



**A VIASTEIN Kft.  
ártándi kavicsbányájának  
talajvízhidraulikai modellje**

Szakvélemény

Megbízó:

Progressio Mérnöki Iroda Kft.  
8000 Székesfehérvár  
Távírda u 2/a.

Készítette:

BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék

Dr. Csoma Rózsa  
egyetemi docens, témavezető

Wagner Flóra  
doktorandusz

Dr. Baranya Sándor  
egyetemi docens, tanszékvezető

Budapest, 2020. december 16.



**TARTALOM**

1	ELŐZMÉNYEK _____	5
2	A VIZSGÁLT TÉRSÉG KIALAKULÁSA ÉS FŐBB JELLEMZŐI _____	8
3	VÍZFÖLDTANI VISZONYOK _____	10
3.1	A vízvezető réteg térségi jellemzői _____	10
3.2	A bányatelek környezetében lemélyített fúrások _____	10
3.3	A szivárgási együttható becslése _____	12
3.4	A porozitás _____	14
3.5	A tározási tényező _____	14
3.6	Összefoglaló értékelés _____	15
4	HIDROMETEOROLÓGIAI JELLEMZŐK _____	17
4.1	Csapadék _____	17
4.2	Párolgás _____	21
5	FELSZÍNI VIZEK _____	24
5.1	A Sebes-Körös és a Berettyó _____	24
5.2	Bányatavak jellemzői _____	27
6	TALAJVÍZVISZONYOK _____	29
6.1	A térség általános jellemzése _____	29
6.2	Törzsállomások vízszint-idősorai _____	30
6.3	Talajvízszintek tartóssága _____	33
6.4	Trendek _____	33
6.5	Áramlási irány _____	34
6.6	Az egyes tényezők egymásra hatása _____	35
7	A BÁNYATELEK ÉS KÖRNYEZETE HIDRODINAMIKAI MODELLEZÉSE _____	39
7.1	A számítások célja és lehatárolása _____	39
7.2	Magányos tó vizsgálata és távolhatásának becslése _____	39
7.2.1	A számítások alapvető feltételezései és alapegyenlete _____	39
7.2.2	Adatok _____	41
7.2.3	Eredmények _____	42
7.3	A bányató térségi hatásainak vizsgálata _____	44
7.3.1	A számítások módszere _____	44
7.3.2	A számításokhoz felhasznált adatok és a modell kalibrálása _____	44
7.3.3	Számított változatok _____	46
7.3.4	Eredmények _____	47
8	ÖSSZEFOGLALÁS _____	53
9	FELHASZNÁLT IRODALOM _____	54
10	MELLÉKLETEK _____	56

**ÁBRAJEGYZÉK**

1. ábra: A vizsgált bányatelek elhelyezkedése (Google Earth)
2. ábra: Az észlelőhálózat a 2006. évi Vízrajzi Évkönyv nyomán
3. ábra: A talajvíz átlagos mélysége (1 : < 2 m; 2 : 3 m; 3 : > 5 m; Rónai, 1985)
4. ábra: Sokéves átlagos talajvízszintek Rónai (1961) munkája nyomán
5. ábra: Vízbázisok védőterületei
6. ábra: A fekü szintje Rónai (1995.) nyomán
7. ábra: Fúrások és bányatelkek
8. ábra: Szemeloslások alsó és felső burkológörbéi
9. ábra: A porozitás meghatározása
10. ábra: A tározási tényező
11. ábra: A tározási tényező nyomás alatti vízvezető rétegre
12. ábra: A tározási tényező szabad felszínű vízvezető rétegre
13. ábra: Csapadékösszegek,
14. ábra: Összegzett csapadéktöbblet illetve hiány
15. ábra: Évi csapadékösszegek, 1996 - 2006.
16. ábra: Havi csapadékösszegek területi átlaga, 1996 - 2006.
17. ábra: Területi csapadékátlag eltérése a sokéves átlagtól
18. ábra: A párolgás sokévi átlagértéke a KOKOWIN (1993) nyomán
19. ábra: A területi párolgás sokévi átlagértéke a KOKOWIN (1993) nyomán
20. ábra: Párolgás, 1996 - 2006.
21. ábra: Vízsztintek tartóssága, Pocsaj, Körösszakál, 1996-2006.
22. ábra: A Sebes-Körös az országhatár közelében (Google Earth)
23. ábra: Vízsztint-idősorok, 2020. november - december
24. ábra: Esés a Körösszakál-Újiráz közötti szakaszon a körösszakáli vízsztintek függvényében
25. ábra: Bányatelkek és bányatavak
27. ábra: Talajvízjáték Rónai (1961) nyomán
28. ábra: Az első csoport kútjai, 1996 – 2006.
29. ábra: A második csoport kútjai, 1996 – 2006.
30. ábra: A harmadik csoport kútjai, 1996 – 2006.
31. ábra: Talajvízszintek tartóssága, 2662.kút, Biharkeresztes, 1996- 2006.
32. ábra: Évi közepes talajvízszintek, Hencida (2641.), 1960 – 2006.
33. ábra: Évi közepes talajvízszintek, Zsáka (2655.), 1960 – 2006.
34. ábra: Áramlási irány, Biharkeresztes, Berekböszörmény, Mezősas
35. ábra: Berettyó, talajvíz és csapadék, Pocsaj
36. ábra: Berettyó és talajvíz, Berettyóújfalu
37. ábra: Berettyó, talajvíz és csapadék, Darvas
38. ábra: Berettyó, talajvíz és csapadék, Szeghalom
39. ábra: Sebes-Körös, talajvíz és csapadék a Körösszakál – Újiráz szakaszon
40. ábra: A vízveszteség lépcsős közelítése
41. ábra: A Theiss-féle kútfüggvény
42. ábra: A tósugár változása
43. ábra: Vízveszteség időbeli változása
44. ábra: Vízsztintváltozások 1500 m-re a tó középpontjától
45. ábra: Vízsztintváltozások 3000 m-re a tó középpontjától
46. ábra: Bányafejlesztések
47. ábra: Talajvízszintek változása, I. ütem, nedves időszak
48. ábra: Talajvízszintek változása, I. ütem, száraz időszak
49. ábra: Talajvízszintek változása, II. ütem, nedves időszak
50. ábra: Talajvízszintek változása, II. ütem, száraz időszak
51. ábra: Talajvízszintek változása, III. ütem, nedves időszak
52. ábra: Talajvízszintek változása, III. ütem, száraz időszak

**TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE**

1. táblázat: A fúrások jellemzői
2. táblázat: Számított szivárgási tényezők
3. táblázat: Paraméterek n becsléséhez
4. táblázat: Porozitások
5. táblázat: Tározási tényezők
6. táblázat : Évi csapadékösszegek és eltérések a sokéves átlagtól
7. táblázat : Napi legnagyobb csapadékok maximuma a vizsgát területen
8. táblázat: Párolgás, mm
9. táblázat: A vízmérce-szelvények legfontosabb adatai
10. táblázat: Vízfolyások jellemző vízszintjei
11. táblázat: Tavak területe
12. táblázat: Sebességek és áramlási irányok
13. táblázat:A vizsgált változatok jellemzői
14. táblázat: A vízveszteség
15. táblázat: Leszívások és a kialakuláshoz szükséges idő
16. táblázat: A modell főbb jellemzői
17. táblázat: Számított változatok
18. táblázat: Szintváltozás [cm] a talajvízszint-észlelő kutaknál
19. táblázat: 10 cm szintváltozás hatásterülete

## 1 ELŐZMÉNYEK

A *Progressio Mérnöki Iroda Kft.* 2020 novemberében megbízta a *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékét* a *VIASTEIN Kft.* ártándi tervezett kavicsbányája talajvízhidraulikai vizsgálatával. Maga a bányatelek a település külterületén, a falu és az országhatár között található. Szomszédos bányatelek a tőle keletre található, régóta üzemelő Ártánd I. védnevű bánya, míg nyugatra a Biharkeresztes I. bánya, mely nemrég kezdte működését. Ezek mellett országhatár túlsó oldalán a, Partiumban több kisebb bányató található. Ugyanitt, a bányatelektől mintegy 3 km-re délre húzódik a Sebes-Körös. A bányatelek elhelyezkedését a *Google Earth* nyomán az 1. ábra vörös körrel jelöli. A felvétel 2020. márciusában készült.



1. ábra: A vizsgált bányatelek elhelyezkedése (Google Earth)

A bányák üzeme, a kavicskitermelés módosíthatja a térség környezeti viszonyait. A környezet egyes elemei közül számottevő hatás a felszín alatti környezetet, első sorban az első vízadó rétegben található talajvizet éri, hiszen általában mind maga a bányászati tevékenység, mind a már felhagyott tavak az eredeti állapothoz képest talajvízvesztést okoznak. Ezen vízvesztés hatása eltérő hosszabb idejű száraz illetve nedves időszakokban. A vízvesztés a kavicskitermelés során, annak ütemétől függően időben változó - általában növekvő - mennyiségű. Az üzemelés során a vízkivétel az alábbiakból tevődik össze:

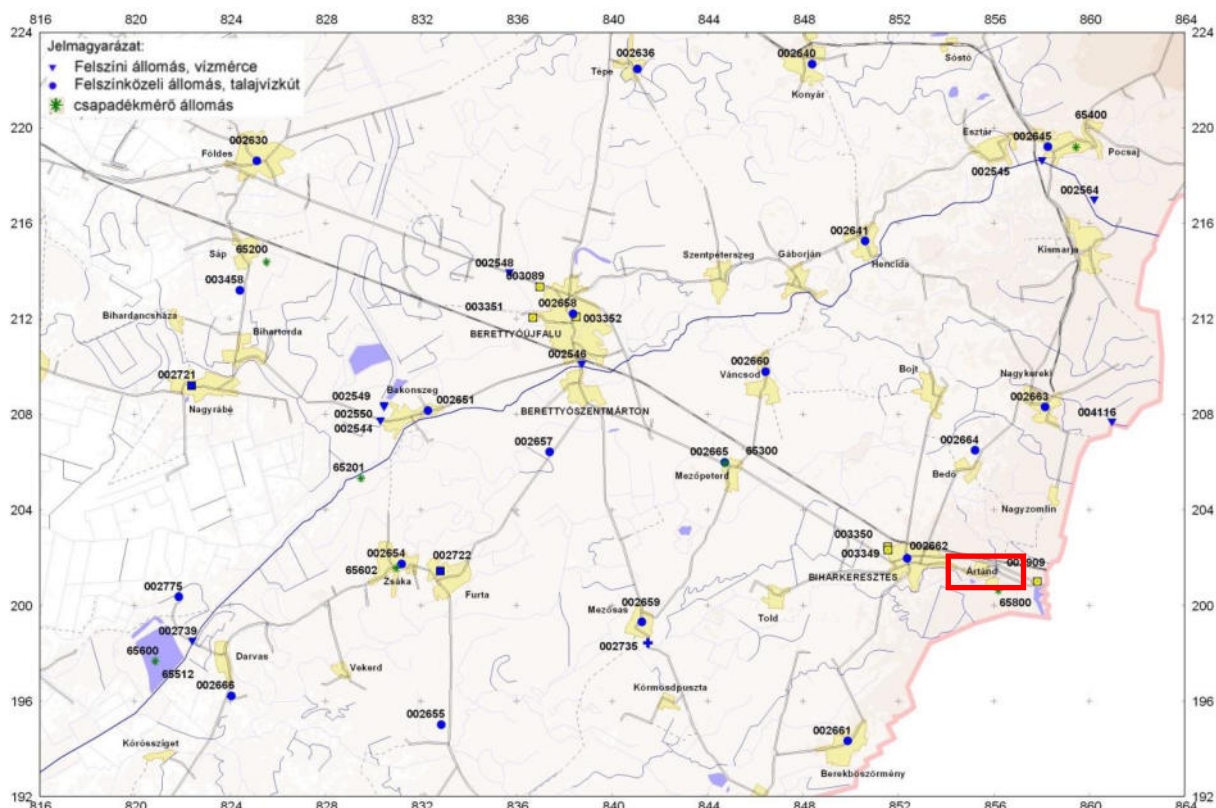
- a kitermelt kavicsal együtt távozó víz mennyisége;
  - a kitermelt kavics helyét kitöltő víz mennyisége, mely a talajból (talajvízből) pótlódik;
  - a növekvő tőfelületből származó, fedett területhez viszonyított többletpárolgás,
- míg a bányaművelés befejezése után a már állandósult szabad vízfelület többletpárolgása okoz veszteséget.

A tervezett kavicsbánya talajvízhidraulikai hatásainak modellezéséhez alapvető a fenti terület főbb hidrológiai - hidrogeológiai viszonyainak összegzése, mellyel egyrészt a területről általános képet kaphatunk, másrészt a 7. fejezet számításaihoz alapadatokat adunk. A terület vízföldtani jellemzőinek összefoglalása során célunk a kavicssterasz, mint vízvezető réteg szivárgás- és talajvízhidraulikai jellemzőinek bemutatása illetve a későbbi számításokhoz előkészítése. Ezen jellemzők a következők: a réteg települése és vastagsága, az alsó vízzáró réteg szintje, valamint a kavicsréteg szivárgási együtthatója és egyéb paraméterei. Ehhez egyrészt egy korábbi, kavicsbánya bővítéshez készült feltárásokat, másrészt a szűkebb illetve tágabb térség leírásait alkalmazzuk.

A hidrometeorológiai jellemzők közül a csapadék a térség talajvízjárásának feltárásához elengedhetetlen, míg a fedett felület illetve a szabad vízfelszín párolgása a terület vízméreglet befolyásolja. Magas talajvízű területeken egy bányá létesítése során a fedett felületből a vízszint alatti kitermeléssel nyíltvíz lesz, mely a párolgási viszonyok megváltozásával, jellemzően a párolgás növekedésével jár. Ez a meglevő tavakkal valamint a környező vízfolyásokkal együtt adja a későbbi számítások egyik peremfeltételeit. A térség talajvízjárásának ismerete pedig a jelen állapot megismeréséhez, valamint a 7. fejezetben kialakítandó talajvízhidraulikai modell kalibrálásához, bearányosításához szükséges.

Míg a vízföldtani jellemzők időben állandónak tekinthetők, addig a hidrometeorológiai – hidrológiai jellemzők térben és időben is folytonosan változnak. A változások követése a térségben levő mérőállomások (vízmérce, talajvízszint-észlelő kút, csapadékmérő, stb.) elhelyezkedése, az eltérő észlelési idők, az elérhető közhiteles adatok miatt igen összetett probléma. Ezért kijelöltünk egy olyan, nem túl távoli, 11 éves referencia-időszakot, amely tartalmaz szélső és átlagos éveket is, hidrológiailag kellően értékelt és bőségesen dokumentált. A vizsgált időszak az 1996 – 2006. periódus, mely tartalmazza az ezredforduló környéki szélsőséges éveket, mint a 2003. évi emlékezetes aszály, vagy az árvizes - belvizes 2006. év. Az időszak részletes értékelése bőséges, például a *Vízügyi közlemények 2004. évi 1-2 számában* több munka foglalkozik a 2003. évi aszályal, (pl. *Szlávik, Kalmár et al, Szalai, Szalai - Bella* munkái) vagy a 2006-os évet összegző *A Duna és a Tisza szorításában* c. mű.

A vizsgálatokhoz így a *Vízrajzi Évkönyvek* 1996 – 2006. 11 éves referencia-időszakának közhiteles adatait alkalmazzuk. Az észlelőhálózat legfontosabb elemeinek elhelyezkedését a 2. ábra mutatja. Az elemzésekhez azért ezt az időszakot választottuk, mert 2007-től a nagyműtű *Évkönyv* megjelenése szünetelt. Bár a 2014, 2015. és 2016. évi kötetekkel a sorozat nemrég újra indult, azokat jelenlegi vizsgálatainkhoz a hosszú szünet miatt korlátozottan vesszük figyelembe.



2. ábra: Az észlelőhálózat a 2006. évi *Vízrajzi Évkönyv* nyomán

A sokéves tendenciák elemzéséhez néhány állomáson hosszabb adatsort vizsgálunk. Ekkor a kezdő időpontot 1960-ban szabtuk meg. Ezen hosszú idejű vizsgálatok esetén a néhány év szünet elfogadható, így ehhez már a három legújabb kötet adatait is figyelembe vesszük.

A bányaterület vizsgálatához *Megbízó* a munka kezdetén rendelkezésünkre bocsátotta a bányával kapcsolatos alábbi dokumentumokat:

- *Kutatási jelentés az Ártánd II.-kavics bányatelek bővítés kavicsos homok, homokos kavics nyersanyagának minőségi és mennyiségi viszonyainak meghatározásáról. Téglá- és Cserépipari Bányaföldtani Szolgáltató Kft. Budapest, 2002.*
- *Ártánd 04/2, 04/7, 04/8, 04/9, 05, 06, 07/04,07/05, 010/1, 010/2, 010/3, 010/4, 010/5, 010/6, 013/1, 013/2, 014/6, 014/7, 014/9, 014/10, 014/11, 014/12, 014/13, 014/14, 014/15, 014/16, 014/17, 014/18, 014/19, 014/20, 018/2, 018/3, 018/4 hrsz homok, kavics előkutatási kutatási terület. Ásványi nyersanyag előkutatási műszaki üzemi terv (továbbiakban *Kutatási MŰT*) Viastein Kft, 2020.,*

A párhuzamosan futó tervezési munkák nyomán, jelen szakvélemény készítésének végső szakaszában tudta *Megbízó* a rendelkezésünkre bocsátani az alábbi térképet:

- *Ártánd – dél nevű előkutatási terület. Építőipari nyers- és alapanyag előkutatási műszaki üzemi terv. *Előkutatási tervtérkép*, Viastein Kft, 2020.*

A térkép a 2020. november 6-i ingatlannyilvántartási állapotot tükrözi, mely kismértékben eltér a *Kutatási MŰT* adataitól mind a terület határvonala, mind a nagysága tekintetében. Bár a számításaink zömét a korábbi információk alapján végeztük, az eredményekben az eltérést nem jelent. A dokumentációban azonban törekszünk mindkettő feltüntetésére, kiemelve a novemberi változatot.

