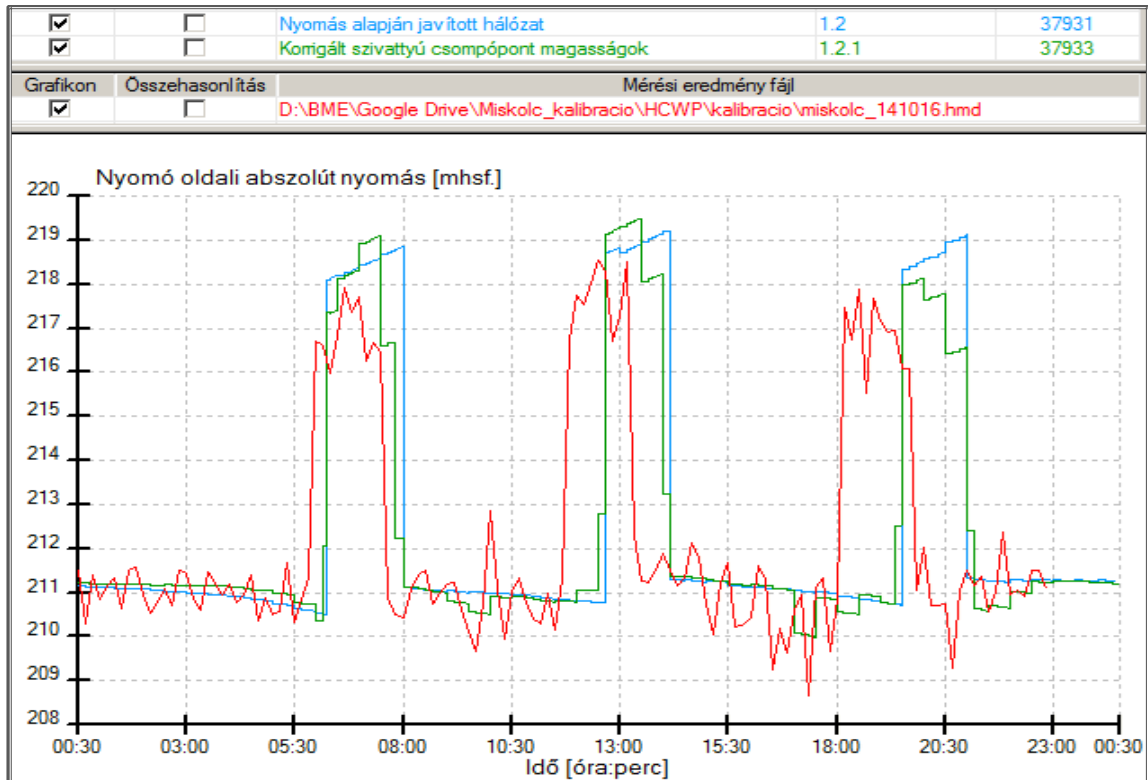


6.6. ábra: Árok utcai medence mért és szimulációs relatív vízszint

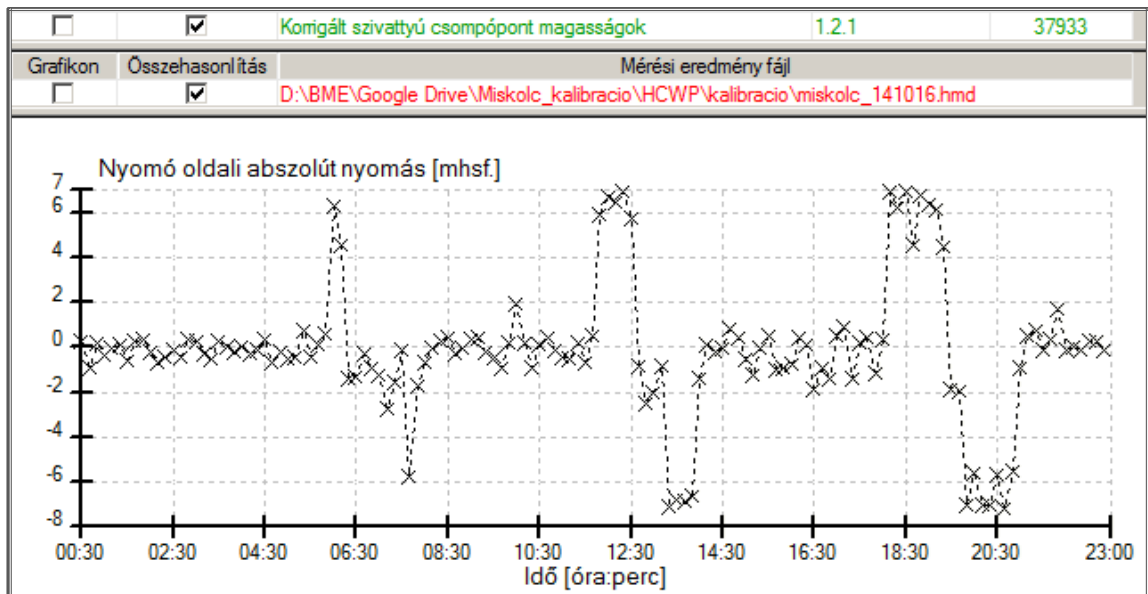
Fogyasztási körzet	Árok utca
Medence név	Árok utcai medence
Tárolt térfogat [m ³]	50
Relatív túlfolyószint [m]	2,07
Hiba szórása	0,0185
Átlagos hiba [m]	-0,0017
Átlagos hiba [%]	0,08%

6.2. táblázat: Kalibráció pontossága Árok utca medence vízszintje alapján

Az Árok utcai zóna esetében a szivattyú menetrend a ki- és bemenő nyomások különbsége alapján lett generálva, mivel mért vízszállítás idősor nem állt rendelkezésre. Jól látható a 6.6. ábraán, hogy míg a kézzel jelölt görbe esetén a Göröghegy-alsó zóna fogyasztási görbét alkalmaztuk, így nem is illeszkedett olyan pontosan, mint a zöld görbe esetén, ahol már csupán az árok utcai medence és a szivattyú jelleggörbe alapján számolt vízforgalmát felhasználva számítottuk ki a fogyasztási menetgörbét.

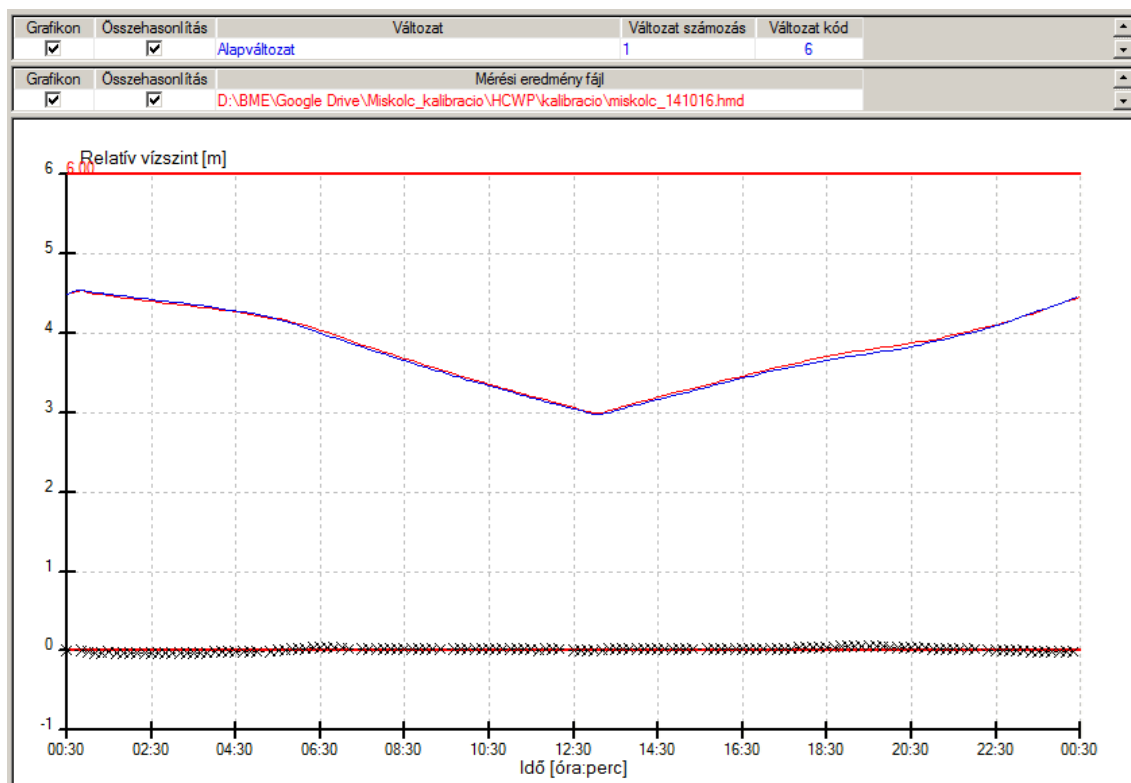


6.7. ábra: Alap-> Árok utca szivattyú nyomó oldali nyomása



6.8. ábra: Alap-> Árok utca mérési és szimulált nyomás különbsége

6.2.3. AVAS I. ZÓNA

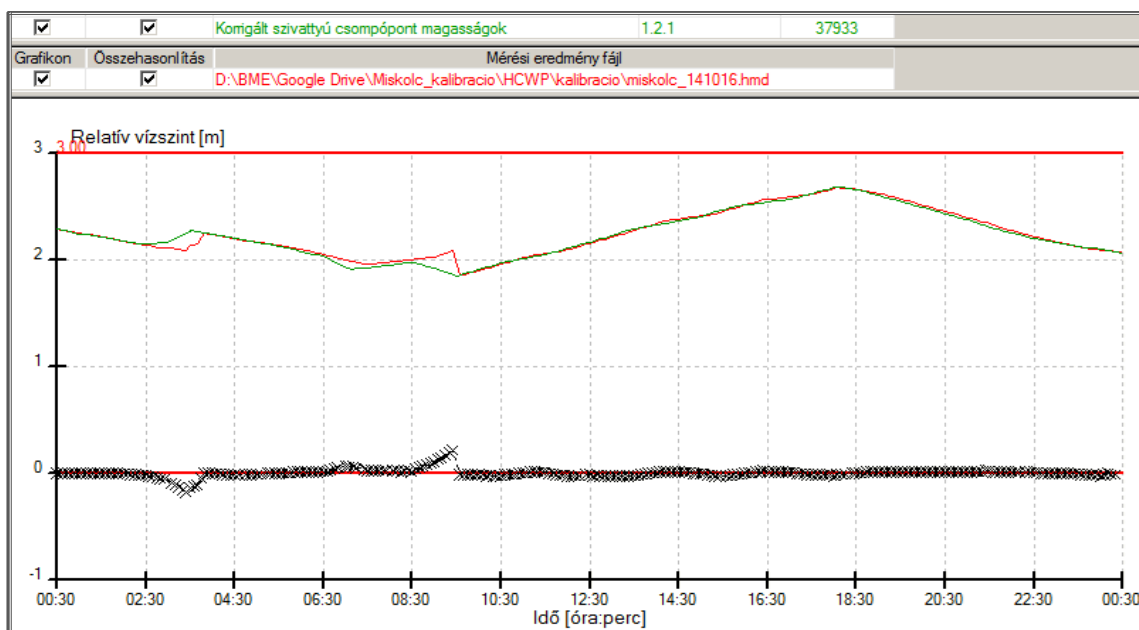


6.9. ábra: Jósika medence mért és szimulációs relatív vízszint

Fogyasztási körzet	Avas I.
Medence név	Jósika medence
Tárolt térfogat [m³]	4000
Relatív túlfolyószint [m]	5,70
Hiba szórása	0,0224
Átlagos hiba [m]	0,0175
Átlagos hiba [%]	0,31%

6.3. táblázat: Kalibráció pontossága Jósika medence vízszintje alapján

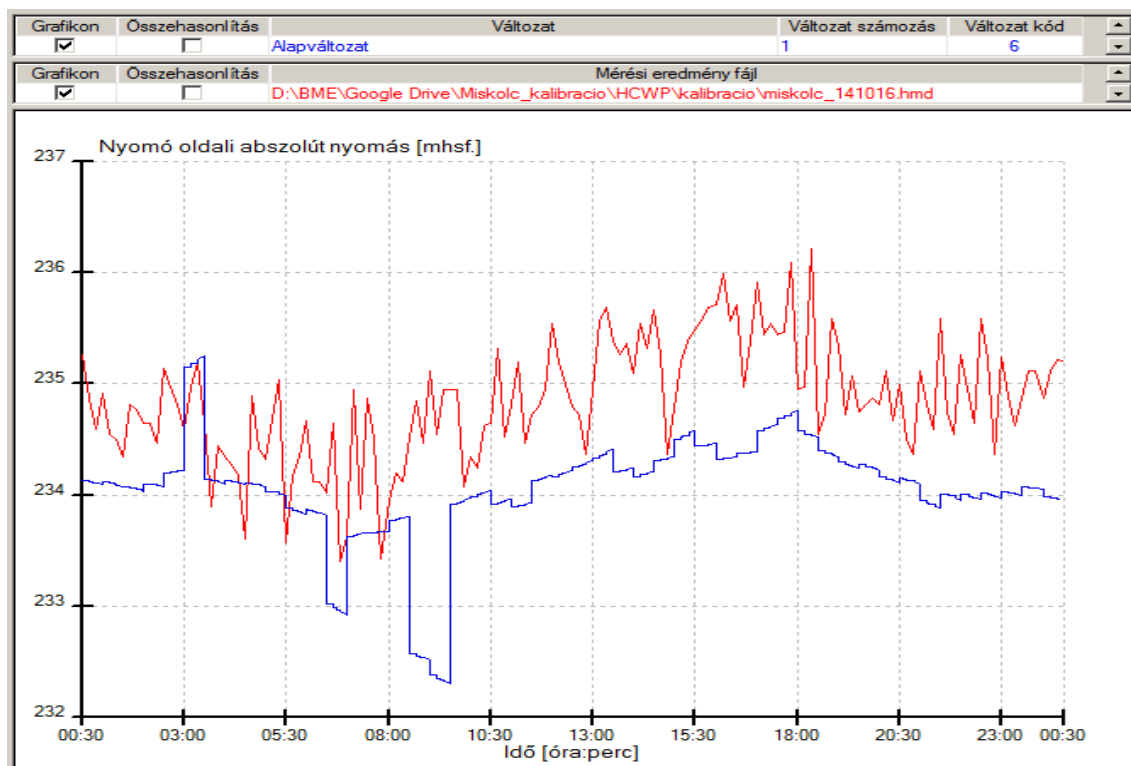
6.2.4. AVAS II. ZÓNA



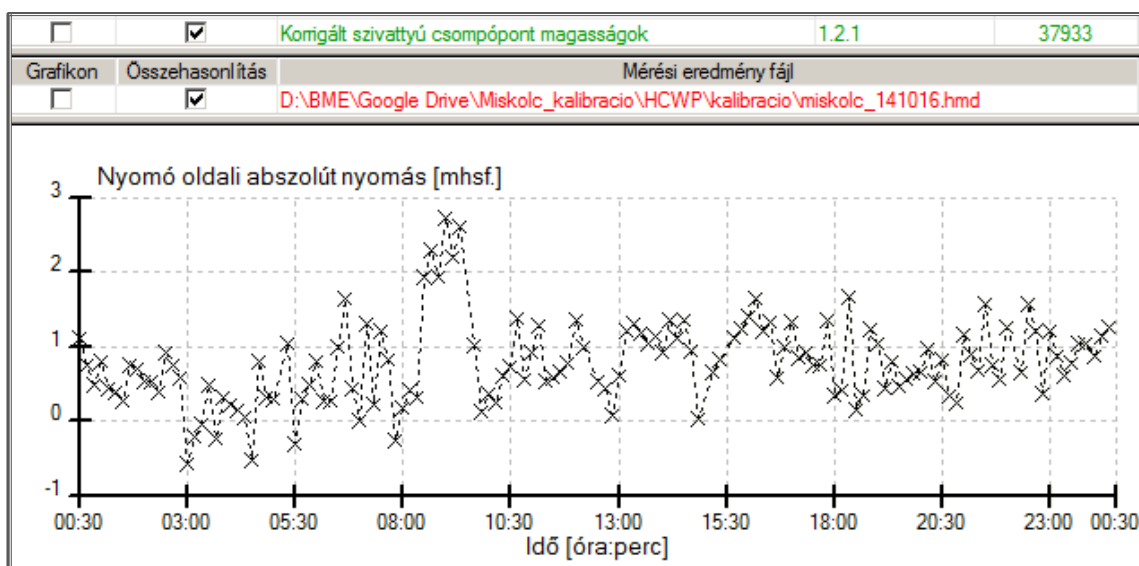
6.10. ábra: Mendikás medence mért és szimulációs relatív vízszint

