

EÖTVÖS JÓZSEF FŐISKOLA
VÍZELLÁTÁSI ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI INTÉZET

TDK dolgozat

**Kiskunfélegyháza tervezett térségi
ivóvízellátó hálózatának vizsgálata**

Készítette:

Ballay Péter V.évf. építőmérnök hallgató

Konzulenseim:

Dittrich Ernő óraadó

Dr. Molnár Zoltán okl. építőmérnök

A témát gondozza:

VÍZELLÁTÁSI ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI INTÉZET

BAJA

2014. MÁJUS

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	4
1.1	A „Kék-víz” ivóvízminőség-javító projekt	4
1.2	A tanulmányomban érintett települések bemutatása	6
2	Jelenlegi vízellátási rendszer	13
2.1	Települések vízbázisának bemutatása	13
2.2	Tisztítási technológia bemutatása	15
2.3	Vízhálózat bemutatása	16
3	Tervezett vízellátási rendszer	17
3.1	Új vízbázis bemutatása	17
3.2	Tisztítási technológia bemutatása	18
3.3	Tervezett vízhálózat bemutatása	18
4	Tervezett hálózat hidraulikai és vízkor modellezése	21
4.1	Célkitűzések	21
4.2	Kiindulási adatok	22
4.3	Települések vízigénye	23
4.4	Csomóponti vízigény kiosztás	25
4.5	Adatbevitel	27
4.6	Kalibráció	30
4.7	Üzemállapotok vizsgálata	31
4.8	Hidraulikai értékelés	44
4.9	Vízkor modell kiegészítések	45
4.10	Vízkor modell eredmények értékelése	50
5	Összefoglalás	51
6	Irodalomjegyzék	55
7	Mellékletek	57

Ábrajegyzék:

1. Ábra: A Kék-víz projektben érintett terület térképe (http://bacs megye.hu/).....	5
2. Ábra: Kiskunfélegyháza térképe	7
3. Ábra: Kiskunfélegyháza-Feketefalu műholdas térképe	8
4. Ábra: Gátér térképe	9
5. Ábra: Pálmonostora térképe	10
6. Ábra: Pálmonostora-Aranyhegy műholdas térképe	11
7. Ábra: Kiskunfélegyháza-Selymes műholdas térképe.....	12
8. Ábra: Petőfiszállás térképe	12
9. Ábra: EPANET - alapbeállítások	27
10. Ábra: Kalibráció eredménye II.....	30
11. Ábra: Kezdeti modell II.....	31
12. Ábra: Kezdeti modell a csúcsfogyasztás idején I.	32
13. Ábra: Nyomástartó szelep helye	32
14. Ábra: Kezdeti modell a csúcsfogyasztás idején II.....	33
15. Ábra: Vízoszlop magasság a mélytározóban I.	33
16. Ábra: Vízoszlop magasság a mélytározóban II.....	34
17. Ábra: Vízszintszabályozás	35
18. Ábra: Vízszintszabályozás kialakítása Petőfiszálláson	36
19. Ábra: Nyomáscsökkentő szelep Selymesen	36
20. Ábra: Átlagfogyasztás+1 tüz eset - Gátér	38
21. Ábra: Átlagfogyasztás+1 tüz eset – Gátér, vízszint alakulása a toronyban	38
22. Ábra: Átlagfogyasztás+1 tüz eset – Pálmonostora-Aranyhegy.....	39
23. Ábra: Átlagfogyasztás+1 tüz eset – Kiskunfélegyháza-Selymes	39
24. Ábra: Csúcsfogyasztás+magastározó leürülése - Gátér	41
25. Ábra: Csúcsfogyasztás+magastározó leürülése - Pálmonostora	41
26. Ábra: Csúcsfogyasztás+magastározó leürülése - Petőfiszállás	42
27. Ábra: Medencetöltés + legkisebb fogyasztás – Feketefalu, mélytározó	43
28. Ábra: Medencetöltés + legkisebb fogyasztás – Vízszint alakulása a mélytározóban	43
29. Ábra: Vízkor alakulása a mélytározóban	45
30. Ábra: Vízkor alakulása a víztoronyban Petőfiszálláson I.	46
31. Ábra: Vízkor alakulása a víztoronyban Petőfiszálláson II.	46
32. Ábra: Vízkor alakulása a víztoronyban Petőfiszálláson III.....	47
33. Ábra: Eltérő nyitási vízszinteknél kialakuló maximum vízkorok Petőfiszálláson.....	47

34. Ábra: Vízsint alakulása 2,4 m –es nyitási szint esetén, Pálmonostorán	48
35. Ábra: Vízkor alakulása a 320. órában	49

Táblázatjegyzék

1. Táblázat: Víztorony adatok II.	22
2. Táblázat: Gátér – tervezett vízigények.....	24
3. Táblázat: Pálmonostora – tervezett vízigények.....	24
4. Táblázat: Pálmonostora-Aranyhegy – tervezett vízigények.....	24
5. Táblázat: Petőfiszállás – tervezett vízigények.....	24
6. Táblázat: Kiskunfélegyháza-Selymes vízigény számítása I.....	25
7. Táblázat: Kiskunfélegyháza-Selymes vízigény számítása II.	25
8. Táblázat: Kiskunfélegyháza-Feketefalu – csomóponti vízigények.....	25
9. Táblázat: Napi vízfogyasztás időszaka 5-10 ezres lakossáig	28
10. Táblázat: Napi vízfogyasztás időszaka nagyfogyasztóknál (8 műszakóra esetén)	29
11. Táblázat: Kalibráció eredménye I.	30
12. Táblázat: Tartózkodási idők alakulása a Pálmonostorai nyitási vízszinthez képest	48

1 Bevezetés

1.1 A „Kék-víz” ivóvízminőség-javító projekt

Előzmények:

1998 novemberében kiadásra került az emberi fogyasztásra szánt víz minőségéről szóló 98/83/EK irányelv, amely 1998. december 25-én lépett hatályba. Az EU csatlakozási tárgyalások során Magyarország élt az irányelvben biztosított azon lehetőséggel, miszerint rendkívüli körülmények esetén és földrajzilag meghatározott területekre vonatkozóan a tagállamok kérhetik a Bizottságtól a határidő meghosszabbítását. Ennek megfelelően Magyarország azt vállalta, hogy 2006. december 25-ig műszaki beavatkozást végez azokon a településeken, ahol a bór, fluorid és a nitrit határértéke magasabb a megengedettnél, 2009. december 25-ig vállalta továbbá az ammónium, valamint a 10µg/l-nél magasabb arzén értékek határértékeire történő csökkentését is.

Az emberi fogyasztásra szánt víz minőségéről szóló közösségi irányelv teljesítését szolgáló hazai feladatokat az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X. 25.) kormányrendelet foglalja össze (amelyet időközben módosított a 47/2005. (III. 11.) kormányrendelet). A rendelet és mellékletei (a vízminőségi ellenőrzés részletes szabályozásán túlmenően) településenként mutatják be a határérték feletti ivóvízminőségi paramétereket, illetve a 2006-ig és 2009-ig tervezett vízminőségi célállapotot kielégítő fejlesztési teendőket. (EVET, 2009)

A „Kék-víz” ivóvízminőség-javító program:

Negyedmillió ember jut egészséges és tiszta ivóvízhez a „Kék-Víz” Észak-Bács-Kiskun Megyei Ivóvízminőség-javító Program keretében megvalósuló fejlesztéseknek köszönhetően.

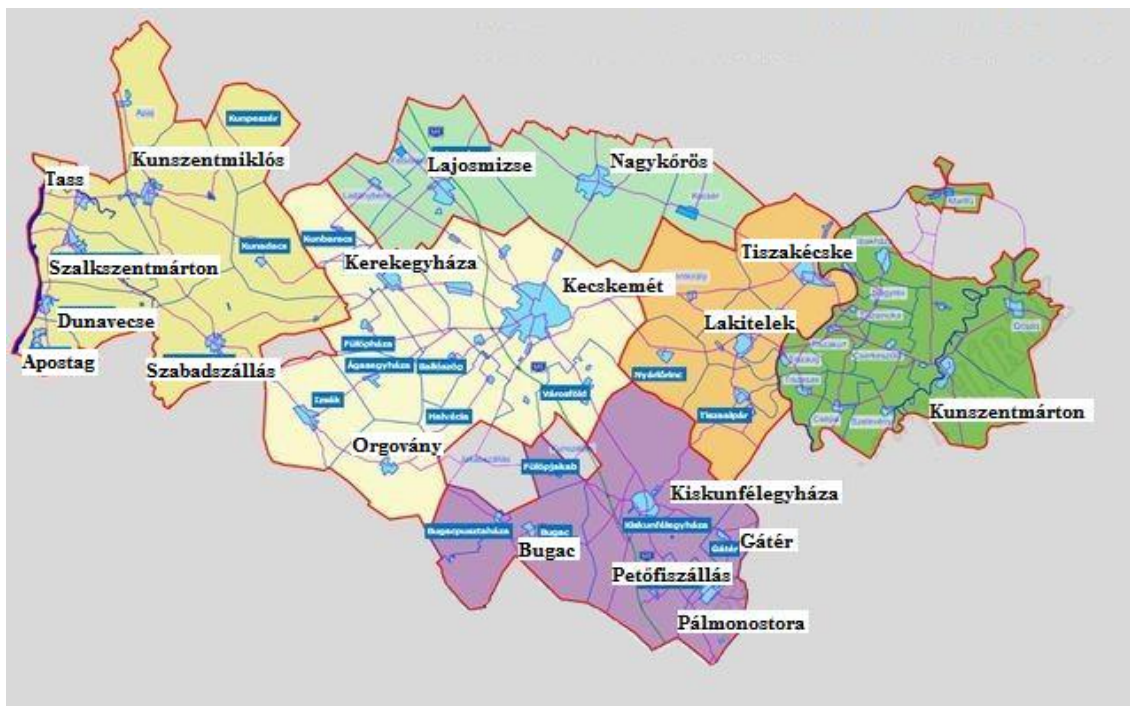
Az Észak-Bács-Kiskun megyében rendelkezésre álló felszín alatti vízkészletek minősége a magas arzén-, ammónium-, vas- és mangántartalom miatt nem felel meg az uniós elvárásoknak.

A Kék-víz programnak köszönhetően négy település (Lajosmizse, Nyárlőrinc, Orgovány és Városföld) önálló vízművel gyarapodik és napi 60 ezer köbmétert meghaladó új tisztítási technológiai kapacitás épül ki. További 26 település ellátásához 171,5 km vezeték létesül, és térségi rendszer alakul ki. Az összes költség ötöde a meglévő hálózatok felújításában, tisztítási csomópontok és körvezetékek építésében hasznosul.

A „Kék-víz” Észak-Bács-Kiskun Megyei Ivóvízminőség-javító Program az alábbi 30 településen valósul meg: Apostag, Ágasegyháza, Ballószög, Bugac, Bugacpusztaháza,

Dunavecse, Fülöpháza, Fülöpkab, Gátér, Helvécia, Izsák, Kecskemét, Kerekegyháza, Kiskunfélegyháza, Kunadacs, Kunbaracs, Kunpeszér, Kunszentmiklós, Lajosmizse, Lakitelek, Nyárlőrinc, Orgovány, Pálmonostora, Petőfiszállás, Szabadszállás, Szalkszentmárton, Tass, Tiszaalpár, Tizsakécske, Városföld.

A projekt eredményeként eddig ellátatlan településrészek kapcsolódhatnak be a vezetékes ellátásba és mintegy 250 ezer lakos számára lesz biztosított a nemzetközi követelményeknek megfelelő, jó minőségű ivóvíz. (www.kekviz.hu)



1.Ábra: A Kék-víz projektben érintett terület térképe (<http://bacs megye.hu/>)

1.2 A tanulmányomban érintett települések bemutatása

A tanulmányomban először a délkelet Kiskunfélegyháza felől induló Kf-I jelű távvezeték hálózat, és az ahhoz kapcsolódó térségi rendszer bemutatásával foglalkoztam.

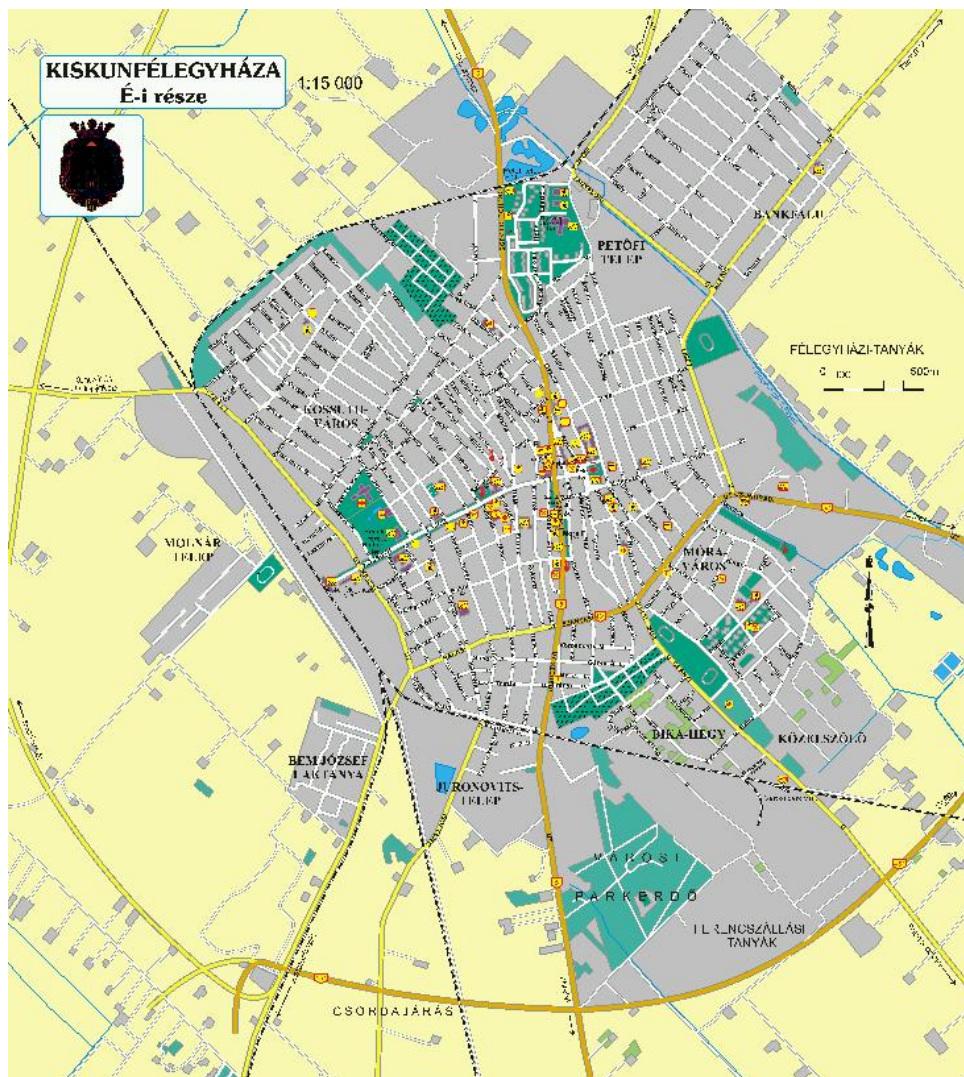
Az érintett települések a következők:

- Kiskunfélegyháza (innen kerül a víz a távvezetékbe, csak a kezdeti értékeket meghatározó modellben érintett)
- Kiskunfélegyháza-Feketefalu (egyéb elnevezései: Ferencszállási tanyák, Zöldmező ltp.)
- Gátér
- Pálmonostora
- Pálmonostora-Aranyhegy
- Kiskunfélegyháza-Selymes
- Petőfiszállás

A települések ismertetése és jellemzői az Elvi Vízügyi Engedélyes Tervdokumentációból kerülnek bemutatásra, mely még a műszaki tervezés előtt készült el (2009-ben), és felvázolja a jelenlegi helyzetet, valamint a lehetséges megvalósítás általános ismereteit és feltételeit. A továbbiakban (EVET, 2009) –ként fogok hivatkozni erre.

Települések ismertetése (EVET, 2009):

Kiskunfélegyháza:



2.Ábra: Kiskunfélegyháza térképe

Kiskunfélegyháza városias elrendezésű, lakótelepekkel. Lélekszáma 32632 fő. Az ellátatlan területek, amelyek a vízellátó rendszerhez kapcsolódnak: Halesz és Selymes.

Ipara jelentős, jellemző területei: élelmiszeripar, gépgyártás, zöldségtermesztés, baromfitenyésztés, húsfeldolgozás, műanyagipar, tejipar, cipőipar.

Kiskunfélegyháza napjainkban is jelentős iskolaváros. Több gimnázium és középiskola is található a városban. Az oktatási intézmények a város térségén túl is rengeteg diáknak kínálnak tanulási lehetőséget. A térségben (elsősorban Kiskunfélegyházán) jelentős számban és termeléssel képviseltetik magukat más iparágak is. A közúti és a vasúti kapcsolatok kedvező helyzetet teremtenek a térségnek, a könnyű elérhetőség vonzó hatást gyakorol újabb vállalkozások megtelepedésének is.

Rang: város

Terület: 256,3 km²

Kiskunfélegyháza-Feketefalu:



3.Ábra: Kiskunfélegyháza-Feketefalu műholdas térképe

Feketefalu településrész lakosszáma nagyjából 100 fő, Kiskunfélegyházától délkeletre fekszik. Ipara nincs, a mezőgazdasági vízigénye elhanyagolható.