Fentieket *Megbízó* szóbeli tájékoztatása és többszöri konzultáció egészítette ki.

Fentiek alapján céljaink a következők:

- az országhatár, a Berettyó és a Sebes-Körös közötti háromszög, nagyjából Pocsaj, Szeghalom és Körösszakál térségében (2. *ábra*) a felszíni és felszín alatti vízviszonyok feltárása
- fentiek alapján a tervezett ártándi kavicsbánya környezetére talajvízhidraulikai modell felépítése,
- és végül a kalibrált és validált modellel a kavicsbánya kialakításának a környező területek talajvízszintjeire gyakorolt hatásainak becslése.

A vizsgált terület jelentős része a *Tiszántúli Vízügyi Igazgatóság* illetékességi területe, míg a délen húzódó Sebes-Körös környéke a *Körös-vidéki Vízügyi Igazgatósághoz* tartozik.



## 2 A VIZSGÁLT TÉRSÉG KIALAKULÁSA ÉS FŐBB JELLEMZŐI

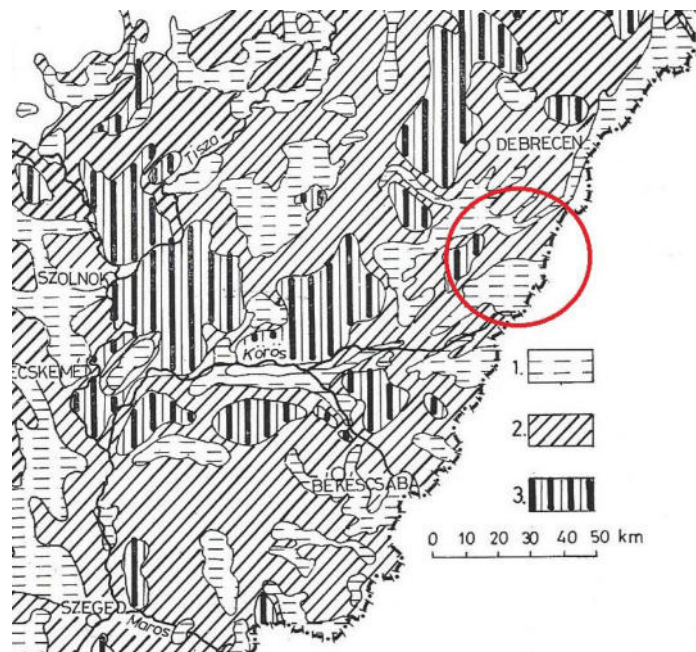
A homok- és kavicsbányászat erőteljes fejlődését a beton, mint nagy tömegben egyszerűen előállítható építőanyag megjelenése indította el. A kavicsbányászat kezdetben első sorban a folyami kavicskotrást jelentette. Az egyre növekvő igény a jó minőségű építőanyagra új, fedett területek kavicskészletének feltárását, a korábbi geológiai korok felhagyott folyómedreinek, hordalék- és törmelékűjainak hasznosítását vonta maga után. Itt viszont a hasznosanyag részben a talajvíz szintje fölött, de igen gyakran a talajvízszint alatt helyezkedik el, azaz a kitermelés nyomán bányató alakul ki (Tompa, 1982, Barati et al, 2008). Hazánkban nagyobb folyóink mentén több ilyen terület is található, mind a Duna, mind pedig a Tisza vízrendszerében.

Ezek egyike a Sebes-Körös és a Berettyó vidéke, mely a Kárpátok által övezett Pannon-tenger, később Pannon-tó szárazulattá vált területe. A környező, néhol több száz méter magas hegységekben eredő, vízmosás-jellegű folyók erőteljes lefolyása bőséges hordalék-szállításával alakította ki a területet. A hordalék mennyisége és mérete a klimatikus viszonyoknak megfelelően változott, így a térségben akár több száz méteres vastagságban is előfordulhatnak a ritmikusan változó durvább, kavicsos – homokos és finomabb, iszapos - agyagos rétegek. Mindezt a folyamatot az ősfolyók (Tisza, Berettyó, Sebes-Körös) vonalvezetésének többszöri áthelyeződése teszi még összetettebbé, így a felszínen is több helyen lelhetők fel az Ős-Tisza illetve az Ős-Körösök medernyomai. A vízrendszer kialakulását a *Vízrajzi Atlasz (1974)* részletezi, melynek vázlatai segítségével a folyamat jól követhető. Az ábrákat az *1.1. mellékletben* foglaltuk össze, öt eltérő földtörténeti korról bemutattuk. Emellett, szintén az *Atlasz* nyomán kettő, a vizsgált területünk északi illetve nyugati szélét érintő földtani szelvényt is mellékelünk, melyekkel az egyes rétegződések követhetők. A szelvényeken külön jelöljük a térségbe eső szakaszokat.

Mindezekkel összhangban van a *Vízföldtani Atlasz (1961)* 21. számú térképe (*Magyarország vízföldtani tájegységei, M 1:1000000*) is, mely szerint a vizsgált térség a 48. jelű, *A közép-alföldi süllyedék tájegység* 1. és 2. alegységének része. A *Vízföldtani Atlasz* fontosabb térképeinek kivágatát az *1.2. mellékletben* foglaltuk össze, ahol az *1.2.1. melléklet* mutatja a vízföldtani tájegységeket. A terület hordalékűj-síkság, magassága 98 - 100 m B.f. körüli, kelet felől a távolabbi Erdélyi-szigethegység határol. Itt ered a terület két fő folyója, a Berettyó és a Sebes-Körös. A területet fedő holocén humuszos és agyagos-közetlisztes rétegek alatt több rétegződésben számottevő vastagságú homok- és kavicssterasz található. Az egyes rétegződéseket vékonyabb, agyag-iszap rétegek választják el egymástól. A felsőpleisztocén eredetű üledék vastagsága 30 - 50 m is lehet, míg a teljes összlet akár több száz méter is. Ezt igazolja a *Vízföldtani Atlasz (1961)* 4. számú térképének (*Magyarország fontosabb homokos kavicsos törmelékűjainak átnézetes vastagsági térképe, M 1:1000000*) kivágata, melyet az *1.2.2. melléklet* mutat.

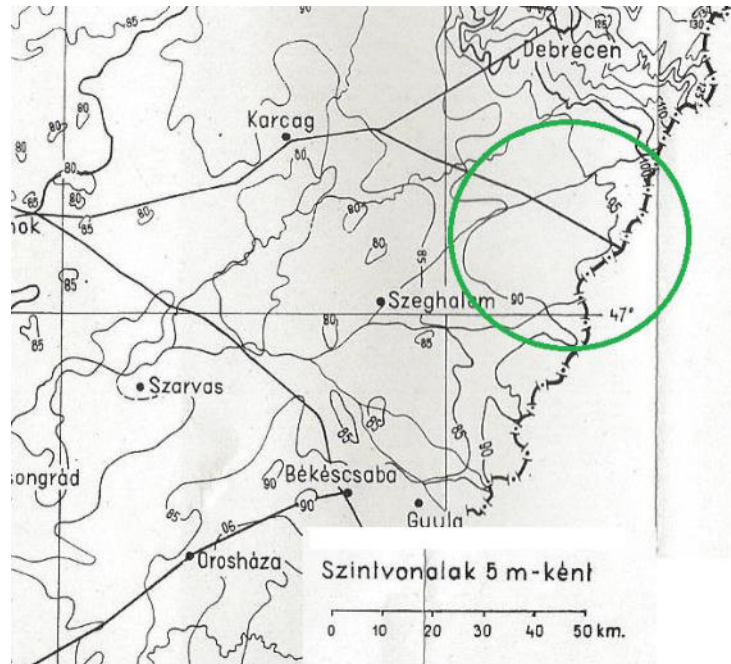
A kavicsösszletben jelentős mennyiségű talajvíz tározódik, melynek átlagos felszín alatti mélysége 1 - 2 m körüli. Ezt mutatja Rónai (1985.) munkája

nyomán a 3. ábra, mely a talajvíztükör átlagos mélységét adja meg három kategóriába sorolva.



3. ábra: A talajvíz átlagos mélysége (1 : < 2 m; 2 : 3 m; 3 : > 5 m; Rónai, 1985)

A térség talajvízjárása kelet-nyugati irányú, melyez *Rónai* (1961) munkája is igazol. Ez a talajvíztükör abszolút magasságát mutatja az 1950 – 1959. időszak átlagában. A 4. ábra, mely az idézett térkép kivágata, a szintvonalakat 5 m-es lépcsőben mutatja. Az ábrán a viszonylag ritkán elhelyezkedő, de jellemzően észak-déli irányú szintvonalak a zöld körrel kiemelt térségben nem túl erőteljes, de egyértelműen kelet-nyugati irányú áramlásra utalnak.

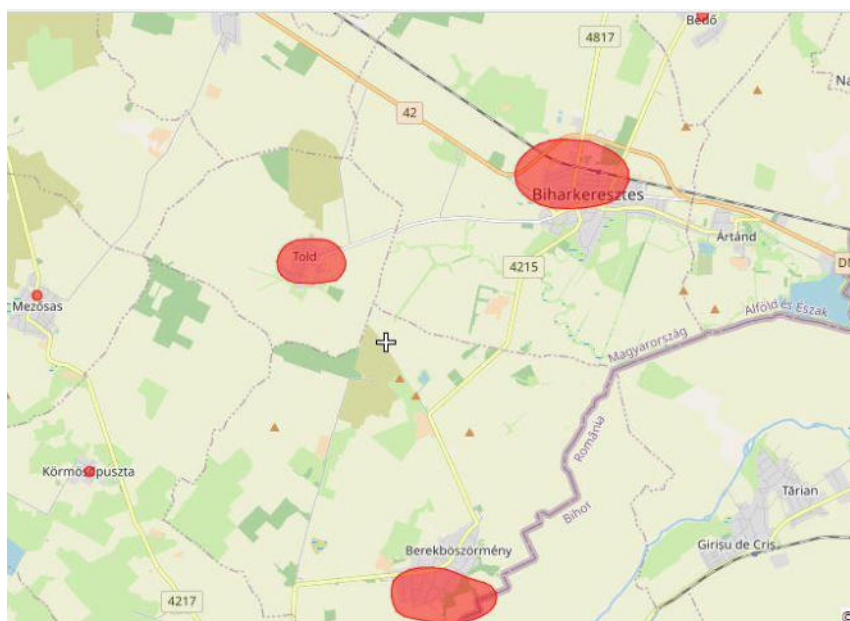


4. ábra: Sokéves átlagos talajvízszintek *Rónai* (1961) munkája nyomán

Bár a térségben korábban is működtek kisebb-nagyobb kavics- vagy homokbányák, a nagyobb arányú kitermelés az 1960-as évek kutatásai nyomán az Ártánd I.-kavics védnevű bánya üzembe lépésével indult el. Emellett a környéken csak kisebb, inkább homokbányák működnek, és az országhatár partiumi oldalán is több, feltehetőleg bányató található.

Földrajzi tekintetben a vizsgált terület a *Tisza* bal partján, az *Alföld* keleti részén helyezkedik el. Magyarország természeti tájainak rendszertani felosztását figyelembe véve a terület az 1. *Alföld* nagytáj, 1.12. *Berettyó-Körösvidék* középtáj 1.12.2. *Körösvidék* kistájcsoport 1.12.21. *Bihari-sík* kistájon terül el. (*Tájkataszter*, 1990.)

A létesítendő bánya térségében több kisebb felszín alatti ivóvízbázis mellett három jelentősebb vízbázis védőterülete is található, Biharkeresztes, Told és Berekböszörmény térségébe. Közülük kiemelendő a biharkeresztes, mely mintegy 4 – 5 km-re található a tervezett bányától. A védőidomok elhelyezkedését az *OKIR* nyomán a 5. ábra mutatja.



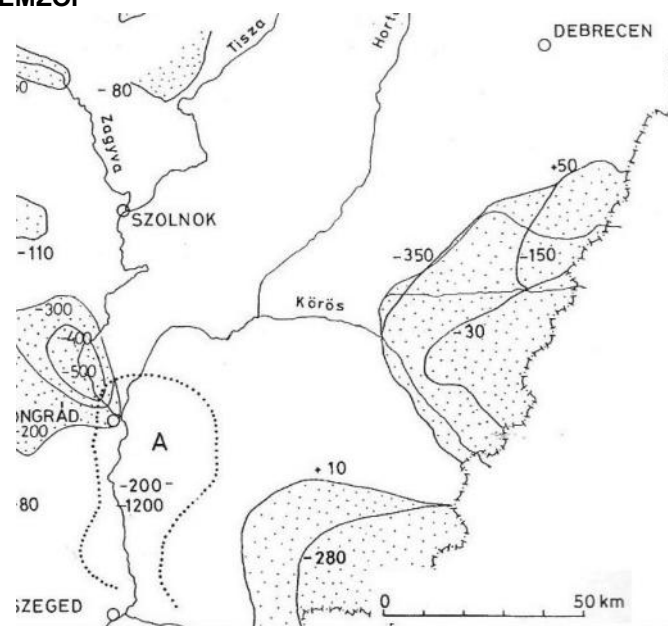
5. ábra: Vízbázisok védőterületei

### 3 VÍZFÖLDTANI VISZONYOK

#### 3.1 A VÍZVEZETŐ RÉTEG TÉRSÉGI JELLEMZŐI

A vizsgált terület a tágabb térség főbb ősfolyóinak törmelék-kúpja, mely eltérő korokban és eltérő klimatikus viszonyok mellett több, eltérő hidraulikai tulajdonságú rétegben jelenik meg. Az összlet talapzata a *Vízföldtani Atlasz (1961)* 3. számú térképlapjának (*Magyarország fontosabb homokos kavicsos törmelék-kúpjainak átnézetes fekvő térképe, M 1:1000000*) alapján a térségben így igen nagy mélységben, akár több száz méterrel a tengerszint alatt is lehet, melyet az *1.2.3. melléklet* mutat.

Ugyanezt igazolja, *Rónai (1985.)* munkája is, melyből a fekvő térképet a *6. ábra* mutatja. A térkép szintvonalai a tengerszint feletti magasságot, illetve negatív érték esetén a tengerszint alatti mélységet adják meg.



6. ábra: A fekvő szintje Rónai (1995.) nyomán

A terület részletesebb feltárására csak a második világháború után került sor, melyből *Urbanecsek (1953.)* Berettyóújfalui környékét érintő, illetve *Deák et al. (1968.)* Sebes-Körös és Maros törmelék-kúpjaival foglalkozó munkája emelhető ki. Ezen utóbbi munka a Sebes-Körös törmelék-kúpját geoelektromos feltárással és fúrásokkal vizsgálta. A több, mint 20 fúrás zöme 30 m volt, de néhány az 50 m-t is elérte. Megállapították, hogy a vizsgált felső 30 – 50 m-es részben általában jól elkülönülően két kavicsos réteg található, egyenként legfeljebb 10 . 15 m vastagságban. A szerzők az alsó réteget tekintették általában építőanyagként jobb minőségűnek, azonban a felső is elfogadható. A két réteget általában vékonyabb agyagos – iszapos betelepülés választja el.

A vizsgálatok helyszínrajzát és főbb eredményeit, a földtani szelvényeket, kavicsvastagság-térképeket és a szemeloszlást a *2.1. mellékletben* foglaltuk össze. Sajnálatos, hogy a szelvényekhez függőleges léptéket nem rendeltek, de a megadott fúrás mélységek alapján jól látható, hogy a terep alatt mintegy 25 m-re összefüggő kötöttebb, jellemzően agyag – iszap réteg húzódik, melynek vastagsága a néhány 50 m-es fúrás tanulsága szerint (*2.1.3. melléklet*) számottevő. Mivel az említett két kavicsréteget elválasztó vékonyabb réteg néhol akár még hiányzik is, a talajvíz e két rétegben valószínűleg összefügg, feltehetőleg nem alkot két külön vízemeletet. Az alsó egybefüggő agyagréteg vastagsága alapján a fölötte levő összlet-hez képest vízzárónak tekinthető.