Fogyasztási körzet	Avas II.
Medence név	Mendikás medence
Tárolt térfogat [m³]	2500
Relatív túlfolyószint [m]	3,00
Hiba szórása	0,0378
Átlagos hiba [m]	0,0076
Átlagos hiba [%]	0,25%

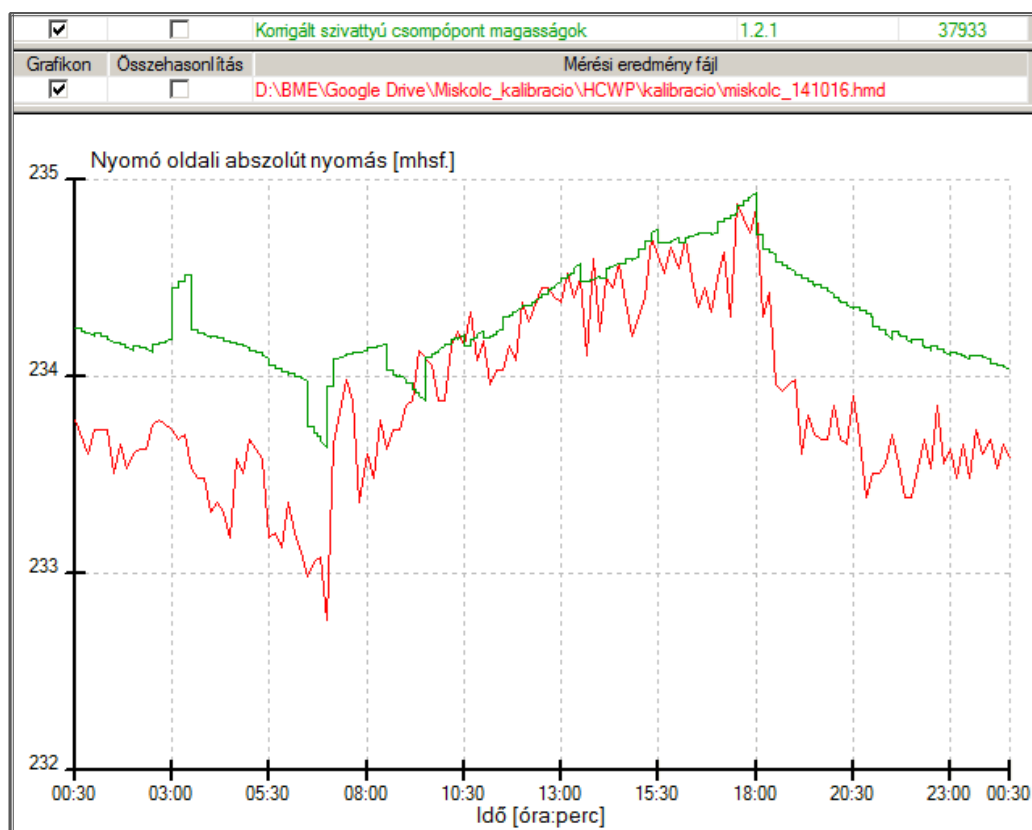
6.4. táblázat: Kalibráció pontossága Mendikás medence vízszintje alapján



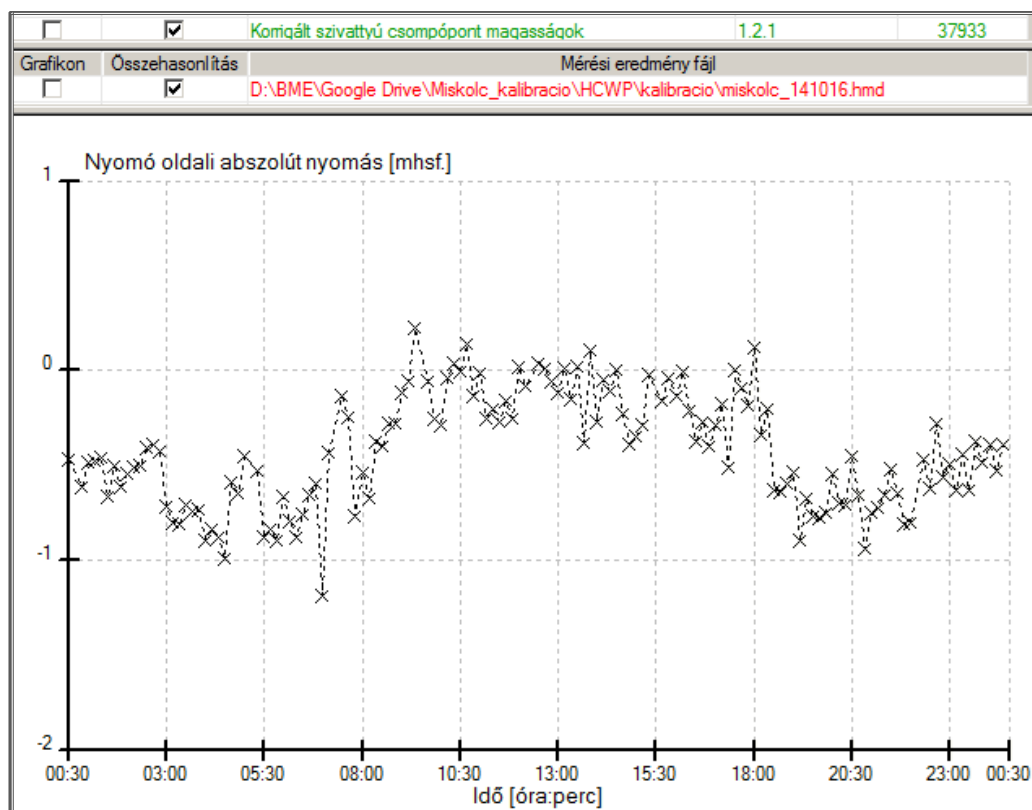
6.11. ábra: Alap-> Avas II. [Középszer] nyomó oldali nyomása



6.12. ábra: Alap-> Avas II. [Középszer] mérési és szimulált nyomás különbsége



6.13. ábra: Alap-> Avas II. [Alsóruzsín] nyomó oldali nyomása

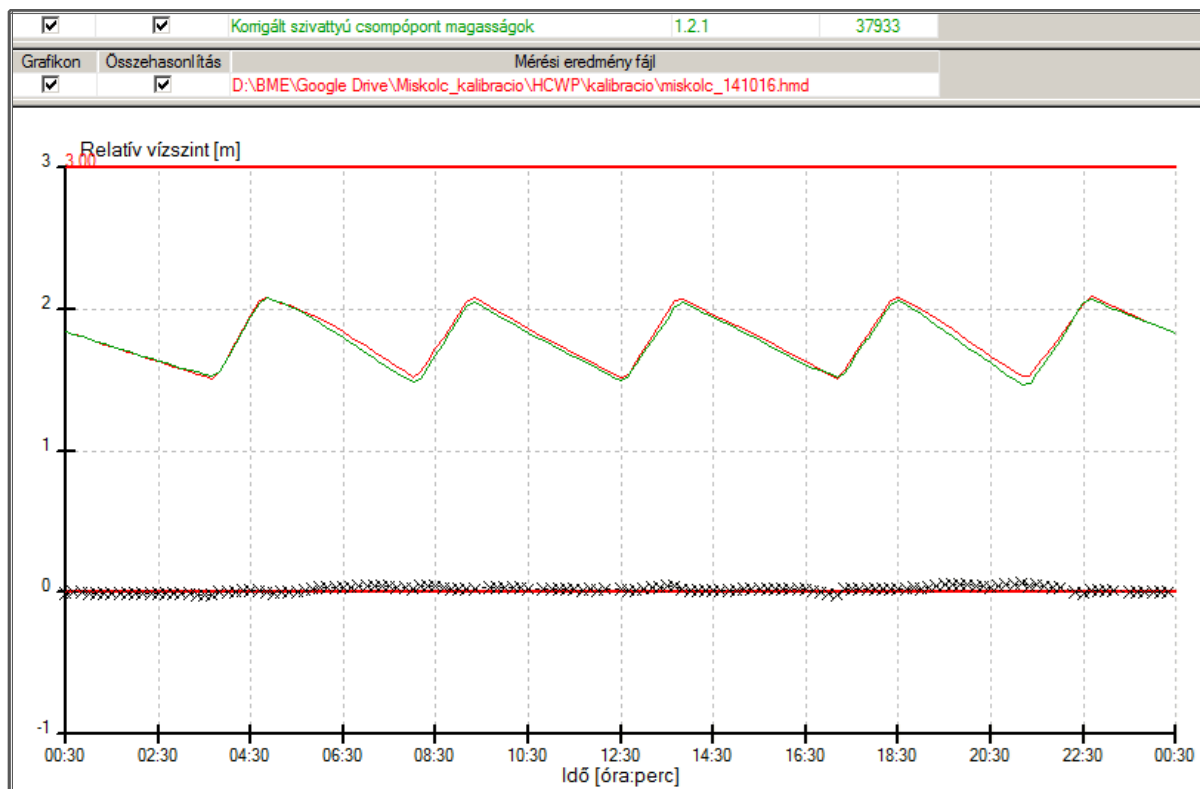


6.14. ábra: Alap-> Avas II. [Alsóruzsín] mérési és szimulált nyomás különbsége

6.2.5. AVAS III. ZÓNA

Mivel az Avas III. zóna nyomásfokozott üzemben van ellátva ivóvízzel, értelemszerűen a medence vízszintek ellenőrzésére nincs lehetőség.

6.2.6. BENCÉSEK ZÓNA



6.15. ábra: Bencések úti medence mért és szimulációs relatív vízszint

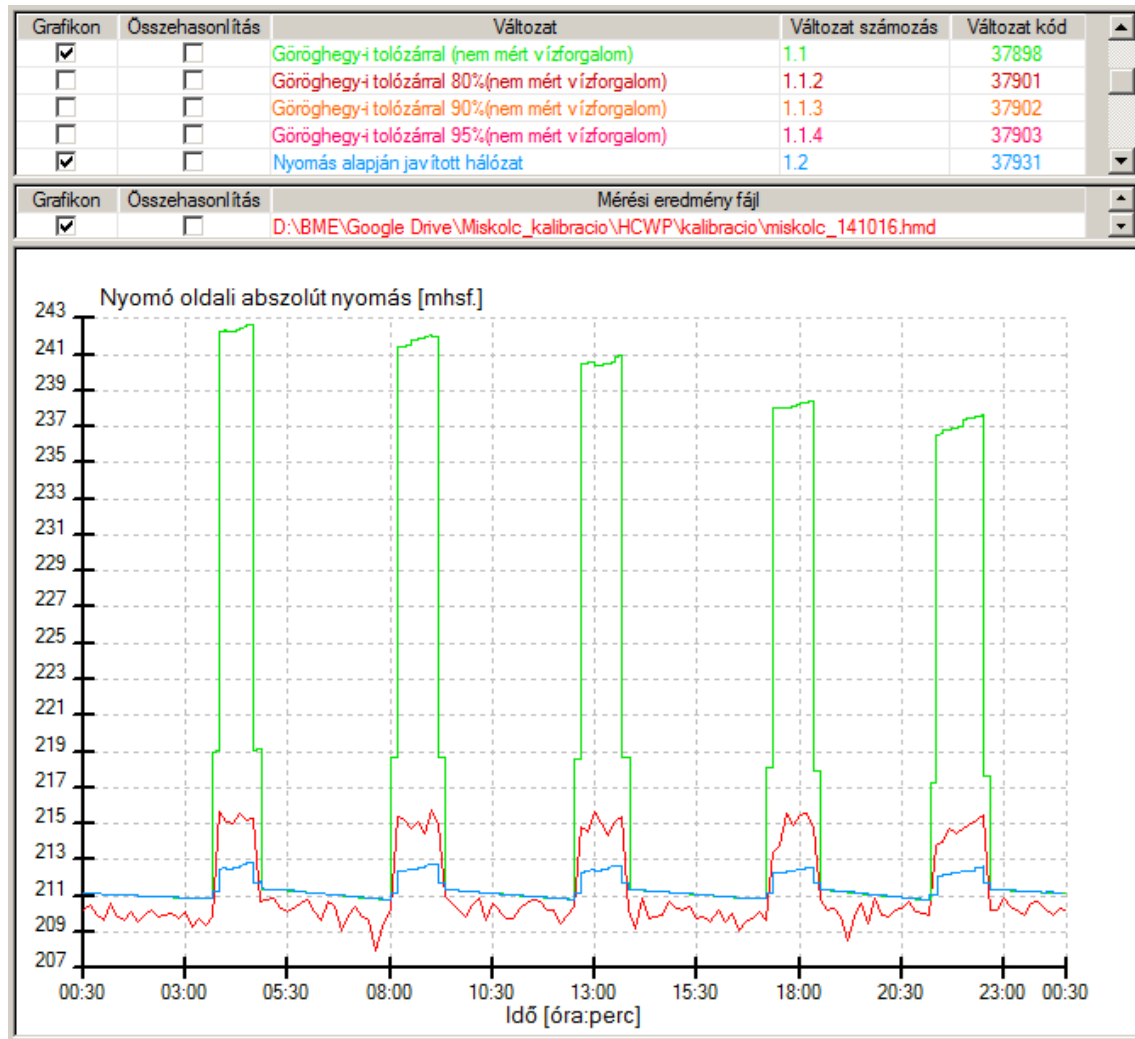
Fogyasztási körzet	Bencések
Medence név	Bencések u. medence
Tárolt térfogat [m ³]	150
Relatív túlfolyószint [m]	3,00
Hiba szórása	0,0188
Átlagos hiba [m]	0,0224
Átlagos hiba [%]	0,75%

6.5. táblázat: Kalibráció pontossága Bencések utcai medence vízszintje alapján

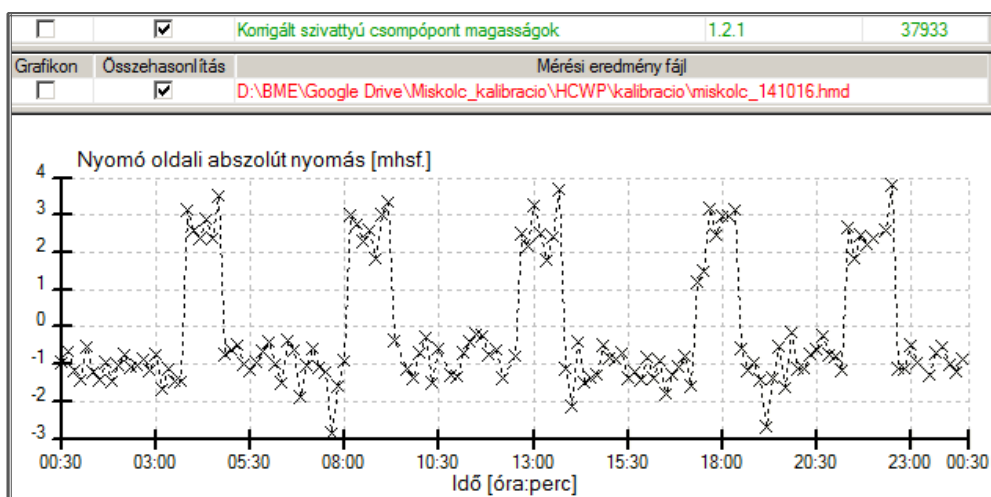
Az 6.16. ábra jól mutatja, hogy a szimulált emelőmagasság jóval nagyobb a mértnél. Ennek oka a szivattyú és a tározó közötti nagy nyomásvesztés. A nyomáshossz-szelvényen

jól látszik a problémás szakasz, mely DN80-as vezeték volt a gerincvezeték helyett, mely DN160-as (6.18. ábra).