Rang: Településrész

Gátér:



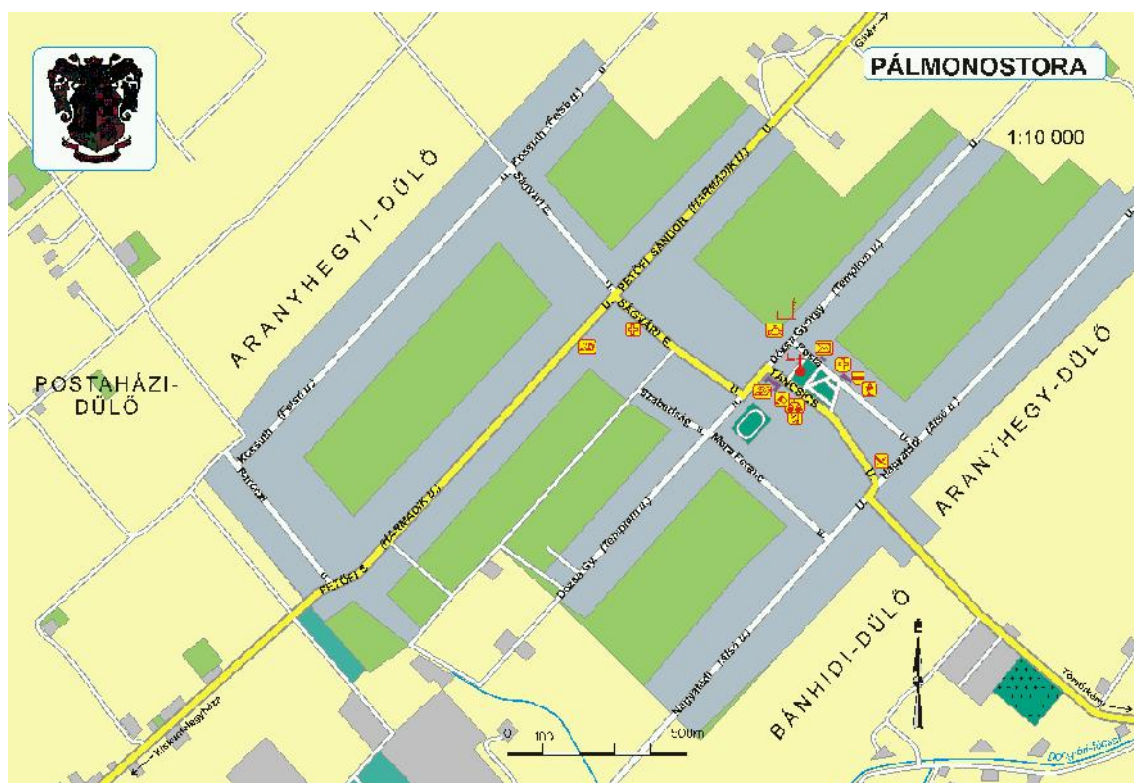
4.Ábra: Gátér térképe

Gátér a kiskunsági löszös háton, Bács-Kiskun megye keleti határán, Kiskunfélegyházától tíz kilométerre, keletre helyezkedik el. A település a szomszédos Pálmonostorához tartozott. A mindinkább fellendülő gazdasági élet, az önálló közigazgatás szükségességének a következményeként 1924. május 1-én megalakult a mai önálló község. Jellemzően egy főutcás település. Gátér település lélekszáma 1066 fő. A településen élők főként mezőgazdasággal foglalkoznak.

Rang: község

Terület: 30,89 km²

Pálmonostora:



5.Ábra: Pálmonostora térképe

Pálmonostora település lélekszáma 2177 fő. A településen két nagyobb könnyűipari tevékenységet folytató vállalkozás van, a mezőgazdasági és élelmiszeripari vállalkozások száma 12, valamint 52 egyéni vállalkozó működik.

Rang: község

Terület: 53,29 km²

Pálmonostora-Aranyhegy:



6.Ábra: Pálmonostora-Aranyhegy műholdas térképe

Pálmonostora-Aranyhegy településrész lélekszáma 188 fő. Ipar nincs, a mezőgazdasági tevékenység elenyésző.

Rang: településrész

Kiskunfélegyháza-Selymes:

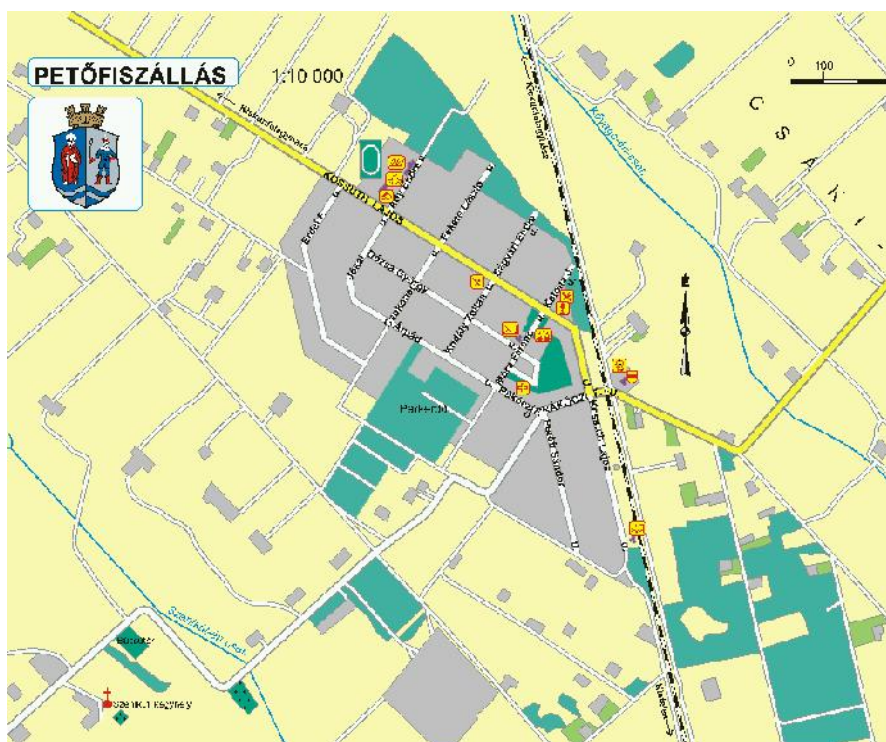


7.Ábra: Kiskunfélegyháza-Selymes műholdas térképe

Kiskunfélegyháza-Selymes településrész lakosszáma körülbelül 770 fő. Ipari vízigény nincs, a mezőgazdasági vízigény pedig elhanyagolható.

Rang: Településrész

Petőfiszállás:



8.Ábra: Petőfiszállás térképe

Petőfiszállás település lélekszáma 1597 fő. Legfőbb nevezetessége a Szentkút-kegyhely, nevezetes búcsújáró- és zarándokhely. A lakott településtől, Petőfiszállás falutól távoli kegyhelyet messze kint a kiskun pusztában alig egy-két tanya övezi.

Rang: község

Terület: 67,78 km²

2 Jelenlegi vízellátási rendszer

Tanulmányoztam az ismertetett települések vízellátási rendszerének jelenlegi állapotát, a vízbázisok feltérképezésével, valamint a víztisztítási technológia és a vízhálózat bemutatásával.

2.1 Települések vízbázisának bemutatása

Települések vízbázisának ismertetése (EVET, 2009):

Kiskunfélegyháza:

Kiskunfélegyháza vízbázisának ismertetése a 3.1-es pontban kerül bemutatásra, mivel a jelenlegi vízbázisa a tervezett regionális rendszer településeinek az új vízbázisa lesz.

Kiskunfélegyháza-Feketefalu:

Nincs vízbázisa, mert a vízellátását a Kiskunfélegyházáról érkező víz biztosítja.

Gátér:

Jelenleg 2 db pozitív mélyfúrású kút áll rendelkezésre. A víz gravitációsan a 2x50 m³-es térszíni tárolóba jut. Az 5,9 km hosszú elosztó hálózatba 2 db búvárszivattyú juttatja a vizet. A nyomástartást egy 5 m³-es hidrofor tartály biztosítja.

A gátéri vízműtelepen 230 m illetve 352 m talpmélységű kutak geofizikai szelvénye alapján a negyedkori dunai hordalék egészének felépítésére is következtethetünk, több száz méterre becsülve annak teljes vastagságát. A gátéri vízbázis Bács-Kiskun megye középső-keleti permén, a Duna-Tisza közti hátság, mint földtani-vízföldtani egység szélén található. A terület rétegvízkészlete igen gazdag, mert a több száz méter vastag negyedkori dunai hordalék csaknem a teljes mélységben homokos jellegű. A sekélyebb (171-221 m szűrőzött) kút vízáadó képessége csak közepes (700 l/p).

Ennek a rétegnek a vize arzén, vas és mangán tekintetében haladja meg a határértéket. A mélyebb (179-337 m szűrőzött) kút vízáadó képessége lényegesen jobb (1400 l/p), azonban a kitermelt víz a vas és mangán mellett ammónium tekintetében is határérték közelébe.

Pálmonostora:

A vízellátást 2 db, egy 233 m (157-212 m szűrőzött) és egy 250 m (197-241 m szűrőzött) talpmélységű mélyfúrású kút biztosítja, amelyek beépített búvárszivattyúi közvetlenül termelik a vizet a 11,3 km hosszú elosztó hálózatba. A kutak a település különböző pontjain helyezkednek el egymástól 200 méterre. A szivattyúzás és a fogyasztás kiegyenlítését az 50 m³-es hidroglóbusz biztosítja.

A vízbázis Bács-Kiskun megye középső részén, a Duna-Tisza-közi hátságnak nevezett vízföldtani tájegység területén található. A térség rétegvíz beszerzési lehetőségei mennyiségi szempontból jók, a több száz méter vastag negyedkori dunai hordalék csaknem teljes mélységben homokos jellegű. A termelt víz minőségi szempontból arzen szempontjából haladja meg a határértéket, mangán, vas és ammónium tekintetében határérték közeli.

Pálmonostora-Aranyhegy:

Az 1 db mélyfúrású 270 m-es talpmélységű, (245-258 m) szűrőzött kútba beépített búvárszivattyú 1102 m hosszú elosztóhálózatba táplálja a vizet. A szivattyúzás és a fogyasztás kiegyenlítését a 25 m³-es hidroglóbusz biztosítja.

Pálmonostora-Aranyhegy kútja, azaz a megnyitott (196-258 m) mélységtartomány kitermelt vize, vízminőségi szempontból kifogás alá esik: vas és mangán komponensek tekintetében meghaladja a határértéket.

A vízáadó szint szabad kapacitása a jelenlegi vízigényt figyelembe véve jelentősnek mondható.

Kiskunfélegyháza-Selymes:

Nem rendelkezik vízbázissal, a vízellátása még nem kiépített.

Petőfiszállás:

A 2 db mélyfúrású, egy 217 m (183-209 m szűrőzött) és egy 180 m (125-169 m szűrőzött) talpmélységű kútba beépített búvárszivattyú közvetlenül termeli a vizet az 7,2 km hosszú elosztó hálózatba. A szivattyúzás és a fogyasztás kiegyenlítését az 50 m³-es hidroglóbusz biztosítja. A vízbázis arzen, vas, mangán és ammónium tekintetében meghaladja a határértéket.

2.2 Tisztítási technológia bemutatása

Települések víztisztítási technológiájának ismertetése (EVET, 2009):

Kiskunfélegyháza:

A kutakból a szivattyúk 4 db fekvő vas-mangántalanító szűrőre juttatják a vizet, ahol a víz vas-mangántalanítása megtörténik. A szűrők előtt oxidáló szerként kálium-permanganátot adagolnak. Klórgázzal történő fertőtlenítés után a tisztított víz továbbításra kerül a mélytározóba. A kezelőmű a határérték közeli ammónium kivételével biztosítja az előírásokat. Ammónium esetében a mérések a határértéket (0,5 mg/l) hol alulról, hol pedig felülről közelítik, emiatt a Kék-víz program keretében megvalósításra kerül a vízkezelő rekonstrukciója.

Kiskunfélegyháza-Feketefalu:

Vízellátását a Kiskunfélegyházáról érkező víz biztosítja.

Gátér, Pálmonostora, Pálmonostora-Aranyhegy, Petőfiszállás:

A települések nem rendelkeznek víztisztítási technológiával, így a termelt vizük kezelési eljárás nélkül jut el a fogyasztókhoz. A kis lakosszámok miatt nem lenne gazdaságos külön-külön a tisztítási technológia kiépítése, ezért kerül a későbbiekben megvalósításra a regionális rendszer kiépítése.

Kiskunfélegyháza-Selymes:

A településen jelenleg nincs kiépítve vízellátó rendszer.

2.3 Vízhálózat bemutatása

Települések vízhálózatának bemutatása (EVET, 2009):

Kiskunfélegyháza:

Elosztó hálózatának hossza 112,2 km, melynek nagy részét azbesztcement vezetékek adják. Ezen kívül még előfordulnak KPE és KM-PVC csövek is.

Kiskunfélegyháza-Feketefalu:

Feketefalu Kiskunfélegyházáról kapja az ivóvizét egy 3000 m-es DN100 KM-PVC vezetéken keresztül, melyről csak néhány nagyobb fogyasztó ágazik le. A teljes Feketefalusi hálózat nagyjából 800 m, és kizárólag DN100 KM-PVC csőből áll.

Gátér:

A település vízelosztó hálózata 5,9 km hosszúságú, jellemzően vegyes rendszerű, melynek kiépítése a 70-es évek elejére tehető. A hálózat NA80-as, NA100-as és NA150-es átmérőjű vezetékekből került kiépítésre, főként azbesztcement anyagú csövekből. A hálózatra éves szinten 2-3 csőtörés jellemző. Az üzemeltetési tapasztalatok alapján, a mechanikus tisztítás során a tolózárak vájatában az üledék lerakódik, mely következtében nem biztosítható az átengedés nélküli zárás, továbbá az üledék táptalajként szolgál a baktériumoknak (ez a probléma a többi településen is fennáll).

Pálmonostora:

A település vízelosztó hálózata 11,3 km hosszúságú, melynek kiépítése a 70-es évek elejére tehető. A hálózat NA80-as, NA100-as, NA110-es és NA150-es átmérőjű vezetékekből került kiépítésre, főként azbesztcement anyagú csövekből. Csőtörés nem jellemző a hálózaton.

Pálmonostora-Aranyhegy:

A település vízelosztó hálózata 1102 m hosszúságú, melynek kiépítése 1994-es évben történt. A hálózat NA100-as átmérőjű vezetékekből került kiépítésre, KM-PVC anyagú csövekből. Csőtörés nem jellemző a hálózaton.

Kiskunfélegyháza-Selymes:

Selymes település nem rendelkezik kiépült vízelosztó hálózattal.

Petőfiszállás:

A település vízelosztó hálózata jellemzően vegyes rendszerű, melynek kiépítése a 70-es évek elején kezdődött. A hálózat NA63-as, NA100-as, és NA110-es átmérőjű vezetékekből került kiépítésre, az NA100-as vezetékek azbesztcement anyagúak, a többi KM-PVC. A hálózatra éves szinten 1-2 csőtörés jellemző.

A hálózatok tisztíthatósága:

Öblítéssel tisztítás: A hálózatok teljes egészén végeznek évente öblítéssel tisztítást.

Mechanikai tisztítás: A hálózatok teljes egészén nem végeznek mechanikai tisztítást.

Vízminőség romlást okozó tényezők: A hálózatokon nincs másodlagos vízminőség romlást okozó tényező.

3 Tervezett vízellátási rendszer

Tanulmányoztam az ismertett települések tervezett vízellátási rendszerét, a vízbázisok, valamint a víztisztítási technológia és a vízhálózat áttekintésével.

3.1 Új vízbázis bemutatása

A tervezett új vízbázis Bács-Kiskun megye középső részén, a Duna-Tisza-közi hátságnak nevezett vízföldtani tájegység területén található, melyről a környező települések is a vizüket nyerték. A különbség itt a meglévő víztisztítási technológiából adódik, mely a tervezett rekonstrukció után alkalmas lesz a víz minőségének határérték alatti tartásához. Ez a víztisztítási technológia Kiskunfélegyháza településen épült ki, és a település meglévő kútjai fogják a tervezett környező térségi vízhálózatokat ellátni.

Új vízbázis bemutatása (EVET, 2009):

Kiskunfélegyháza vízellátását 7 db mélyfúrású kút biztosítja, melyek a Kék-víz program keretében felújításra kerülnek. A beépített búvárszivattyúk gyűjtővezetéken keresztül juttatják a vizet a víztisztító telepre, majd a tisztított víz a 2000 m³-es térszíni tárolóba kerül. Onnan a hálózati szivattyúk a 112,2 km hosszú elosztó hálózatba nyomják a vizet. A szivattyúzás és a fogyasztás kiegyenlítését jelenleg egy 500 m³-es víztorony biztosítja, melynek tárolókapacitása kevés a hálózat nagyságához képest, kiváltására egy 1500 m³-es magastározó fog létesülni a Kék-víz program keretében.

A térség rétegvízbeszerzési lehetőségei mennyiségi szempontból jók, a több száz méter vastag negyedkori dunai hordalék csaknem teljes mélységben homokos jellegű. Kiskunfélegyháza vízbázisán a víztermelés 137-485 m mélységek között három szinttájrról történik. Mindhárom mélységtartomány kitermelt vize azonban vízminőségi szempontból kifogás alá esik.

A sekélyebb (137-207 méteres) mélységtartomány csak ammónium, vas és mangán komponensek tekintetében haladja meg a határértéket, hozzáteve, hogy több laboreredmény is határérték alatti eredményt mutatott. A mélyebb (216-348 méteres) réteg kitermelt vize arzén,

ammónium, vas és mangán komponensek tekintetében haladja meg kismértékben a határértéket, és - a felette lévő vízádóhoz hasonlóan – több laboreredmény is határérték alatti eredményt mutatott. A legmélyebb (439-485 méteres) mélységtartomány vize a középső vízádóval csaknem megegyező minőségű. Mindhárom vízádó szint szabad kapacitása a jelenlegi vízigényt figyelembe véve jelentősnek mondható.