#### 3.2 A BÁNYATELEK KÖRNYEZETÉBEN LEMÉLYÍTETT FÚRÁSOK

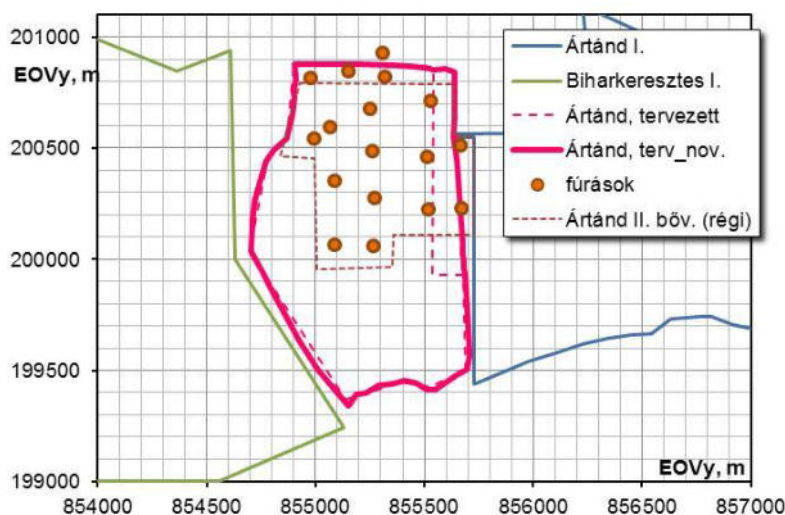
A bányatelek környezetéről átfogó képet a *Kutatási jelentés (2002.)* ad. A mintegy 20 éve készült feltárások több lépcsőben (2001. október és 2002. január) létesült 17 fúrás alapján értékelik jelen bányatelek északi részét, mint egy korábbi, Ártánd II. bánya bővítési területét. Az Átd jelű fúrások legfőbb jellemzőit a *1. táblázatban* foglaltuk össze, a fúrások bányatelekhez viszonyított helyzetét a *7. ábra* mutatja. Az ábrán Ártánd I. és Biharkeresztes I. bányatelek határait az MFGI 2015. évi nyilvántartása alapján, jelen vizsgált bányatelek a *Kutatási MÜT (2020.)* illetve az *Előkutatási tervtérkép(2020.)* segítségével, a korábbi Ártánd II. bővítést a *Kutatási jelentés (2002.)* szerint adjuk meg.

1. táblázat: A fúrások jellemzői

jele	EOVx, m	EOVy, m	Z, m B.f.	mélység, m	talp, m B.f.
Átd-17	200815	854977	100,2	25,0	75,2
Átd-18	200849	855151	99,7	25,0	74,7
Átd-19	200931	855306	100,5	25,0	75,5
Átd-20	200597	855066	99,5	25,0	74,5
Átd-21	200675	855249	100,3	25,0	75,3
Átd-22	200488	855260	100,0	25,0	75,0
Átd-23	200352	855085	102,2	25,0	77,2
Átd-24	200276	855271	101,7	25,0	76,7
Átd-25	200065	855088	101,1	25,0	76,1
Átd-26	200058	855268	100,8	25,0	75,8
Átd-27	200819	855318	100,8	25,0	75,8
Átd-28	200712	855528	100,6	25,0	75,6
Átd-29	200460	855514	100,3	25,0	75,3
Átd-30	200510	855665	100,6	25,0	75,6
Átd-31	200227	855517	100,8	25,0	75,8
Átd-32	200232	855668	100,7	25,0	75,7
Átd-33	200543	854993	99,9	25,0	74,9

Az igen részletes *Kutatási jelentés (2002.)* a készletszámítás mellett a következő főbb elemeket tartalmazza:

- földtani naplók
- szemeloszlási görbék
- fúrásértékelő lapok
- feltárási és készletszámítási térképek
- fedő és kavics vastagsági térképek
- fekvő szintvonalas térkép
- földtani szelvények.



7. ábra: Fúrások és bányatelkek

Az egységesen 25 m mély fúrások alapján fenti dokumentumok segítségével a következő rétegsor állítható össze:

- a felszín alatt 0,2 – 1,2 m mélységéig szerves (humuszos) fedő található;
- alatta 1,0 - 3,4 m vastagságban agyagos – homoklisztes<sup>1</sup> fedő húzódik
- ezalatt két rétegződésben jelenik meg homokos - kavicsos összlet, melyből a felső általában a vékonyabb;
- a két rétegződést vékonyabb agyagos közelliszt rétegződés választja el egymástól, mely néhol hiányzik;
- így mindösszesen általában három, de néhol csak kettő rétegződés összvastagsága a fúrások szerint 18,0 – 23,0 m;
- ez a 18,0 – 23,0 m vastag réteget tekinthetjük összességében vízvezetőnek;
- az alatta található pleisztocén eredetű közelliszt agyag a terület fekéjeként tekinthető.

A fekvő nem mind a 17 fúrás éri el, azonban a *Kutatási jelentés (2002.)* beszámol további három, korábban készült (A-41, A-45, A-46 jelű) fúrásról, melyek 30 m mélységűek. Ezen fúrásokban a fekvőnek tekinthető réteg 22 -25 m mélységben jelenik meg, és a fúrás talpáig tart.

Az egyes fúrásokban észlelt főbb jellemzőket, mint a fedő és a vízvezető rétegek vastagsága és szintjei, valamint a talajvíz felszín alatti mélysége és szintje, a 2.2.1. *mellékletben* foglal-

<sup>1</sup> a korábbi „homokliszt” megnevezés a jelenlegi szabvány szerint „finom homok” - „durva iszap” frakciót jelöl

tuk össze, míg a fent említett három (néhol kettő) rétegződés alkotta vízvezető réteg részletezését a 2.2.2. *melléklet* tartalmazza. Itt külön rétegeként kezeltünk minden olyan fúrászakaszt, melynek jellemzésére szemeloszlás-vizsgálat is készült. Az igen szemléletes földtani szelvények ezen rétegződéseket jól mutatják. Bár a korábbiakban a vízvezető réteget három részre osztottuk, itt a néhol kisebb-nagyobb mértékben eltérő kavicshányadok miatt legalább három, de néhol akár öt rétegződés is megjelenik. Az egyes fúrásokban minden egyes így megadott rétegződéshez tartozik szemeloszlás-vizsgálat, melyekkel a fedő alsó síkjától a fekü felső síkjáig a teljes réteg leírható. Így mindösszesen 64 szemeloszlás-görbe áll rendelkezésünkre.

Egyetlen kivétel az Átd-20 fúrás, melynek 7,0 m és 10,0 m közötti, 3 m vastag kőzetlisztes – agyagos rétegéhez nem készült szemeloszlás-vizsgálat. Ezt a szomszédos (Átd-21 és 22) fúrások alapján becsültük. A réteget a 2.2.2. *melléklet* eltérő színnel jelöli.

### 3.3 A SZIVÁRGÁSI EGYÜTTHATÓ BECSLÉSE

A  $k$  szivárgási tényező (áteresztő képesség) a térség talajvízhidraulikai modelljének felépítése szempontjából alapvető. Meghatározására – valójában becslésére - a *Kutatási jelentés (2002.)* részletes szemeloszlás-vizsgálata ad lehetőséget.

A  $k$  becslésére a szemeloszlás alapján többféle közelítéssel többféle összefüggés is a rendelkezésünkre áll, melyek általában elméletileg megalapozottak, de tapasztalati alapon születtek. Ezekben közös, hogy legtöbbször három mennyiség szorzatából állnak:

$$k = C \cdot f(n, e, C_u, \dots) \cdot d_k^n,$$

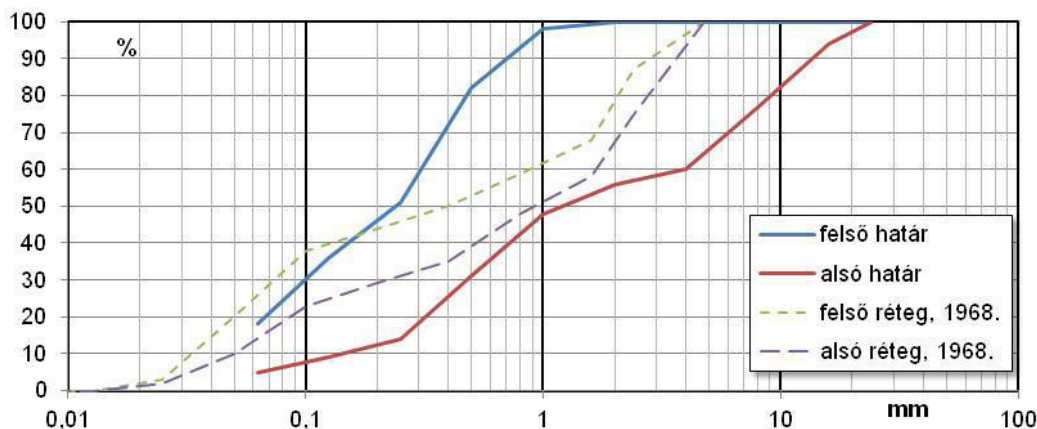
ahol:

- $C$  : az összefüggést kidolgozó által meghatározott állandó, mely függhet a hőmérséklettől vagy viszkozitástól is,
- $f(n, e, C_u, \dots)$  : a szemszerkezetet figyelembe vevő tag, mely gyakran az  $n$  porozitástól, az  $e$  hézag tényezőtől, a  $C_u$  egyenlőtlenségi mutatótól, vagy egyéb, hasonló jellemzőtől, esetleg azok kombinációjától függ,
- $d_k^n$  : az adott kutató által jellemzőnek tekintett szemátmérő valamely - általában második - hatványa.

A szakirodalomban több összefüggés is létezik, melyet a legtöbb, szivárgáshidraulikával foglalkozó kézikönyv ismertet. Ezek közül külön említést érdemel *Devlin (2015)* munkája, mely 15 módszert mutat be és értékel, valamint cikkéhez a számítások megkönnyítésére excelben készült eszközt is mellékel, *HydrogeoSieveXL* néven.

Ezen programmal, az ott alkalmazott 15 féle eljárás segítségével határoztuk meg a szivárgási tényezőt minden egyes fúrás minden egyes rétegére, melyet a 2.2.2. *melléklet* tartalmaz. Ez mindösszesen 64 számítást jelent. Elkészítettük ezen túl az összes szemeloszlási görbe alsó és felső burkológörbét, mely valójában egy adott szemcseméret esetén a legalacsonyabb illetve legmagasabb áthullott anyagmennyiség %-ban megadva. Ezt a két görbét mutatja a 8. *ábra*, mellyel így összesen 66 számítás elvégzése vált szükségessé. Az ábrán a két burkoló görbe mellett feltüntettük az 1968. évi feltárások nyomán a két kavicsrétegre kapott jellemző szemeloszlásokat is, melyet a 2.1.9 *melléklet*ben adtunk meg. A kétféle céllal, mintegy 30 év eltéréssel készített szemeloszlási görbék igen jól igazodnak egymáshoz.

A szivárgási tényező meghatározását részletezi a 3. *melléklet*. Ezen belül a 3.1. *melléklet* a program összefoglalója a felhasznált forrásokkal, míg a 3.2. *melléklet* a vizsgált fúrások elhelyezkedését mutatja a *MBFSZ Fúráspontrétegek* segítségével. Itt a szivárgási tényező meghatározásához figyelembe vett fúrásokat vörös ellipszisek keretezik. A további mellékletek az egyes fúrások szemeloszlásai alapján a szivárgási tényező meghatározásával foglalkoznak. A program nyelve angol, így a melléklet is jellemzően angol nyelvű.



8. ábra: Szemeloszlások alsó és felső burkológörbéi

A 3.3. melléklet az egyes fúrások és rétegek szemeloszlásait és az abból számított egyéb segédparamétereket (a jellemző szemátmérők, porozitás, stb.) összegzi, míg a 3.4. melléklet a szivárgási tényező számításának eredményeit foglalja össze. Ezen két utóbbi melléklet csak a két burkológörbe szemeloszlását és számított szivárgási tényezőit tartalmazza mind az elektronikus, mind a nyomtatott változat esetén, mivel a 2x66 lap a dokumentumok terjedelmét indokolatlanul megnövelné. Elektronikusan, külön állományban mellékeljük azonban mind a 66 szemeloszlás és mind a 66 szivárgási tényező számításának dokumentációját.

Az alkalmazott módszer külön előnye az eredmények értékelése kétféle szempontból is: egyrészt az egyes módszerek alkalmazási köre szempontjából (met criteria – failed criteria), másrészt a kapott eredmények átlagolását nemcsak számtani (arithmetic), hanem mértani (geometric) átlaggal is megadja.

A kapott szivárgási tényezőket a 2. táblázat tartalmazza, itt is külön jelölve az Átd-20 fúrás becsült második rétegét. Itt nem feltétlenül a fenti programmal megkapott átlagértékek szerepelnek, azokat az egyes rétegek jellegéhez igazítva kerekítettük. További módosítást igényeltek azok az esetek is, amikor – bár a program alkalmazhatónak tekintette – az érték tapasztalataink szerint ilyen jellegű területen a realitás határait súrolta illetve átlépte. A táblázat tehát az így módosított - felülbírált értékeket tartalmazza. A táblázat utolsó oszlopa a többretegű vízvezetőnek a rétegvastagságokkal súlyozott átlagos szivárgási tényezőit adja meg. A réteg menti átlagok fúrásonként 13 – 34 m/d ( $1,5 \cdot 10^{-4}$  –  $4,0 \cdot 10^{-4}$  m/s) közé tehetők, míg a területi átlag 22 m/d ( $2,5 \cdot 10^{-4}$  m/s).

2. táblázat: Számított szivárgási tényezők

fúrás jele	1.réteg		2.réteg		3.réteg		4.réteg		5.réteg		össz.	
	vtg, m	k, m/d	vtg, m	k, m/d	vtg, m	k, m/d	vtg, m	k, m/d	vtg, m	k, m/d	vtg, m	k, m/d
Átd-17	10,0	20	6,9	30	4,7	35	-	-	-	-	21,6	26
Átd-18	4,0	15	11,0	30	7,8	25	-	-	-	-	22,8	26
Átd-19	3,2	10	10,5	35	5,6	25	-	-	-	-	19,3	28
Átd-20	5,9	10	3,0	8	4,7	35	8,5	30	-	-	22,1	23
Átd-21	5,5	10	3,5	10	4,9	10	4,3	20	4,4	30	22,6	16
Átd-22	2,2	15	3,1	8	4,8	30	9,8	30	-	-	19,9	25
Átd-23	3,0	15	5,3	20	8,7	25	3,2	30	-	-	20,2	23
Átd-24	8,0	10	6,0	20	7,0	30	-	-	-	-	21,0	20
Átd-25	3,1	15	3,8	8	5,0	20	6,2	30	-	-	18,1	20
Átd-26	8,2	8	1,8	20	4,3	15	7,0	35	-	-	21,3	19
Átd-27	2,8	25	5,1	20	9,3	40	4,1	45	-	-	21,3	34
Átd-28	3,2	20	5,1	35	5,4	25	9,3	35	-	-	23,0	31
Átd-29	2,5	15	4,8	15	5,4	10	4,8	15	4,7	20	22,2	15
Átd-30	5,3	20	9,8	10	7,0	30	-	-	-	-	22,1	19
Átd-31	3,3	10	9,3	10	5,0	20	5,0	15	-	-	22,6	13
Átd-32	2,7	10	9,2	8	4,6	15	5,0	20	-	-	21,5	13
Átd-33	2,9	20	2,2	25	7,8	15	10,0	20	-	-	22,9	19

A két burkológörbe esetén a kapott értékek valamelyest szélesebb tartományt adnak, a felső görbe alapján kapott érték 5 m/d ( $5,8 \cdot 10^{-5}$  m/s), míg az alsó görbe szerint az érték 35 m/d ( $4,1 \cdot 10^{-4}$  m/s).

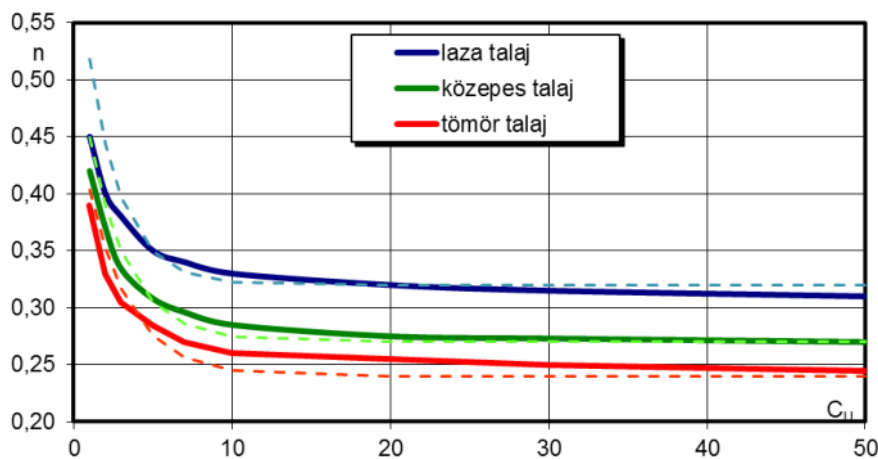
### 3.4 A POROZITÁS

A további számításokhoz szükséges porozitás becsléséhez a *Beyer-féle* diagramot alkalmaztuk (*Busch – Luckner, 1972*), melyet a 9. ábra folytonos vonalai mutatnak. A módszer, mely az egyenlőtlenégi mutató ( $C_U$ ) függvényében adja meg a porozitást, szemcsés talajok esetén alkalmazható. Az ábrán feltüntetett szaggatott vonalak az egyes görbék közelítéséhez használható  $n = a[1 + b^{(c-C_U)}]$  összefüggésből számított értékeket mutatják. Az összefüggés *a* .. *c* paramétereit a 3. táblázat tartalmazza. Az összefüggés  $\pm 10\%$ -on belüli hibával adja meg a porozitás értékeit. A korábbi megfontolások alapján a porozitás számítását laza talajok feltételezésével végeztük.

3. táblázat: Paraméterek n becsléséhez

	laza	közepes	tömör
a, -	0,32	0,27	0,240
b, -	0,55	0,60	0,60
c, -	0,80	0,80	0,75

A további számításokhoz szükséges porozitás becsléséhez a *Beyer-féle* diagramot alkalmaztuk (*Busch – Luckner, 1972*), melyet a 9. ábra folytonos vonalai mutatnak. A módszer, mely az egyenlőtlenégi mutató ( $C_U$ ) függvényében adja meg a porozitást, szemcsés talajok esetén alkalmazható. Az ábrán feltüntetett szaggatott vonalak az egyes görbék közelítéséhez használható  $n = a[1 + b^{(c-C_U)}]$  összefüggésből számított értékeket mutatják. Az összefüggés *a* .. *c* paramétereit a 3. táblázat tartalmazza. Az összefüggés  $\pm 10\%$ -on belüli hibával adja meg a porozitás értékeit. A korábbi megfontolások alapján a porozitás számítását laza talajok feltételezésével végeztük.