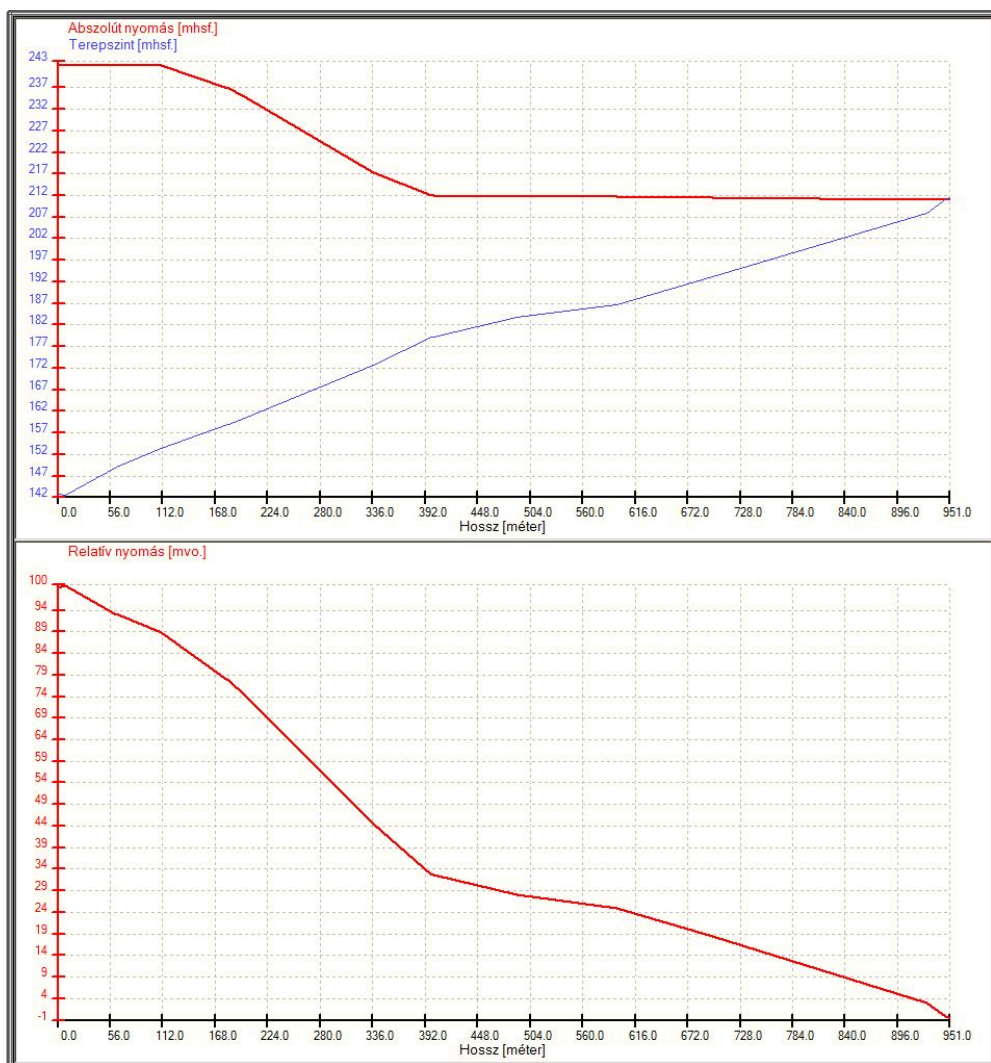
A hiba javítása utáni nyomó oldali nyomásmagasságokat az 6.16. ábra kékkel jelölt görbéje mutatja.



6.16. ábra: Alap->Bencések szivattyú nyomó oldali nyomása

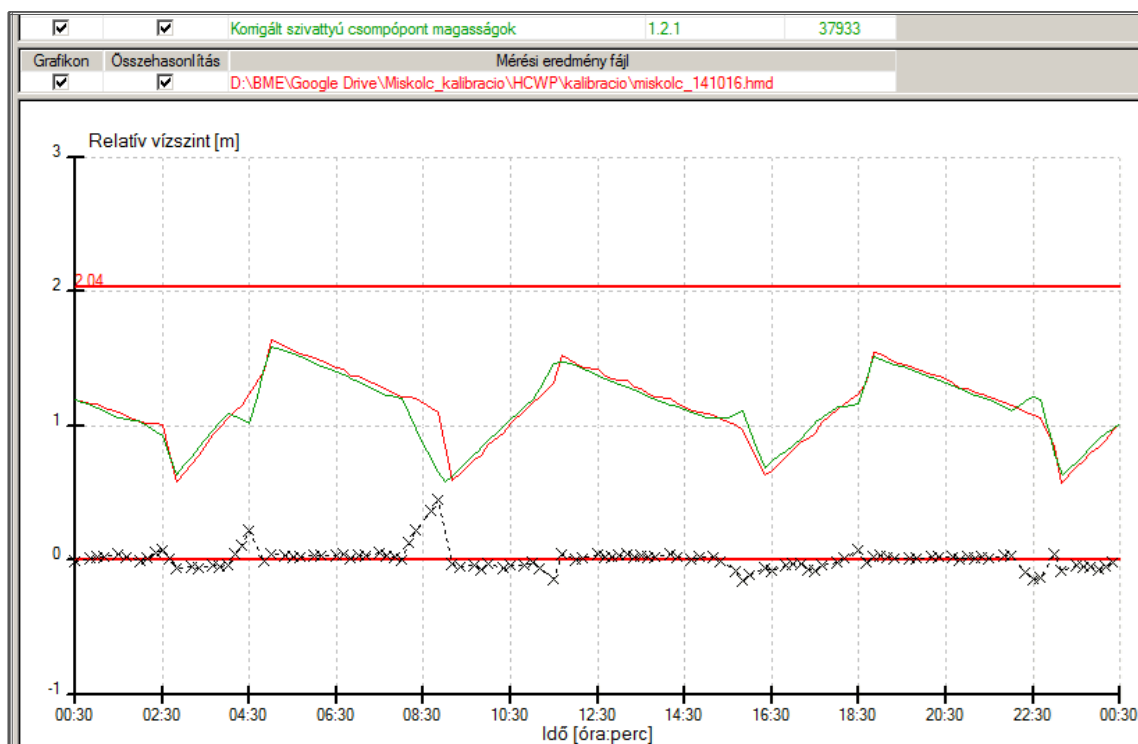


6.17. ábra: Alap-> Bencések mérési és szimulált nyomás különbsége



6.18. ábra: Bencések gépház->Bencések medence útvonal nyomáshossz-szelvénye

6.2.7. BÜKKSZENTLÁSZLÓ I.

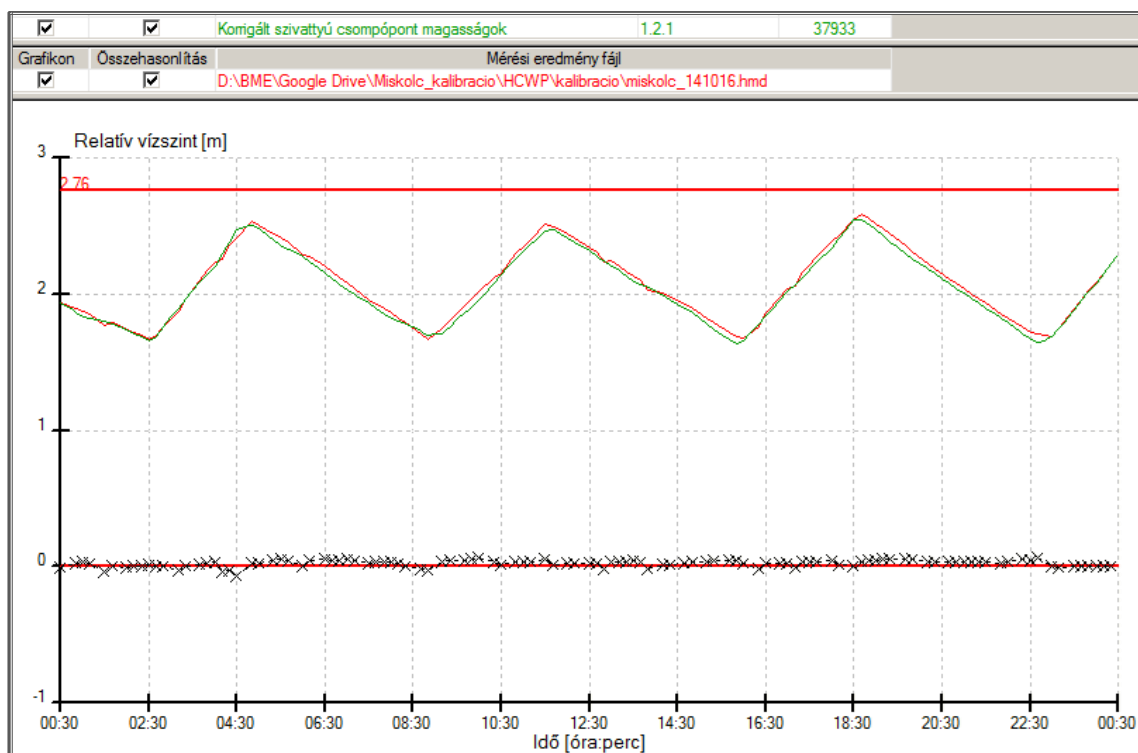


6.19. ábra: Fő utcai 10 m³-es medence mért és szimulációs relatív vízszint

Fogyasztási körzet	Bükkszentlászló I.
Medence név	Fő utcai medence
Tárolt térfogat [m ³]	10
Relatív túlfolyószint [m]	2,04
Hiba szórása	0,0800
Átlagos hiba [m]	0,0097
Átlagos hiba [%]	0,48%

6.6. táblázat: Kalibráció pontossága Fő utcai medence vízszintje alapján

6.2.8. BÜKKSZENTLÁSZLÓ II.

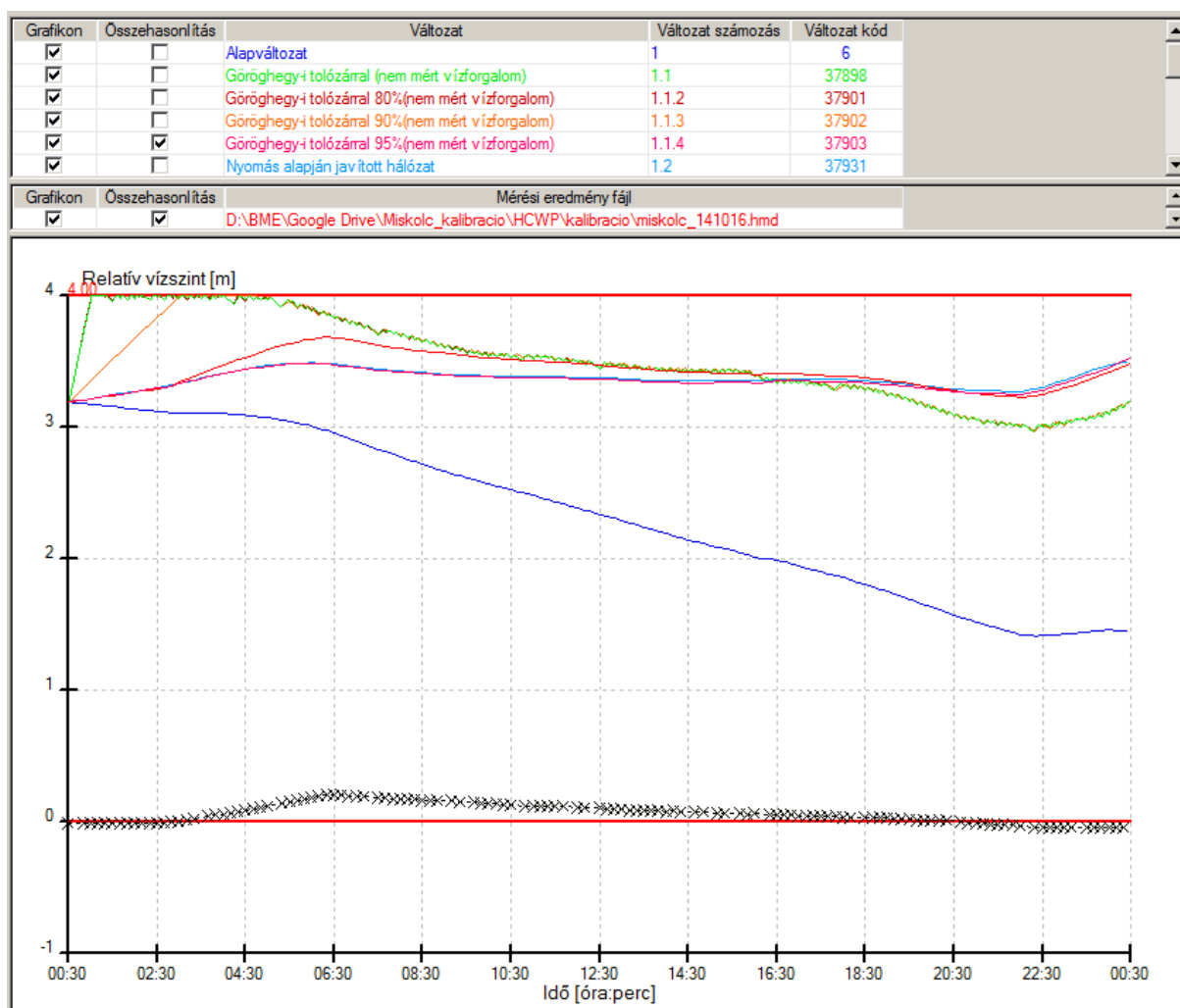


6.20. ábra: Bükk-szentlászlói medence mért és szimulációs relatív vízszint

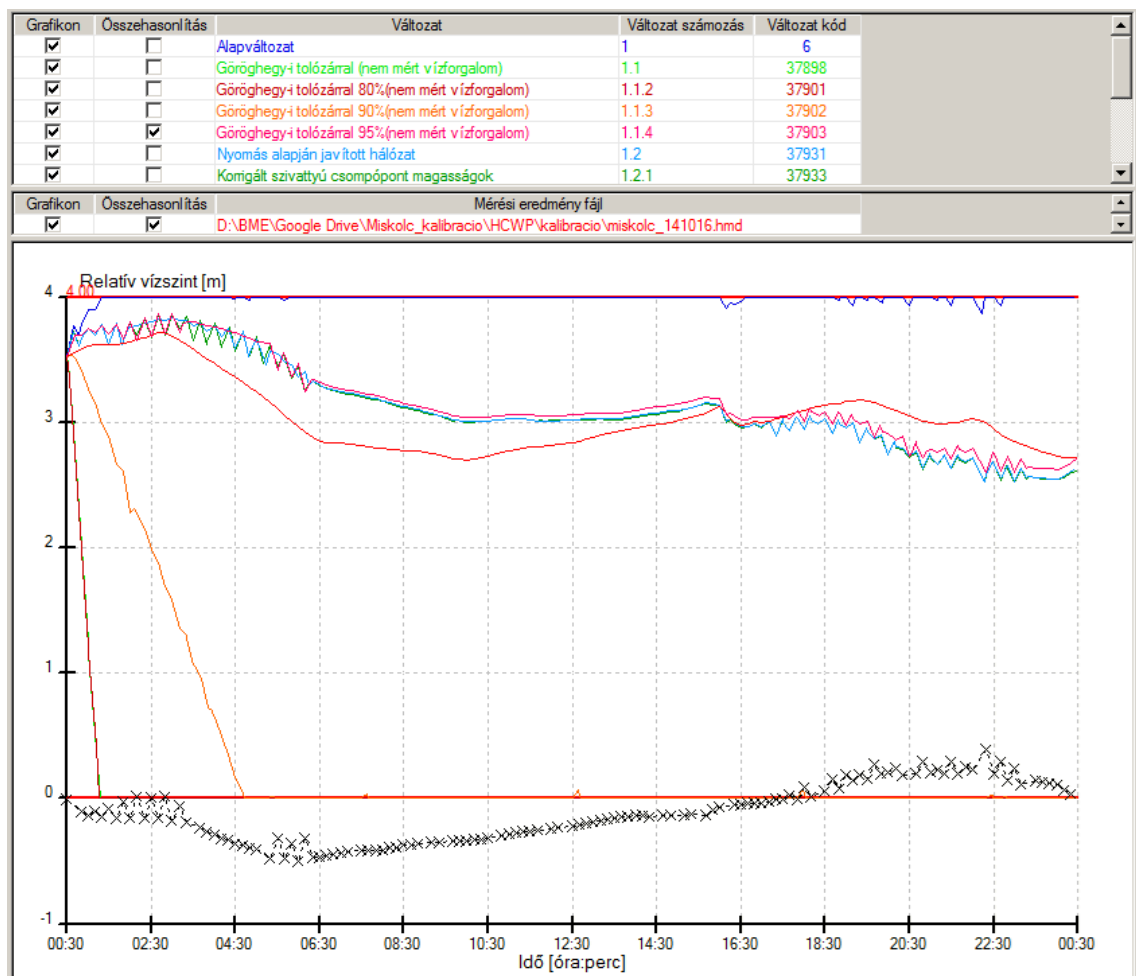
Fogyasztási körzet	Bükk-szentlászló II.
Medence név	Bükk-szentlászlói medence
Tárolt térfogat [m ³]	50
Relatív túlfolyószint [m]	2,76
Hiba szórása	0,0241
Átlagos hiba [m]	0,0259
Átlagos hiba [%]	0,94%