3.2 Tisztítási technológia bemutatása

A tervezett tisztítási technológia (EVET, 2009):

A meglévő kutak nyersvize egy tervezett gépházban elhelyezett levegőztető berendezésre jut, ahol a készülékben cseppekben aláhulló víz és az ellenáramban feláramló levegőfázis nagy felületen, intenzíven zajló érintkezésének hatására a víz oxigénben telítődik, valamint a gáztalanítás is végbemegy. Az oxigénben gazdag vizet, az új nyomásfokozó szivattyúegység ($Q = 150 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 30 \text{ m}$) juttatja a nitrifikáló oszlopokra, ahol a nagy tömegben jelen levő biomassza az ammóniát első lépésben nitritté, majd nitráttá oxidálja. A nitrifikáló oszlopokat időszakosan rövid időtartamú intenzív fellazító terhelés-impulzusoknak tesszük ki, miáltal a szaporulat távozik, a működő biomassza frissül. A nitrifikálók vizét ezt követően egy fertőtlenítő, csírátlanító berendezésen vezetjük át. Vegyszeradagolást követően kerül az előkezelt víz a vas-, mangán-, arzénmentesítő szűrőegységre. A tisztítás technológia után a tisztított víz fertőtlenítőszer adagolást követően a tisztavíz medencébe kerül, onnan a gépházban elhelyezett hálózati szivattyúk Kiskunfélegyháza vízelosztó hálózatába juttatják a vizet, ahonnan az az új 1500 m^3 -es magastározóba továbbítódik.

A szűrők visszaöblítése a tisztítottvízzel, a technológiai szivattyúegység segítségével történik. A zagyvíz az ülepítő - dekantáló medencébe kerül, ahonnan a dekantált vizet a befogadóba vezethetjük. A kútbekötő vezetékek a beruházás során megújulnak és csőbehúzással a különböző anyagokból megépített nyersvíz rendszer egységessé válik. A nyersvíz először a biológiai ammóniumeltávolítást biztosító tisztítóegységre kerül, majd onnan a változatlan technológiájú, párhuzamosan kapcsolt négyszűrős vas-mangántalanító technológiára jut.

3.3 Tervezett vízhálózat bemutatása

A Kék-víz projekt keretében 4 távvezetékes rendszer kerül kiépítésre Kiskunfélegyháza központtal:

- Kf-I (Gátér, Pálmonostora, Pálmonostora-Aranyhegy, Kiskunfélegyháza-Selymes, Petőfiszállás)
- Kf-II (Kiskunfélegyháza-Halesz)
- Kf-III (Fülöpjakab)
- Kf-IV (Kiskunfélegyháza-Aranyhegy)

Ezek közül a legnagyobb és legösszetettebb a Kf-I jelű távvezeték hálózat, mellyel a tanulmányomban foglalkozom.

A Kf-1 jelű távvezeték hálózat:

A távvezeték első szakasza egy 3300 m hosszú D200 KPE vezeték, mely a Kf-I/1/1/A nevet viseli. Kiskunfélegyháza külső hálózatáról, egészen pontosan két DN100 AC vezetékről csatlakozik le egy-egy D110 KPE cső segítségével. Nyomvonal a Csanyi úton halad keresztül, és Kiskunfélegyháza-Feketefaluig tart, ahol egy 200 m³-es mélytározóban végződik. Feketefalura, valamint a Feketefalu felé található nagyfogyasztók számára egy külön DN100 KM-PVC vezeték szolgáltatja a vizet, így Feketefalu nem érintett a távvezeték által szállított víz fogyasztási célú átvételében. A mélytározóból nyomásfokozók segítségével juttatjuk az ivóvizet a távvezeték második szakaszába.

Kapcsolódó anyagok a 7. **Mellékletek** fejezetben:

1. Melléklet: TSZ-1, Átnézeti helyszínrajz
2. Melléklet: TSZ-2, Nyomvonal tervezési helyszínrajz I.
3. Melléklet: TSZ-3, Nyomvonal tervezési helyszínrajz II.

A mélytározótól a vízszállítás a következőképpen alakul:

- Kf-I/1/1/B – 1715 m, D250 KPE cső, kétfelé ágazik
 - Kf-I/1/2 – 5280 m, D160 KPE, Gátérnek szállít vizet
 - Kf-I/1/3 – 2160 m, D200 KPE, ismét kétfelé ágazik
 - Kf-I/2/1 – 3530 m, D110 KPE, Pálmonostorának szállít vizet
 - Kf-I/2/2 – 3700 m, D110 KPE, Pálmonostoráról Pálmonostora-Aranyhegyre szállít vizet
 - Kf-I/3/1 – 2895 m, D160 KPE, ez a vezeték is kettéválk
 - Kf-I/3/2 – 2750 m, D160 KPE, Selymesnek szállít vizet
 - Kf-I/3/3 – 2235 m, D110 KPE, Pálmonostorának szállít vizet

A távvezetéken kívül Selymesen egy teljesen új vízellátó hálózat létesül, mely anyaga nagyjából D110 KPE, kisebb részben pedig D90 KPE vezeték lesz.

A tervezett hálózatok kialakítására vonatkozó térképek a 7. **Mellékletek** fejezetben:

4. Melléklet: TSZ-4, Tervezett hálózat - Gátér
5. Melléklet: TSZ-5, Tervezett hálózat - Pálmonostora
6. Melléklet: TSZ-6, Tervezett hálózat – Pálmonostora-Aranyhegy
7. Melléklet: TSZ-7, Tervezett hálózat – Kiskunfélegyháza-Selymes
8. Melléklet: TSZ-8, Tervezett hálózat - Petőfiszállás

4 Tervezett hálózat hidraulikai és vízkor modellezése

4.1 Célkitűzések

A cél a távvezeték hálózatba bevont településeknél a 201/2001. (X. 25.)-es, kormányrendeletben foglalt ivóvíz-minőségi határértékek betartása mellett történő vízszolgáltatás. Mivel az érintett települések eddig víztisztító teleppel illetve vízelosztó rendszerrel nem rendelkeztek, így szükség volt egy megoldásra ennek a problémának a kiküszöbölésére, így esett végül a választás a regionális rendszerben történő vízellátásra. Mivel az ellátandó települések többségében már meglévő vízellátó hálózatok találhatóak, ezért a kikötés az, hogy a tervezett távvezetékkel történő összekapcsolás után ne romoljon szignifikáns mértékben a vízellátás minősége a már meglévő rendszerhez képest. Kiskunfélegyháza település tűzi víz ellátása nem kerül vizsgálatra.

Szükséges oltóvíz igények az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (28/2011. (IX. 6.) BM rendelet, 438. §) szerint:

- legfeljebb 200 MJ/m^2 tűzterhelés esetén, legalább fél órán keresztül,
- 200 MJ/m^2 -nél nagyobb, de legfeljebb 400 MJ/m^2 tűzterhelés esetén, legalább egy órán keresztül

19. melléklet a 28/2011. (IX. 6.) BM rendelethez, a csatlakozó épületrész szélessége:

- $50 - 150 \text{ m}^2$ mértékadó tűzszakasz esetén 600 l/p

Kikötések:

- A már meglévő hálózattal rendelkező településeken biztosítani kell a tűzcsapoknál a szükséges 600 l/p -es oltóvíz mennyiséget 1 (vagy indokolt esetben fél) órán keresztül, 2 bar kifolyási nyomáson, ahol pedig ez nem lehetséges, ott ne legyen rosszabb a helyzet a jelenlegi állapothoz képest (ennek az igazolását a vízmű jegyzőkönyv alapján a tűzcsap mérései biztosítják).
- A településeken a hálózati nyomás minimum 1,5 bar, maximum 6 bar lehet.
- A távvezetéken a nyomás 6 bar fölé is emelkedhet (ilyenkor viszont oda kell figyelni a cső névleges nyomására)
- A távvezetékben a sebességnek célszerű elérnie a $0,4 \text{ m/s}$ -os sebességet, így elkerülhetővé válnak a kiülepedések, valamint a víz pangása.
- A távvezetékben a sebesség nem haladhatja meg az 1 m/s -ot (kivéve tűzesetnél).

4.2 Kiindulási adatok

A települések egyéb víztorony adatai megtalálhatóak a **7. Mellékletek** fejezetben, az alábbi címen:

15. Melléklet: Víztorony adatok I.

1. Táblázat: Víztorony adatok II.

Település	Hasznos térfogat	Vízoszlop magasság a tározóban	Vízoszlop max. üzemi szintje
	[m ³]	[m]	[m.B.f.]
Gátér	50	4.5	116.63
Pálmonostora	50	4.5	116.23
Pálmonostora-Aranyhegy	25	3	106.46
Petőfiszállás	50	4.5	123.80

A regionális rendszerben betöltött szerepük szerint ellennyomó tározós, valamint helyi vízbázissal nem rendelkezők a települések. Az egyetlen kivételt Selymes jelenti, mivel itt sincs helyi vízbázis, a település egy helyen vizet vesz le a regionális rendszerről, víztoronnyal pedig nem rendelkezik. Kiskunfélegyháza és Feketefalu nem a tervezett távvezetésekről kerül ellátásra, ezért itt nem szerepelnek.

A Feketefalun két, egyenként 6x6 m alapterületű, 3 m hasznos vízoszlop magassággal rendelkező 100 m³ – es műtárgy lett betervezve.

A mélytározó fontosabb szintjei a következők:

A mélytározó terepszintje: 93,72 m.B.f

A tározótér alsó szintje: 91,72 m.B.f

Vízoszlop maximum üzemi vízszintje a tározóban: 94,72 m.B.f

Megjegyzés: A modellben a tározók alsó szintje és a vízoszlop maximum szintje 1,2 m-rel feljebb került, így a csomóponti kiosztásnál a csomópontok abszolút magasságai megegyezhetnek a terepszinttel, mivel az 1,2 m-es fektetési mélységek a tározók alsó szintjeihez lettek hozzáadva.

Geodéziai adatok:

A távvezeték nyomvonala, a magastározók, a mélytározó, Selymesen az új vezeték hálózat nyomvonala, valamint Gátéren néhány fontosabb tűzcsap geodéziailag bemérésre került, a további hiányzó abszolút magasságok csomóponti kiosztásnál mérnöki becslés útján lettek feltüntetve. Kiskunfélegyháza területén az abszolút magasságok 96,00 m.B.f.-i értékre lettek felvéve.

Nyomásfokozó tulajdonságai:

2 db (+1 tartalék) tervezett nyomásfokozó fog rendelkezésre állni a mélytározó után, melyek egyenként $Q = 30 \text{ m}^3/\text{h}$ –es és $H = 50 \text{ m}$ –es munkaponttal rendelkeznek. A szivattyúk párhuzamosan kapcsolódnak egymáshoz.

4.3 Települések vízigénye

A kezdeti modellhez figyelembe kellett venni a vízigényeinek meghatározásakor a Feketefalu felé tartó 3000 m hosszúságú DN100 KM-PVC vezeték vízigényét is, mivel több nagyfogyasztó is ezen a szakaszon kerül ellátásra. Mivel ezt a vezetéket és a tervezett távvezeték Kf-I/1/1/A szakaszát is ugyan az a két DN100 AC cső látja el, így hidraulikai szempontból meg kellett vizsgálni a működését.

Kapcsolódó anyag a **7. Mellékletek** fejezetben:

14. Melléklet: TSZ-14, Kezdeti modell vezetékei

27. Melléklet: Vezeték átmérők a kezdeti modellben

Feketefalu jelenlegi lakosságát nem tudtam meghatározni, mert Kiskunfélegyháza belterületének számít, így külön adatok nem találhatóak róla. Mivel az önkormányzatnál sem tudtak biztos adatokkal szolgálni, ezért a napi csúcs vízigényének Pálmonostora-Aranyhegy napi csúcs vízigényét vettem.

A DN100 KM-PVC vezetéken található nagyfogyasztók max. napi vízigénye a Bácsvíz Zrt. által szolgáltatott fogyasztási adatok alapján számítva:

Szalai Busz Kft.:	0,82 m ³ /d
Marillen Kft.:	79,23 m ³ /d
Szládik József:	22,93 m ³ /d
IBV Hungária Kft.:	58,33 m ³ /d
Torus Acéltermék Gyártó Kft.:	19,07 m ³ /d

Vízigényeknek az Elvi Vízforgó Engedélyes Tervdokumentációban (EVET, 2009) meghatározott értékeket vettem alapul:

2. Táblázat: Gátér – tervezett vízigények

Mennyiségi tervezési adatok	Jelölés	Mértékegység	Mennyiség
Jelenlegi átlagos napi vízigény	Q _{dátl}	[m ³ /nap]	158
Jelenlegi napi csúcstermelés	Q _{dmax.}	[m ³ /nap]	305
Tervezett napi csúcstermelés	Q _{dmax.}	[m ³ /nap]	300
Tervezett óracsúcs	Q _{hmax.}	[m ³ /h]	30

3. Táblázat: Pálmonostora – tervezett vízigények

Mennyiségi tervezési adatok	Jelölés	Mértékegység	Mennyiség
Jelenlegi átlagos napi vízigény	Q _{dátl}	[m ³ /nap]	144
Jelenlegi napi csúcstermelés	Q _{dmax.}	[m ³ /nap]	337
Tervezett napi csúcstermelés	Q _{dmax.}	[m ³ /nap]	190
Tervezett óracsúcs	Q _{hmax.}	[m ³ /h]	19

4. Táblázat: Pálmonostora-Aranyhegy – tervezett vízigények

Mennyiségi tervezési adatok	Jelölés	Mértékegység	Mennyiség
Jelenlegi átlagos napi vízigény	Q _{dátl}	[m ³ /nap]	6
Jelenlegi napi csúcstermelés	Q _{dmax.}	[m ³ /nap]	41
Tervezett napi csúcstermelés	Q _{dmax.}	[m ³ /nap]	40*
Tervezett óracsúcs	Q _{hmax.}	[m ³ /h]	4

*Feketefalunál is ez az érték került felvételre a tervezett napi csúcsnál.

5. Táblázat: Petőfiszállás – tervezett vízigények

Mennyiségi tervezési adatok	Jelölés	Mértékegység	Mennyiség
Jelenlegi átlagos napi vízigény	Q _{dátl}	[m ³ /nap]	64
Jelenlegi napi csúcstermelés	Q _{dmax.}	[m ³ /nap]	174
Tervezett napi csúcstermelés	Q _{dmax.}	[m ³ /nap]	100
Tervezett óracsúcs	Q _{hmax.}	[m ³ /h]	10

Kiskunfélegyháza-Selymesnél szintén az a probléma áll fent, mint Feketefalunál. Kiskunfélegyháza belterületének számít, így külön adatok nem találhatóak róla. A lakosság meghatározásánál megszámláltam a Selymesi telkek helyrajzi számait, melynek értéke 777

lett. Mivel ezek közül nagyjából a fele lakott, így a lakosságot 750 főre vettem fel, a fajlagos fogyasztást pedig 80 l/fő^xnap-ra.

6. Táblázat: Kiskunfélegyháza-Selymes vízigény számítása I.

Selymes					
Lakosszám	Fajlagos vízigény (l/fő ^x d)	Évszakos egyenlőtlenségi tényező* (mezőgazdasági)	Veszteség (%)	Napi átlagos vízigény (m ³ /d)	Veszteség (m ³ /d)
750	80	2	15	60	9

*(Török László, 1998)

7. Táblázat: Kiskunfélegyháza-Selymes vízigény számítása II.

Σ Átlag vízigény(m ³ /d)		Max. napi vízigény (m ³ /d)
Kommunális	69	138.00

4.4 Csomóponti vízigény kiosztás

Feketefalu:

Felvettem a Feketefalu felé tartó DN100 KM-PVC vezeték csomópontjaira a kommunális és a nagyfogyasztói vízigényeket.

(26. Melléklet: Kezdeti modell I.; 11. Ábra: Kezdeti modell II.)

8. Táblázat: Kiskunfélegyháza-Feketefalu – csomóponti vízigények

Feketefalu			
Csomópont	Vízigény	Abszolút magasság	Megjegyzés
	(m ³ /d)	(m.B.f.)	
120	77.40	95.50	IBV + TORUS
121	102.98	95.00	Szalai + Marillen+ Szládik
124	10.00	95.00	Lakossági
125	10.00	95.00	Lakossági
126	10.00	95.00	Lakossági
127	10.00	95.00	Lakossági
Σ	220.38		

Gátér:

A Gátérre vonatkozó adatok megtalálhatóak a 7. **Mellékletek** fejezetben:

9. Melléklet: TSZ-9, Csomóponti terv - Gátér

16. Melléklet: Gátér – csomóponti vízigények fajlagos vezetékhozzak szerint

17. Melléklet: Gátér – csomópontok vízigénye

Pálmonostora:

A Pálmonostorára vonatkozó adatok megtalálhatóak a **7. Mellékletek** fejezetben:

10. Melléklet: TSZ-10, Csomóponti terv - Pálmonostora

18. Melléklet: Pálmonostora - csomóponti vízigények fajlagos vezetékhosszak szerint

19. Melléklet: Pálmonostora – csomópontok vízigénye

Pálmonostora-Aranyhegy:

A Pálmonostora-Aranyhegyre vonatkozó adatok megtalálhatóak a **7. Mellékletek** fejezetben:

11. Melléklet: TSZ-11, Csomóponti terv – Pálmonostora-Aranyhegy

20. Melléklet: Pálmonostora-Aranyhegy – csomóponti vízigények fajlagos vezetékhosszak szerint

21. Melléklet: Pálmonostora-Aranyhegy – csomópontok vízigénye

Kiskunfélegyháza-Selymes:

A Kiskunfélegyháza-Selymesre vonatkozó adatok megtalálhatóak a **7. Mellékletek** fejezetben:

12. Melléklet: TSZ-12, Csomóponti terv – Kiskunfélegyháza-Selymes

22. Melléklet: Kiskunfélegyháza-Selymes – csomóponti vízigények fajlagos vezetékhosszak szerint

23. Melléklet: Kiskunfélegyháza-Selymes – csomópontok vízigénye

Petőfiszállás:

A Kiskunfélegyháza-Selymesre vonatkozó adatok megtalálhatóak a **7. Mellékletek** fejezetben:

13. Melléklet: TSZ-13, Csomóponti terv – Petőfiszállás

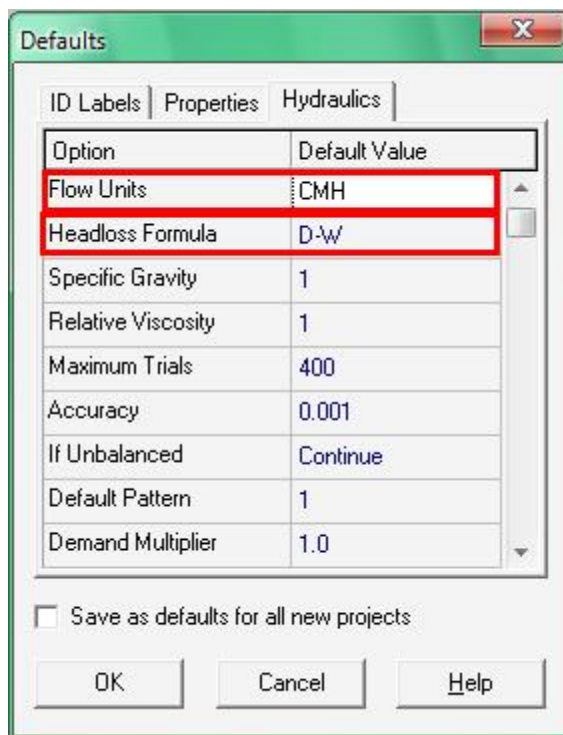
24. Melléklet: Petőfiszállás – csomóponti vízigények fajlagos vezetékhosszak szerint

25. Melléklet: Petőfiszállás – csomópontok vízigénye

4.5 Adatbevitel

Alapbeállítások:

A modellezést EPANET programsegítségével végeztem, a következő beállításokkal:



9.Ábra: EPANET - alapbeállítások

Itt az alapbeállítás helyett a mértékegységet (Flow Units) m^3/h -ra (Cubic Meter per Hour), a veszteségszámítás módszerét (Headloss Formula) pedig Darcy-Weisbach (D-W) képletre kellett állítottam, mivel ezek a számítási módszerek felelnek meg a hazai gyakorlatban használtaknak.