9. ábra: A porozitás meghatározása

Bár az egyes rétegek porozitását a *HydrogeoSieveXL* is megadja, hiszen a szivárgási tényező meghatározására szolgáló egyes módszerek ezt igénylik, azonban az ott számított érték a közepes viszonyokat veszi figyelembe, míg jelen talaj inkább tekinthető lazának.

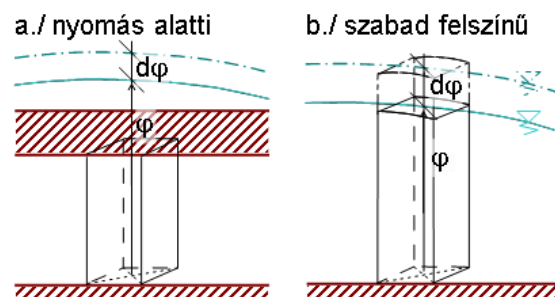
A számítások a két szélső szemeloszlási görbe feltételezésével végeztük, a *HydrogeoSieveXL* által megadott egyenlőtlenégi mutatókkal, melyeket a 4. táblázat tartalmaz. A kapott érték  $n = 0,320 - 0,324$ .

4. táblázat: Porozítások

	$C_U$	n
alsó	26,7	0,320
felső	9,2	0,324

### 3.5 A TÁROZÁSI TÉNYEZŐ

Időben változó folyamatok számításához elengedhetetlen a tározási tényező ismerete, mely a talajban az egységnyi nyomásváltozás hatására történő tározódást adja meg. Nyomás alatti rétegekben ez csupán a szilárd váz rugalmas alakváltozásából ered (a 10. ábra a./ része), tényleges vízszintváltozás nincsen. Így nagyságrendje kicsiny,  $10^{-3} - 10^{-5}$ . Szabad felszínű rétegekben a tározódás főként a talajvízszint tényleges megemelkedéséből, a telítetlen zóna telítődéséből vagy csökkenésből az ürüléséből származik (a 10. ábra b./ része), ezért a tározási tényező nagyságrendje a porozitás nagyságrendjével egyezik meg, tényleges értéke azonban annál kisebb.



10. ábra: A tározási tényező

Nyomás alatti vízvezető réteg esetén egy egyszerű lehetőség a vízvezető és fedőrétegek vastagságára alapján becsülni a tározási tényezőt. Ehhez a 11. ábra grafikonja alkalmazható, mely az alábbi összefüggés segítségével számítható: (Boonstra - de Ridder 1981.):

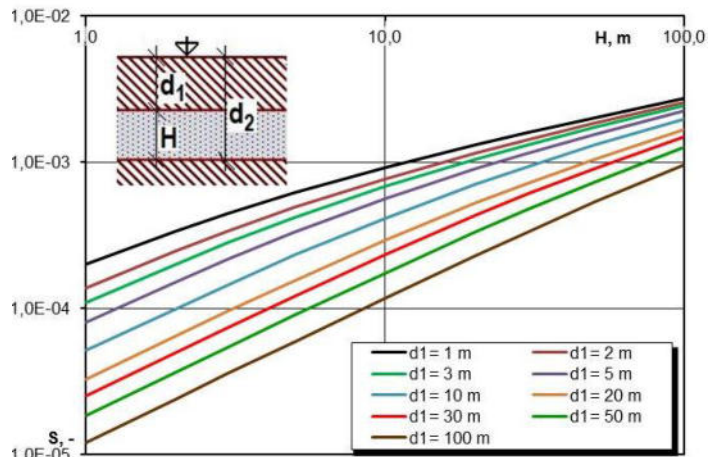
$$S = 1,8 \cdot 10^{-6} (d_2 - d_1) + 8,6 \cdot 10^{-4} (d_2^{0,3} - d_1^{0,3})$$

ahol (lásd a 11. ábra)

$d_1, m$  : a fedő vastagsága,

$H, m$  a vízvezető réteg vastagsága,

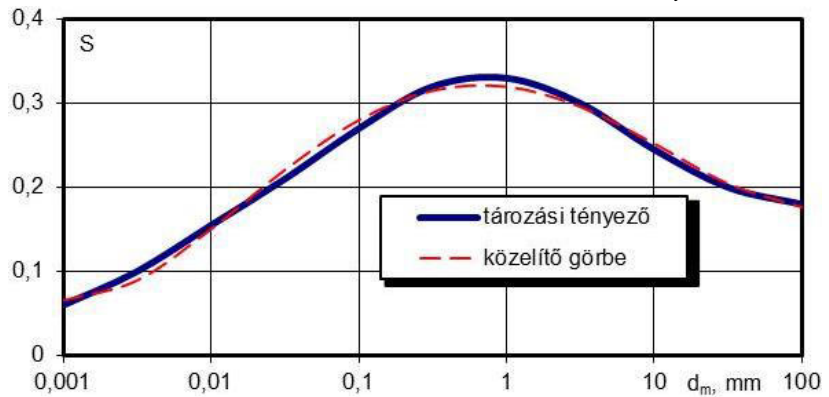
$$d_2 = d_1 + H$$



11. ábra: A tározási tényező nyomás alatti vízvezető rétegre

Amennyiben a vízvezető réteg nyomás alatti, a fedő  $d_1 = 2,2$  m-es és a vízvezető réteg  $H = 21,4$  m-es átlagos vastagságával a tározási tényezőértéke  $S_{ny} = 1,3 \cdot 10^{-3}$ .

Szabad felszínű rétegek esetén a tározási tényezőt első sorban a szem szerkezet határozza meg. Becslésére grafikusán a 12. ábra ad lehetőséget, ahol a  $d_m$  a leggyakoribb szemátmérő (Bear, 1979). Az ábrán feltüntetett szaggatott vonal a görbe közelítéséhez alkalmazható összefüggésből számított értékeket mutatja. A  $\pm 10\%$ -on belüli pontosságú összefüggés alábbi:



12. ábra: A tározási tényező szabad felszínű vízvezető rétegre

$$S = 4,8951 \cdot 10^{-3} \cdot [\log(d_m)]^4 + 6,8531 \cdot 10^{-3} \cdot [\log(d_m)]^3 - 5,8706 \cdot 10^{-2} \cdot [\log(d_m)]^2 - 2,0874 \cdot 10^{-2} \cdot \log(d_m) + 3,1990 \cdot 10^{-1}$$

Szabad felszínű vízvezető réteg feltételezésével a porozitáshoz hasonlóan szintén a két szélső szemeloszlási görbéhez határoztuk meg a tározási tényezőt, melyet az 5. táblázat mutat. A kapott értékek  $S_{sz} = 0,288 - 0,310$ . Összevetve a porozitásokkal megállapítható, értékük valamelyest alacsonyabb, így a korábban megadott feltételnek eleget tesznek.

5. táblázat: Tározási tényezők

	$d_m$	$S_{sz}$
alsó	4,00	0,288
felső	0,25	0,310

Azt, hogy a későbbi számítások során a nyomás alatti vagy a szabad felszínű rétegre vonatkozó érték figyelembe vétele szükséges, a térség talajvízszintjeinek későbbi elemzése alapján lehet eldönteni.

### 3.6 ÖSSZEFOGLALÓ ÉRTÉKELÉS

A fenti megállapításokat összevetve további forrásokkal, mint például Mike (1991.), Rónai (1985.) és a Tiszai Alföld (1969.) nagyobb térségre vonatkozó, valamint a Tájéktaszter (1990.) kisebb területegységeket vizsgáló információival, az alábbiak állapíthatók meg:

- a terület terepszintje átlagosan 99 – 101 m B.f. körüli;



- a fedőréteget humusz és kőzetlisztes agyag alkotja, 1 - 4 m vastagságban;
- a három (néhol kettő) rétegű vízvezető réteg tetemes, 18 – 23 m vastagságú, homok, homokos kavics illetve közbetelepült kőzetlisztes agyag réteggel;
- a fekü szintén egy vastagabb kőzetlisztes agyagréteg, 74,5 – 77,0 m B.f., átlagosan 76,5 m B.f körüli;
- a vízvezető réteg szivárgás tényezője 10 – 35 m/d, átlagosan 20 m/d;
- a porozitás értéke  $n = 0,320 - 0,324$  közé tehető;
- a tározási tényező nagysága szabad felszínű vízvezető réteg esetén  $S_{sz} = 0,288 - 0,310$ , míg nyomás alatti esetben  $S_{ny} = 1,3 \cdot 10^{-3}$ .

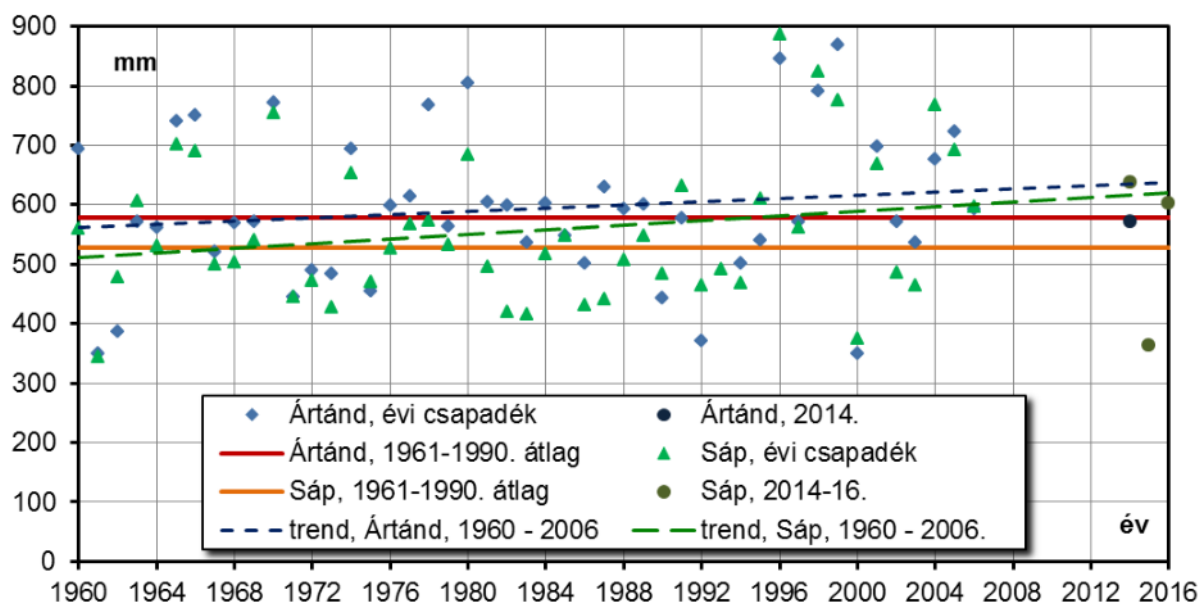
A fentiekben megadott értékek viszonylag tág határokat jelölnek ki a vízvezető réteg jellemzésére. Azonban ez adja az alapot a leendő modellhez, melynek kalibrálása elengedhetetlen.

## 4 HIDROMETEOROLÓGIAI JELLEMZŐK

### 4.1 CSAPADÉK

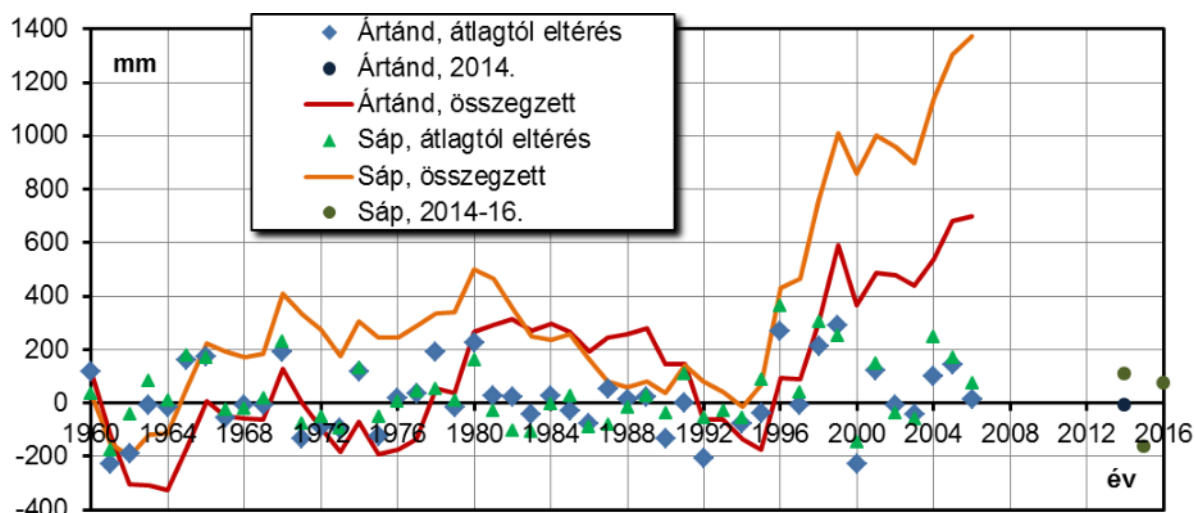
A térség hidrometeorológiai viszonyait a korábban megválasztott referencia-időszak, 1996-2006. évi csapadékanak és párolgásának vizsgálatával jellemezzük, melyhez a *Vízrajzi Évkönyvek* adatait alkalmazzuk. A térség csapadékvizonyainak elemzését kétféle módon végezzük. A hosszabb távú tendenciákat a vizsgált terület két állomásán az 1960 – 2016. időszakkal, míg a bányatelek környezetét a referencia-időszak adataival vizsgáljuk.

A két állomás az 65800 Ártánd és a 65200 Sáp csapadékmérő, melyek elhelyezkedését a *4.1. melléklet* tartalmazza. Az állomások mintegy 30 km-re találhatók egymástól, vizsgált terület két szélén. A 60 éves adatsorok gyakorlatilag hiánytalanok, csupán az évkönyv szüneteltetésének idején nincsen adat. A két állomás évi csapadékösszegeit a *13. ábra* tartalmazza. Az ábrán folytonossal feltüntettük az 1961 - 1990. időszak átlagos csapadékösszegeit is. A két szaggatott vonal az 1960 – 2006. időszak trendjét mutatja, míg a 2014-2016. évi adatokat külön jelöltük, melyeket a trend számításába nem vontunk bele. Bár a sokéves átlag Sápon az alacsonyabb (527 mm), a vizsgált időszakban itt növekszik erőteljesebben éves csapadékösszeg. A magasabb sokéves átlaggal (578 mm) jellemezhető Ártándon ezzel szemben az emelkedés visszafogottabb.



13. ábra: Csapadékösszegek, Ártánd és Sáp

A hosszabb időszak szárazabb illetve nedvesebb periódusait a sokéves átlagtól való eltérésekkel és azok görgetett összegével jellemezhetjük, melyet a két vizsgált állomásra a *14. ábra* mutat. Az ábra az átlagtól eltéréseket jelölőkkel, a görgetett összeget folytonos vonallal jelzi. Az ábrán a pozitív értékek többletet, a negatív értékek hiányt jelentenek a sokéves átlaghoz képest, az emelkedő vonalú időszak a csapadékos (pl. 1996-2000) a közel vízszintes az átlag körüli csapadékos (pl. 1972 - 78), a süllyedő vonalú szakasz pedig a száraz időszakot (pl. 1980-96) jelzi. Az ábra átlag körüli évvel indít, mely a vizsgálat szempontjából szerencsés. Szembetűnő, hogy a két görbe menete hasonló, azonban a nyugatabbra fekvő Sápon a változások lényegesen erőteljesebbek, mint a keletebbre, a hegyvidékhez közelebb fekvő Ártándon. Jól jellemzi ezt a vizsgált időszak legutolsó éve, ahol a görgetett összeg Sápon nagyjából a kétszerese, mint Ártándon. Ez a többlet Ártándon több, mint egy éves, Sápon több, mint két éves csapadékösszegnek felel meg.