6.7. táblázat: Kalibráció pontossága Bükk-szentlászlói medence vízszintje alapján

6.2.9. ELŐHEGYI-GÖRÖGHEGYI ZÓNA



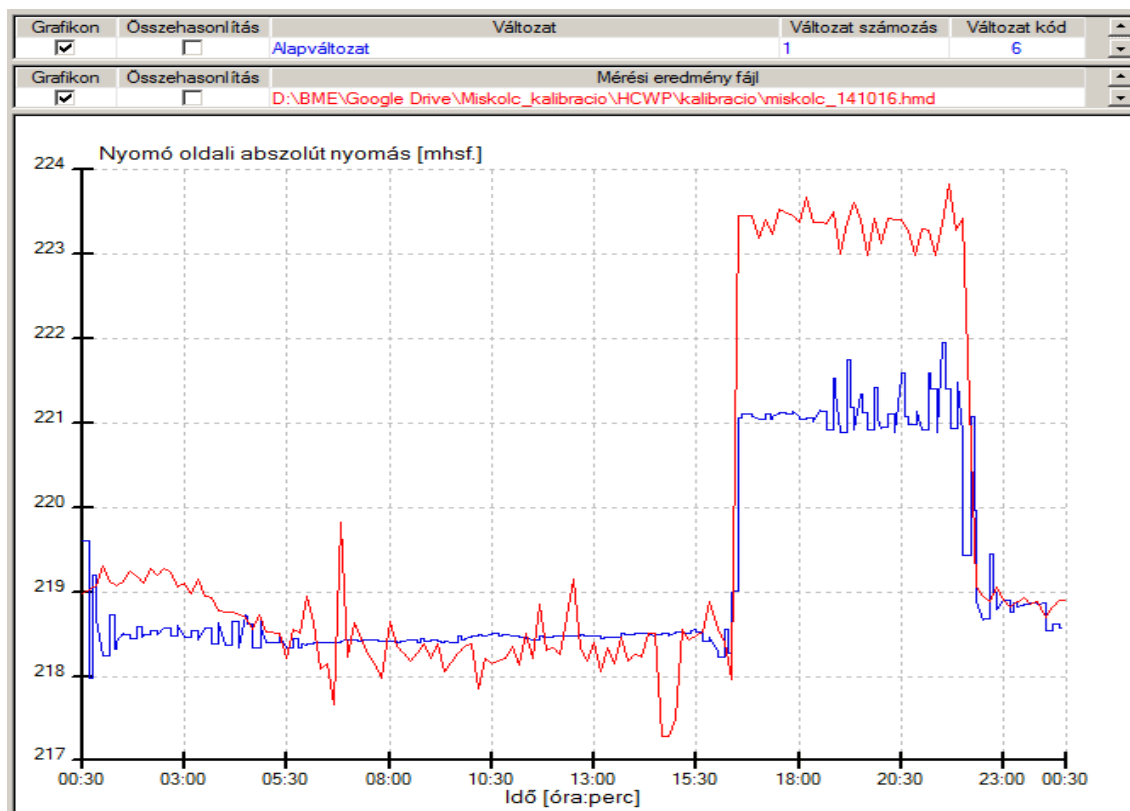
6.21. ábra: Göröghegy-alsó medencerendszer mért és szimulációs relatív vízszint



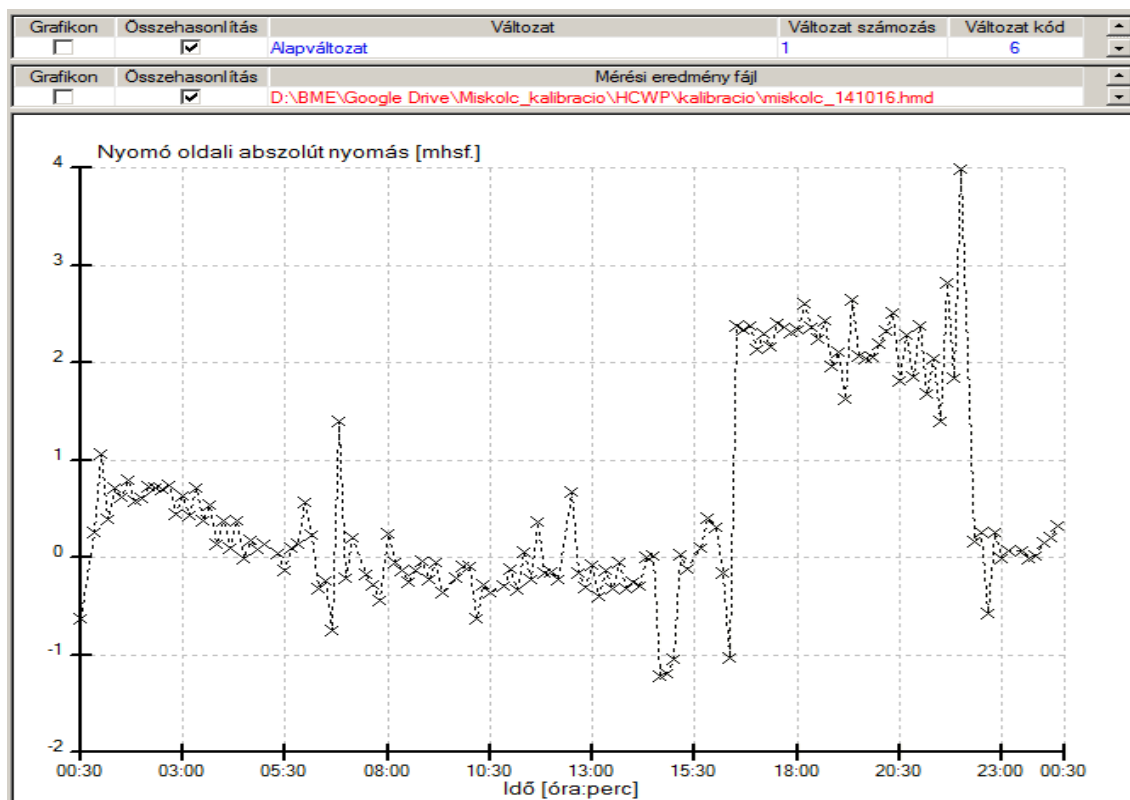
6.22. ábra: Göröghegy-felső medence mért és szimulációs relatív vízszint

Fogyasztási körzet	Előhegy-Göröghegy		
Medence név	Előhegyi medence	Göröghegy-felső medencék	Göröghegy-alsó medencék
Tárolt térfogat [m ³]	2000	2100	7000
Relatív túlfolyószint [m]	6,00	4,00	4,00
Hiba szórása	0,0000	0,2260	0,0727
Átlagos hiba [m]	0,0000	-0,1165	0,0687
Átlagos hiba [%]	0,00%	2,91%	1,72%

6.8. táblázat: Kalibráció pontossága az Előhegy-Göröghegyi összevont zónai medencéi alapján

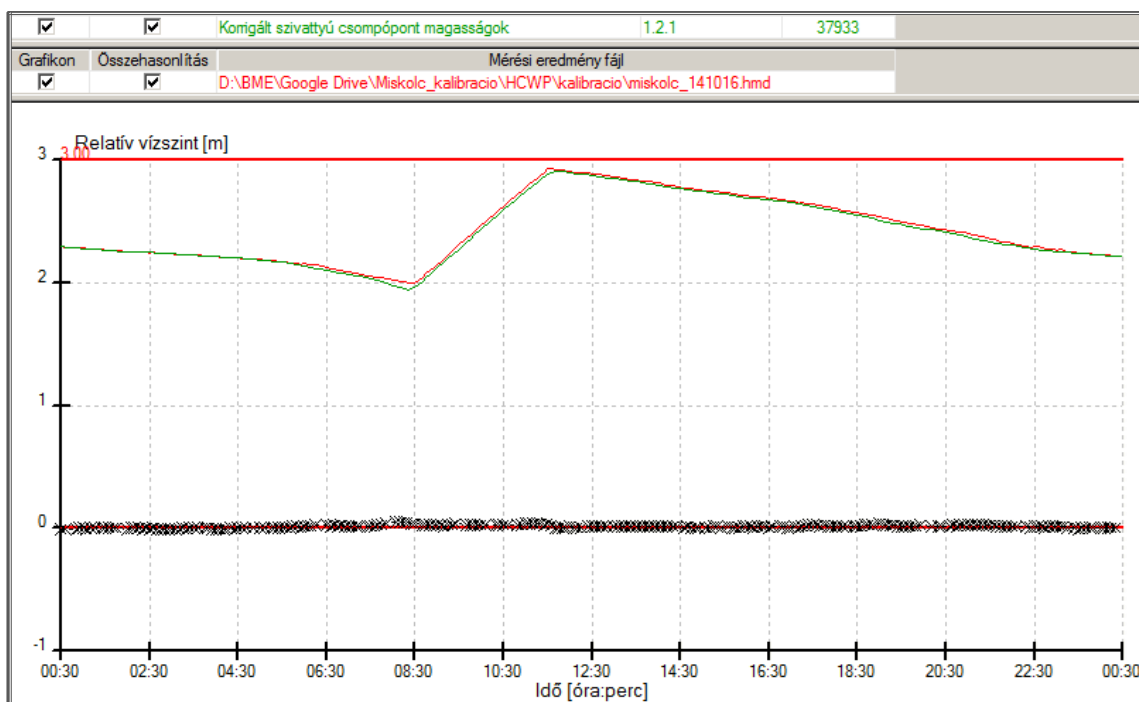


6.23. ábra: Alap -> Göröghegy-alsó [Vas u.] szivattyú nyomó oldali nyomása



6.24. ábra: Alap -> Göröghegy-alsó [Vas u.] mérési és szimulált nyomás különbsége

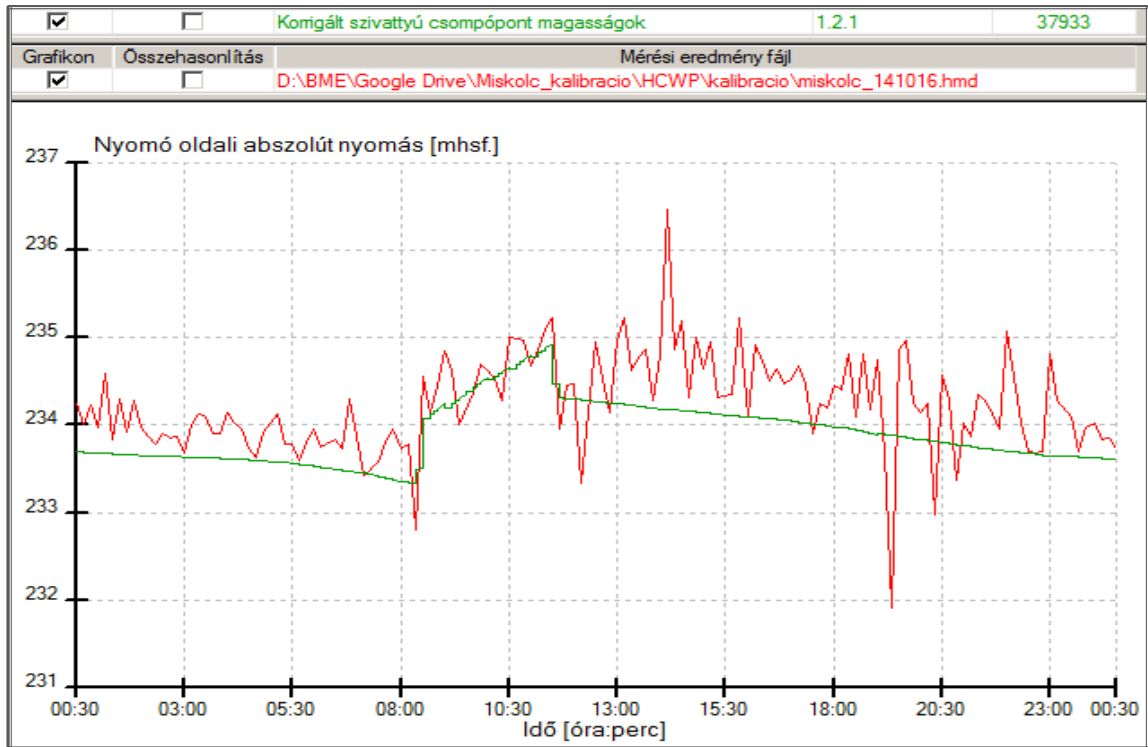
6.2.10. IGLÓ UTCAI ZÓNA



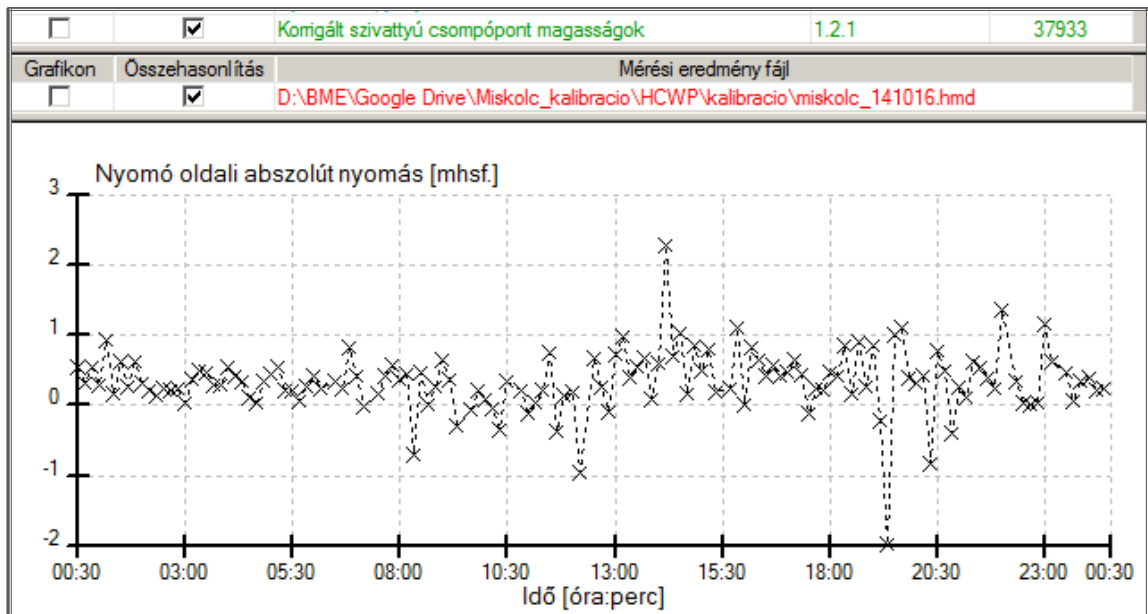
6.25. ábra: Igló utcai medence mért és szimulációs relatív vízszint