Modell beállítások:

Az alapbeállítások módosítása után az AUTOCAD fájlban lévő vezeték hálózatot EpaCAD program segítségével konvertáltam az EPANET számára felismerhető fájlá. A konvertálás után EPANET-ben elneveztem a csomópontokat és a vezetékszakaszokat, valamint felvettem a csomóponti vízigényeket, az abszolút magasságokat és a vezetékekhez tartozó érdességi tényezőket.

Ez a következőképpen alakult:

Azbesztcement csőnél 0,4 mm

Többi vezetéknél pedig 0,1 mm

Az érdességi tényezők a „<http://www.vizimernok.hu/vizimernoki-segedletek/erdesseg>” alapján lettek meghatározva.

Szükség volt még a kommunális és a nagyfogyasztói vízigények 24 órás fogyasztási jelleggörbéként való felvételéhez (Pattern), melyet a következőképpen oldottam meg (Török László tervezési segédlete alapján, 11. old.):

9. Táblázat: Napi vízfogyasztás időszora 5-10 ezres lakossáig

Időköz (h)	%
0-1	0.2
1-2	0.3
2-3	1
3-4	1.9
4-5	3.5
5-6	7
6-7	10
7-8	9.5
8-9	6.8
9-10	4
10-11	3.1
11-12	3.5
12-13	4
13-14	3.8
14-15	2.5
15-16	3
16-17	3.5
17-18	6.4
18-19	9
19-20	8.5
20-21	5
21-22	2.2
22-23	0.8
23-24	0.5
Σ	100

10. Táblázat: Napi vízfogyasztás idősora nagyfogyasztóknál (8 műszakóra esetén)

Időköz (h)	%
0-1	0
1-2	0
2-3	0
3-4	0
4-5	0
5-6	0
6-7	0
7-8	0
8-9	12.5
9-10	12.5
10-11	12.5
11-12	12.5
12-13	12.5
13-14	12.5
14-15	12.5
15-16	12.5
16-17	0
17-18	0
18-19	0
19-20	0
20-21	0
21-22	0
22-23	0
23-24	0
Σ	100

Ezen adatok vízigényhez való társítása után szükség volt a tározók méreteinek megadására (Diameter, Minimum – Maximum level), szivattyú jelleggörbe felvételére (Curve), valamint az abszolút magasságok megadására a csomópontoknál (Elevation).

4.6 Kalibráció

Kapcsolódó adatok a **7. Mellékletek** fejezetben:

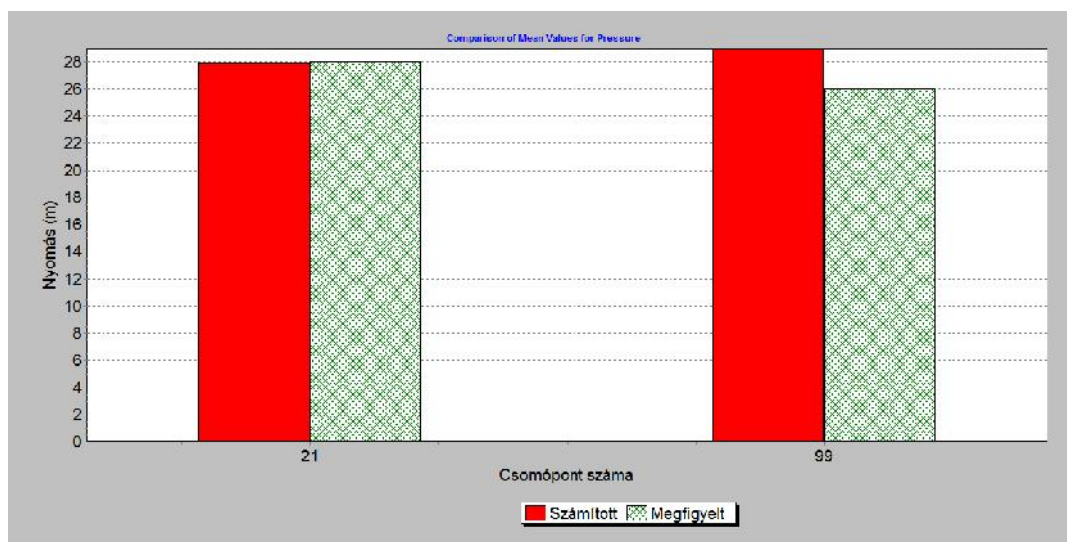
30. Melléklet: Tűzcsap mérési adatok Petőfiszálláson

31. Melléklet: Tűzcsap mérési adatok Pálmonostorán

A tervezett térségi vízellátó rendszer településein található tűzcsapok közül két tűzcsap mérési jegyzőkönyvével rendelkezett az üzemeltető. Ezen tűzcsapok közül az egyik Pálmonostorán, a 21 –es csomópontban található, a másik pedig Petőfiszálláson, a leghosszabb ágvezeték végén, a 99 –es csomópontban van.

11. Táblázat: Kalibráció eredménye I.

Calibration Statistics for Pressure					
Location	Num Obs	Observed Mean	Computed Mean	Mean Error	RMS Error
21	1	28.00	27.9	0.100	0.100
99	1	26.00	28.97	2.971	2.971
Network	2	27.00	28.44	1.535	2.102
Correlation Between Means: -1.000					



10.Ábra: Kalibráció eredménye II.

A rendelkezésre álló adatok alapján a modell jól kalibráltnak mondható.

4.7 Üzemállapotok vizsgálata

Kezdeti modell:

Első lépésként, szükség volt egy kezdeti modell létrehozására, hogy meg lehessen vizsgálni, miként reagál a Kiskunfélegyházi már meglévő hálózat a rákapcsolni kívánt tervezett hálózatra. Ennek a modellnek a megléte elengedhetetlen volt ahhoz, hogy a szükséges adatok meghatározásra kerüljenek a hálózat további vizsgálatához.

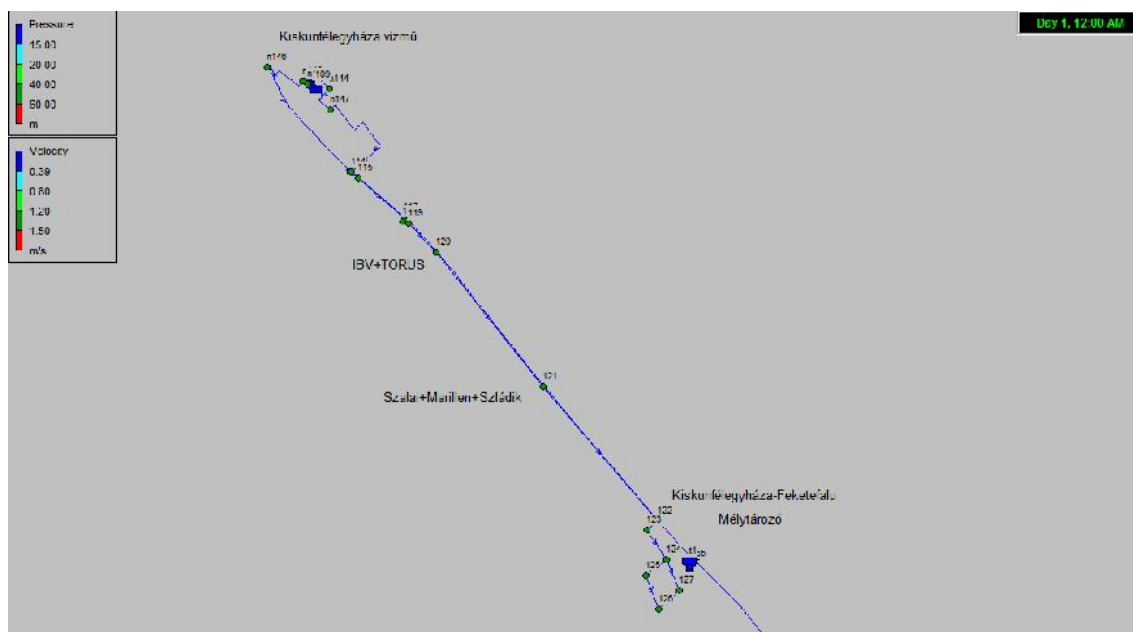
Vizsgálat szempontjából lényeges részek:

Kiskunfélegyháza vízműteleptől Feketefalu mélytározójáig történt a vizsgálat, az ettől lentebb eső részek most csak vízigény szempontjából voltak fontosak.

Kapcsolódó anyagrészek a **7. Mellékletek** fejezetben:

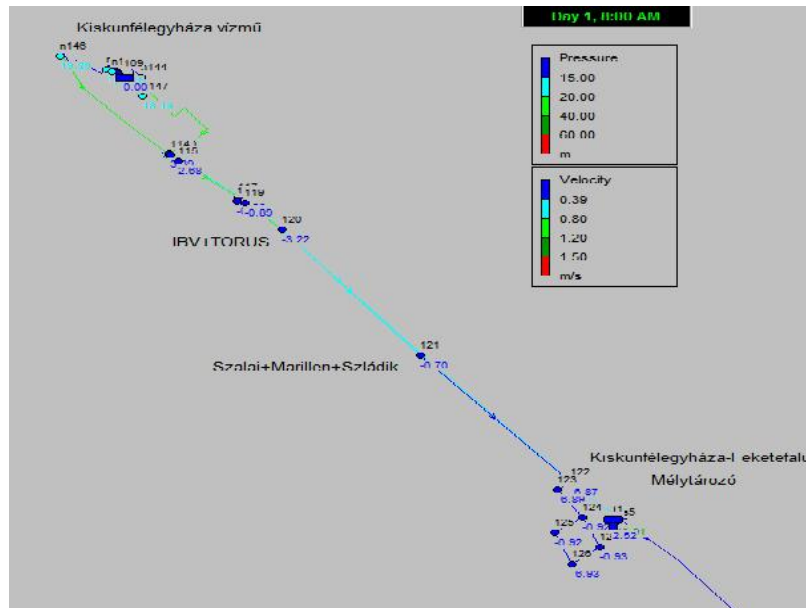
26. Melléklet: Kezdeti modell I.

27. Melléklet: Vezeték átmérők a kezdeti modellben



11.Ábra: Kezdeti modell II.

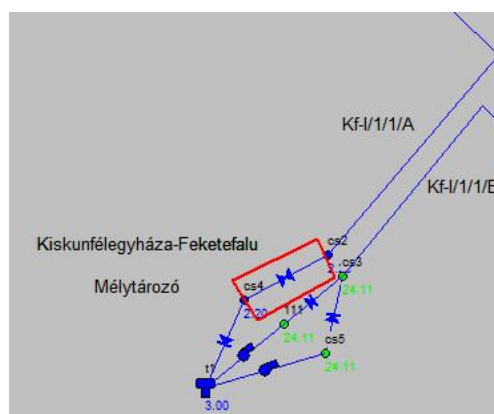
Az vizsgálatot a csúcsfogyasztási időszakra kellett időzíteni, mivel ez az a mértékadó állapot, amit a hálózatnak a kívánt határokon **(4.1 Célkitűzések)** belül el kell tudni viselnie.



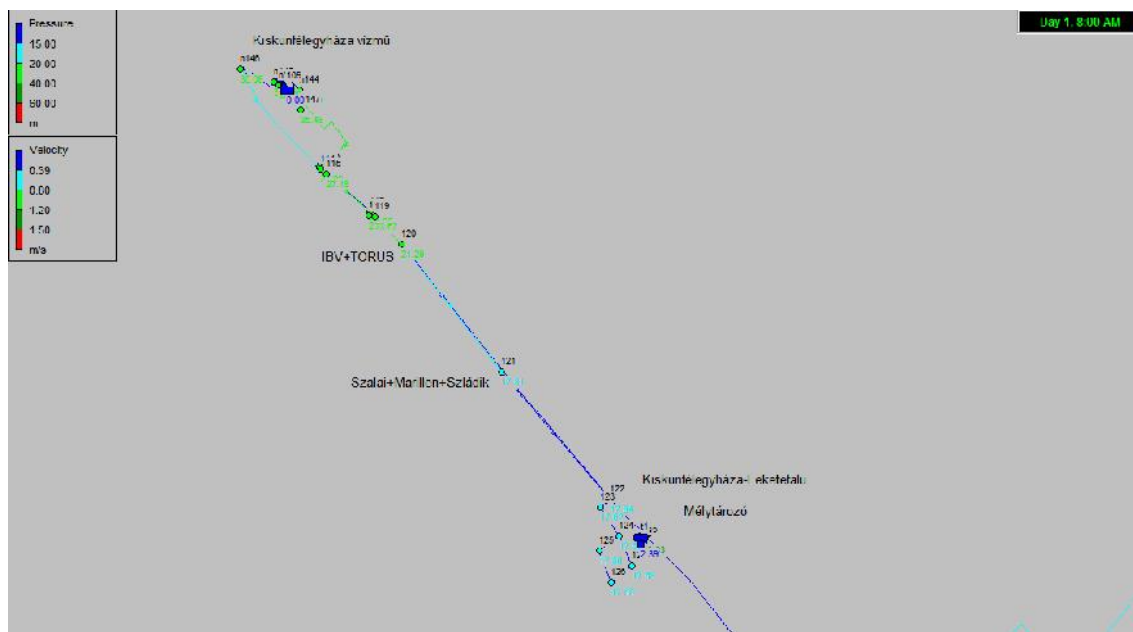
12.Ábra: Kezdeti modell a csúcsfogyasztás idején I.

Mint látható, a kiszolgáló két DN100 AC cső, melyről a távvezeték és Feketefalu vezetéke leágazik, túl kis átmérővel rendelkezik ahhoz, hogy a csúcsfogyasztáskor jelentkező többlet vízigényt elszállítsa. A kis átmérő következtében megnövekszik a sebesség, a nyomás pedig jelentősen csökken, így Feketefaluban már negatív nyomás alakul ki a hálózaton.

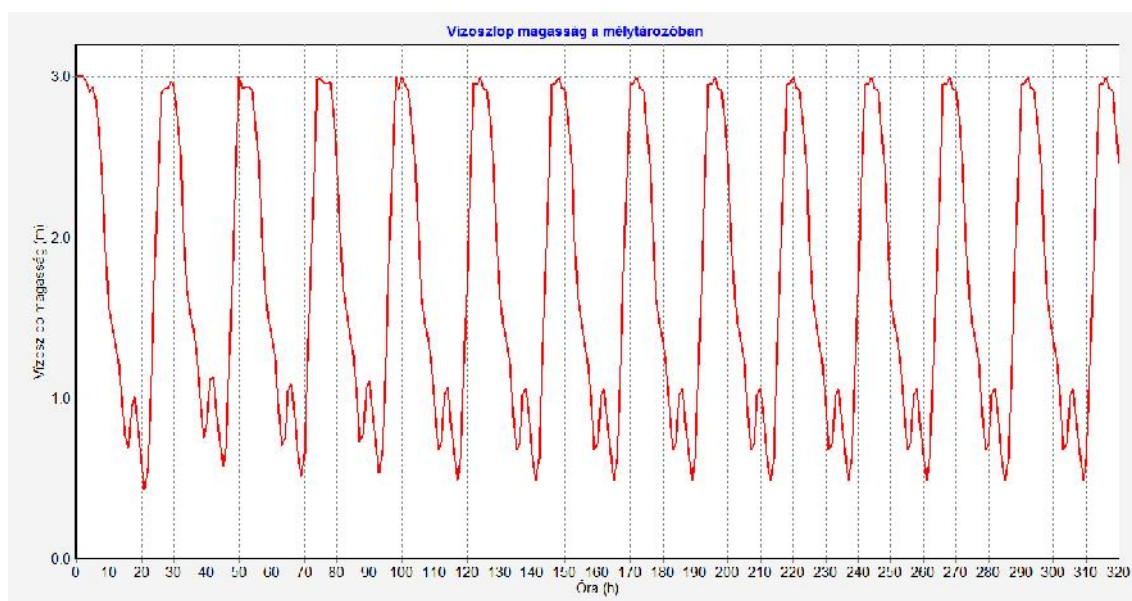
A nagyfogyasztók jelentős vízigénye miatt beépítésre került egy nyomástartó szelep, melynek feladata, hogy egy beállított minimum nyomáson tartsa a távvezeték végpontját. Ezzel a megoldással a csúcsfogyasztás ideje alatt csak annyi víz mehet a mélytározóba, amennyi mellett a beállított nyomásérték biztosítható, így nem fordulhat elő, hogy a mélytározó megnövekedett töltési igényei következtében túlságosan leessen a nyomás a távvezeték kezdeti pontján, ami miatt már Feketefalun ellátási problémák léphetnének fel.