14. ábra: Összegzett csapadéktöbblet illetve hiány

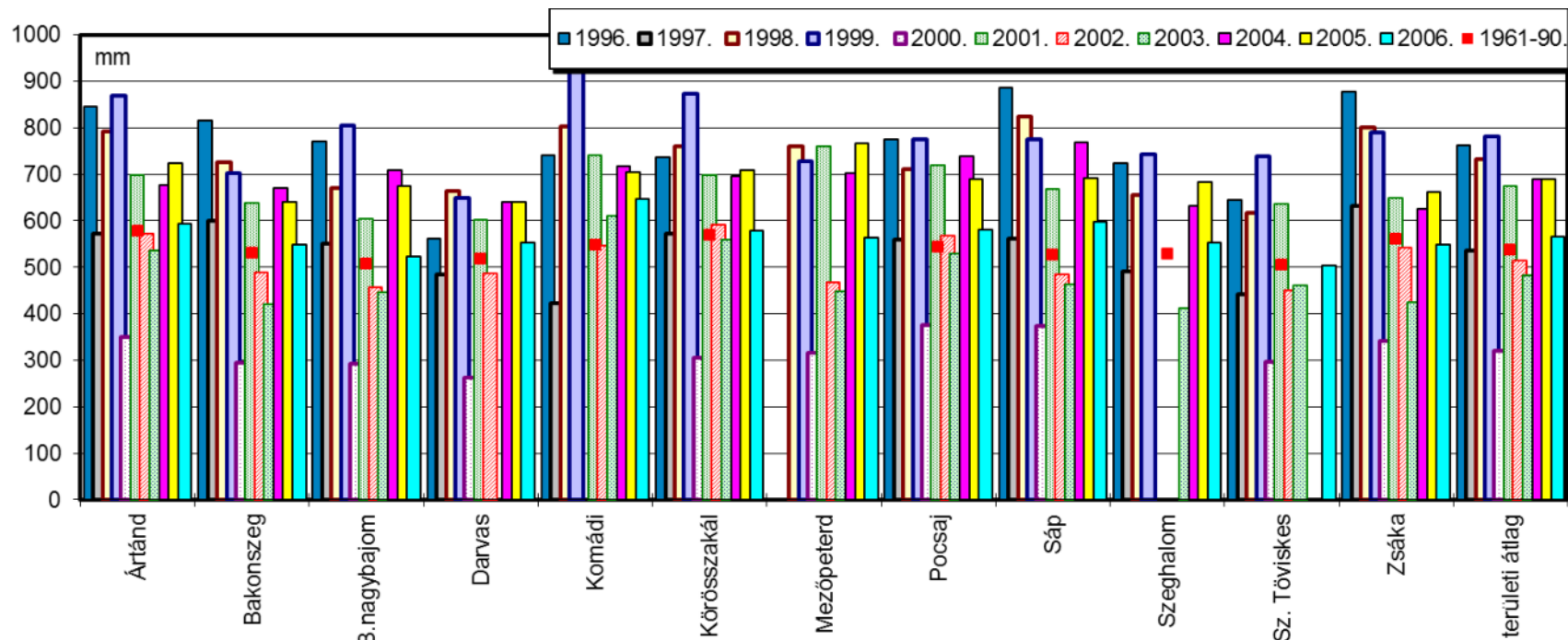
A *Vízrajzi Évkönyvekben* a vizsgált térség tágabb környezetében 12 csapadékmérő állomás található, melyek egy részét a 2. ábra is mutatja. A csapadékmérők helyét a 4.1. mellékletben, a havi csapadékösszegeinek idősorát a 4.2. mellékletben foglaltuk össze. Az állomások többsége esetén az adatsor teljes, míg a leghosszabb adathiánnyal terhelt két szeghalmi állomás (65503 és 65500) egymást egészíti ki. A táblázatban az állomások havi összegein túl feltüntettük az adott időszakban üzemelő állomások adataiból meghatározott területi átlagot, az évi csapadékösszegeket, valamint az 1960 – 1990. időszak sokéves átlagos értékeit is. A 4.3. melléklet az egyes állomások havi idősorát adja meg.

Az évi csapadékösszegeket, valamint az 1961 - 1990. időszak átlagos értékeit a 6. táblázat. illetve a 15. ábra tünteti fel. A táblázatban – ahol erre mód nyílt – feltüntettük a sokéves átlagos értéktől való eltéréseket is. Az állomások havi csapadékösszegeiből képezett területi átlagot a vizsgált időszakra a 16. ábra, míg ugyanezt a szélső értékekkel együtt a 4.4. melléklet tartalmazza. Végül az összegzett csapadéktöbblet illetve hiány változását a vizsgált időszakra a 17. ábra mutatja, ahol a területi átlagos értékeket is megadjuk.

A 15. ábra - 16. ábra alapján látható, hogy a vizsgált adatsor átlagosnál csapadékosabb évvel kezdődik. Az átlagos 1997-et két igen nedves év követi, mintegy 200 – 250 mm-es többlettel a sokéves átlaghoz képest. Ezek közül az 1999-es év árvizekről és főként jelentős belvizekről emlékeztető. A 2000-es év szinte ugyanannyi hiánnyal jellemezhető, mint az előző év többlete. Ez az adott időszakban az egyetlen ténylegesen vízhiányos év. Az ezt követő évek egyértelműen víztöbblettel jellemezhetők, hiszem a három nagyjából átlagos év mellett a további három év egyenként legalább 100 mm-es többlettel jellemezhető.

Az ábrák és a táblázat alapján látható, hogy a szárazabb 2000. év mintegy 200 mm csapadékhiánya mellett a csapadékos években ekkora, vagy akár ennél nagyobb többlet is előfordult. A vizsgált időszakban a legnagyobb hiány 2000-ban Körösszakálon (-262 mm), míg a legnagyobb többlet 1999-ban Komádiban (+373 mm) jelentkezett. Az értékeket a 6. táblázat külön is jelöli, vörössel a minimumot, zölddel a maximumot.

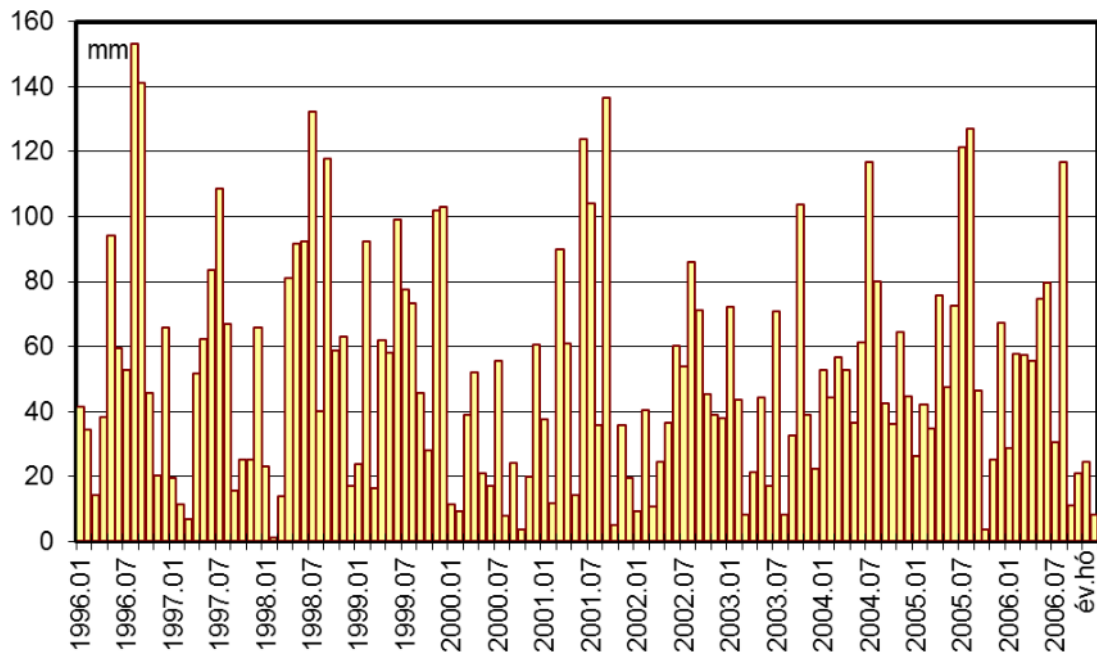
A 16. ábra és a 4.4. melléklet alapján a csapadék havi menetét tekintve látható, hogy a maximumok a nyári hónapokban jelennek meg, így például 1996. augusztusában Zsákán 205 mm, 1998. Körösszakálon 187 mm, 2005 júliusában Komádiban 204 mm és augusztusban szintén Körösszakálon 176 mm. Ez egy szárazabb év tekintetében legalább féléves csapadékösszeget jelent. A minimumok inkább az év első hónapjaiban jelennek meg, mint 1998-ban, amikor a vizsgált állomások közül egyetlen állomás sem jelzett 5 mm-nél magasabb havi csapadékösszeget. Gyakori emellett a szeptember-októberi minimum is, mint például 2000 októbere, amikor szintén nem mértek 5 mm-nél magasabb értéket.



15. ábra: Évi csapadékösszegek, 1996 - 2006.

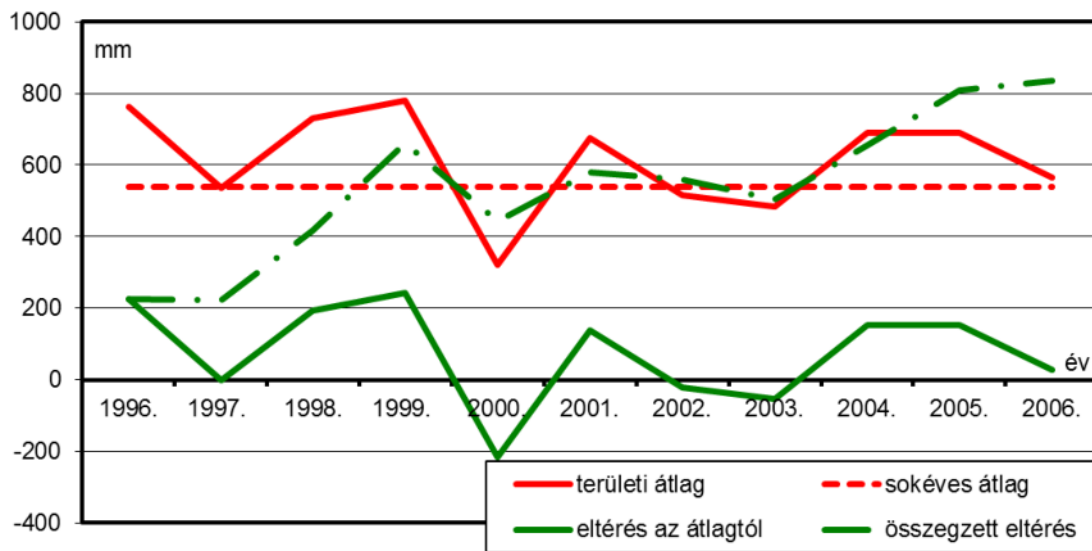
6. táblázat : Évi csapadékösszegek és eltérések a sokéves átlagtól

állomás	1961-90.	1996		1997.		1998.		1999.		2000.		2001.		2002.		2003.		2004.		2005.		2006.	
	mm	mm	Δ, mm	mm	Δ, mm	mm	Δ, mm	mm	Δ, mm	mm	Δ, mm	mm	Δ, mm	mm	Δ, mm	mm	Δ, mm	mm	Δ, mm	mm	Δ, mm	mm	Δ, mm
65800 Ártánd	578	846	268	572	-6	792	214	869	291	350	-228	699	121	572	-6	536	-42	677	99	723	145	593	15
65201 Bakonszeg	531	816	285	600	69	726	195	702	171	295	-236	640	109	490	-41	422	-109	671	140	640	109	548	17
65107 B.nagybajom	506	771	265	551	45	671	165	804	298	294	-212	604	98	457	-49	447	-59	709	203	676	170	523	17
65600 Darvas	517	561	44	485	-32	665	148	648	131	264	-253	602	85	488	-29	-	-	641	124	640	123	553	36
65604 Komádi	548	740	192	423	-125	802	254	921	373	-	-	741	193	547	-1	611	63	717	169	704	156	648	100
65704 Körösszakál	569	737	168	573	4	760	191	873	304	307	-262	699	130	592	23	560	-9	697	128	708	139	578	9
65300 Mezőpeterd	-	-	-	-	-	761	-	728	-	317	-	760	-	469	-	448	-	702	-	767	-	565	-
65400 Pocsaj	543	775	232	559	16	711	168	776	233	377	-166	721	178	568	25	531	-12	738	195	691	148	581	38
65200 Sáp	527	887	360	563	36	824	297	776	249	375	-152	669	142	486	-41	465	-62	768	241	692	165	597	70
65503 Szeghalom	529	723	194	492	-37	655	126	742	213	-	-	-	-	-	-	412	-117	633	104	684	155	554	25
65500 Sz. Töviskes	505	644	139	442	-63	616	111	738	233	297	-208	636	131	451	-54	463	-42	-	-	-	-	554	49
65602 Zsáka	560	877	317	632	72	801	241	791	231	342	-218	650	90	544	-16	426	-134	625	65	663	103	548	-12
területi átlag	538	762	224	535	-2	732	194	781	243	322	-216	675	128	515	-23	484	-54	689	151	690	152	570	32



16. ábra: Havi csapadékösszegek területi átlaga, 1996 - 2006.

A vizsgált időszak csapadék-egyenlege 17. ábra alapján követhető. Itt az éves területi átlag és a sokéves átlag (vörös vonalak) mellett feltüntettük az éves hiányt illetve többletet is (zöld folytonos vonal), valamint a 14. ábra alapján definiált hiány illetve többlet összegzett értékét is (zöld pontvonal). Az ábrán látható, hogy a 11 éves periódus végül több, mint 800 mm többletet mutat az 1961 – 90. évek átlagához képest. Összevetve a 14. ábrával, ez valamelyest nagyobb, mint a korábbi, hosszabb idejű vizsgálatok során Ártándnál kapott érték, de kisebb, mint a Sápnál számított. Azonban ezek a többletek inkább egy-egy kimagasló, főként nyári csapadékból származnak, melyeket a szélső értékek vizsgálata is igazol.



17. ábra: Területi csapadékátlag eltérése a sokéves átlagtól

Az előzőek nyomán szembejönnek az utóbbi évek egyre szélsőségesebbé váló értékei, melyek nemcsak az évi összegekben jelentkeznek, hanem a havi megoszlásban is: általában a téli félévek szárazabbak, a nyáriak nedvesebbek lettek. A nyári nagyobb csapadékösszegeket azonban nem tartósan csapadékos időszak, hanem egy-egy intenzívebb zápor okozza.

Ezt bizonyítják az egyes évek legnagyobb napi csapadékösszegei és időpontjai is, melyet a 7. táblázat foglal össze. Itt a vizsgált állomások közül azokat adjuk meg, amelyek az adott évben a legmagasabb napi csapadékösszeget adták. A táblázat feltünteti az adott csapadékesemény napját is. A dátumokból jól látható, hogy a 11 évből 9 esetén a napi legnagyobb csapadék a nyári hónapokban fordult elő. A táblázatban megjegyzésként szerepel, ha az adott napon nemcsak ezen az állomáson alakult ki különlegesen nagy csapadék, hanem másutt is. Szembetűnő, hogy a két legnagyobb napi csapadék (1996. Biharnagybajom 76 mm és 2005. Komádi 79 mm) több állomáson is évi maximumot jelentett, akárcsak a két kisebb érték (2000. Ártánd 33 mm és 2004. Pocsaj 49 mm).

7. táblázat : Napi legnagyobb csapadékok maximuma a vizsgált területen

év	állomás	értéke, mm	napja	megjegyzés
1996.	Biharnagybajom	76	augusztus 16.	hét állomáson
1997.	Sáp	59	június 14.	-
1998.	Körösszakál	68	július 28.	-
1999.	Ártánd	65	július 11.	-
2000.	Ártánd	33	április 5.	minden állomáson
2001.	Mezőpeterd	56	július 25.	-
2002.	Komádi	47	augusztus 8.	-
2003.	Körösszakál	61	július 18.	-
2004.	Pocsaj	49	július 27.	nyolc állomáson
2005.	Komádi	79	július 2.	három állomáson
2006.	Mezőpeterd	58	január 8.	-

Végül megjegyzendő, hogy a térségre jellemző éves csapadékmennyiségek átlaga jól illeszkedik a *Tájéktaszter* 1.12.21. Bihari-sík kistájra megadott 550 - 580 mm-es intervallumához.

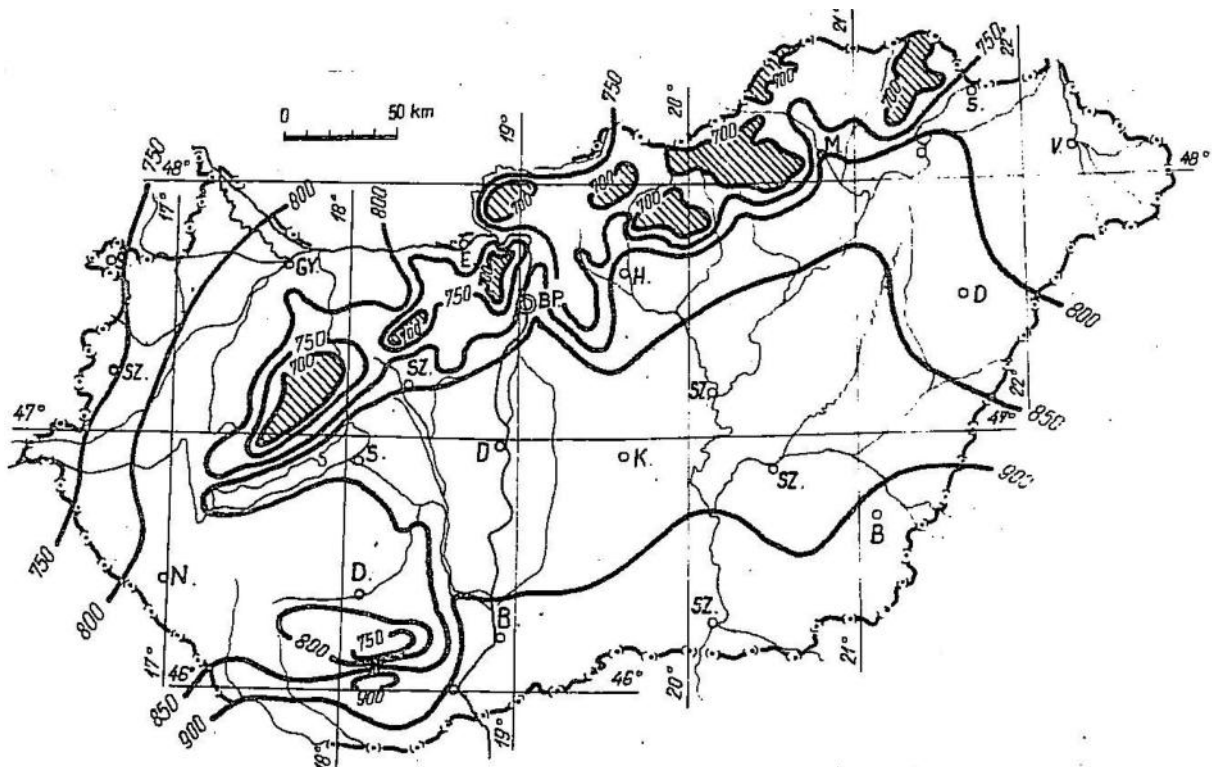
## 4.2 PÁROLGÁS

A párolgás vizsgálata esetén különválasztandó a kitermelés előtti, fedett felület területi párolgása, az evapotranszspiráció és a nyílt vízfelület párolgása, azaz az evaporáció. A fedett és a fedetlen felületek párolgása közül a vízfelület párolgása a nagyobb. A párolgás jellemzésére az egységnyi felületen adott időtartam (általában hónap vagy év) alatt elpárolgó folyadékoszlop magasságát alkalmazzuk, pl. mm/év formában.