Fogyasztási körzet	Igló utca
Medence név	Igló u. medence
Tárolt térfogat [m ³]	150
Relatív túlfolyószint [m]	3,00
Hiba szórása	0,0121
Átlagos hiba [m]	0,0159
Átlagos hiba [%]	0,53%

6.9. táblázat: Kalibráció pontossága Igló utcai medence vízszintje alapján

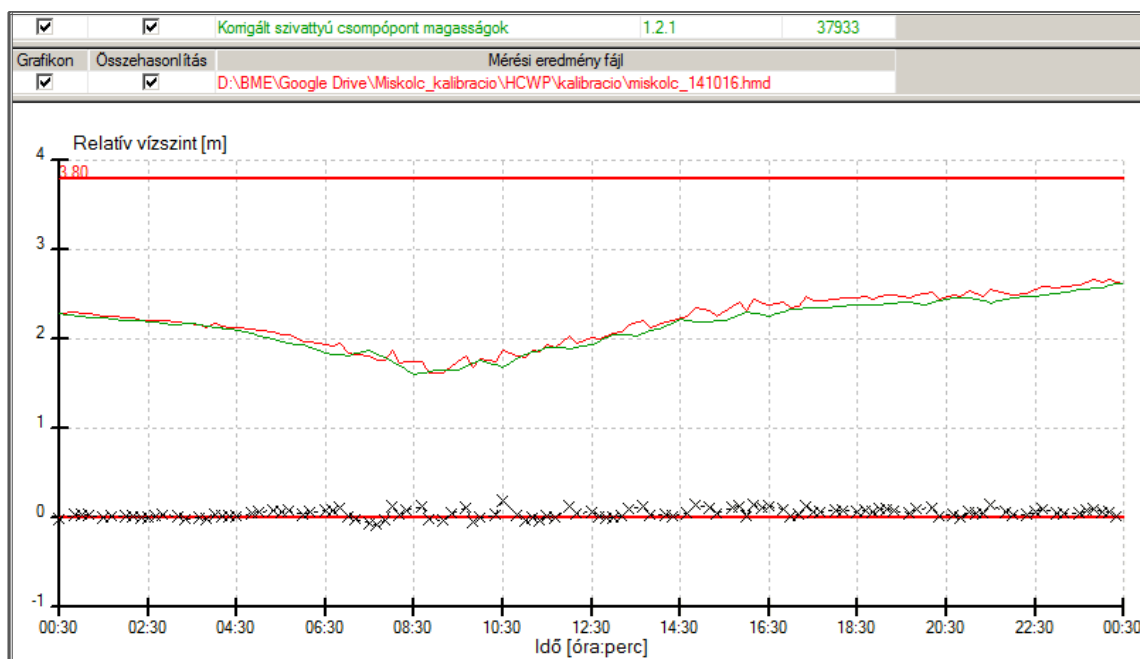


6.26. ábra: Alap->Igló utca szivattyú nyomó oldali nyomása



6.27. ábra: Alap-> Igló u. mérési és szimulált nyomás különbsége

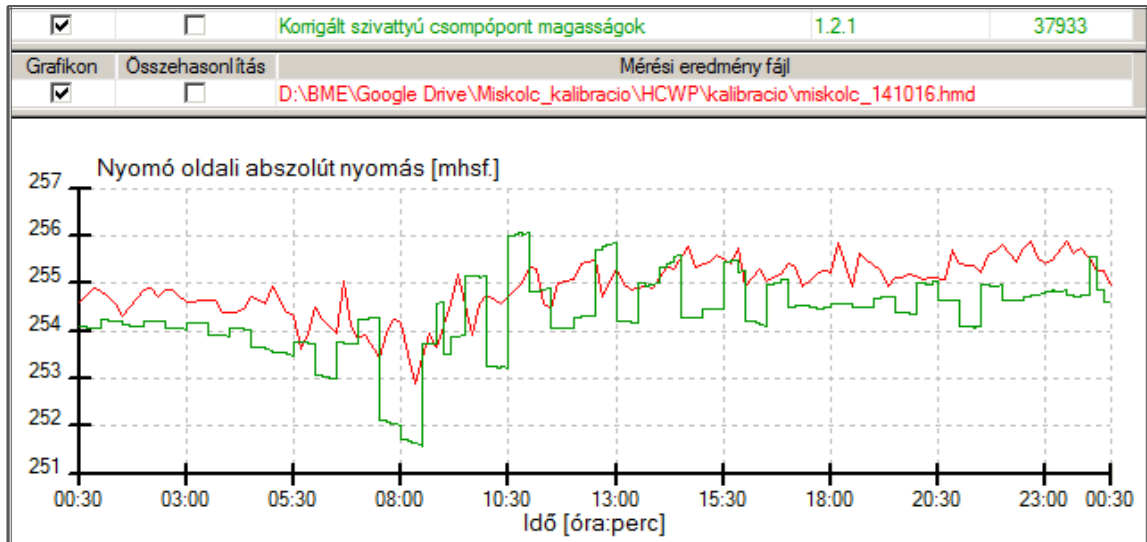
6.2.11. KOMLÓSTETŐI ZÓNA



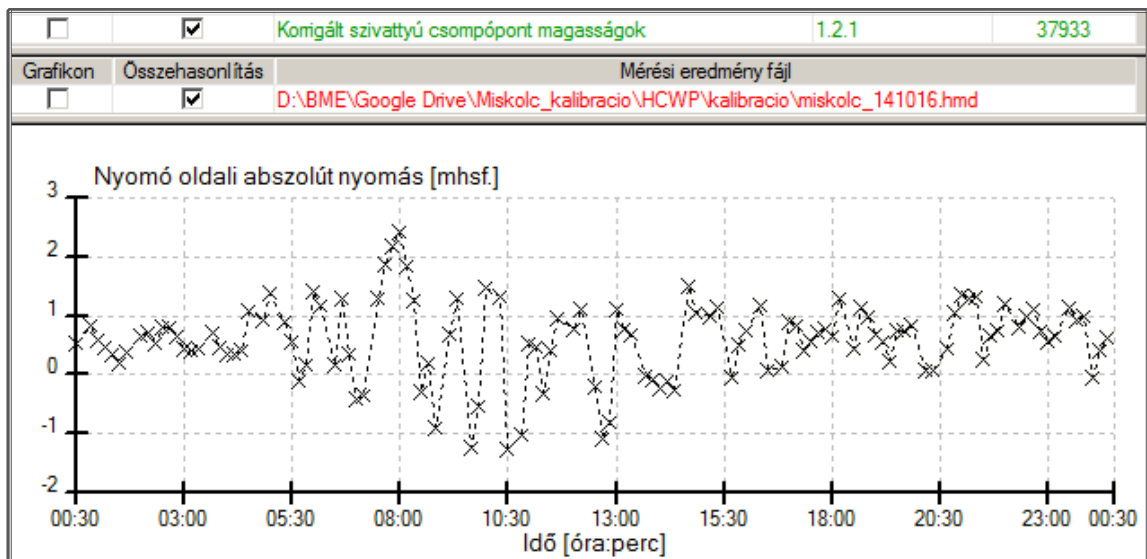
6.28. ábra: Komlóstetői medence mért és szimulációs relatív vízszint

Fogyasztási körzet	Komlóstető
Medence név	Komlóstetői medence
Tárolt térfogat [m ³]	600
Relatív túlfolyószint [m]	3,80
Hiba szórása	0,0492
Átlagos hiba [m]	0,0550
Átlagos hiba [%]	1,45%

6.10. táblázat: Kalibráció pontossága a Komlóstetői medence vízszintje alapján

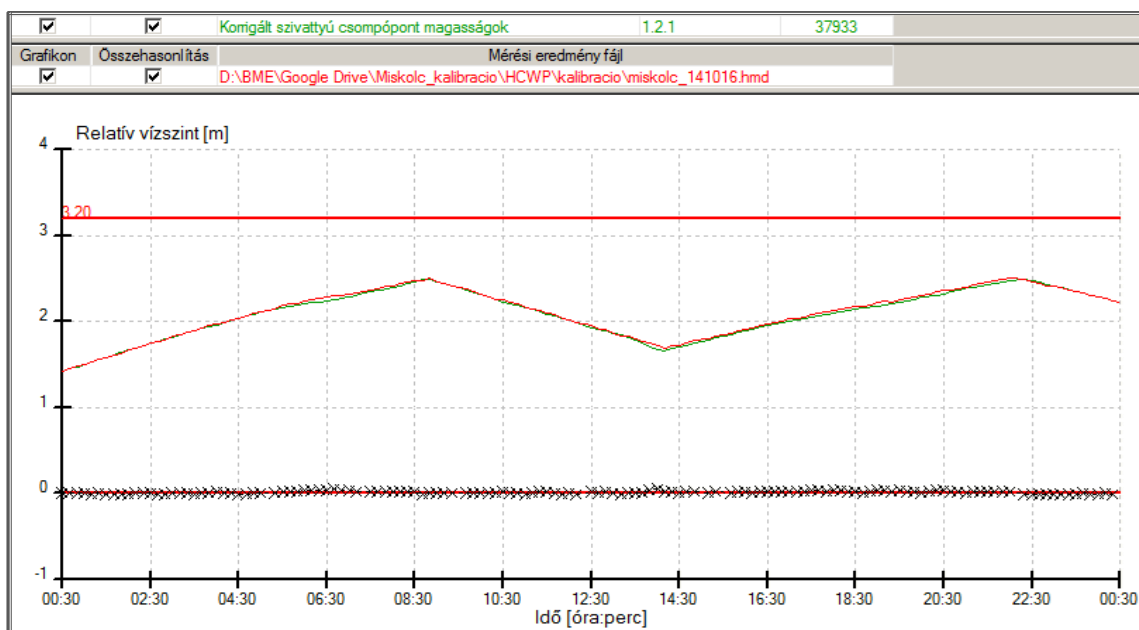


6.29. ábra: Göröghegy-felső->Komlóstető szivattyú nyomó oldali nyomása



6.30. ábra: Göröghegy-felső-> Komlóstető mérési és szimulált nyomás különbsége

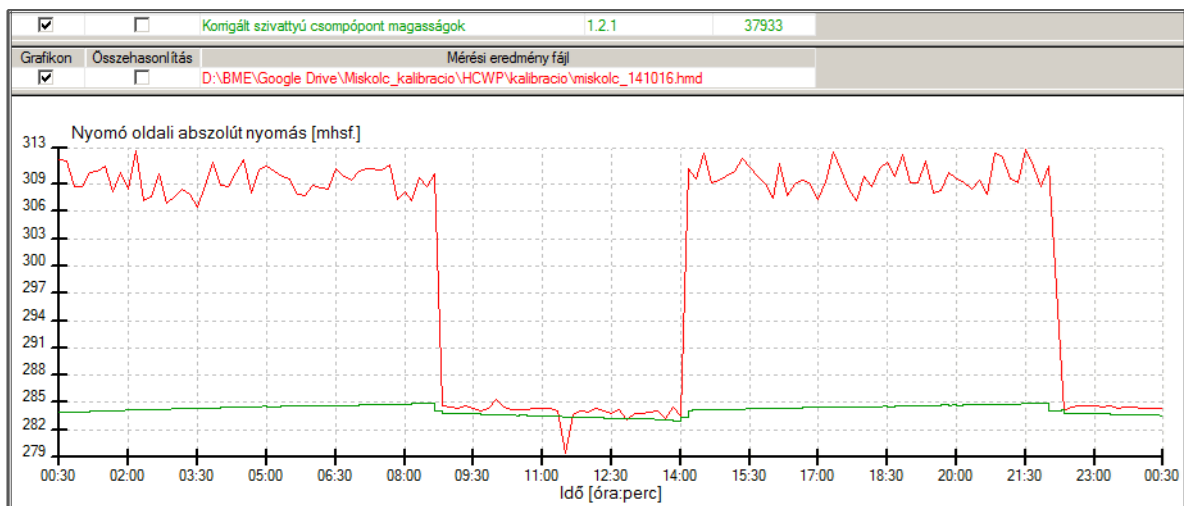
6.2.12. ÖRÖMHEGYI ZÓNA



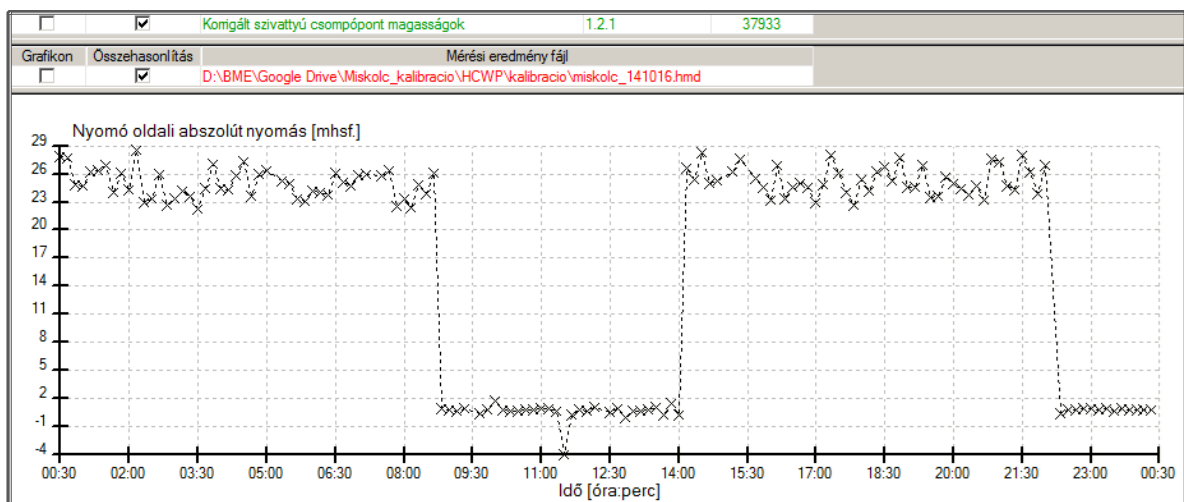
6.31. ábra: Örmhegyi medence mért és szimulációs relatív vízszint

Fogyasztási körzet	Örmhegyi zóna
Medence név	Örmhegyi medence
Tárolt térfogat [m ³]	200
Relatív túlfolyószint [m]	3,20
Hiba szórása	0,0145
Átlagos hiba [m]	0,0143
Átlagos hiba [%]	0,45%