13.Ábra: Nyomástartó szelep helye



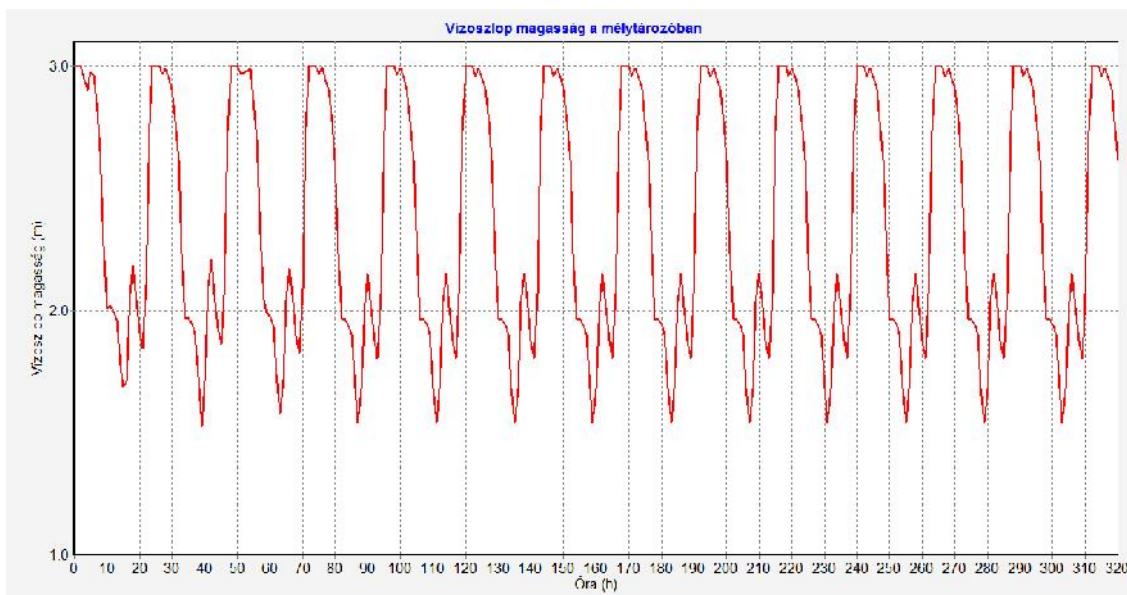
14.Ábra: Kezdeti modell a csúcsfogyasztás idején II.



15.Ábra: Vízszint magasság a mélytározóban I.

A nyomástartó szelep értékét 3 bar-ra állítva, a csúcsfogyasztás idején a Kf-I/1/1/A vezeték még kellő mennyiségű vizet szállít a mélytározó feltöltéséhez úgy, hogy közben a 1,5 bar-os nyomás is biztosított Feketefaluban. A tározóban maradt víz mennyisége viszont túlságosan a minimum határ körül mozog ahhoz, hogy egy esetleges víztorony leürülésnél vagy tűzesetnél jelentkező vízigényt el tudjon látni.

A távlati ellátási biztonság biztosítása érdekében szükséges, hogy a távvezeték és Feketefalu vezetékét felbővítsék a vízműtelepig egy D200 KPE csővel.



16.Ábra: Vízszint magasság a mélytározóban II.

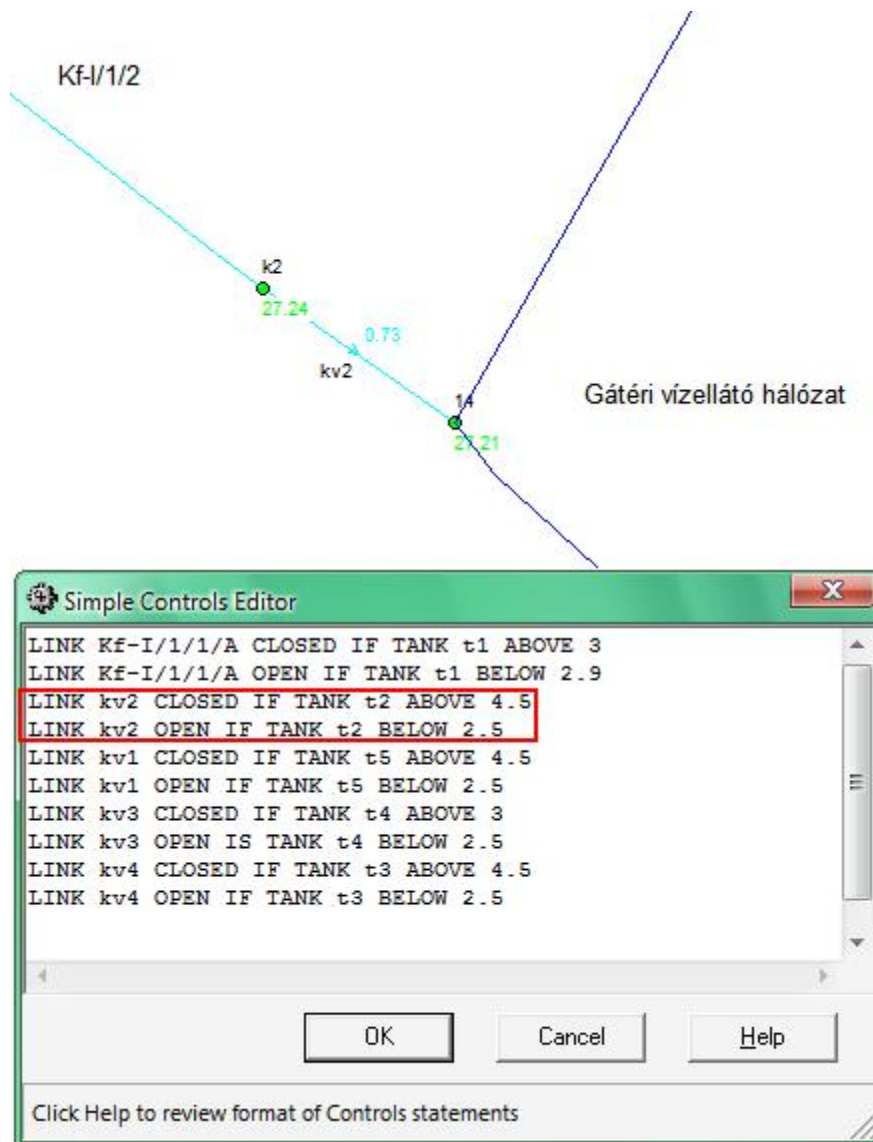
A felbővítés után már sokkal megnyugtatóbb a helyzet a mélytározóban betározott vízmennyiségét illetően, ezért a modellezés további részét a vízműteleptől a távvezetékig tartó D200 KPE vezeték meglétével számoltam.

Ezzel véget ért a kezdeti modell felvétele, a továbbiakban a térségi rendszer várható működését mutatom be.

A vizsgált hálózati modell EPANET-es térképe megtalálható a **7. Mellékletek** fejezetben, az alábbi címen:

28. Melléklet: A vizsgált hálózati modell

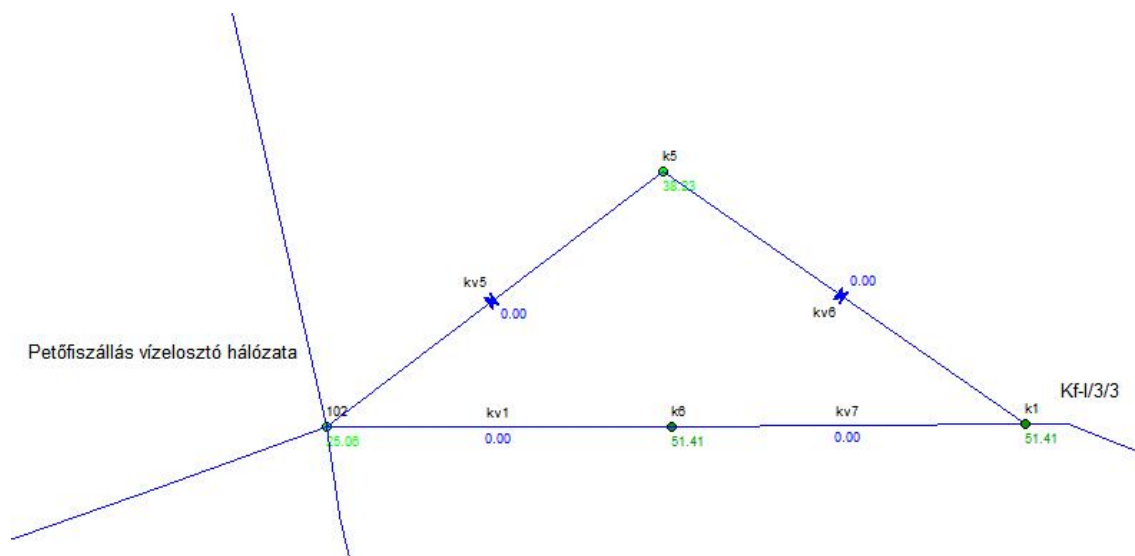
A modell (29. Melléklet) optimális működése érdekében több műtárgyat is betervezttem, melyek a következők:



17.Ábra: Vízszintszabályozás

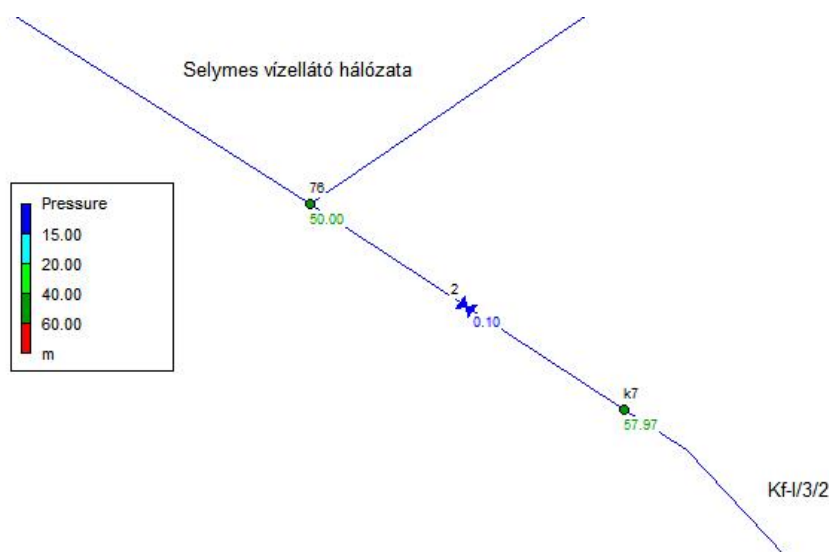
A magastározóval rendelkező települések hálózatai és a mélytározó felől érkező távvezeték rácsatlakozási pontjai között egy, a víztorny vízszintje által szabályozott elzáró szerelvény terveztem be (Feketefalui mélytározó és a Kf-1/1/A vezeték közé is kerül egy). Lényege, hogy a tározó maximum üzemi vízszintjének elérése után, automatikus távvezérlés által, a szerelvény lezár, ezáltal a település hálózatát kizárólag a magastározó látja el vízzel. Ez egészen addig tart, amíg egy meghatározott bekapcsolási vízszintig nem csökken a tározóban a vízszint, mely után az elzáró szerelvény ismét kinyit, a nyomásfokozó pedig feltölti a víztornyot. A meghatározott bekapcsolási vízszintet üzemeltetési tapasztalatok útján lehet meghatározni.

A vízszintszabályzás szükségességét részletesebben a **4.10 Vízkor modell eredmények értékelése** fejezetben ismertetem.



18.Ábra: Vízszintszabályozás kialakítása Petőfiszálláson

Petőfiszálláson egy külön, visszacsapó szeleppel ellátott megkerülő vezeték is betervezttem. Ennek a magyarázata a következő: Ha Petőfiszálláson a víztorony megtelik, akkor a vízszintszabályzás miatt az elzáró szerelvény lezár, és elkülöníti a hálózatot a távvezetéktől. Azonban ez még nem jelent problémát addig, amíg működnek a nyomásfokozók, viszont ha leállnak, akkor Selymes (mivel nem rendelkezik víztározóval) vízigényét nem lehet biztosítani addig, amíg a Petőfiszállási elzáró szerelvény ki nem nyit, vagy a szivattyú újra be nem indul. A megkerülő vezetékkel viszont megoldható Selymes vízellátása a Petőfiszállási víztoronyból úgy, hogy közben a vízszintszabályozás is teljesül.



19.Ábra: Nyomáscsökkentő szelep Selymesen

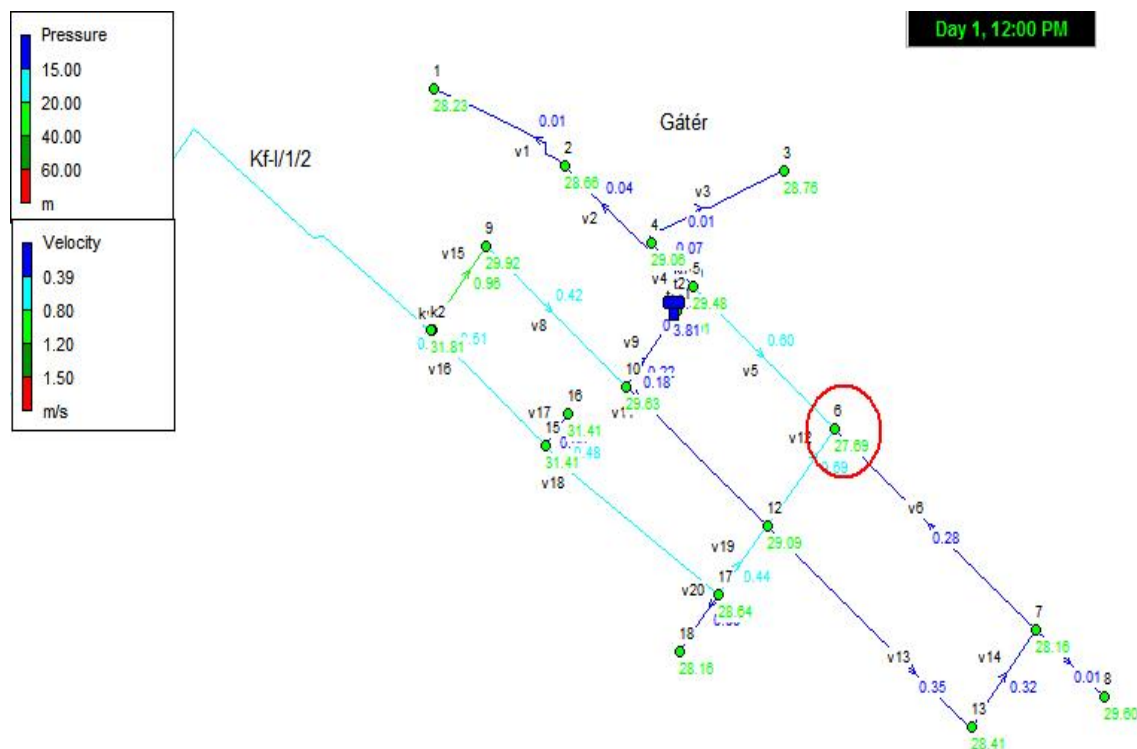
Abban az esetben, amikor például Petőfiszállás vízellátó hálózata és Pálmonostora vízellátó hálózata zárva van a vízszintszabályozás miatt, Gátér tornya pedig eléri a max. üzemi vízszintet, ezáltal az elzáró szerelvény ott is lezár, akkor a nyomásfokozók a kritikus 6 bar körüli értékre emelik a nyomást Selymesen, ezért egy nyomáscsökkentő szelepet terveztem be.

Pálmonostora és Pálmonostora-Aranyhegy kapcsolata:

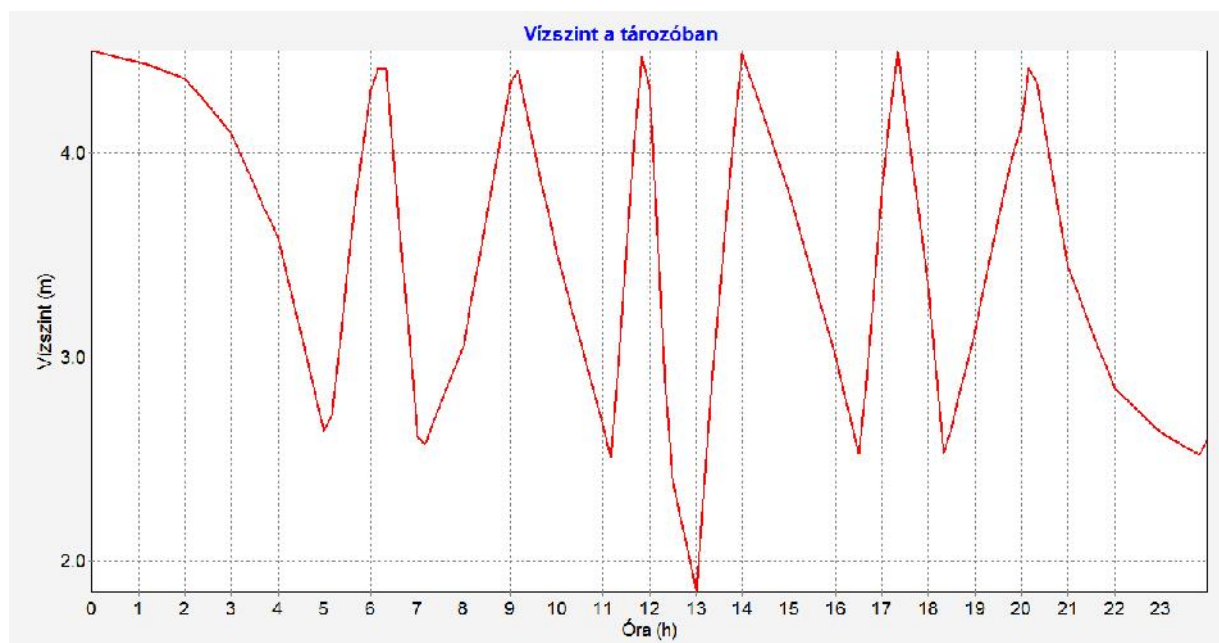
Aranyhegy víztornya alacsonyabb abszolút magasságon található, mint a Pálmonostorai víztorony, ráadásul a szármagassága is kisebb. Aranyhegy is rendelkezik vízszintszabályozással, viszont toronytöltésnél a vizet a Pálmonostorai magastározóból kapja.