Amennyiben egy bánya megnyitásával a kitermelés eléri a talajvízszintet, a fedett felületről nyílt vízfelület lesz, így az evapotranszspirációból – mely a talaj és a talajközeli légréteg hidrometeorológiai jellemzőinek bonyolult függvénye – a magasabb evaporáció lesz. A kitermelés megindulásából vagy bővítéséből származó vízvesztés így a szabad vízfelszín fedett felülethez viszonyított többletpárolgása, tehát a kétféle párolgás különbsége lesz.

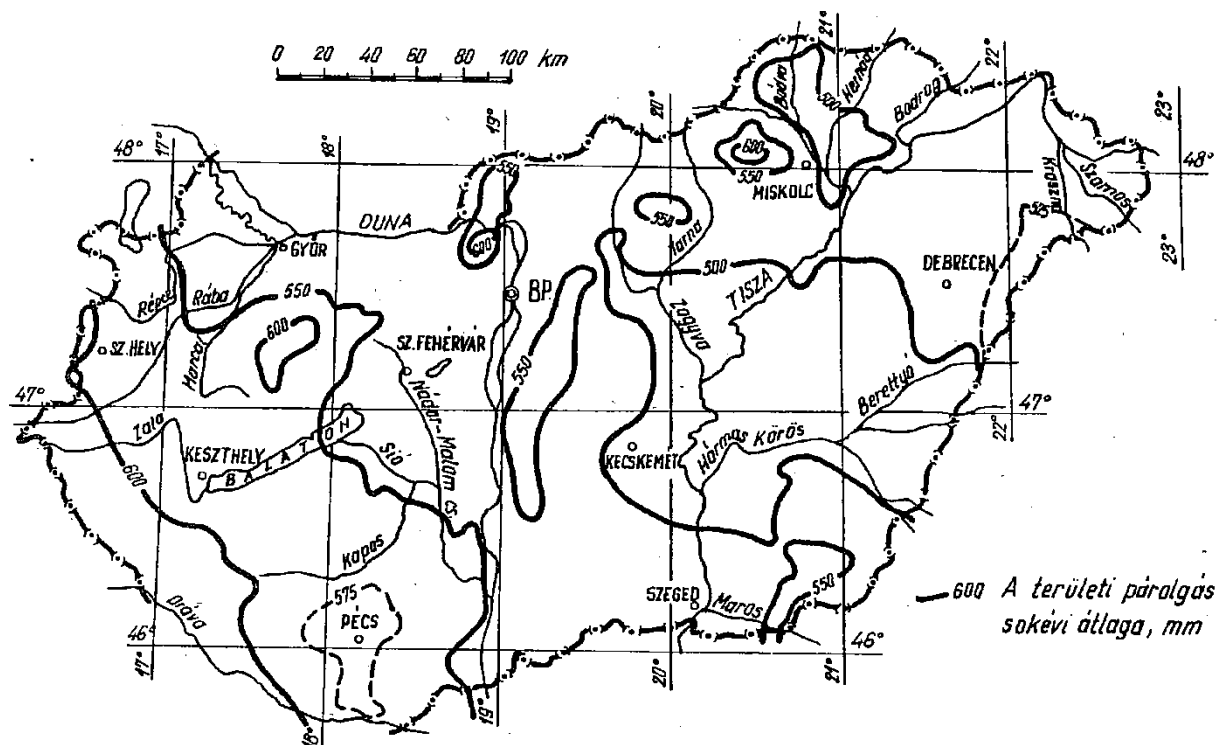
Tekintettel arra, hogy egy kavicsbányató környezetének vízháztartása szempontjából a többletpárolgás alapvető, vizsgálatát kétféleképpen is elvégezzük.

Egyrészt sokéves átlagos párolgás-adatok alapján becsülhetjük a különbséget. Ehhez *Kontur – Koris – Winter: Hidrológiai számítások (1993.)* c. munkája (rövid KOKOWIN) nyújt segítséget. A mű 186. oldalán a szabad vízfelszín párolgására ad meg sokéves átlagos értéket országos térképpel, mely jellemzően a síkvidéki területekre jellemző. A térképet az 18. ábra mutatja, ahol a vonalkázott, hegyvidéki területek párolgásának becsülésére az idézett műben megadott korrekció szükséges. Az ábrán jól látható, hogy a vizsgált területen a vízfelület párolgása átlagos esetben mintegy 870 - 880 mm/év. Azonban a párolgást a vízhőfok nagy mértékben befolyásolja, a nagyobb mélységű tavak párolgása az átlagosnál akár 10 - 20 %-kal is alacsonyabb lehet (KOKOWIN, 1993).



18. ábra: A párolgás sokévi átlagértéke a KOKOWIN (1993) nyomán

A korábban idézett mű 200. oldalán a területi párolgásra ad meg sokéves átlagos értéket szintén országos térképpel, melyet az 19. ábra mutat. A térképen egyértelmű, hogy a vizsgált területen az evapotranszpiráció értéke mintegy 520 -550 mm/év. A bányatavak többletpárolgását így a kettő különbsége adja, mely 340 - 350 mm/év.



19. ábra: A területi párolgás sokévi átlagértéke a KOKOWIN (1993) nyomán

Ha figyelembe vesszük azt, hogy a vízfelszín párolgása a nagyobb mélységű bányatavak miatt az átlagosnál alacsonyabb, egy becsült, körülbelül 10 %-os csökkentéssel, nagyjából 800 mm/év figyelembe vételével a különbség már csak 250 mm/év lesz. Tehát a szabad vízfelszín többletpárolgása a fedett felülethez képest úgy 250 - 300 mm/év –re becsülhető.

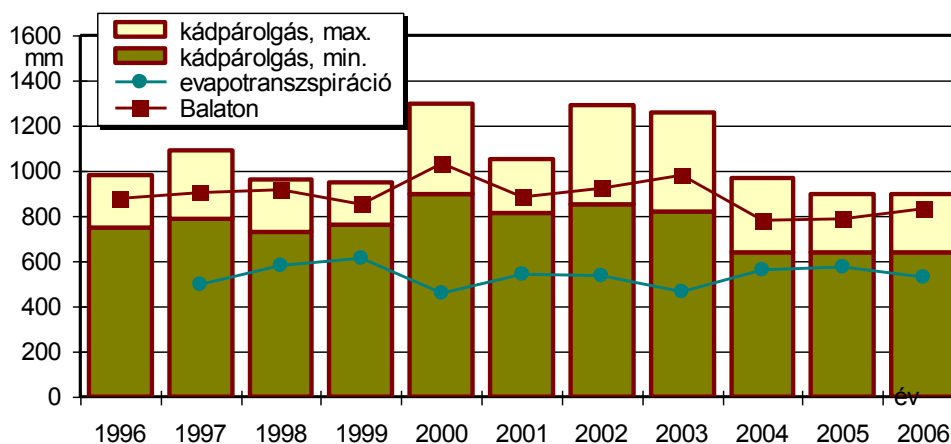
A párolgás vizsgálatának mások lehetősége a csapadékhoz hasonlóan az 1996 - 2006. referencia-időszak adatainak elemzése, melyeket a 8. táblázat és 20. ábra foglal össze. A szabad vízfelszín párolgását a *Vízrajzi Évkönyvek* kádpárolgási adatai alapján jellemeztük. Összehasonlításként feltüntettük a körülbelül 3,3 m átlagos mélységű *Balaton* tényleges párolgási értékeit is, melyet *Közép-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság* által évente kiadott balatoni vízmérleg alapján adunk meg (*Kravinszkaja – Fejér, 1996 - 2006*). A táblázat tartalmazza továbbá a területi párolgás (tényleges evapotranszspiráció) országos átlagait is, mely valójában fedett felületen a talajvíz és a növényzet együttes párolását jelenti.

8. táblázat: Párolgás, mm

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
kádpárolgás, min.	750	790	730	760	900	810	850	820	640	640	640
kádpárolgás, max.	980	1090	960	950	1300	1050	1290	1260	970	900	900
Balaton	875	906	919	851	1033	887	922	982	778	790	832
evapotranszspiráció	-	495	582	610	461	544	533	466	560	571	530

A korábban is említett tapasztalatok szerint a bányatavak hőmérséklete a nagyobb mélység miatt a *Balatonénál* általában alacsonyabb, mely különösen nyáron a párolgást mérsékeli. Így tényleges párolgásuk ezek alapján a *Balaton* párolgásánál kisebbre - a kádpárolgás alsó határának közelébe - tehető. Összevetve mindezeket a tényleges evapotranszspiráció országos átlagaival, a szabad vízfelszín többletpárolgása a kettő különbségeként, 250 - 300 mm-re becsülhető, mely nagyjából megegyezik az előző becsléssel.

Megjegyzendő, hogy a térség az ország vízhiányos területei közé tartozik, a sokéves átlagban a csapadék és a potenciális evapotranszspiráció különbsége negatív, mintegy 120 mm/év (*Tájéktaszter, 1990*).



20. ábra: Párolgás, 1996 - 2006.



## 5 FELSZÍNI VIZEK

### 5.1 A SEBES-KÖRÖS ÉS A BERETTYÓ

A 2. fejezet alapján Ártánd térségének kialakulása a folyókhoz köthető. Bár a Tisza már nem az Ős-Tisza nyomvonalát követi, de a Sebes-Körös és a Berettyó továbbra is meghatározó vízfolyása a térségnek, a térség talajvízjárását is befolyásolja. A tervezett bányatelek a két folyó között, a Berettyó bal partján, a Sebes-Körös jobb partján helyezkedik el. A térség összetett hálózata belvízelvezető és egyéb eredetű és célú csatornáknak, mint a például az Ér, a Kálló, a Keleti-főcsatorna, Kutas-főcsatorna, a Holt-Sebes-Körös, stb. Ezek azonban vagy olyan távol húzódnak a bányaterülettől, vagy a folyóknak nem bányatelkekkel megegyező partján vannak, vagy a mélységük és hozamuk lényegesen kisebb a meghatározó folyókhoz képest, esetleg időszakos vízszállításiúak, hogy a bányaterületre közvetlen hatással nincsenek, vagy a hatás elhanyagolható.

A területet délről határoló Sebes-Körös és mellékvíze, a területet északról határoló Berettyó azonban jelentősen befolyásolhatja a talajvízjárását, ezért részletesebb elemzést igényelnek. A két folyón a Berettyó torkolatától az országhatárig nyolc vízmérce-szelvény található, öt a Berettyón, és három a Sebes-Körösön. A vízmércék elhelyezkedését az 5.1.1. melléklet térkép-vázlata mutatja, míg a legfontosabb adatokat a 9. táblázatban foglaltuk össze. A táblázat összesen kilenc vízmércét mutat, mivel feltünteti a Sebes-Körös országhatáron kívüli, nagyváradi vízmércéjének néhány adatát is. Mivel ezen vízmérce adatait a *Vízrajzi Évkönyvek* nem közlik, a részletes elemzésekhez nem vesszük figyelembe, azonban egy speciális vizsgálathoz felhasználjuk.

9. táblázat: A vízmérce-szelvények legfontosabb adatai

szám	szelvény	helye			vízgy. ter. km <sup>2</sup>	"0", m B.f.	LKV		LNV		vízjáték, cm
		EOVX, m	EOVY, m	x, fkm			cm	ideje	cm	ideje	
<b>Berettyó</b>											
2563	Kismarja	216900	860000	71,3	1916	95,81	-5	1986.01.04	526	1997.06.16	531
2545	Pocsaj	218600	857800	68,2	3502	94,64	-77	1992.09.01	542	1974.07.25	619
2546	Berettyóújfalú	210100	838800	43,4	3712	89,38	-166	1973.08.24	512	1919.05.03	678
2739	Darvas	198490	822420	22,1	5008	84,84	-61	1962.10.22	591	1980.07.27	652
2740	Szeghalom	189200	812560	6,5	5812	82,59	-59	1911.09.14	678	1970.06.14	737
<b>Sebes-Körös</b>											
	Nagyvárad			85,8		119,95	17	2017.07.13	392	1980.07.23	375
2736	Körösszakál	188450	844690	54,4	2489	92,15	-209	2017.07.14	518	1989.05.09	727
2737	Újiráz	184300	825500	33,5	2494	86,26	-108	2012.12.03	555	1970.06.13	663
2738	Fokihíd	184800	812390	19,1	2853	82,71	-52	1952.08.07	700	1970.06.13	752

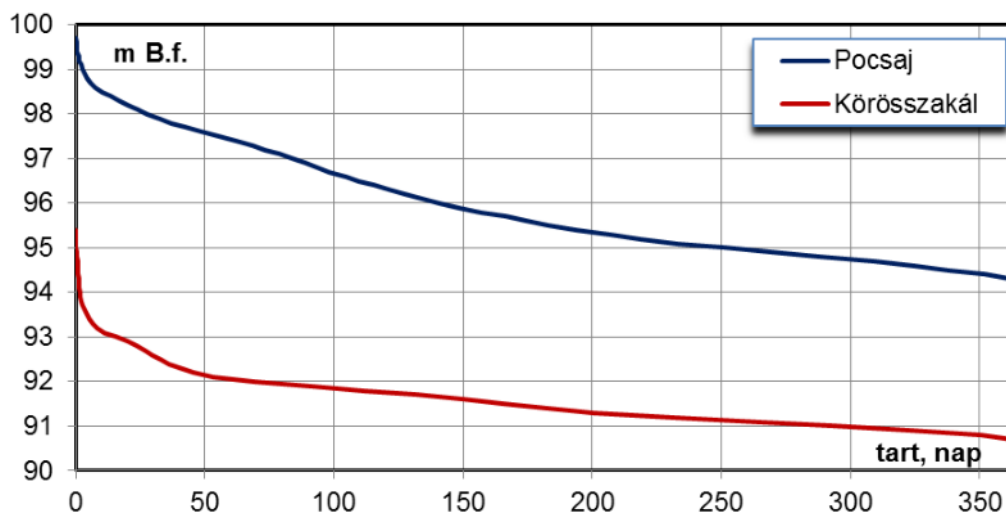
A nyolc határon belüli vízmérce a referencia-időszakának napi adatsorait nem adjuk meg, a havi közepes vízállásokat azonban az 5.1.2. mellékletben ábrázoljuk, míg a legfontosabb jellemző vízszinteket a 10. táblázatban foglaltuk össze.

10. táblázat: Vízfolyások jellemző vízszintjei

szám	szelvény	jellemző érték			vízjáték, m	KKV m B.f.	KNV m B.f.	eltérés, m
		KV	KÖV	NV				
<b>Berettyó</b>								
2563	Kismarja	96,01	96,98	101,07	5,06	96,31	100,31	4,00
2545	Pocsaj	94,13	95,80	99,85	5,72	94,42	99,21	4,79
2546	Berettyóújfalú	88,12	89,65	94,11	5,99	88,34	93,39	5,05
2739	Darvas	84,63	85,85	90,27	5,64	84,84	89,31	4,47
2740	Szeghalom	83,41	84,41	88,71	5,30	83,52	87,34	3,81
<b>Sebes-Körös</b>								
2736	Körösszakál	90,48	91,41	95,28	4,80	90,69	94,19	3,50
2737	Újiráz	84,59	86,39	89,85	5,26	85,50	89,16	3,66
2738	Fokihíd	83,13	84,23	88,76	5,63	83,26	87,16	3,91

Az idősorok és a táblázat alapján az alábbiak emelhetők ki:

- a Berettyó vízjátéka (LNV-LKV) a vizsgált szakaszon 530 - 740 cm;
- a Berettyón az egymástól 3 kilométerre levő Kismarja és Pocsaj között a jelentős változást mind a vízgyűjtő terület, mind a vízjáték tekintetében a jobb parti az Ér betorkollása okozza,
- hasonló, de visszafogottabb változás jelenik meg a Berettyón Berettyóújfalu és Darvas között, mely a Bakonszegnél betorkolló, szintén jobb parti Kállónak köszönhető,
- a Sebes-Körös vízjátéka a vizsgált szakaszon kiegyenlítettebb, 700 cm körüli
- ezen a szakaszon jelentősebb mellékág talán csak a bal parti Holt-Sebes-Körös, mely Fokihíd környékén torkollik a Sebes-Körösbe,
- a Berettyó minden vizsgált szelvényében a szélső vízállások 2000 előtt fordultak elő,
- a Sebes-Körös két szelvényében az LKV az elmúlt 10 éven belül alakult ki,
- a referencia-időszak vízjátéka a két ág vízmércéin hasonló, általában 5 – 6 m közötti
- a referencia-időszak szélső vízállásai középértékeinek, azaz a közepes kisvíznek (KKV) és közepes nagyvíznek (KNV) az eltérése a Berettyón nagyobb, általában 4 m fölötti, míg a Sebes-Körösön inkább 4 m alatti
- a Berettyón Szeghalom és a Sebes-Körös Fokihíd szelvényének idősora szinte azonos, mely annak köszönhető, hogy mindkét szelvény a torkolat közelében van. Vízsintjeiket – különösen tenyészidőszakban - a torkolat alatt néhány kilométerre található Körösladányi Duzzasztómű is befolyásolhatja.