6.11. táblázat: Kalibráció pontossága az örmhegyi medence vízszintje alapján

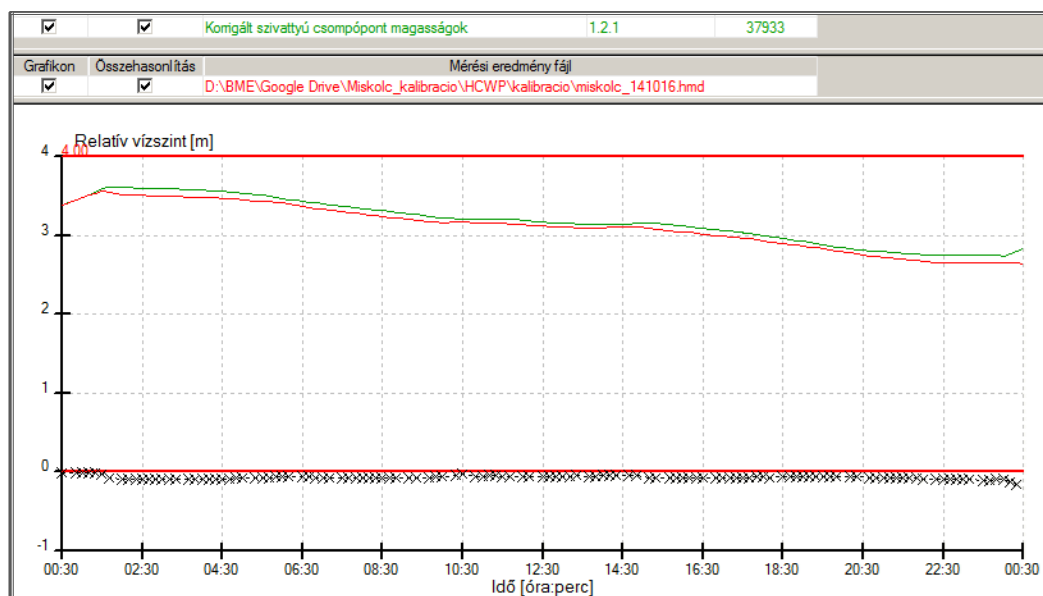


6.32. ábra: Ruzsin->Örömhegy szivattyú nyomó oldali nyomása



6.33. ábra: Ruzsin->Örömhegy mérési és szimulált nyomás különbsége

6.2.13. PERECESI ZÓNA

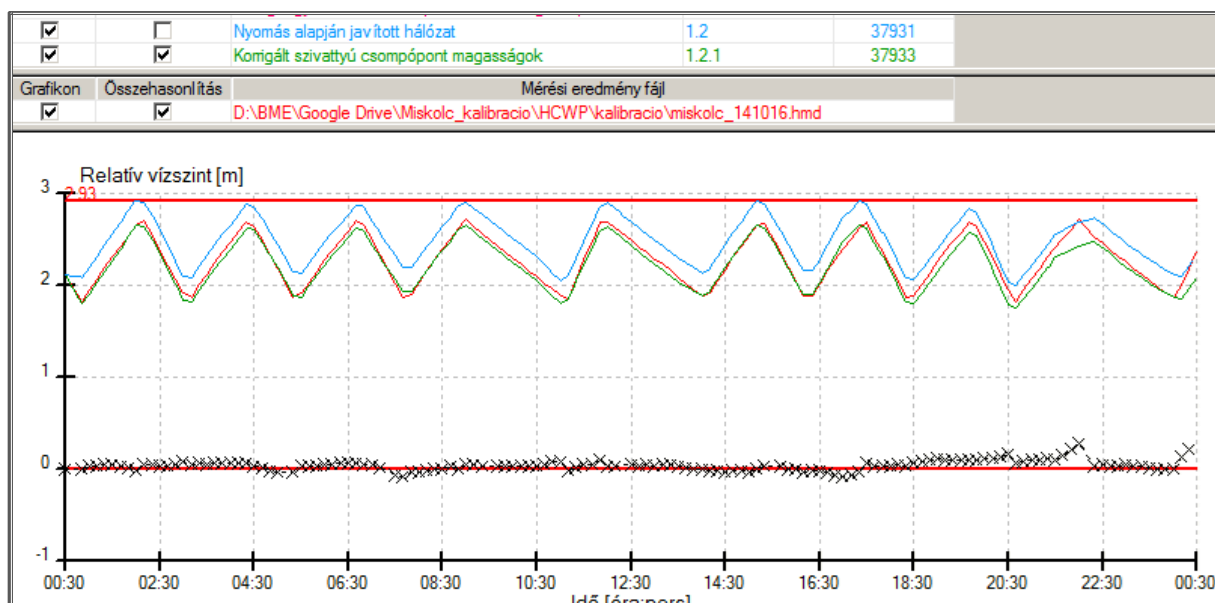


6.34. ábra: Perecesi medence mért és szimulációs relatív vízszint

Fogyasztási körzet	Pereces
Medence név	Perecesi medence
Tárolt térfogat [m ³]	300
Relatív túlfolyószint [m]	4,00
Hiba szórása	0,0226
Átlagos hiba [m]	-0,0682
Átlagos hiba [%]	1,71%

6.12. táblázat: Kalibráció pontossága a Perecesi medence vízszintje alapján

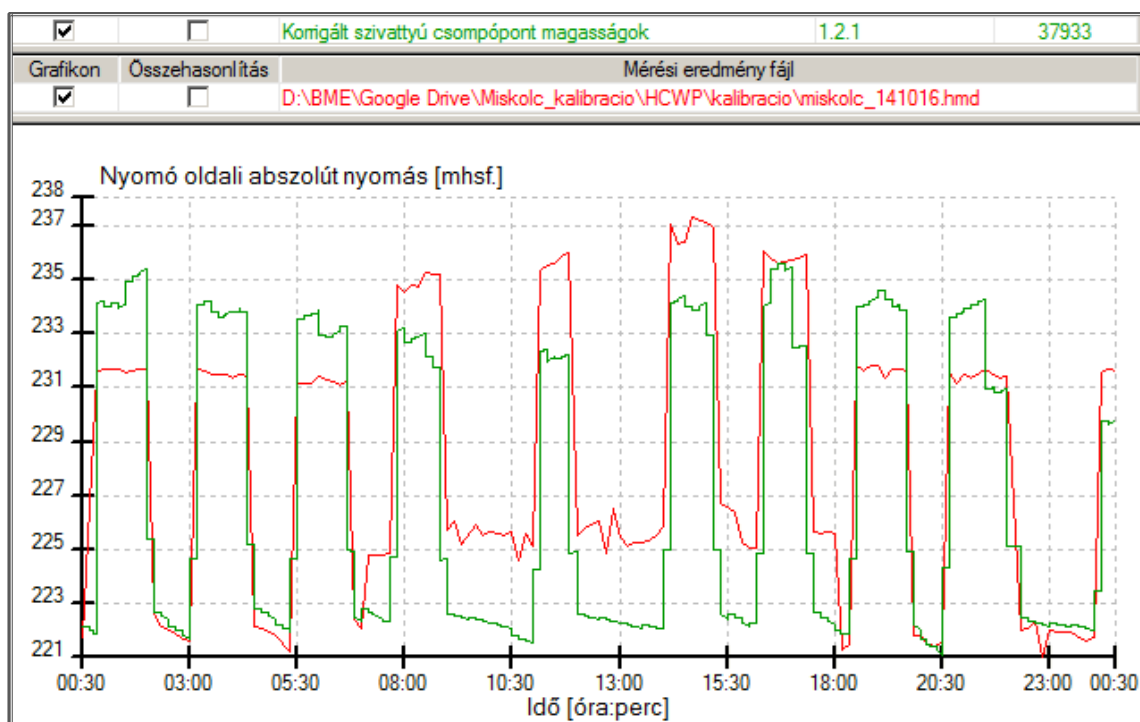
6.2.14. RUZSINI ZÓNA



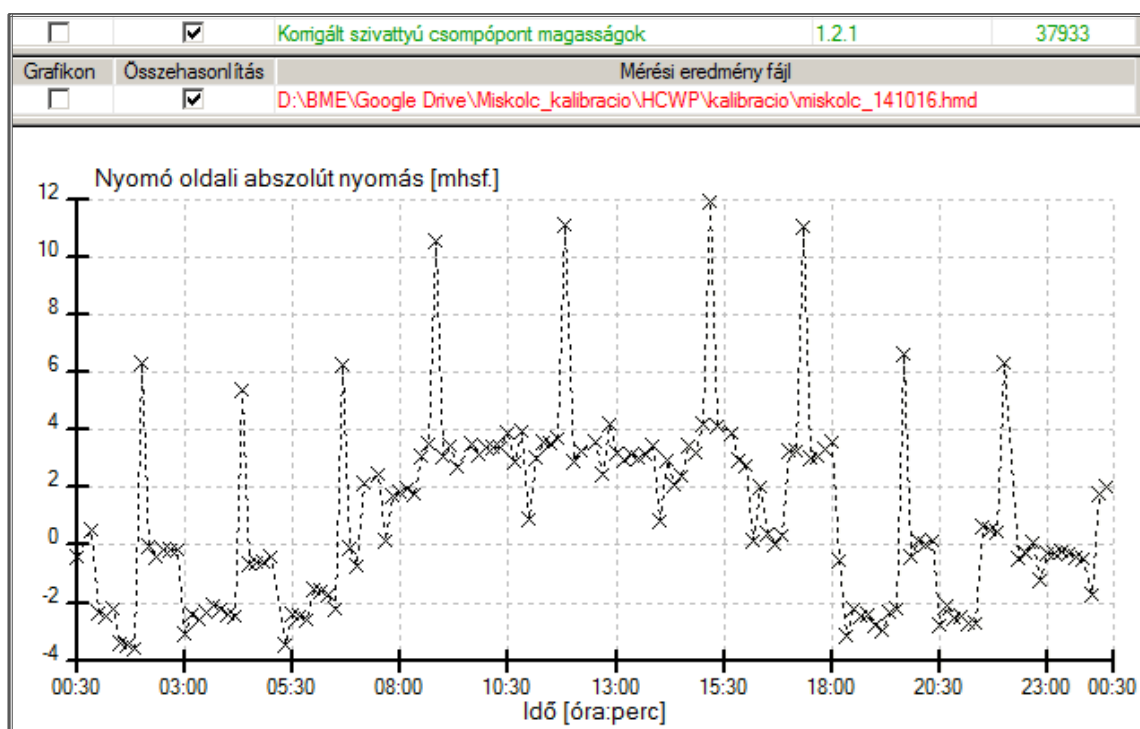
6.35. ábra: Felsőruzsini medence mért és szimulációs relatív vízszint

Fogyasztási körzet	Ruzsin
Medence név	Felsőruzsini medence
Tárolt térfogat [m ³]	100
Relatív túlfolyószint [m]	2,93
Hiba szórása	0,0549
Átlagos hiba [m]	0,0476
Átlagos hiba [%]	1,62%