Üzemállapotok:

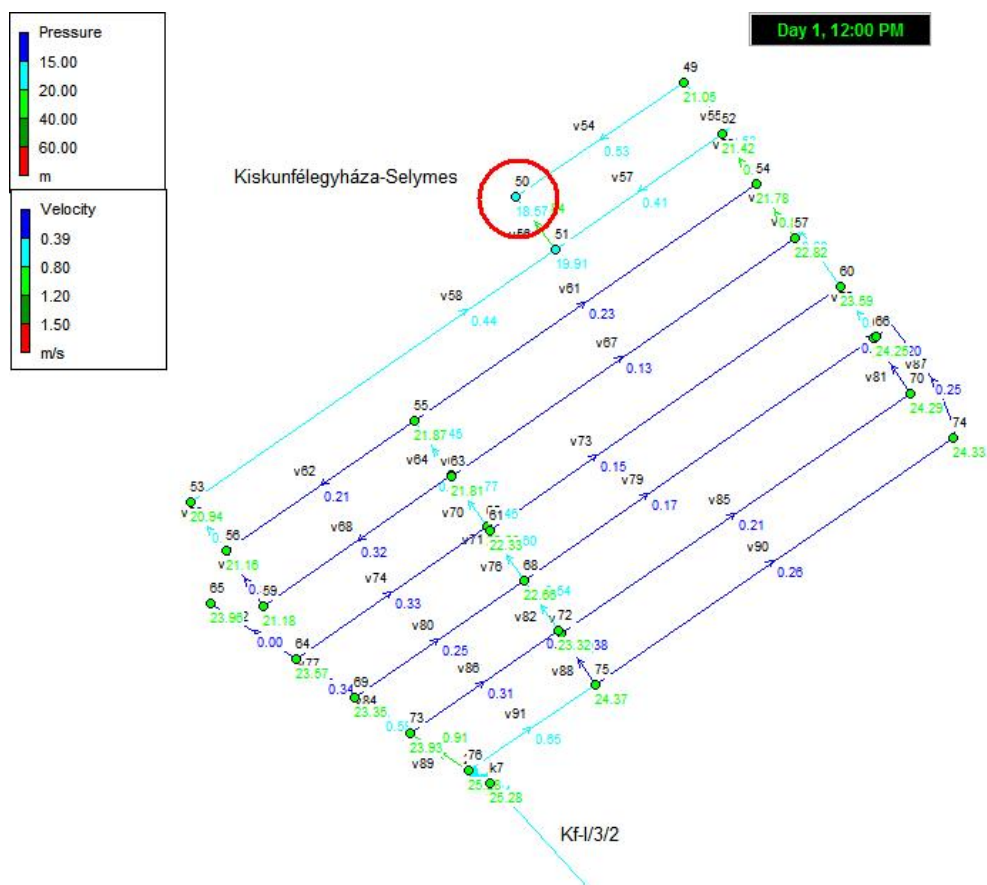
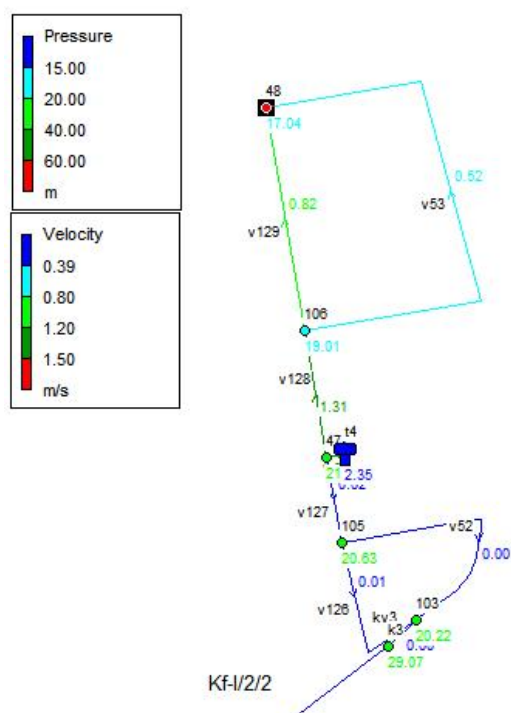
1.Átlagfogyasztás + 1 tűzeset



20.Ábra: Átlagfogyasztás+1 tűzeset - Gátér



21.Ábra: Átlagfogyasztás+1 tűzeset – Gátér, vízszint alakulása a toronyban



Az első üzemállapot 3 település vizsgálatán keresztül lesz bemutatva.

Gátér:

Gátéren a szimuláció egy 600 l/p -es vízigénnyel számoltam, ami 1 órán keresztül jelentkezik. Az eredmény pozitív lett, a 2 bar nyomás a tűzeset végéig megmaradt a hálózaton, a szivattyúk pedig vissza tudják tölteni a tározót. A Gátéri tűzeset hasonló következményekkel és hasonló eredményekkel jár Pálmonostorán és Petőfiszálláson is. Biztonsági intézkedésként tűzeset idején célszerű az éppen töltés alatt lévő tározók elzáró szerelvényét lezárni, és csak annál a településnél nyitva hagyni, ahol a tűzeset kialakult.

Pálmonostora-Aranyhegy:

Aranyhegyen a szimulációt 600 l/p –es vízigényű tűzesettel számoltam, ami 1 órán át tartott. Itt nem sikerült a 2 bar kifolyási nyomást biztosítani, viszont még 1,5 bar fölötte maradt a nyomás. Mivel Aranyhegy csupán kis családi házas település, így ez az érték elfogadható. A jelenlegi állapotnál sem lesz rosszabb a helyzet, mivel a víztermelő kút közvetlenül a víztoronyra termelte a vizet, ezért a víztorony maximum üzemi vízszintje a meghatározó nyomás szempontjából. Ez a szint a terepszinttől + 21 m (18 m szármagasság + 3 m vízoszlop magasság), ami a település végén a nagy veszteségek miatt már nem elég a 2 bar –os nyomás fenntartására egy tűzeset idején.

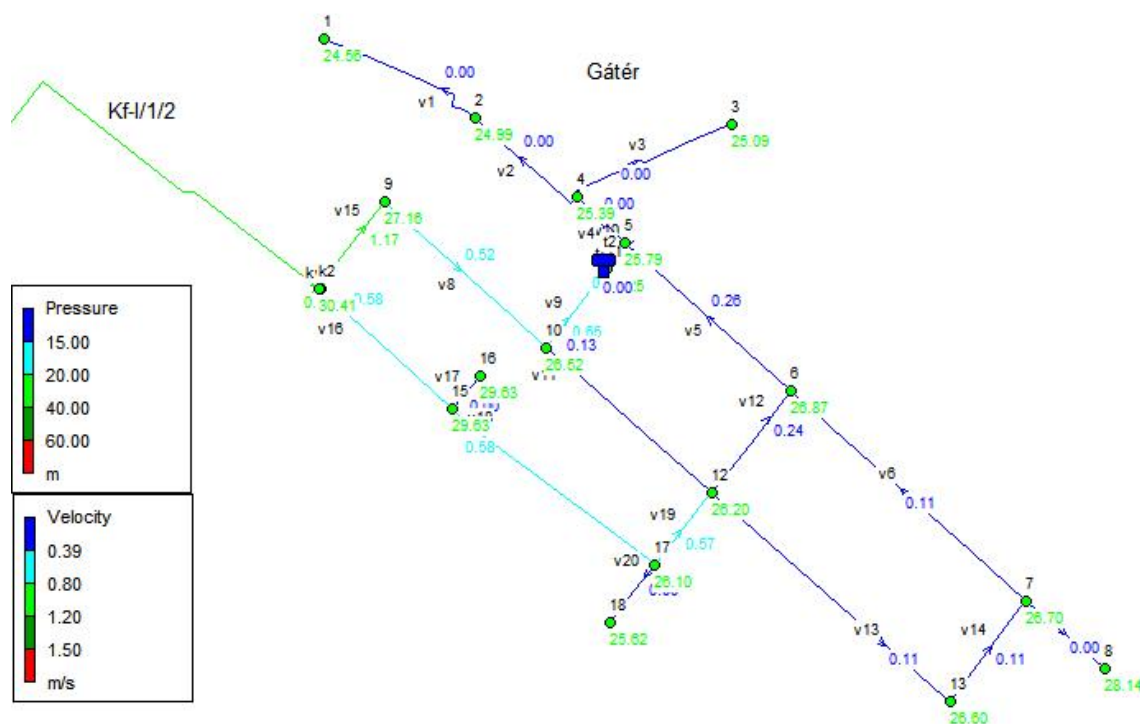
Kiskunfélegyháza-Selymes:

Selymesen tűz idején a távvezetékű első legtovábbi szakaszokon nem sokkal 2 bar alá esik a nyomás. Ezt az értéket is csak úgy lehet elérni, ha tűz idején az éppen töltés alatt álló magastározók elzáró szerelvényét zárjuk. Emiatt kellett a Kf-I/3/2 –es távvezeték D160 KPE csőre bővíteni, mivel a napi csúcs vízigények ellátására a D110 KPE vezeték is megfelelt volna. Így viszont a szükséges 0,4 m/s –os sebességek nem alakulnak ki a távvezetéken, ezért azt időnként öblíteni kell.

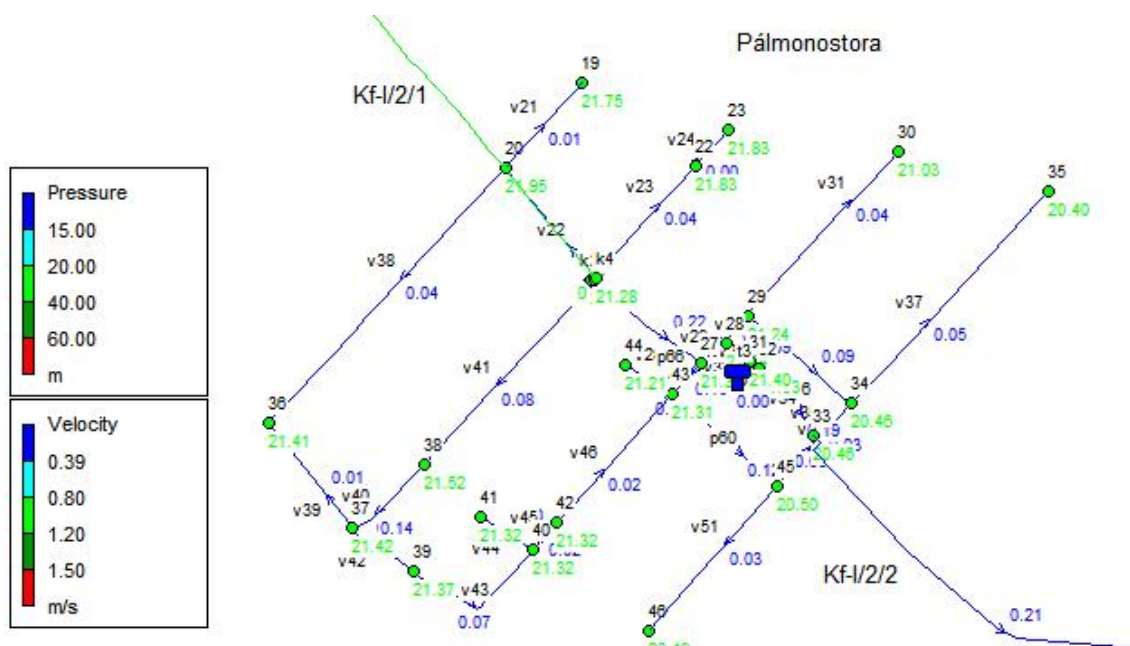
2. Üzemállapot:

Csúcsfogyasztás+magastározó leürülése

Day 1, 6:00 AM



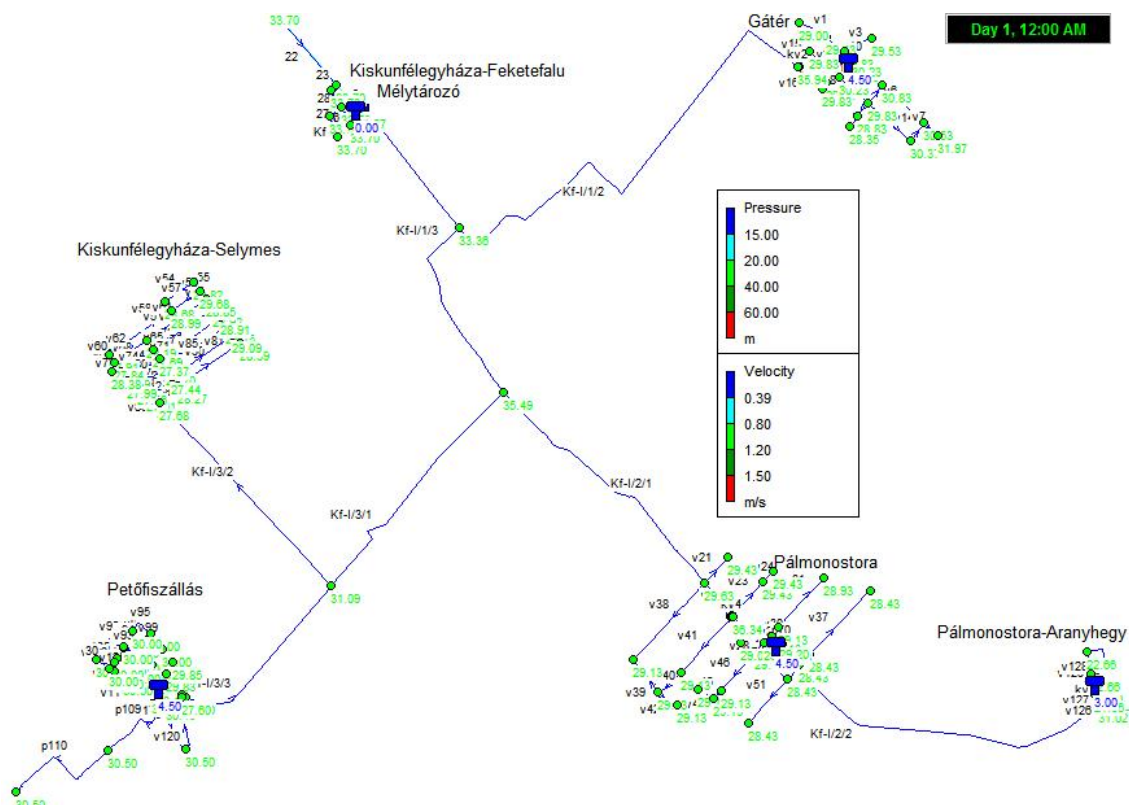
24.Ábra: Csúcsfogyasztás+magastározó leürülése - Gátér



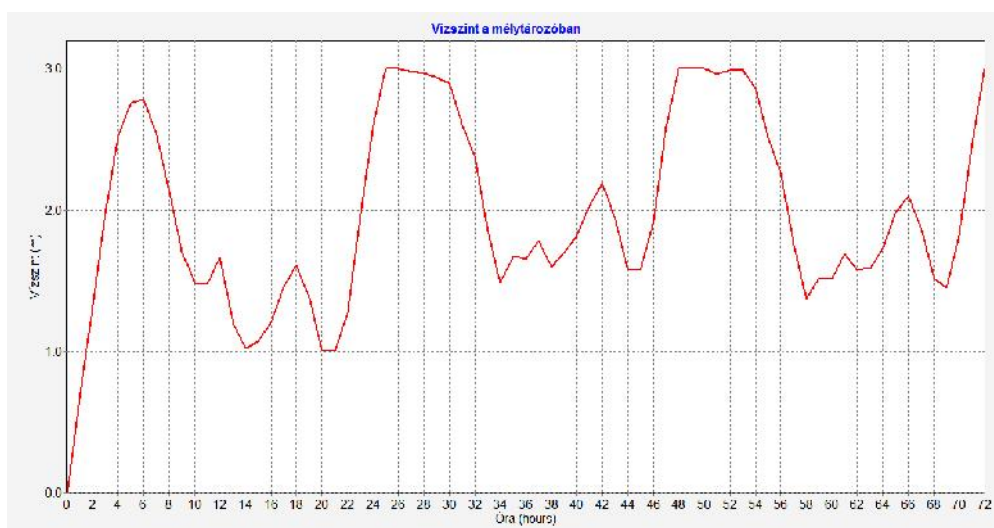
25.Ábra: Csúcsfogyasztás+magastározó leürülése - Pálmonostora

3. Üzemállapot

Medencetöltés + legkisebb fogyasztás



27.Ábra: Medencetöltés + legkisebb fogyasztás – Feketefalu, mélytározó



28.Ábra: Medencetöltés + legkisebb fogyasztás – Vízszint alakulása a mélytározóban

A települések magastározói biztosítják a vízellátást, a mélytározó vízszintje pedig visszaáll a menetgörbéjére.

4.8 Hidraulikai értékelés

Gátér, Pálmonostora, és Petőfiszállás település vízellátása biztosított, az üzemállapotokat a **4.1 Célkitűzések** fejezetben foglalt meghatározott értékek között teljesítették.

Pálmonostora-Aranyhegy településen a tűzi víz biztosításán kívül hidraulikailag nincs probléma. Mivel azonban a jelenlegi vízellátás a kútról közvetlenül a toronyba emeli a vizet, ezáltal nyomás szempontjából a toronyban lévő víz szintje a meghatározó, így a jelenlegi állapothoz képest a tervezett állapot sem lesz rosszabb nyomás tekintetében.

Kiskunfélegyháza-Selymes tűzi víz ellátása problémás, mivel ilyenkor a nyomás a hálózat távvezetékétől legtávolabb eső tűzcsapokon 2 bar alá csökkenhet. 550 l/p –es tűzoltási vízigénnyel a 2 bar -os határ viszont már tartható.