21. ábra: Vízsintek tartóssága, Pocsaj, Körösszakál, 1996-2006.

A 21. ábra a két vízfolyás vízszint-tartóssági görbéjét adja meg a felső szelvényekben a referencia-időszakra. Összevetve az itteni szinteket a 10. táblázat KNV és KKV szintjeivel látható, hogy a közepes nagyvíz tartóssága 1 – 2 nap, míg a közepes kisvíz tartóssága 350 – 360 nap.

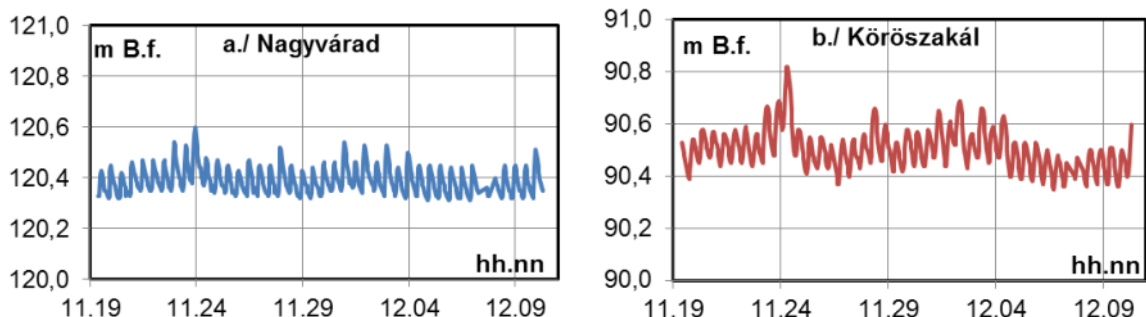
A Sebes-Körös, mely Körösszakál közelében keresztezi az országhatárt, a határt a Partium felől északkelet-délnyugati irányban közelíti meg. Nagyvárad alatt szinte a határral párhuzamosan folyik, mielőtt Körösszakálnál nyugat-délnyugati irányba fordulva eléri az országhatárt. Ezen, Nagyvárad és az országhatár közötti szakaszon, de az országhatáron kívül a folyó néhány km-re megközelíti a létesítendő bányatelket. Ezt mutatja a *Google Earth* nyomán a 22. ábra.

A Sebes-Körös bányatelek-közeli szintjének becsléséhez szükséges esés meghatározását többféleképpen is elvégeztük. Az első a leginkább kézenfekvő, Nagyvárad – Körösszakál közötti szakasz esése alapján. A szakasz eséséhez a *Vízügyi Honlap* ([www.vizugy.hu](http://www.vizugy.hu)) operatív vízállásait alkalmaztuk. Szerencsére a honlap az országhatár metsző vízfolyások esetén a határon kívüli vízmércék adatait is megadja mintegy 20 napi időtartammal, általában óránkénti értékekkel. A számítást így a 2020. november 19 – december 10. időszakra végeztük el, mely egyértelműen kisvízes időszak.

A két vízszint-idősort a 23. ábra mutatja. Mindkét vízmércére időszora egyértelműen jelzi azt, hogy a folyó felsőbb vízgyűjtőjén, feltehetőleg Mezőtelegdnél csúcsüzemmel vízerőtelep működik. A kapott esés 95 cm/km, mely a folyó síkvidéki szakaszát tekintve túlzónak tűnik, inkább dombvidéki vízfolyásra jellemző érték. Ezt igazolják általában a domborzati térképek is, melyek Nagyvárad környékére már emelkedő térszint mutatnak.

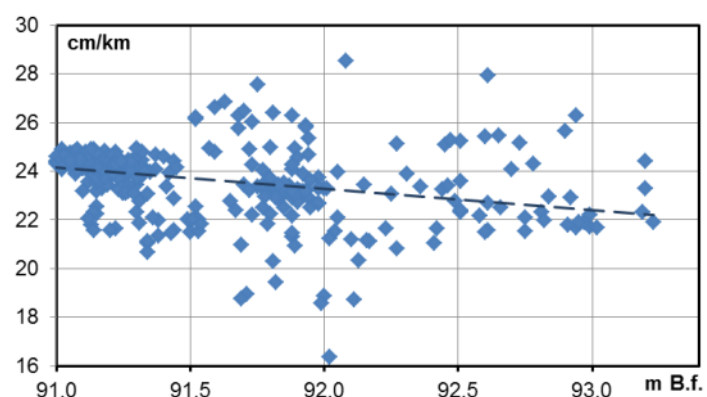


22. ábra: A Sebes-Körös az országhatár közelében (Google Earth)



23. ábra: Vízszint-idősorok, 2020. november - december

A következő mód az egyértelműen alföldi Sebes-Körös - szakasz esésének becslésére a Körösszakál és Újiráz vízszintjei alapján lehetséges. Ez egy rövidebb, alföldi jellegű szakasz, inkább hasonló a bányatelek környékéhez, és a vízmércék is közelebb vannak egymáshoz. Az esés becsléséhez a napi vízszint-adatokat alkalmazzuk, a referencia-időszak egy olyan, teljes évében, amikor alacsonyabb és magasabb vízállások is előfordultak, azonban egyik szélsőség sem volt jellemző. Ennek megfelelően az 1997-es évet vizsgáltuk. A folyó esése a vizsgált évben 16 – 29 cm/km



24. ábra: Esés a Körösszakál-Újiráz közötti szakaszon a körösszakáli vízszintek függvényében

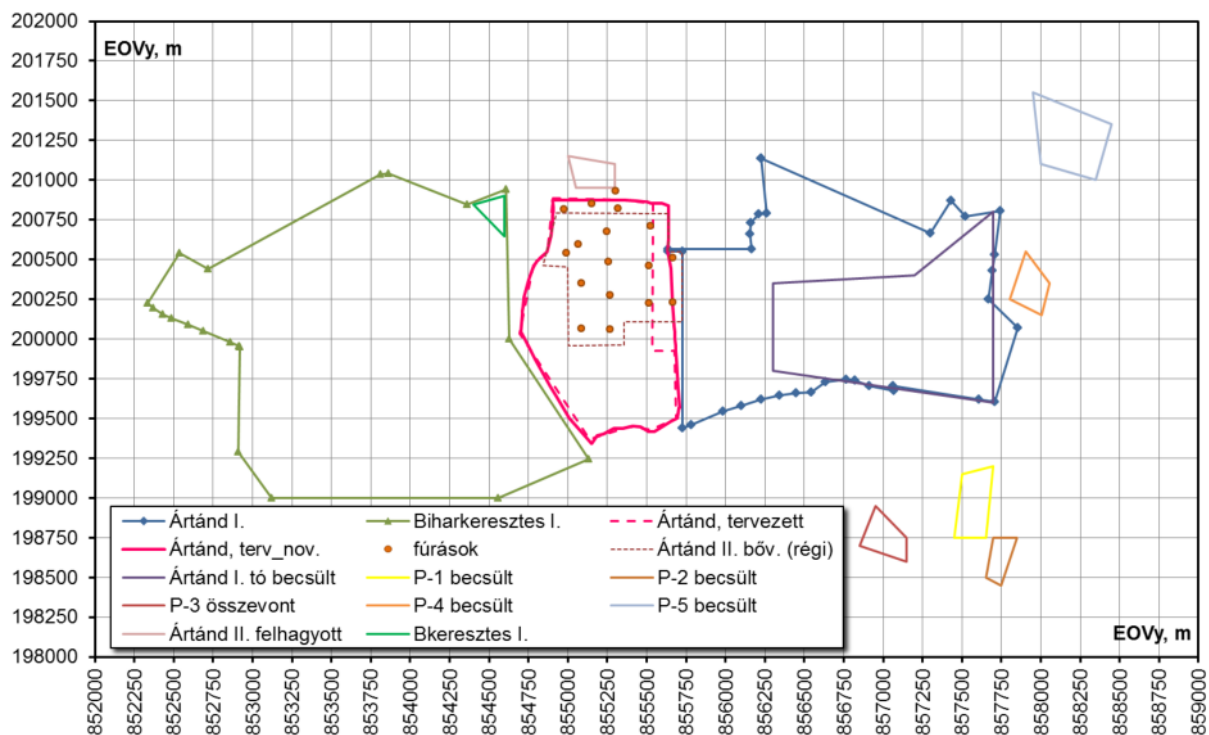
volt, míg a középérték  $\approx 24$  cm/km. A kapott eséseket a körösszakáli vízszint függvényében a 24. ábra mutatja. Látható, hogy kisvíz idején az esések magasabbak, míg nagyvíz idején kisebbek, melyet a szaggatottal jelölt trendegyenes is mutat. Ennek alapján a korábban, kisvízes állapotban kapott 95 cm/km inkább az esés maximumát jelenti.

A kétféle módon kapott esések eltérése igen jelentős. Ezért a *Google Earth* segítségével le-mért hosszak és szintek alapján meghatároztuk az átlagos terepesést a folyó mentén Körösszakál és a bányatelket megközelítő szakasz között. Ez 35 cm/km-re adódott, mely inkább a második módon kapott esés felső határát valószínűsíti.

## 5.2 BÁNYATAVAK JELLEMZŐI

A tervezett bánya környezetében lefektetett bányatelkeket az *MFGI* 2015-ös nyilvántartása alapján adjuk meg. Ez a közvetlenül a létesítendő bánya szomszédságában kettő (Ártánd I. és Biharkeresztes I.) bányatelket ad meg, a korábbi, feltárások során említett Ártánd II. a nyilvántartásban már nem szerepel. Szerepel viszont a területtől északra mintegy 10 km-re kettő nagykereki homokbánya, valamint távolabb, Berettyóújfalu és Füzesgyarmat térségében egy-egy kisebb homok- illetve agyagbánya. A létesítendő bányatelek a két nagy telek között helyezkedik el. Ezek közül Ártánd I. a térség egyik legnagyobb, régóta működő kavicsbányája közel 240 ha területtel, és a környék talán legnagyobb tavával, míg Biharkeresztes I. bányatelke még ennél is nagyobb, mintegy 360 ha területtel, azonban ehhez képest a bányató területe csekély.

A nagyobb bányatelkek és fellelt bánya- és egyéb tavak elhelyezkedését a 25. ábra mutatja, ahol megadjuk a korábban említett fúrásokat is. A megadott két nagy bányatelek határvonalait jelölők, míg a tavakat hasonló színű, de jelölő nélküli vékonyabb vonalak mutatják. A tervezett bányatelek 2020. novemberi állapota vastag folytonossal, a korábbi állapotok hasonló színű vékony szaggatottal láthatók.



25. ábra: Bányatelkek és bányatavak

A térségben működő kavicsbányatelek méretét és elhelyezkedését a *Google Earth* alapján vizsgáljuk. A térségről elmúlt években készült felvételeken jól követhetők egyes tavak kialakulása is. Ezek különösen az országhatáron kívüli tavak esetében adtak lényeges, egyéb helyről nem, vagy csak igen nehezen beszerezhető információt. Ezeket a tavakat partiumi

elhelyezkedésük miatt P-1 .. P-5 névvel jelöljük. A felvételeket az 5.2. melléklet ábrasa (5.2.1 – 5.2.5. mellékletek) szemlélteti, míg az 5.2.6. melléklet a 25. ábra nagykeréki bányavavakkal kiegészített változatát mutatja. Az ábrsorozaton jól követhetőek az alábbiak:

- az ártándi meglevő bányaterületének növekedése,
- a tőle keletre, az országhatáron kívül található két nagyobb tó (P-4 és P-5) gyakorlatilag változatlan mérete,
- az ártándi tótól délre, szintén az országhatáron kívül található három kisebb tó (P-1 – P-3) megjelenése a 2014. évi felvételen, majd a fokozatos fejlődése,
- a fejlesztési területtől északra a felhagyott tó - feltételezett korábbi Ártánd II. - változatlan mérete, melyet a *Kutatási jelentés* egyes térképei is jelölnek,
- Biharkeresztes I. megjelenése a 2018-as felvételen, majd a növekedése.

11. táblázat: Tavak területe

tó, bányató	ter, ha
Ártánd I. működő	105,75
Ártánd II. felhagyott	4,75
Biharkeresztes I.	2,55
Nagykeréki I.	17,46
Nagykeréki II.	9,28
P-1	8,38
P-2	3,63
P-3	5,75
P-4	5,50
P-5	17,38

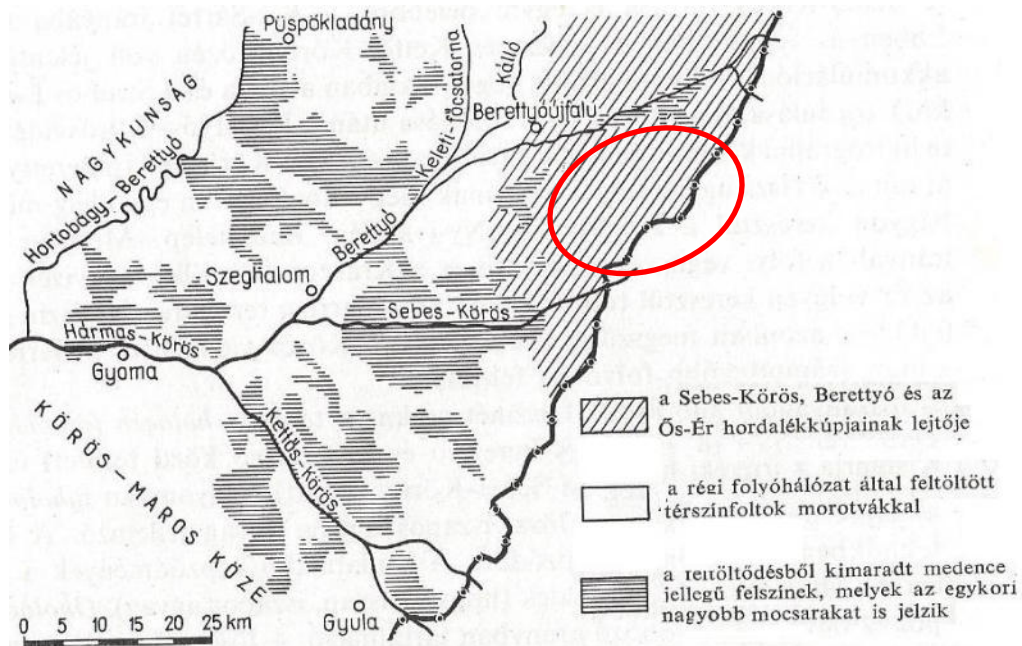
A figyelembe vett tavak területét a 11. táblázat mutatja. Az 5.2.6. melléklet alapján látható, hogy a bányaterülettől legtávolabb a nagykeréki bányavavak találhatóak, mintegy 10 km-re északra. Bár a tágabb térségben találhatóak jelentősebb vízfelületek, mint pl. a biharugrai halastavak vagy a Keleti-főcsatorna K-XI. jelű tározója, azonban ezek egyrészt a bányatelektől távol, másrészt a Berettyó vagy a Sebes-Körös túlsó oldalán találhatóak, így a vizsgálatainkból kihagyhatók.

A tervezett bányatelek nagysága 120 ha. Tekintettel arra, hogy a várható üzemelésről információ korlátozottan áll rendelkezésünkre, évi 2 ha/év kitermelést feltételeztünk. Ezzel a tóterület 10 év alatt 20 ha, 25 év alatt 50 ha-ra becsülhető. Hasonló fejlesztést feltételezünk a két szomszédos bánya esetén is.

## 6 TALAJVÍZVISZONYOK

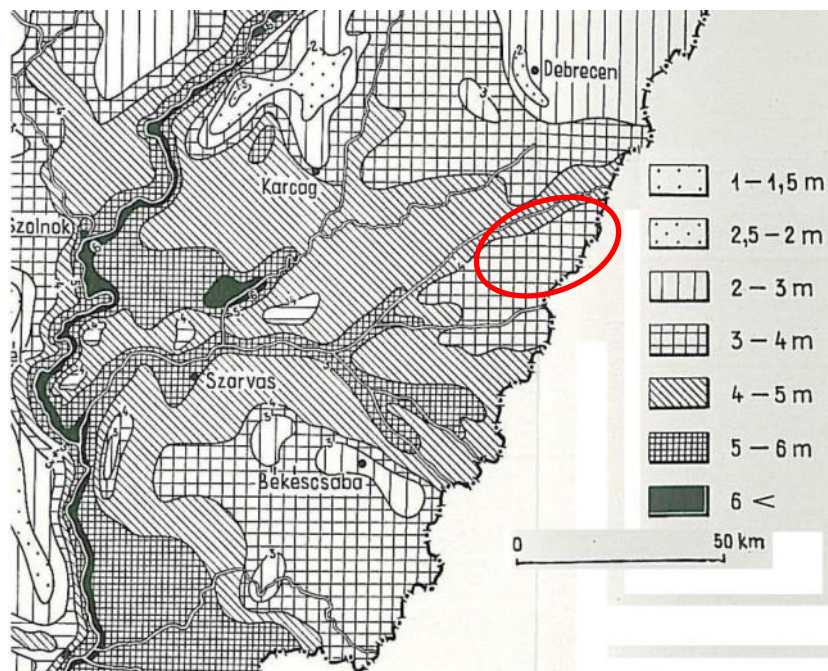
### 6.1 A TÉRSÉG ÁLTALÁNOS JELLEMZÉSE

A vizsgált térség talajvízjárását a hidrometeorológiai jellemzőkön túl az Erdélyi-szigethegység felőli, kelet-nyugati irányú áramlás befolyásolja. Maga a térség *VÍZFÖLDTANI ATLASZ (1961)* 21. sz. térképe (*Magyarország vízföldtani tájegységei, M 1:1000000*) szerint a 48. sz. *A közép-alföldi süllyedék keleti részén*, annak 1. és 2. számú alegységén helyezkedik el. A térkép kivágatát az 1.2.1. melléklet tartalmazza. A terület egyértelműen hordalékkúp-síkság, melyet a 26. ábra is igazol. Távolabb a folyók okozta feltöltődés is meghatározó.