6.13. táblázat: Kalibráció pontossága a Felsőruzsini medence vízszintje alapján

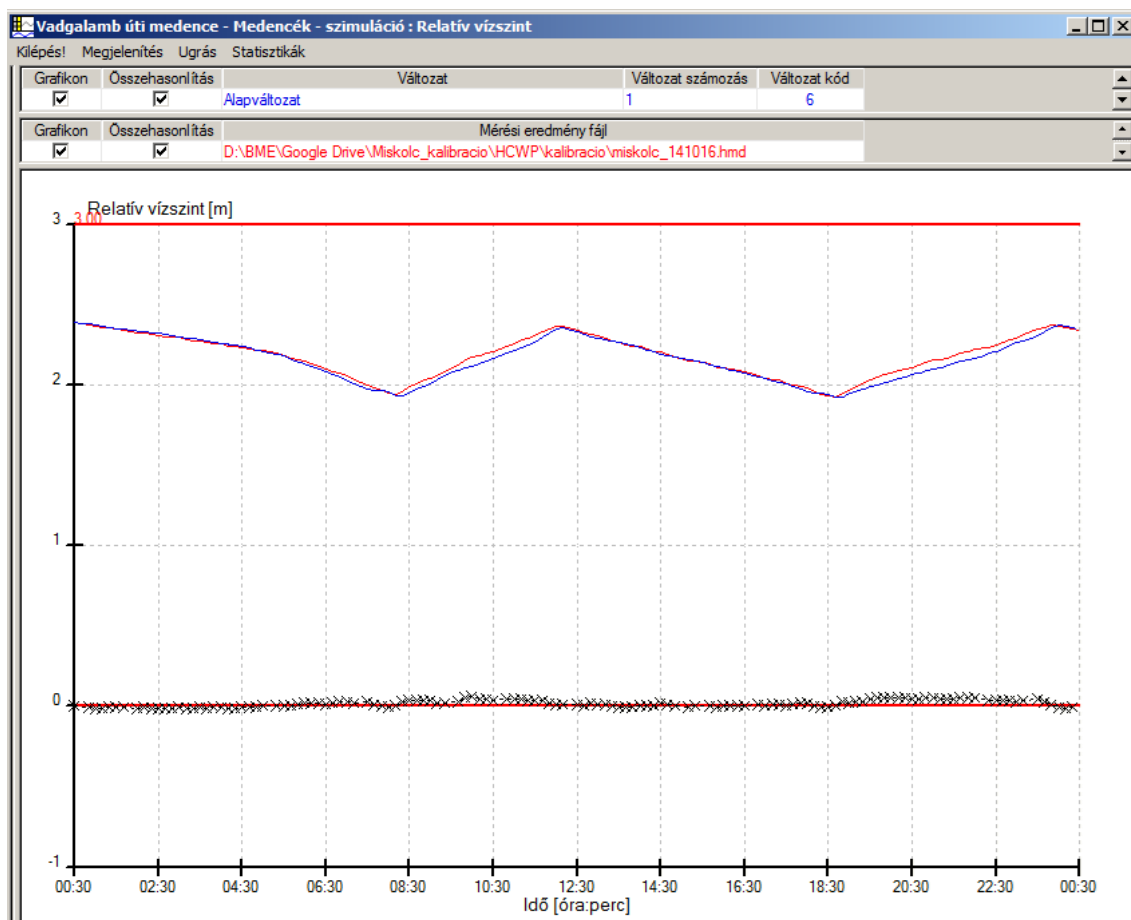


6.36. ábra: Alap->Ruzsin szivattyú nyomó oldali nyomása



6.37. ábra: Alap->Ruzsin mérési és szimulált nyomás különbsége

6.2.15. VADGALAMB U.

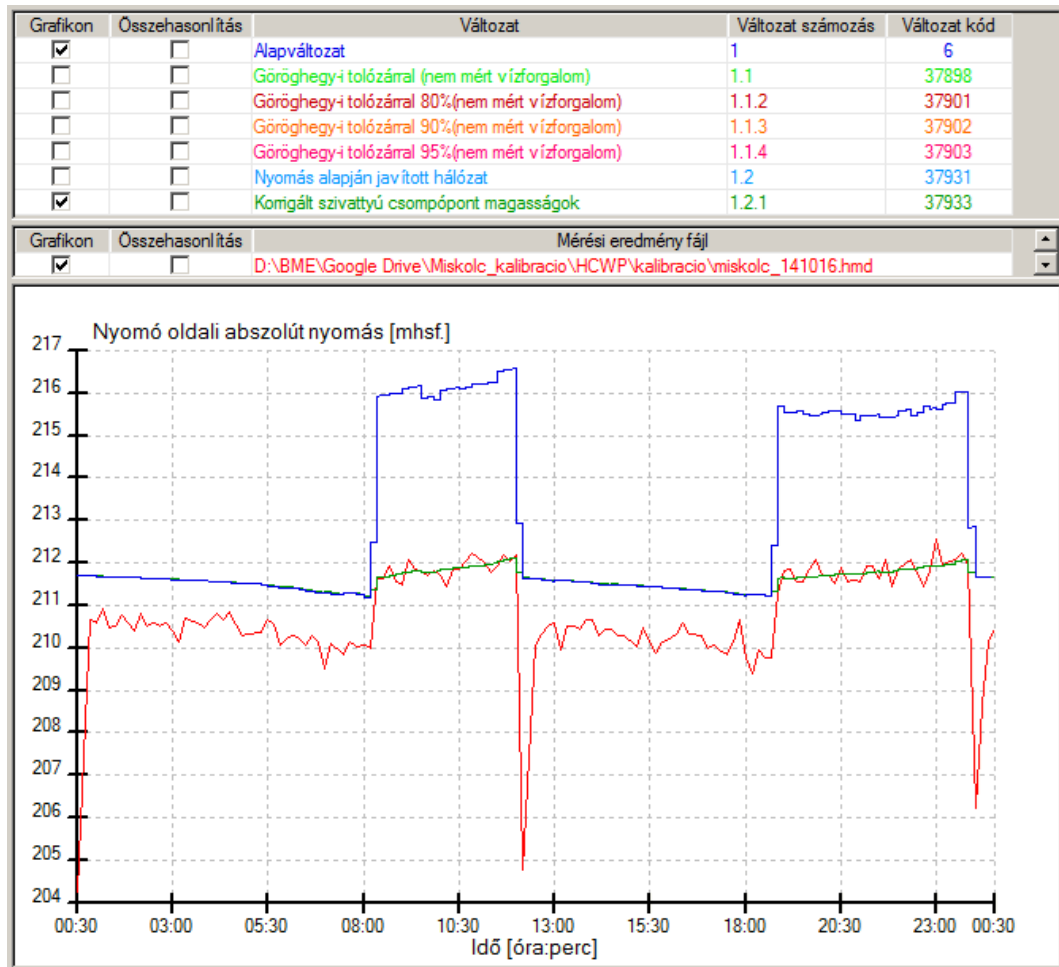


6.38. ábra: Vadgalamb utcai medence mért és szimulációs relatív vízszint

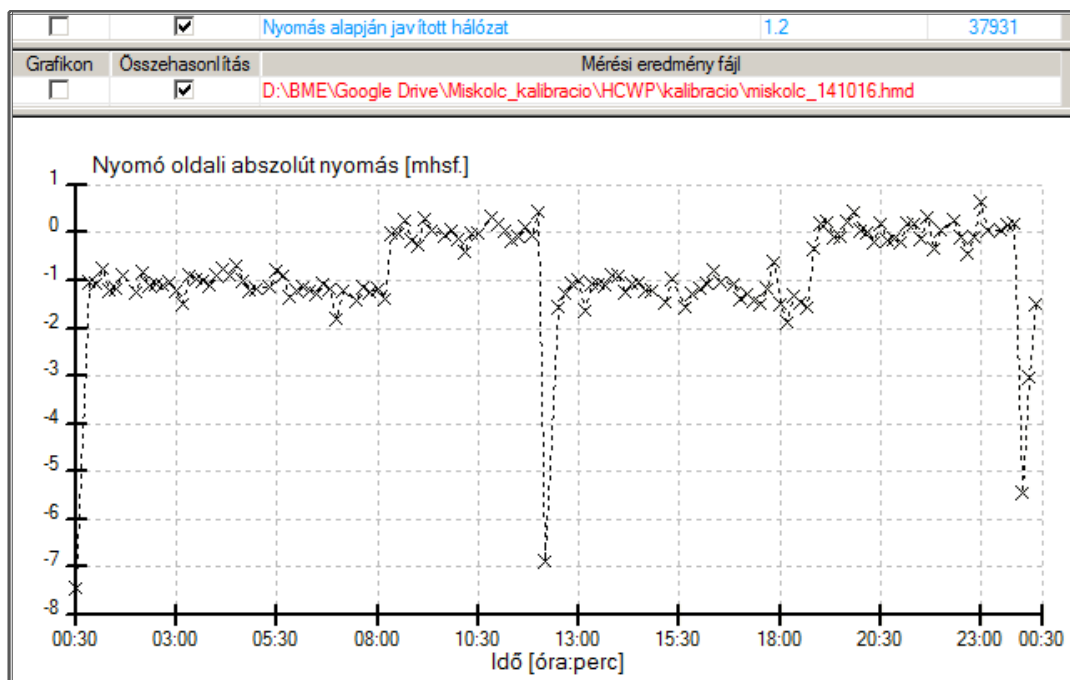
A vadgalamb utcai zóna esetében is hibásan voltak egyes vezetékek összekötve, ezért látható a kézzel jelölt, jóval magasabb nyomásmagasság az 6.39. ábraán. Az útvonalkeresés során a hiba jól látható volt, így a javítás után a már jelentősen pontosabb, zöld színnel jelölt görbe adódott a szivattyú nyomó oldali magasságára.

Fogyasztási körzet	Vadgalamb utca
Medence név	Vadgalamb utcai medence
Tárolt térfogat [m ³]	300
Relatív túlfolyószint [m]	3,00
Hiba szórása	0,0211
Átlagos hiba [m]	0,0173
Átlagos hiba [%]	0,58%

6.14. táblázat: Kalibráció pontossága Vadgalamb utcai medence vízszintje alapján



6.39. ábra: Alap->Vadgalamb szivattyú nyomó oldali nyomása



6.40. ábra: Alap->Vadgalamb mérési és szimulált nyomás különbsége

7. MODELL PONTOSSÁGA

A medence vízszintek szimulációs és mérési eredményeinek különbsége jól tükrözi a felépített hidraulikai modell fogyasztási körzeteihez tartozó menetgörbék, illetve a nyomászónák kapcsolatainak pontosságát.

Mivel a kalibráció egy 24 órás időszakra történt, fontos figyelembe venni, hogy 2013.12.19-e egy téli időszak pénteki napja volt. A fogyasztási menetgörbe a munkarendtől és az adott évszaktól, némely esetben pedig a meteorológiai viszonyoktól is függ, ezért a felállított modell előre láthatóan abban az esetben fogja a legmegbízhatóbb eredményeket szolgáltatni, ha a szimulációt egy téli munkanap körülményeire futtatjuk le.

A fentieket szem előtt tartva, a 7.1. táblázat jól szemlélteti a modell vízforgalmi szempontból történő kalibrálásának pontosságát:

Fogyasztási körzet	Medence név	Tárolt térfogat [m ³]	Relatív túlfolyószint [m]	Hiba szórása	Átlagos hiba [m]	Átlagos hiba [%]
Árok utca	Árok utcai medence	50	2,07	0,0185	-0,0017	0,08%
Alap	Avas régi medencék	4500	5	0,0731	-0,0773	1,55%
	Tetemvári medence	5000	5	0,1286	0,1977	3,95%
Avas I.	Jósika medence	4000	5,7	0,0224	0,0175	0,31%
Avas II.	Mendikás medence	2500	3	0,0378	0,0076	0,25%
Bencések	Bencések u. medence	150	3	0,0188	0,0224	0,75%
Bükkszentlászló I.	Fő utcai medence	10	2,04	0,08	0,0097	0,48%
Bükkszentlászló II.	Bükkszentlászlói medence	50	2,76	0,0241	0,0259	0,94%
Előhegy-Göröghegy	Előhegyi medence	2000	6	0	0	0,00%
	Göröghegy-felső medencék	2100	4	0,226	-0,1165	2,91%
	Göröghegy-alsó medencék	7000	4	0,0727	0,0687	1,72%
Igló utca	Igló u. medence	150	3	0,0121	0,0159	0,53%
Komlóstető	Komlóstetői medence	600	3,8	0,0492	0,055	1,45%
Örömhegyi zóna	Örömhegyi medence	200	3,2	0,0145	0,0143	0,45%
Pereces	Perecesi medence	300	4	0,0226	-0,0682	1,71%
Ruzsin	Felsőruzsini medence	100	2,93	0,0549	0,0476	1,62%
Vadgalamb utca	Vadgalamb utcai medence	300	3	0,0211	0,0173	0,58%

7.1. táblázat: Kalibráció pontossága medence vízszintek alapján

A kalibráció pontossága minden tározó esetén 5%-os hibahatáron belül maradt. A két legpontatlanabb tározó a Göröghegy-felsőhöz tartozó medence és a Tetemvári medencék volt. Göröghegy-felső esetében a nagy pontatlanságot az összevont zónára alkalmazott egyetlen fogyasztási menetgörbe, illetve a nem mért vízforgalom szimulálására beiktatott rosszul zárt tolózár okozhatta.

Adott fogyasztási körzeten belül jelentős eltérések lehetnek egyes területek fogyasztási menetgörbéiben. Ebből kifolyólag a fogyasztási időbeni eloszlását a modell nem elég pontosan követi. A területi eloszlását a fogyasztásnak a vezetékekre vonatkoztatott fogyasztási súlyszámoknak köszönhetően a modellnek jól kéne követnie.

Fogyasztási körzet (Víz kivétel)	Fogyasztási körzet (Betáplálás)	Szivattyú név	Hiba szórása	Átlagos hiba [m]	Átlagos hiba [%]
Alap	Avas II.	Alap -> Avas II. [Alsóruzsín]	0,2956	-0,4254	1,42%
	Avas II.	Alap -> Avas II. [Középszer]	0,5591	0,7869	2,62%
	Bencések	Alap -> Bencések	1,6535	-0,1211	0,40%
	Előhegy-Göröghegy	Alap -> Görögh Felso [Vas]	1,0611	0,5968	1,99%
	Igló utca	Alap -> Igló EMU1 K-6	0,4453	0,3453	1,15%
	Ruzsín	Alap -> Ruzsín [Alsóruzsín]	3,102	1,0329	3,44%
	Vadgalamb utca	Alap -> Vadgalamb utca	1,104	-0,8475	2,83%
Bükkszentlászló I.	Bükkszentlászló II.	Bksztl I. -> Bksztl II.	26,809	43,329	72,22%
Előhegy-Göröghegy	Árok utca	Gorogh -> Also Arok u.	2,933	-0,1275	0,43%
	Bükkszentlászló I.	Gorogh F -> Bksztl I.	20,008	-21,656	54,14%
	Komlóstető	Gorogh F -> Komlosteto	0,65	0,5945	1,98%
Ruzsín	Örömhegyi zóna	Ruzsín -> Oromhegy	11,498	17,4342	34,87%

7.2. táblázat: Kalibráció pontossága szivattyú nyomóoldali nyomások alapján

Azoknál a szivattyúknál lehetett a csomóponti nyomásokat összevetni a szimulációs értékekkel, ahol rendelkezésre állt megbízható mérési idősor. Olyan szivattyú beépítési helyek esetén, ahol a szivattyú a teljes 24 órás kalibrációs időszakban nem üzemelt, szintén kimaradt a kalibráció pontosságának kiértékeléséből.

A csomóponti nyomások tekintetében hasonlóan jó eredmények születtek, néhány zóna kivételével. A hibák oka a Bükkszentlászlói zónák esetében minden bizonnyal a téli üzemeltetési módban keresendő. Ilyenkor keringetik a vizet a vezetékekben, hogy elkerüljék a vezetékekben a víz megfagyását. Amennyiben ez nem működik kellő hatékonysággal, a kialakuló jég réteg szűkíti a keresztmetszetet, mely nagyobb nyomásvesztéseket eredményez.

Az örömhegyi zóna esetében a jelentős nyomáskülönbségeket vélhetően a gépházban nyomó oldalon található, rosszul nyitott tolózár okozta fojtás idézte elő.

8. AJÁNLÁSOK

8.1.1. NYOMÁSMÉRŐK ELHELYEZÉSE

Jelenleg a miskolci hálózat esetében a nyomásmérési pontok a szivattyúk szívó- és nyomó oldalán vannak elhelyezve. Az ellennyomó medencék és a szivattyúk között nem áll rendelkezésre nyomás mérés. Ahhoz, hogy a kalibráció során a vezetékek érdességét meg lehessen határozni szükséges az ellennyomó medence, és az átemelő szivattyú közti gerincvezeték mentén elhelyezett nyomásmérő. Így a nyomáshossz-szelvénynek három pontja állna rendelkezésre, mely alapján már lehetne következtetni a helyi- és a vezeték menti nyomásvesztések megoszlására.

Az elhelyezendő nyomásmérési helyek meghatározása során fontos szempont volt, hogy a gerincvezetékek mentén lehetőleg az ismert nyomásmérésektől legtávolabb helyezkedjen el az új nyomásmérő.

Az adott zónához tartozó új pontokat a 00 sorszámú rajzi melléklet tartalmazza. Az előhegyi, és az alap zóna esetében a nyom

8.1.2. ADATSOROK FELÜLVIZSGÁLATA

A 24 órás kalibrációs időszak kiválasztásánál fontos szempont, hogy az idősorok lehető legkevesebb adathiányt és adathibát tartsanak.

A kalibráció során az alábbi idősorok lettek manuális leolvasással előállítva:

Adatkód	Név	Fizikai mennyiség	Mértékegység	Leolvasás gyakorisága
900	Tapolca	Vízhozam	m ³ /h	15 perc
901	Tapolca	Nyomás	bar	15 perc
902	ÉRV	Vízhozam	m ³ /h	5 perc
903	ÉRV	Nyomás	bar	5 perc
904	Iglói nyomáscsökkentő (bemenő)	Nyomás	bar	24 óra

905	Iglói nyomáscsökkentő (kimenő)	Nyomás	bar	24 óra
906	Árok u.	Vízhozam (jelleggörbe alapján)	m ³ /h	15 perc

8.1. táblázat: Manuálisan leolvasott adatsorok

- Az **Árok utcai zónába átemelt vízmennyiségre** nem állt rendelkezésre vízhozam idősor. Ezt – mivel rendelkezésre állt a szívó- és nyomó oldali nyomás - helyettesíteni lehetett a beépített szivattyú jelleggörbéjéből számított vízhozammal (lásd: 4.1.2-es fejezet).
- Az **előhegyi medence túlfolyás idősora** a kalibrációs időszak során a Városcsözponti gépház Göröghegy-felsőből Előhegyre átemelt vízmennyiség idősorát helyettesítette. A mért értékek alapján irreális fogyasztási menetgörbe adódott, így a túlfolyás mérési adatsorát feltétlenül felül kell vizsgálni a további vizsgálatok előtt (lásd: 4.12. ábra: Előhegyi zóna fogyasztási menetgörbéje)
- a **Komlóstetői medence vízszintje** az átlag érték körül oszcillált, mely oszcillálás így a fogyasztási menetgörbében is jelentkezett.

A kalibrációt megelőző adatfeldolgozás során a fenti adatsorokban irreális értékek voltak tapasztalhatók. Ezeknek az adatsoroknak a hitelességét indokolt leellenőrizni, mivel elengedhetetlenek a hidraulikai modell kalibrációjához.

8.1.3. DIGITÁLIS NYILVÁNTARTÁS PONTOSÍTÁSA

A digitális nyilvántartó rendszerből exportált vezetékhálózat több helyen is kapcsolódási hibákat tartalmazott. Ennek elsődleges oka, hogy két vezeték nem végpontokban csatlakoznak, hanem az egyik vezeték töréspontjába csatlakozik a másik vezeték. Ez a hidraulikai számítás során olyan, mintha a két vezeték fizikailag nem csatlakozna egymással, a töréspontba csatlakozó vezeték vége le lenne zárva. Ilyen esetben a vezeték megszakítása a töréspontban kijavítja a hibát.

Azok a vezetékek, melyek tulajdonságai ismeretlenek, 100mm belső átmérővel szerepeltek a modellben. Több esetben a vezeték nevében található átmérő jelölés nem egyezett a vezeték átmérőjével. Ezekben az esetekben a vezeték nevében található számmal

lett korrigálva a belső átmérő értéke. Ismeretlen vezetékek esetében az ahhoz csatlakozó vezetékek tulajdonságai alapján lettek meghatározva a belső átmérők.

A névben jelölt átmérő és a belső átmérő esetén nagy eltéréseket mutató, illetve ismeretlen tulajdonságú vezetékek az 6.2. ábrán láthatók.