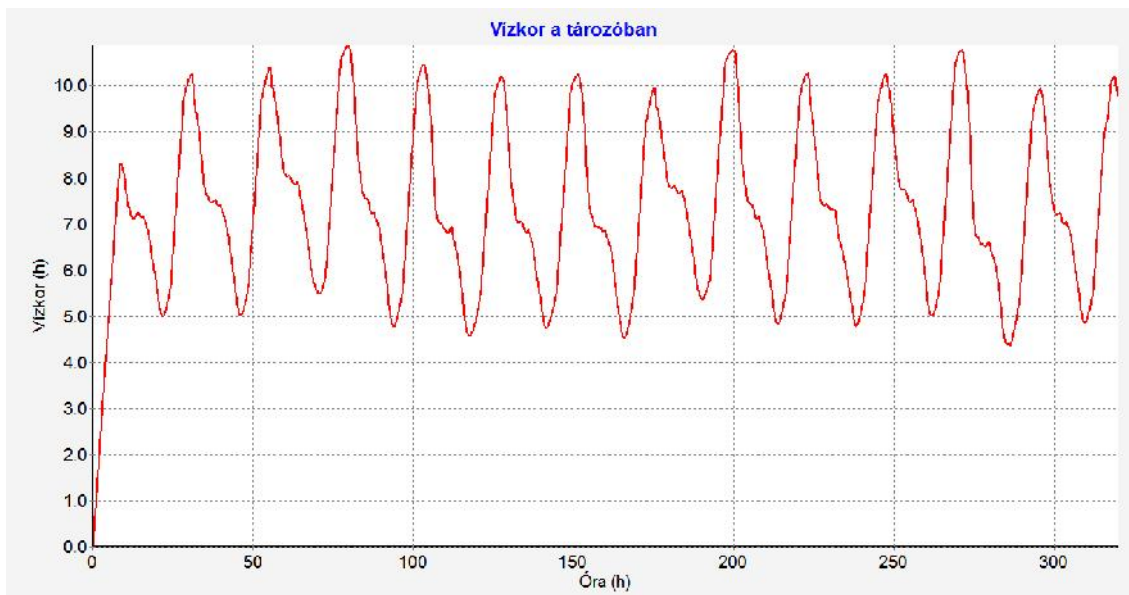
A Feketefaluban található mélytározó a Kiskunfélegyházi meglévő hálózat rekonstrukciója után megfelelően el fogja tudni látni a feladatát.

A távvezetékek elzáró szerelvényei előtti pontjain 6-7,5 bar körüli nyomás alakul ki akkor, amikor a hozzájuk tartozó települések hálózata el van zárva, viszont amint a víztorony töltésére kerül sor, a nyomás a megengedett határokon belülre süllyed. Mivel a megnövekedett nyomás csak a távvezeték pontjain jelentkezik, a vezetékek pedig PN 10 bar – os csövek, így az értékek elfogadhatóak.

4.9 Vízkor modell kiegészítések

A víz tartózkodási idejének csökkentése a tározóban lévő víz cseréjére alapoztam. Így kerültek be az elzáró szerelvények a települési hálózatok és a hozzájuk kapcsolódó távvezeték közé.

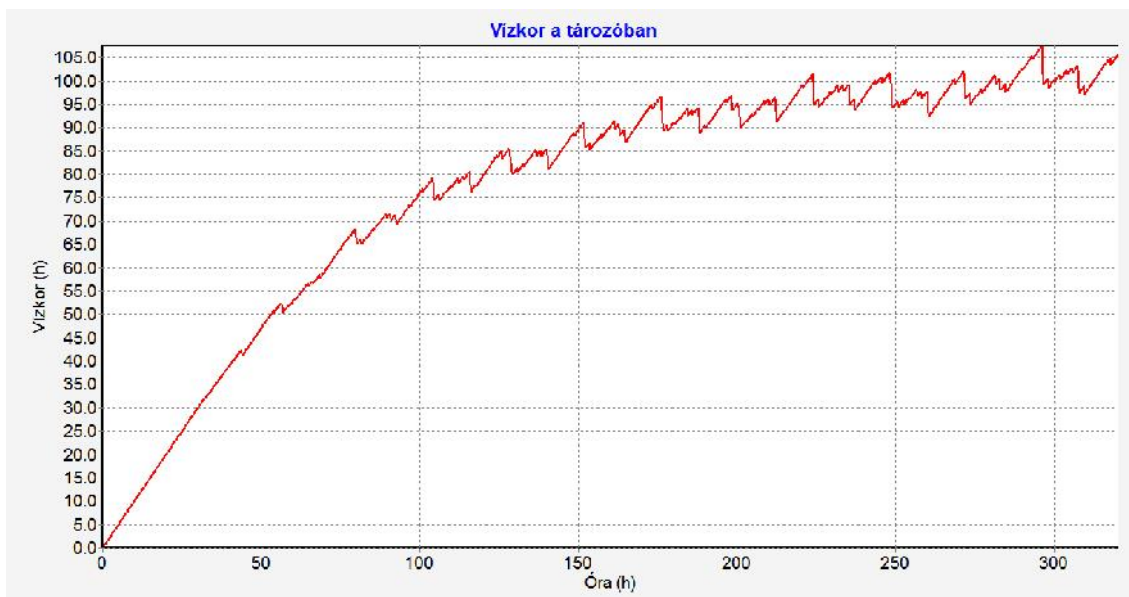
A vízkor alakulását 320 órás időintervallumban modelleztem.



29.Ábra: Vízkor alakulása a mélytározóban

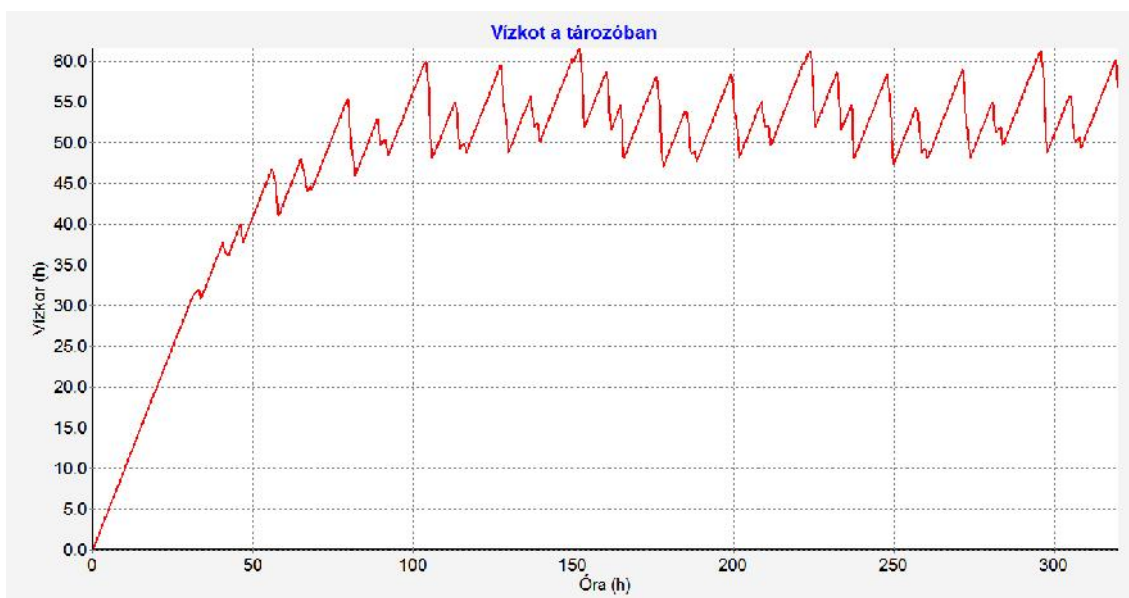
A vízkor a Kiskunfélegyházi vízmű telepről 0 órás értékkel indul, majd 11 h körül stabilizálódik a mélytározóban. Ezt az értéket érdemes fenntartásokkal kezelni, mivel a Kiskunfélegyházi hálózatnak csak kis részét vettem bele a modellbe.

Vízkor alakulása Petőfiszálláson, amennyiben az elzáró szerelvényhez beállított nyitási vízszint 4 m:



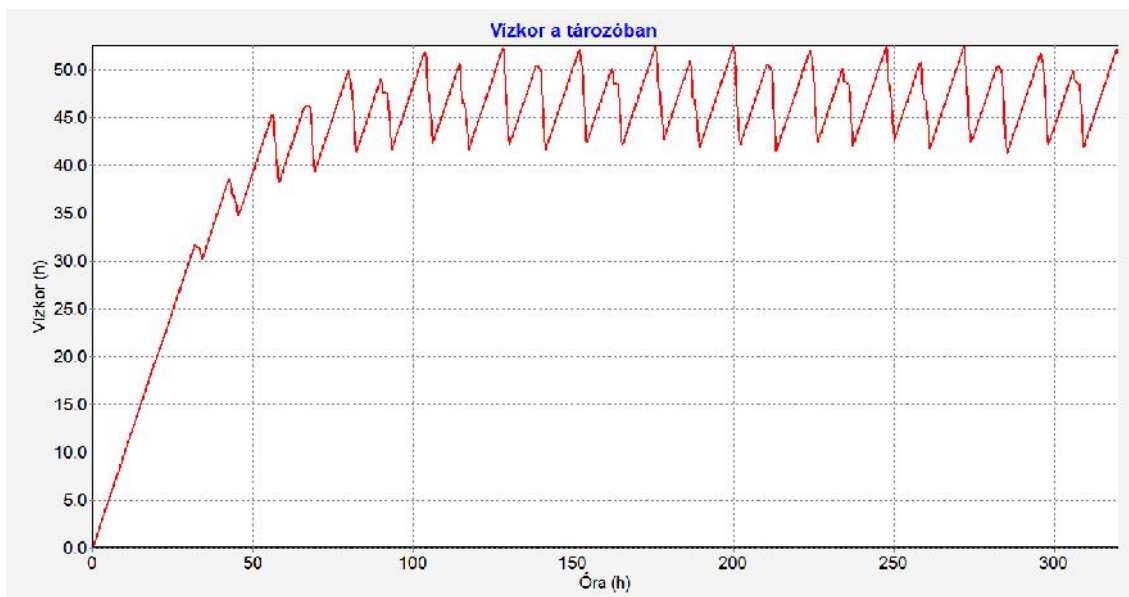
30.Ábra: Vízkor alakulása a víztoronyban Petőfiszálláson I.

Vízkor alakulása Petőfiszálláson, amennyiben az elzáró szerelvényhez beállított nyitási vízszint 3 m:

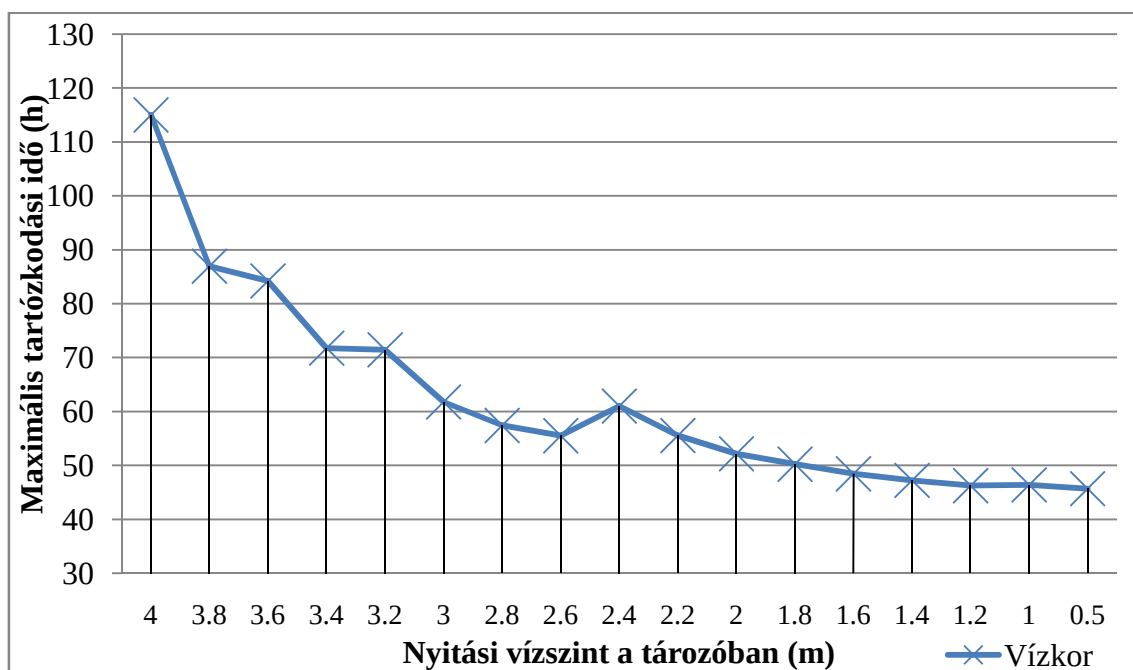


31.Ábra: Vízkor alakulása a víztoronyban Petőfiszálláson II.

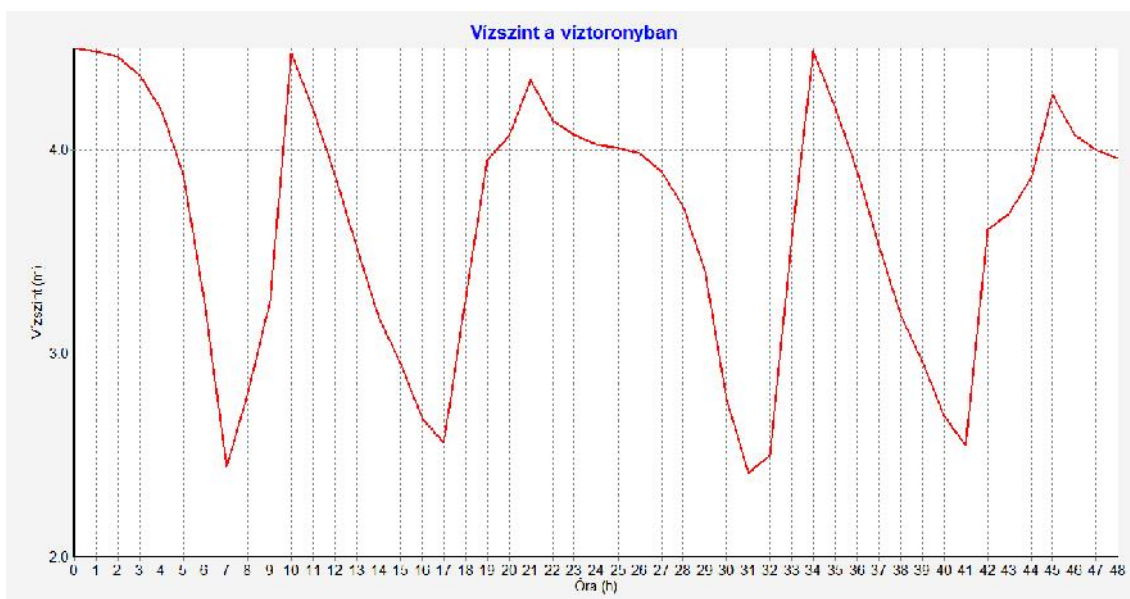
Vízkor alakulása Petőfiszálláson, amennyiben az elzáró szerelvényhez beállított nyitási vízszint 2 m:



32.Ábra: Vízkar alakulása a víztoronyban Petőfiszálláson III.



33.Ábra: Eltérő nyitási vízszinteknél kialakuló maximum vízkorok Petőfiszálláson



34.Ábra: Vízszint alakulása 2,4 m –es nyitási szint esetén, Pálmonostorán

12. Táblázat: Tartózkodási idők alakulása a Pálmonostorai nyitási vízszinthez képest

Pálmonostora nyitási vízszint (m)	Max. vízkor Gátéren (h)	Max. vízkor a mélytározóban (h)	Max. vízkor Pálmonostorán (h)
2.2	35.63	10.94	45.39
2.4	36.53	10.95	44.23
2.6	35.57	11.1	48.68

A Petőfiszállási magastározóban 0,5 m –es vízszintingadozás meghagyása esetén még 320 óra múlva sem stabilizálódik a vízkor, így az értéke 4 nap fölé emelkedik, aminek a valószínűsíthető velejárója a víz minőségének romlása.

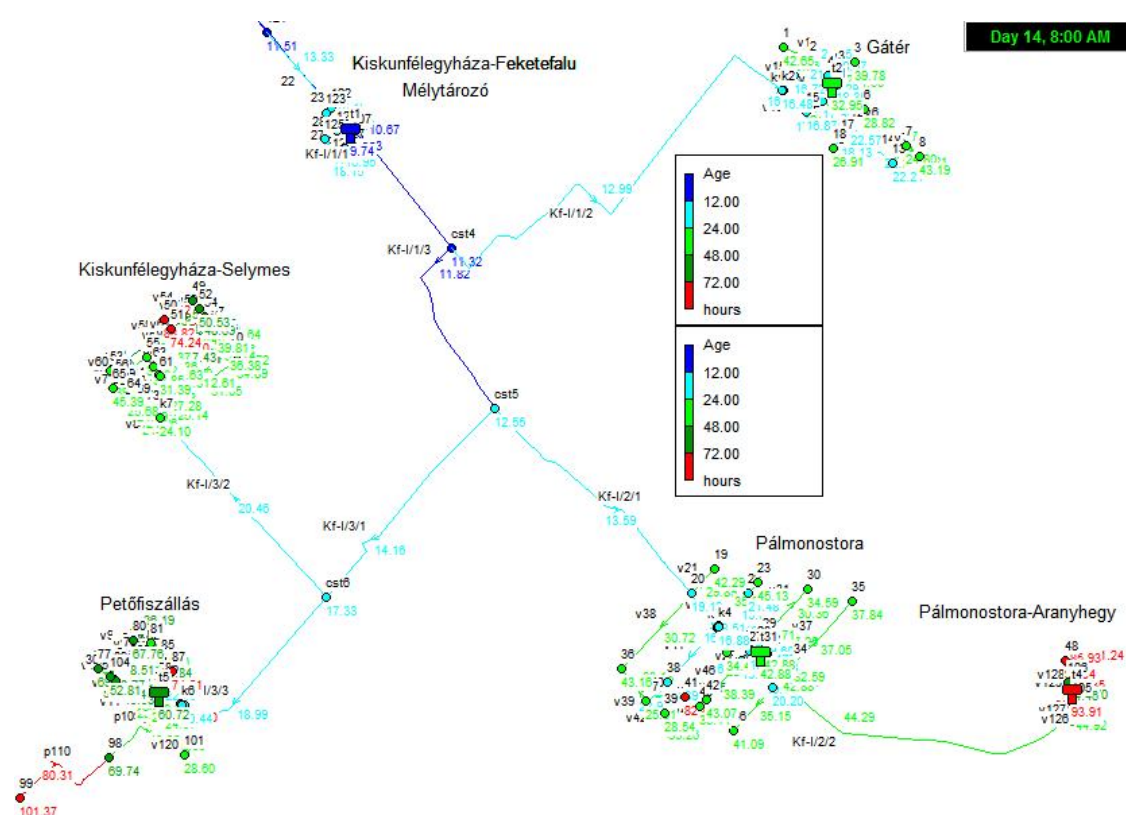
1,5 m –es ingadozási intervallum megengedésénél a víz tartózkodási ideje szignifikáns mértékben csökken, és maximuma 61 óra körül stabilizálódik a víztoronyban.

2,5 m –es megengedett vízszintingadozásnál a változás már nem annyira jelentős, mint a 0,5 m és 1,5 m között jelentkező értéknél, viszont még így is majdnem fél nappal jobb tartózkodási idő érhető el a maximum szintek tekintetében, mint 1,5 m –es szint meghagyása esetén.

A grafikonon megfigyelhető, hogy a folyamatosan csökkenő tartózkodási idő 2,4 m –es nyitási vízszintnél ismét emelkedésnek indul, függetlenül a mélytározóban és a többi településen mért tartózkodási időtől.

Ennek az lehet az oka, hogy ha minél jobban hagyjuk lemenni a magastározóban a vízszintet, annál később fog nyitni az elzáró szelep. Az EPANET modellben az alapbeállítást használtam az összes tározóra (Mixing model: Mixed), ami töltés idején a víz cserélődését feltételezi.

A 2,4 m –es nyitási vízszint azért lehet határfokban rosszabb, mint az előtte, vagy utána lévő szintek, mivel a tározó töltéséig sokáig áll a toronyban a víz, a töltés után beérkező utánpótlás mennyisége viszont nem elég arra, hogy a tartózkodási időt lejjebb vigye, mint a 2,2 m –es vagy a 2,6 m –es nyitási vízszintek esetén.



35.Ábra: Vízkor alakulása a 320. órában

Nagyobb méretben a **7. Mellékletek** fejezetben:

29. Melléklet: Vízkor alakulása a 320. órában

A modellben a vízkor vizsgálat a 320. órában ér véget. Erre az időpontra már stabilizálódtak a tartózkodási idő hosszak a hálózatban. Pálmonostora-Aranyhegyen kívül az összes magastározóval rendelkező településen 3 naposnál kisebb tartózkodási idők alakulnak ki a hálózaton. Aranyhegynél az eredmények a Pálmonostorai víztorony közvetlen ráhatása miatt lettek ilyen rosszak, A leghosszabb vízkor nem Aranyhegyen, hanem Petőfiszállás

vonzáskörzetében, a Szentkút-kegyhelynél (99-es csomópont) alakul ki. Ide egy igen hosszú csővezetéken jut el a víz, mely ráadásul kis vízigényű zónán halad keresztül.

4.10 Vízkor modell eredmények értékelése

Összességében elmondható, hogy a hálózat nagyobb része az alacsony tartózkodási idejű zónába esik. Probléma a végágakon, illetve a nagyon alacsony fogyasztású helyeken jelentkezik. Aranyhegy település vízellátó hálózatának nagyrészen 3 napnál nagyobb vízkor alakul ki.

A magastározókban a megengedett vízszintingadozás igen fontos a tartózkodási idők alakulása szempontjából. 1,5 m –es megengedett vízszintcsökkenés jelentősen javítja a vízkort, ezután viszont a javulás már egyre kevésbé jelentős.

A megfelelő vízszintingadozás beállítása az üzemeltető részéről igen fontos feladat, mert ezzel a vízminőséget a megfelelő értékeken belül tudja tartani, ezáltal a szolgáltatott ivóvíz kifogástalan minőségben kerül a fogyasztóhoz. A távvezérlés segítségével történő elzáró szelep működtetés az igények szerint beállítható, mivel a vízszintérzékelés megengedett bekapcsolási vízszintjét az évszakra jellemző, üzemeltetési tapasztalatok alapján meghatározott vízigény adatok szerint lehet állítani. Ezáltal a téli kis vízigények mellett alacsonyabb bekapcsolási vízszintet is meg lehet engedni, míg nyáron ennél kisebbre állítható a maximum üzemi vízszint és a bekapcsolási vízszint közti intervallum.

5 Összefoglalás

Célom a Kiskunfélegyházáról induló, Kf-I jelű tervezett távvezetékekkel ellátni kívánt, új térségi vízellátó rendszer hidraulikai és vízkor vizsgálata volt. Erre a tervezett térségi rendszerre azért volt szükség, mivel hazánk Európai Unióba való csatlakozása után érvényesek lettek ránk a hatályos EU direktívák, amik előírják a lakosságnak szolgáltatott ivóvíz vízminőségének követelményeit. Ezen követelmények teljesítésére jött létre a Kék-víz ivóvízminőség-javító projekt, mely Bács-Kiskun megye északi részével foglalkozik, 30 település érintett benne, és többféle tervezett vízminőség javító tervet is magába foglal. Az érintett településeken jelenleg határérték feletti arzén, ammónium, vas és mangántartalmú vizet szolgáltatnak, aminek oka a víztisztító technológia korszerűtlensége, illetve hiánya. A projekt keretében több olyan településen is vízelosztó hálózat létesül, ahol eddig ez nem épült ki.

A tanulmányomban a tervezett térségi rendszer központja Kiskunfélegyháza település, ahol megfelelő mennyiségű, a vízműtelep új ammóniamentesítő technológiájának megvalósulása után pedig jó minőségű víz áll majd rendelkezésre a térségi rendszerre rákapcsolni kívánt települések számára, melyek a következők: Gátér, Pálmonostora, Pálmonostora-Aranyhegy, Kiskunfélegyháza-Selymes és Petőfiszállás. A fogyasztási ingadozások kielégítése végett egy mélytározó létesül Kiskunfélegyháza-Feketefalun.

A modellezés során megvizsgáltam miként reagál Kiskunfélegyháza külső hálózata a tervezett települések által jelentkező megnövekedett vízigényekre (ez a vizsgálat a mélytározóig tartott), és az alábbi következtetésekre jutottam:

- Feketefalun nem biztosítható a 1,5 bar nyomás a csúcsfogyasztás időszaka alatt.
- Ennek oka, hogy a Feketefalut ellátó vezetékre több nagyfogyasztó is kapcsolódik, valamint hogy a tervezett távvezetékekkel párhuzamosan fut, ellátásukat pedig ugyanaz a két DN100 AC vezeték végzi, melyeken a csúcsfogyasztás idején túl nagy veszteségek alakulnak ki.

A probléma megoldására beterveztem egy nyomástartó szelepet Feketefalu mélytározója és a távvezeték között, aminek feladata, hogy biztosítson egy minimum nyomást a távvezeték végén. A minimum nyomás következtében a mélytározóba csak egy bizonyos mennyiségű víz mehet a csúcsfogyasztás időszaka alatt, ezáltal megakadályozva azt, hogy a távvezetéken kialakuló nagy sebességek miatt leessen a nyomás a távvezeték kezdeti pontján, mivel így a Feketefalut ellátó vezeték kezdeti pontján is nyomáscsökkenés következne be, az erre kapcsolt nagyfogyasztók következtében pedig Feketefalu hálózatán már nem lehetne biztosítani a 1,5 bar –os határértéket.

Ez a megoldás viszont felvet egy másik problémát is. Mivel a mélytározót csak egy bizonyos mennyiségű vízzel lehet tölteni a csúcsfogyasztás időszaka alatt, ezért túlságosan lecsökken benne a vízszint a csúcsfogyasztás befejeződésével, így a távvezeték és a Feketefalusi vezeték ellátó két DN100 AC vezetékből legalább az egyik vezetéknek a D200 KPE vezetékre való felbővítésével számoltam. Ebben az esetben már nem lépnek fel akkora veszteségek az ellátó vezetékeken, aminek a következménye, hogy nagyobb tartományban fog rendelkezésre állni nyomás, még mielőtt a nyomástartó szelep elérné a minimum értékét, tehát a vizet is nagyobb térfogatárammal lehet szállítani.

Ezután a mélytározóból kivezető távvezetékkel foglalkoztam, mely nyomásfokozás útján juttatja a vizet az ellátandó településekre.

A vízkor ideális szinten tartása végett a magastározóval rendelkező települések hálózata és a távvezeték ezekre történő csatlakozása közé elzáró szerelvényeket terveztem be, melyek nyitását és zárását távvezérlés útján a víztorony vízszintjéhez igazítottam. Ennek lényege, hogy miután egy településen a magastározó maximális üzemi vízszintig feltöltődött, távvezérlés segítségével lezár a szerelvény, majd egy adott vízszint elérése után ismét megnyit. Az adott nyitási vízszint a rendszer megvalósulása után üzemeltetési tapasztalatok útján beállítható lesz, így biztosítva a tűzi víz meglétét nyári megnövekedett fogyasztású időszakban, a téli kisebb vízfogyasztású időszakban pedig a víztest kellő mértékű cserélődését. Tehát a maximum üzemi vízszint és a beállított nyitási vízszint között a település vízellátását csak a magastározó látja el.

Petőfiszállás településen egy visszacsapó szeleppel ellátott megkerülő ágot is betervezttem, mivel az itteni víztorony biztosítja Selymes vízellátását is. Erre azért volt szükség, mivel abban az esetben, amikor az összes elzáró szerelvény zárt állapotban van, a nyomásfokozó leáll, Selymest pedig, mivel nem rendelkezik tározóval, nem lehet vízzel ellátni. A megkerülő ág következtében Petőfiszállásról elzárt szerelvény mellett is biztosítható Selymesre a vízellátás.

A tervezett szerelvények modellbe történő bevitele után a hidraulikai vizsgálatot 3 üzemállapotra végeztem:

- 1. Üzemállapot: Átlagfogyasztás + egy tűzeset (az eredmények megfelelőek voltak, minden település ellátható a tűzeset idején, egy Selymesi tűz esetén viszont a települések előtt található nem zárt állapotú elzáró szerelvényeket el kell zárni, így elérhető Selymesen is a 2 bar kifolyási nyomás)
- 2. Üzemállapot: Csúcsfogyasztás + magastározó leürülése (megfelelő eredményeket kaptam, a települések elláthatóak ezalatt az üzemállapot alatt is)
- 3. Üzemállapot: Medencetöltés + legkisebb fogyasztás (szintén megfelelő eredményeket kaptam itt is)

Az üzemállapotok vizsgálata után a vízkort vizsgáltam meg. Itt arra a következtetésre jutottam, hogy minél nagyobb vízszintingadozást engedünk meg a tározóban, annál kisebb tartózkodási idők alakulnak ki. A vízszintingadozás maximális mértékét szabályozza, hogy mennyi vizet kívánunk a tározóban betározni, valamint hogy mekkora mértékű a település vízfogyasztása (nyáron magasabb, télen kisebb). A legrosszabb vízkorok a végágakon, valamint a kis fogyasztású zónákban alakultak ki. Aranyhegy volt a legrosszabb település tartózkodási idő szempontjából, mivel erre a településre Pálmonostora víztornyán keresztül érkezik víz.

Összességében elmondható, hogy a Kf-I jelű távvezetékekkel ellátott térségi rendszer települései egy igen komplex, egymással szorosan összefüggő hálózatot alkotnak. A tervezés szempontjából voltak bizonytalansági tényezők, melyeket kellő biztonsági intézkedésekkel minimalizálni lehetett. Ilyen volt a Kiskunfélegyházi víztisztító telep és a távvezeték, valamint Feketefalu külön vezetéke közötti csövek D200 KPE vezetékre való rekonstrukciója, mellyel a mélytározó és a nagyfogyasztók már kellő biztonsággal elláthatóak lesznek még úgy is, hogy Kiskunfélegyháza hálózata külön nem került modellezésre.

A hálózat bonyolultságának hátránya üzemeltetési szempontból jelentkezik, mivel a települések egymástól való függése egy jól működő, havária jellegű szituációt gyorsan és problémamentesen megoldani képes alkalmazotti gárdát feltételez. Ha ez a feltétel nincs meg, Selymesen pedig tűz üt ki, és akár csak egy tározónál nyitva marad az elzáró szelep, abban az esetben már nem lesz meg a 2 bar kifolyási nyomás a tűzcsapon.

Azonban ha ez teljesül, abban az esetben a regionális rendszer fogyasztói egy jól működő vízellátó rendszert kapnak, mely biztosítja a Kék-víz ivóvízminőség-javító programban foglaltakat, és sokkal egészségesebb ivóvízhez juttatja a környéken élőket, mint ami jelenleg a rendelkezésükre áll.

6 Irodalomjegyzék

BME-VKKT (2010): Vízfogyasztás, vízigények, közmű hálózatok tervezése
(http://www.vkkt.bme.hu/feltoltesek/2010/10/kmh_v%C3%ADzig%C3%A9nyek.ppt)

Dr. Öllős Géza (1987): Vízellátás 459-481. o., 501-506. o., 519-523. o. Budapest

Tolnai Béla (2008), Mátyus Sándor nyomán - Vízellátás 337-528. o., Budapest

György István (1974): Vízügyi létesítmények kézikönyve 1237-1239. o., Budapest

Dittrich Ernő (2012): Vízellátás diásor, Eötvös József Főiskola, Baja

BME (2009): Vízellátó rendszerek hidraulikai rendszervizsgálata, vizsgálati módszertana
(http://www.vkkt.bme.hu/feltoltesek/2012/09/hidrevi_01.pdf)

BME (2007): Vízisztítás
(http://www.epito.bme.hu/vcst/oktatas/feltoltesek/BMEEOVK-SP1/vizisztitas_jegyzet.pdf)

EPANET kezelési utasítás (2012), EJF
(<http://ebookbrowse.net/epanet-jegyzet-ki-1v0-pdf-d312653013>)
(http://vki.ejf.hu/letoltes/194/szabadon/EPANET_jegyzet_KI_1v0.pdf)

Öllős Géza (1998): Vízisztítás-üzemeltetés 571-681. o. Budapest

EPA (2002): Effects of Water Age on Distribution

(http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/tcr/upload/2007_05_18_disinfection_tcr_white_paper_tcr_waterdistribution.pdf)

Jeffrey R. Cruickshank (2010): How to reduce water age in distribution systems, Greensboro

(http://www.ncsafewater.org/Pics/Training/AnnualConference/AC07TechnicalPapers/CollectionDistribution/AC07CD_Mon0245_Cruickshank.pdf)

Török László (1998) Tervezési segédlet település vízellátása tanulmányterv készítéséhez 4-15.o., Baja

Bendó László (1977): Acélszerkezetű víztornyok karbantartása, Budapest

AQUAPROFIT – FŐMTERV'99 – ÖKO KONZORCIUM (2009): Elvi Vízhatal Engedélyes Tervdokumentáció - Műszaki Leírás, (EVET 2009)

Bácsvíz Zrt. adatszolgáltatás

201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről

28/2011. (IX. 6.) BM rendelet, Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ)

<http://www.kekviz.hu/>

<http://www.kekviz.hu/index.php/projektbemutato>

<http://www.viztorony.hu/acelszerkezet.html>

www.wikipedia.com

www.epa.gov

<http://bacsmege.hu/megye/kecskemet/elkezdodik-a-10-milliardos-kek-viz-program-bacs-kiskun-eszaki-reszen.html>

<http://www.vizimernok.hu/vizimernoki-segedletek/erdesseg>

7 Mellékletek

1. *Melléklet: TSZ-1, Átnézeti helyszínrajz*
2. *Melléklet: TSZ-2, Nyomvonal tervezési helyszínrajz I.*
3. *Melléklet: TSZ-3, Nyomvonal tervezési helyszínrajz II.*
4. *Melléklet: TSZ-4, Tervezett hálózat - Gátér*
5. *Melléklet: TSZ-5, Tervezett hálózat - Pálmonostora*
6. *Melléklet: TSZ-6, Tervezett hálózat – Pálmonostora-Aranyhegy*
7. *Melléklet: TSZ-7, Tervezett hálózat – Kiskunfélegyháza-Selymes*
8. *Melléklet: TSZ-8, Tervezett hálózat - Petőfiszállás*
9. *Melléklet: TSZ-9, Csomóponti terv - Gátér*
10. *Melléklet: TSZ-10, Csomóponti terv - Pálmonostora*
11. *Melléklet: TSZ-11, Csomóponti terv – Pálmonostora-Aranyhegy*
12. *Melléklet: TSZ-12, Csomóponti terv – Kiskunfélegyháza-Selymes*
13. *Melléklet: TSZ-13, Csomóponti terv – Petőfiszállás*
14. *Melléklet: TSZ-14, Kezdeti modell vezetékei*
15. *Melléklet: Víztorony adatok I.*
16. *Melléklet: Gátér – csomóponti vízigények fajlagos vezetékhozzak szerint*
17. *Melléklet: Gátér – csomópontok vízigénye*
18. *Melléklet: Pálmonostora - csomóponti vízigények fajlagos vezetékhozzak szerint*
19. *Melléklet: Pálmonostora – csomópontok vízigénye*
20. *Melléklet: Pálmonostora-Aranyhegy – csomóponti vízigények fajlagos vezetékhozzak szerint*
21. *Melléklet: Pálmonostora-Aranyhegy – csomópontok vízigénye*
22. *Melléklet: Kiskunfélegyháza-Selymes – csomóponti vízigények fajlagos vezetékhozzak szerint*
23. *Melléklet: Kiskunfélegyháza-Selymes – csomópontok vízigénye*
24. *Melléklet: Petőfiszállás – csomóponti vízigények fajlagos vezetékhozzak szerint*
25. *Melléklet: Petőfiszállás – csomópontok vízigénye*
26. *Melléklet: Kezdeti modell I.*
27. *Melléklet: Vezeték átmérők a kezdeti modellben*
28. *Melléklet: A vizsgált hálózati modell*
29. *Melléklet: Vízkor alakulása a 320. órában*
30. *Melléklet: Tűzcsap mérési adatok Petőfiszálláson*
31. *Melléklet: Tűzcsap mérési adatok Pálmonostorán*