A vezetékek digitalizálása során keletkező hibákat, melyeket a számítások elvégzéséhez javítani kellett, a rajzi melléklet tartalmazza:

Rajzi melléklet száma	Helyszín	Hiba jellege
01	Fő utcai gépház	A gépház szívóvezetéke nem csatlakozik a DN300-as azbesztcement körvezetékhez
02	Felsőruzsín u. – Szentgyörgy u.	Az Avas III és Avas II zónákat összeköti egy ismeretlen tulajdonságú vezeték.
03	Ifjúság útja	Két DN50-es acél vezeték összeköti Avas II és Avas I zónákat
04	Győr u. – Damjanich I. u.	Az alap zónában a 400-as körvezeték a 600-as acél vezetékkel egy ismeretlen vezeték köti össze
05	Vas utcai gépház	A vezetékek töréspontban kapcsolódnak, a végpontokban meg kell szakítani a vezetékeket.
06	Vologda utcai gépház	A vezetékek töréspontban kapcsolódnak, a végpontokban meg kell szakítani a vezetékeket. A gépház vezetékeinek tulajdonságai ismeretlenek
07	Bencések útja – Máriássy S. utca	A Bencések u.-i medence töltővezetéke nem csatlakozik.
08	Árok utca – Tag utca	Az árok utcai medence töltővezetéke csatlakozik a Göröghegy-alsó zóna elosztó jellegű vezetékeivel.
09	Lyukóvölgyi medence	A Lyukóvölgyi medencénél össze van kötve a nyomásfokozott zónával a medencéhez kapcsolódó vezeték.
10	Göröghegyi medencék	Ismeretlen tulajdonságú vezetékek nagy számban

8.2. táblázat: Vezetékhálózat hibái

9. ÖSSZEFOGLALÁS

Egy ivóvízellátó hálózat hidraulikai modelljének felépítése és kalibrációja igen összetett feladat. A eredményeket egyaránt terhelik a mért adatok mérési és archiválási hibái, illetve a vezetékhálózat digitalizálása során vétett hibák. Utóbbi szűrése a rendelkezésre álló eszköztárral nehézkes és hosszadalmas folyamat lett volna egy ekkora méretű, és ennyire összetett hálózat esetén, mint a miskolci hálózat esetén az általam alkalmazott fejlesztések nélkül. A geometriai hibák felderítését nagyban megkönnyítette a hossz-szelvények útvonal keresési funkciója.

Az eredmények értékelése során nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a modell kalibrációja egy téli munkanapon mért idősorra történt. Mivel a fogyasztási menetgörbék évszak szerint is változnak, illetve karszt-csúcs és karszt-minimum esetén eltérő üzemeltetési rend van életben a rendszerben, olyan körülmények között végzett szimuláció esetén, mely a kalibrációs időszaktól jelentősen eltér nem várható el az a pontosság, mint egy olyan napon, mely körülményei ahhoz hasonlóak.

Csupán egy 24 órás időszak állt rendelkezésre a manuális vízhozam mérések élőmunkaerő igénye miatt. E miatt a kalibrált modellt nem állt módomban független üzemeltetési adatokra ellenőrizni. A kalibráció pontossága a tározóvízszintek esetében átlagosan 98,87 %, mely bőven az 5%-os hibahatáron belül van. A szivattyúk nyomóoldali nyomásmérésének átlagos pontossága 98,17%, azonban volt három szivattyú is, melynél irreális értékek voltak 30-75%-os átlagos hibával. Ez utóbbi szivattyúkhöz tartozó zónák nyomásviszonyainak pontos modellezését további vizsgálatok kell, hogy megelőzzék.

A fenti problémára megoldást jelentene, ha minden, a kalibrációhoz szükséges vízhozam, vízszint és nyomás mérés idősora rendelkezésre állna digitálisan. Ez csak abban az esetben lenne elérhető, ha a jelenleg manuálisan leolvasott vízhozam idősorokat indukciós vízhozam mérőkkel és távadókkal helyettesítenék, melynek legfőbb akadálya a fejlesztések költsége.

A kalibráció adott fogyasztási körzet nyomásviszonyaira vonatkoztatott pontosságát nagyban lehetne javítani, ha nem csak a szivattyúk szívó, illetve nyomó oldalán lenne

nyomásmérés, hanem egy ezektől független helyen, a fogyasztási körzet egy gerincvezeték mentén⁸.

⁸ (4)

10. ÁBRAJEGYZÉK

3.1. ábra: Miskolc város ivóvízhálózata	10
3.2. ábra: Alap zóna kapcsolatai.....	14
3.3. ábra: Árok utcai zóna kapcsolatai.....	15
3.4. ábra: Avas I. zóna kapcsolatai	16
3.5. ábra: Avas II. zóna kapcsolatai.....	17
3.6. ábra: Avas III. zóna kapcsolatai	18
3.7. ábra: Bencések u. zóna kapcsolatai	19
3.8. ábra: Bükkzentlászló I. zóna kapcsolatai	20
3.9. ábra: Bükkzentlászló II. zóna kapcsolatai.....	20
3.10. ábra: Göröghegy-Előhegyi egyesített zóna kapcsolatai	24
3.11. ábra: Igloi zóna kapcsolatai	25
3.12. ábra: Komlóstetői zóna kapcsolatai.....	26
3.13. ábra: Örömhegyi zóna kapcsolatai	27
3.14. ábra: Perecesi zóna kapcsolatai	28
3.15. ábra: Ruzsini zóna kapcsolatai	29
3.16. ábra: Vadgalamb utcai zóna kapcsolatai	30
4.1. ábra: Alap zóna fogyasztási menetgörbéje	33
4.2. ábra: Göröghegy-alsó -> Árok u. szivattyú jelleggörbéje	34
4.3. ábra: Árok utcai zóna fogyasztási menetgörbéje.....	34
4.4. ábra: Avas I zóna fogyasztási menetgörbéje.....	35
4.5. ábra: Avas II. zóna fogyasztási menetgörbéje	35
4.6. ábra: Avas III. nyomásfokozott zóna fogyasztási menetgörbéje.....	36
4.7. ábra: Bencések utcai zóna fogyasztási menetgörbéje.....	37
4.8. ábra: Bükkzentlászló I. zóna fogyasztási menetgörbéje	38
4.9. ábra: Bükkzentlászló II. zóna fogyasztási menetgörbéje.....	39
4.10. ábra: Bükkzentlászlói összevont zóna fogyasztási menetgörbéje.....	39
4.11. ábra: Egyesített Göröghegyi-Előhegyi zóna fogyasztási menetgörbéje.....	40
4.12. ábra: Előhegyi zóna fogyasztási menetgörbéje	41
4.13. ábra: Göröghegy-felső zóna fogyasztási menetgörbéje.....	42
4.14. ábra: Göröghegy-alsó fogyasztási menetgörbéje.....	42
4.15. ábra: Iglói zóna fogyasztási menetgörbéje	43

4.16. ábra: Komlóstetői zóna fogyasztási menetgörbéje	44
4.17. ábra: Örömhegyi zóna fogyasztási menetgörbéje.....	44
4.18. ábra: Perecesi zóna fogyasztási menetgörbéje	45
4.19. ábra: Ruzsin zóna fogyasztási menetgörbéje.....	46
4.20. ábra: Vadgalamb utcai zóna fogyasztási menetgörbéje.....	47
4.21. ábra: A teljes miskolci hálózat vízmérlege.....	48
4.22. ábra: Vezetékek fogyasztási súlyszáma.....	52
4.23. ábra: Hcwp Export segédsoftver kezelőfelülete	54
4.24. ábra: Magassági adatok generálása terepmodell segítségével.....	56
4.25. ábra: Rendezetlen tereppontok Miskolc környezetében (fotó forrása: Google Earth).....	57
4.26. ábra: Bencések utcai gépház.....	58
4.27. ábra: Fő utcai gépház.....	58
4.28. ábra: Göröghegyi medencék.....	59
4.29. ábra: Jósika utcai gépház	59
4.30. ábra: Középszer gépház.....	60
4.31. ábra: Örömhegyi gépház.....	60
4.32. ábra: Vologda u. gépház.....	61
4.33. ábra: Anna-forrás.....	62
5.1. ábra: A HcwpImport szoftver kezelőfelülete	63
5.2. ábra Objektum kapcsolat dialógusa.....	65
5.3. ábra: Adathibák/Adathiányok megtekintése.....	65
5.4. ábra Nyomásmérési helyek magasságának megadása.....	66
5.5. ábra: Fogyasztási menetgörbék megadása.....	67
5.6. ábra: Szivattyú menetrend generálása mért értékek alapján.....	68
6.1. ábra: A hibás átmérőjű vezetékek SQLite lekérdezése	72
6.2. ábra: Hibás átmérőjű vezetékek.....	75
6.3. ábra: Hossz-szelvények kezelése HCWP-ben.....	78
6.4. ábra: Avas régi medencék mért és szimulációs relatív vízszint	79
6.5. ábra: Tetemvári medencék mért és szimulációs relatív vízszint	80
6.6. ábra: Árok utcai medence mért és szimulációs relatív vízszint.....	81
6.7. ábra: Alap-> Árok utca szivattyú nyomó oldali nyomása	82
6.8. ábra: Alap-> Árok utca mérési és szimulált nyomás különbsége.....	82

6.9. ábra: Jósika medence mért és szimulációs relatív vízszint.....	83
6.10. ábra: Mendikás medence mért és szimulációs relatív vízszint.....	84
6.11. ábra: Alap-> Avas II. [Középszer] nyomó oldali nyomása.....	85
6.12. ábra: Alap-> Avas II. [Középszer] mérési és szimulált nyomás különbsége.....	85
6.13. ábra: Alap-> Avas II. [Alsóruzsini] nyomó oldali nyomása	86
6.14. ábra: Alap-> Avas II. [Alsóruzsini] mérési és szimulált nyomás különbsége.....	86
6.15. ábra: Bencések úti medence mért és szimulációs relatív vízszint	87
6.16. ábra: Alap->Bencések szivattyú nyomó oldali nyomása.....	88
6.17. ábra: Alap-> Bencések mérési és szimulált nyomás különbsége	89
6.18. ábra: Bencések gépház->Bencések medence útvonal nyomáshossz-szelvénye..	89
6.19. ábra: Fő utcai 10 m ³ -es medence mért és szimulációs relatív vízszint.....	90
6.20. ábra: Bükkszentlászlói medence mért és szimulációs relatív vízszint	91
6.21. ábra: Göröghegy-alsó medencerendszer mért és szimulációs relatív vízszint	92
6.22. ábra: Göröghegy-felső medence mért és szimulációs relatív vízszint.....	93
6.23. ábra: Alap -> Göröghegy-alsó [Vas u.] szivattyú nyomó oldali nyomása	94
6.24. ábra: Alap -> Göröghegy-alsó [Vas u.] mérési és szimulált nyomás különbsége	94
6.25. ábra: Igló utcai medence mért és szimulációs relatív vízszint	95
6.26. ábra: Alap->Igló utca szivattyú nyomó oldali nyomása.....	96
6.27. ábra: Alap-> Igló u. mérési és szimulált nyomás különbsége	96
6.28. ábra: Komlóstetői medence mért és szimulációs relatív vízszint.....	97
6.29. ábra: Göröghegy-felső->Komlóstető szivattyú nyomó oldali nyomása.....	98
6.30. ábra: Göröghegy-felső-> Komlóstető mérési és szimulált nyomás különbsége .	98
6.31. ábra: Örömhegyi medence mért és szimulációs relatív vízszint	99
6.32. ábra: Ruzsin->Örömhegy szivattyú nyomó oldali nyomása	100
6.33. ábra: Ruzsin->Örömhegy mérési és szimulált nyomás különbsége.....	100
6.34. ábra: Perecesi medence mért és szimulációs relatív vízszint	101
6.35. ábra: Felsőruzsini medence mért és szimulációs relatív vízszint	102
6.36. ábra: Alap->Ruzsin szivattyú nyomó oldali nyomása.....	103
6.37. ábra: Alap->Ruzsin mérési és szimulált nyomás különbsége	103
6.38. ábra: Vadgalamb utcai medence mért és szimulációs relatív vízszint	104
6.39. ábra: Alap->Vadgalamb szivattyú nyomó oldali nyomása	105
6.40. ábra: Alap->Vadgalamb mérési és szimulált nyomás különbsége.....	105

11. TÁBLÁZATJEGYZÉK

3.1. táblázat: Manuálisan leolvasott adatsorok.....	11
3.2. táblázat: Adatsor ellenőrzés eredménye	11
4.1. táblázat: Fogyasztási körzetek napi összegzett fogyasztása	49
4.2. táblázat: Lakossági számlázott vízfogyasztás	51
4.3. táblázat: Közületi számlázott vízfogyasztás	51
6.1. táblázat: Kalibráció pontossága Alap zóna medencéinek vízszintje alapján.....	80
6.2. táblázat: Kalibráció pontossága Árok utca medence vízszintje alapján.....	81
6.3. táblázat: Kalibráció pontossága Jósika medence vízszintje alapján.....	83
6.4. táblázat: Kalibráció pontossága Mendikás medence vízszintje alapján	84
6.5. táblázat: Kalibráció pontossága Bencések utcai medence vízszintje alapján.....	87
6.6. táblázat: Kalibráció pontossága Fő utcai medence vízszintje alapján.....	90
6.7. táblázat: Kalibráció pontossága Bükkszentlászlói medence vízszintje alapján	91
6.8. táblázat: Kalibráció pontossága az Előhegy-Göröghegyi összevont zónai medencéi alapján	93
6.9. táblázat: Kalibráció pontossága Igló utcai medence vízszintje alapján.....	95
6.10. táblázat: Kalibráció pontossága a Komlóstetői medence vízszintje alapján	97
6.11. táblázat: Kalibráció pontossága az örömhelyi medence vízszintje alapján.....	99
6.12. táblázat: Kalibráció pontossága a Perecesi medence vízszintje alapján.....	101
6.13. táblázat: Kalibráció pontossága a Felsőruzsini medence vízszintje alapján	102
6.14. táblázat: Kalibráció pontossága Vadgalamb utcai medence vízszintje alapján.	104
7.1. táblázat: Kalibráció pontossága medence vízszintek alapján.....	106
7.2. táblázat: Kalibráció pontossága szivattyú nyomóoldali nyomások alapján	107
8.1. táblázat: Manuálisan leolvasott adatsorok.....	110
8.2. táblázat: Vezetékhálózat hibái.....	111

12. RAJZJEGYZÉK

- 00. Nyomáshozzárendelt elhelyezendő nyomásmérési pontok
- 01. Vezetékhálózati hibák: Fő utcai gépház
- 02. Vezetékhálózati hibák: Felsőruzsina u. – Szentgyörgy u.
- 03. Vezetékhálózati hibák: Ifjúság útja
- 04. Vezetékhálózati hibák: Győr u. – Damjanich I. u.
- 05. Vezetékhálózati hibák: Vas utcai gépház
- 06. Vezetékhálózati hibák: Vologda utcai gépház
- 07. Vezetékhálózati hibák: Bencések útja – Máriássy S. utca
- 08. Vezetékhálózati hibák: Árok utca – Tag utca
- 09. Vezetékhálózati hibák: Lyukóvölgyi medence
- 10. Vezetékhálózati hibák: Göröghegyi medencék

13. IRODALOMJEGYZÉK

1. **Domonkos, Márta.** *Véges pontthalmazok alakjai és a Meshlab.* Szegedi Tudományegyetem : ismeretlen szerző, 2011.
2. **Paláncz, Béla.** *Numerikus Módszerek.* 2011.
3. **Siek, Jeremy.** Boost Graph Library. *Boost C++ Libraries.* [Online] 2011. [Hivatkozva: 2014. október 10.] http://www.boost.org/doc/libs/1_55_0/libs/graph/doc/dijkstra_shortest_paths.html.
4. *Sampling Design for Network Model Calibration Using Genetic Algorithms.* **Meier, Roger W. és Barkdoll, Brian D.** 2000., Journal of Water Resources Planning and Management, old.: 245-250.
5. *A comparative Study of Stochastic and Deterministic Sampling Design for Model Calibration.* **Kourosch , Behzadian, és mtsai., és mtsai.** 2008., World Enviromental and Water Resources Congress, old.: 335.
6. *Water Quality Model Calibration under Unknown Demands.* **Jonkergouw, P. M. R., és mtsai., és mtsai.** 2008., Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 134, No. 4, July/August, old.: 326-336.
7. *A Two Stage Optimization Approach for Calibrating Water Distribution Systems.* **Asadzadeh, M., Tolson, B. és McKillop, R.** 2011., Water Distribution Systems Analysis, old.: 1682-1694.
8. *WDS calibration and assessment for alternative modelling objectives.* **Sumer, Derya és Lansey, Kevin.** 2009., Urban Water Journal, Volume 6, Issue 4, old.: 265-277.