26. ábra: A vizsgált terület és eredete (A tiszai Alföld, 1969.)

A térségben a talajvízszint ingadozását az 1933 – 1960. időszakra RÓNAI (1961.) elemezte. A vizsgált időszak megelőzi a szélesebb körű bányászati tevékenységet. Bár a terület zavartalannak már akkor sem volt tekinthető, azonban a természetes viszonyokat jobban megközelíti, így összehasonlítási alpnak ideális. A legmagasabb és legalacsonyabb havi közepes talajvízszintek alapján szerkesztett térkép kivágatát a 27. ábra mutatja. Az ábrán jól látszik, hogy a vízjáték a vizsgált területen mintegy 3 – 4 m.



27. ábra: Talajvízjáték Rónai (1961) nyomán

Ugyanez a munka

M1:200 000 méterarányban közli az Alföldön a talajvíztükör felszín alatti mélységét is, melynek a vizsgált területet bemutató részét az 6.1. melléklet mutatja. Az ábra feltünteti a szer-

kesztés során egyebek mellett felhasznált talajvízszint-észlelő kutak akkori számát is. A méterenkénti színekódot alkalmazó ábrán jól látható, hogy a felszín alatti mélység a vizsgált területen 1 – 2 m. Ezt az MBFSZ talajvíztérképe (<https://map.mbfsz.gov.hu/tvz/>) is igazolja, melyet a 6.2. mellékletben adunk meg. A Berettyó völgyében, illetve a vizsgált terület nyugati részén azonban a talajvíz felszín alatti mélysége elérheti, sőt meg is haladhatja a 4 m-t.

## 6.2 TÖRZSÁLLOMÁSOK VÍZSZINT-IDŐSORAI

A *Vízrajzi Szolgálat* a tágabb térségben több, mint 20 törzsállomást üzemeltet eltérő hosszúságú észlelési időtartammal. A kutak szintjei a *Vízrajzi Évkönyvekben* fellelhetők. Az állomások egy része a talajvízszint-észlelő hálózat kialakításával egy időben, az 1930-as években kezdte működését és jelenleg is üzemel, mint például a 2662. Biharkeresztes. Ezen kutak akár 70 – 80 éves adatsorral is rendelkeznek. A következő nagyobb kút-telepítési hullám az 1950-es évek közepétől jellemző, mint például a 2645. Pocsaj állomás, melyek így 40 – 50 éves adatsort biztosítanak. A vizsgáltak közül a legkésőbb a 2640. Konyár kutat telepítették, 1983-ban. Ekkor még a kutak észlelése adott napokon, észlelő személyzet segítségével történt, azonban az 1990-es évektől kezdődően fokozatosan tér át a *Vízrajzi Szolgálat* az elektronikus mérő és adatgyűjtő rendszerek alkalmazására, mely folyamatos mintavételezést tesz lehetővé. Ezzel egyidejűleg folyik a kutak folyamatos felújítása is.

Az adatsorok az egyes időszakokban heti, heti kettő, háromnapi illetve napi észlelésből származnak. Az eltérő észlelési idők összehasonlíthatósága érdekében ezen adatokból havi közepes és szélső, valamint évi közepes és szélső vízszinteket képeztünk. Ennek során került sor a téves adatok feltárására is. Ahol egy-egy téves érték egyértelműen észlelési illetve inkább regisztrálási hibának (elírás) tűnt, azt a lehetőségek szerint javítottuk. Például egyik kút néhány hónapon keresztül nem perem alatti mélységet, hanem perem fölötti magasságot jelzett, amit egy egyszerű előjelváltással javítva az adott időszak előtti illetve utáni adatsorba tökéletesen illeszkedő értékekkel lehetett alakítani. Abban az esetben, amikor ilyen egyértelmű javítási lehetőség nem adódott, és az észlelt értékek a természetes talajvízjárással nem magyarázható idősort adtak, a bizonytalan szakaszokat külön kezeltük, illetve a további értékelésből kihagytuk. Ilyen eset a több, mint 20 kút mindösszesen 350 évnyi adatsorból csupán néhány esetben fordult elő.

A figyelembe vett kutak legfontosabb adatait, mint a helye, a peremmagasság, a terepszint, a kútmélység, stb. az 6.3. melléklet tartalmazza. Ha a peremmagasság a vizsgált időszakban változott, a megfelelő rovatban két érték szerepel, a változtatás idejének feltüntetésével. Megadtuk továbbá a mellékletben a kutakban észlelt vízszintjeinek szélső értékeit és vízjátékát, a középvizet (KÖV) valamint a közepes kisvizet (KKV) és a közepes nagyvizet (KNV) is, vízjátékkal együtt a referencia-időszakokra. A KKV a vizsgált időszak évi legkisebb vízszintjeinek, míg a KNV az évi legnagyobb vízszintek középértéke.

Ugyanezen mellékletben, de eltérő színnel jelöltünk kettő kutat (2641. Hencida és 2655. Zsáka), melyek esetén a *Vízrajzi Évkönyvek* alapján a vizsgálatot az 1960 – 2016. időszakra terjesztettük ki, mely mintegy 60 éves adatsor. A hosszú idejű adatsorok esetén csak az évi közepes, legnagyobb és legkisebb vízszinteket vizsgáltuk, a havi értékekkel nem foglalkoztunk.

A 6.3. melléklet által megadott, KKV, KÖV és KNV szintekre a *Surfer* szoftver segítségével illesztettünk felületet, melyet a program a geostatistika krigelés módszerével becsli. A felület a folyók szintjét figyelmen kívül hagyja. Ezeket mutatják a 6.4. – 6.6. mellékletek. A mellékletek a kék színű körrel jelölt kutak mellett tájékoztató jelleggel zöld háromszöggel megadják a vízmérce-szelvényeket és vörös rombuszal a csapadékmérőket is.

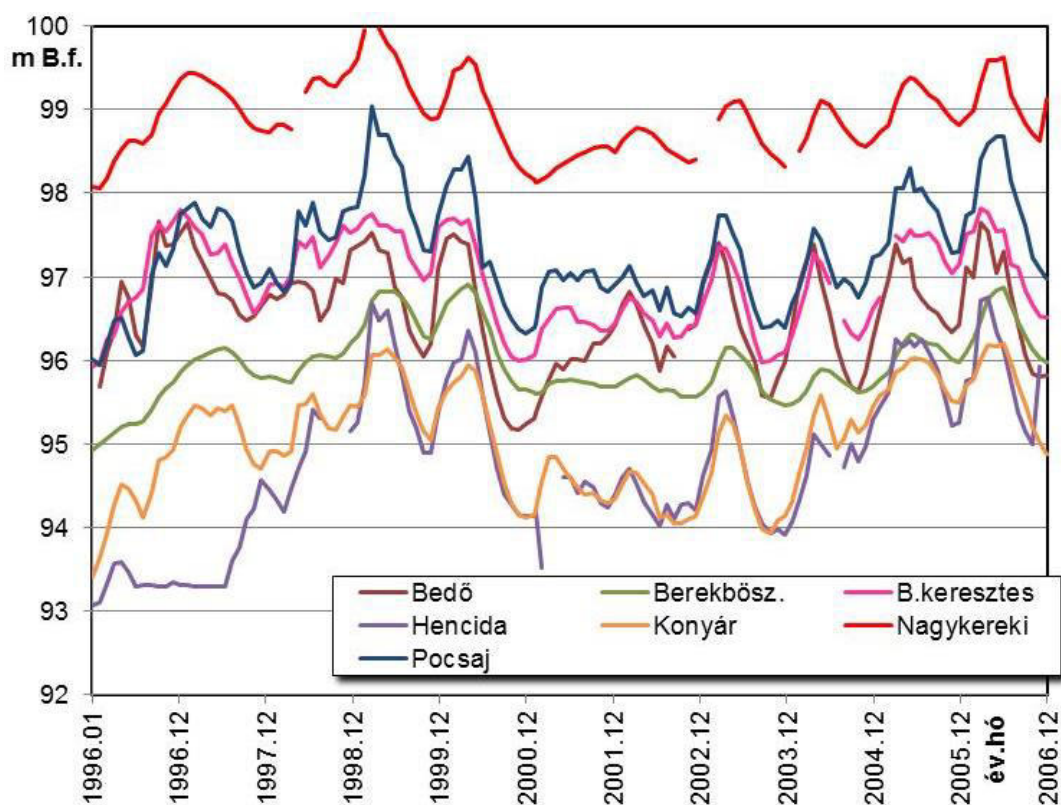
A 6.3. mellékletben megadott kutak havi közepes talajvízszintjének idősorait összesítve a 6.7. melléklet mutatja, és három csoportba sorolva a 28. ábra - 30. ábra foglalja össze. A három ábrán az összehasonlíthatóság érdekében azonos függőleges léptéket alkalmazunk. Az

egy csoporthoz sorolt kutak az alábbiak:

1. a terület keleti részén a 7 kút: Bedő, Berekböszörmény, Biharkeresztes, Hencida, Konyár, nagykereki és Pocsaj környékén, melyek idősorát a 28. ábra mutat,
2. a terület északi-középső részén szintén 7 kút: Bakonszeg, kettő Berettyóújfalú, Mezőpeterd, Mezősas, Tépe és Váncsod környékén, melyek idősorát a 29. ábra mutat, és
3. a vizsgált terület bányatelektől távolabbi részén 8 kút: Biharnagybajom, kettő Darvas, Komádi, Szeghalom, Szerep és kettő Váncsod környékén, melyek idősorát a 30. ábra szemlélteti.

A hosszú idejű adatsorok közül az egyik kút, Hencida (2641.) az első, a másik kút, Zsáka (2655.) a harmadik csoportba tartozik.

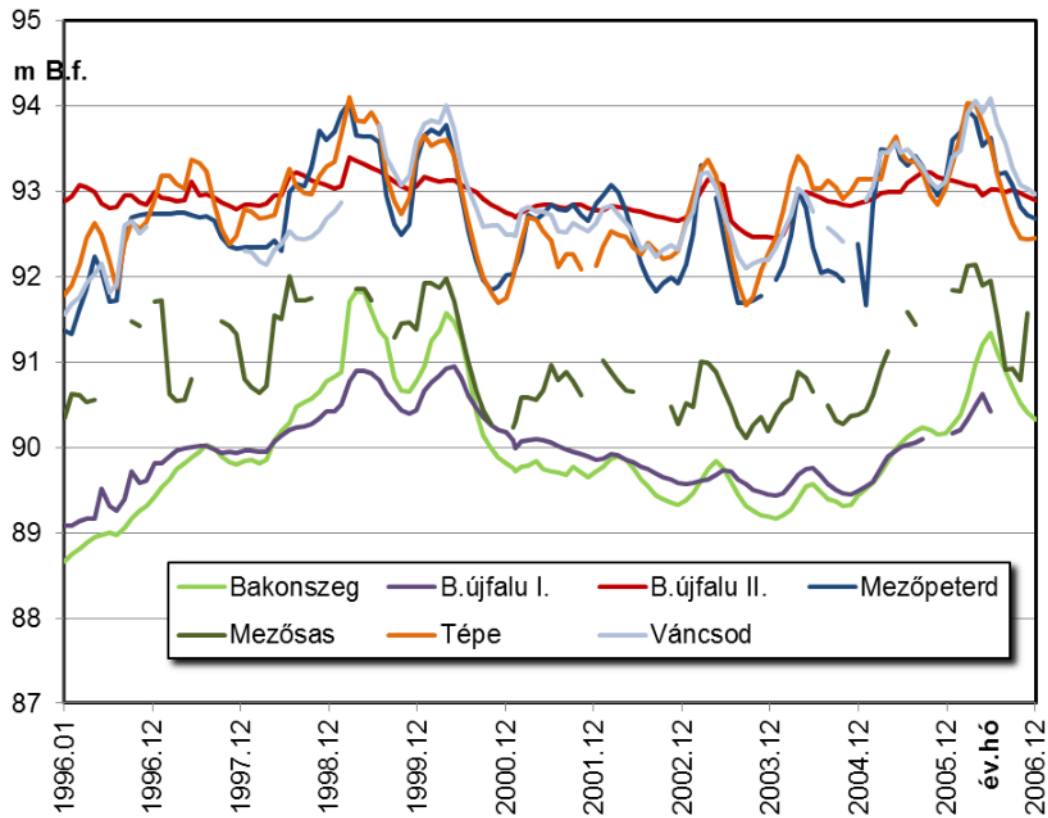
A 28. ábra szerinti kutak közül a legmagasabb szinteket a nagykereki kút adja, miközben vízszintingadozása a többihez képest kisebb. Hasonlóan kisebb a vízszintingadozás a berekböszörményi kút esetén. Azonban ez a két kút is szinte párhuzamosan halad a többivel. Ez alól egyedül a pocsaji kút jelent kivételt, amely 1996. év második illetve 1997. első felében nehezen indokolhatóan szinte állandó, míg 2001. elején egy nehezen magyarázható minimum jelenik meg. Ezt kövően azonban szinte megegyezik a hozzá közeli konyári kúttal. A kutak összességében a 4. fejezetben bemutatott csapadékviszonyokat követik, különösen az igen száraz 2000-es év hatása látszik markánsan.



28. ábra: Az első csoport kútjai, 1996 – 2006.

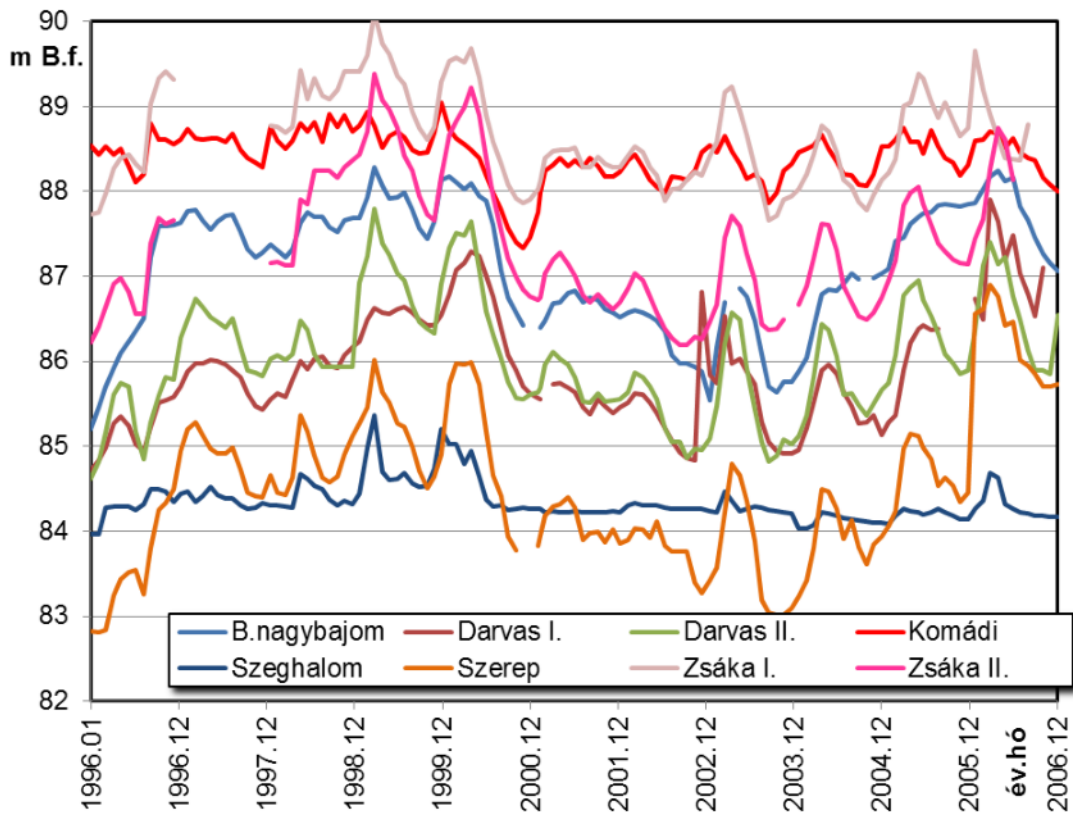
A 29. ábra kútjai közül Mezőpeterd, Tépe és Váncsod valamint az erősen adathiányos Mezősas kútjai az előzőekhez hasonló menetet mutatnak. A Berettyó-közeli Bakonszeg és Berettyóújfalú I. az 1999-es maximumokat a többi kúthoz hasonlóan mutatják, az egyéb időszakokban azonban kissé eltérőek. Az északabbi Berettyóújfalú II. szinte alig ingadozik.





29. ábra: A második csoport kútjai, 1996 – 2006.

A 30. ábra távolabbi kútjai általában ismét a korábban tapasztalt vízszíningadozást követik. Ettől jelentősen eltér a szeghalmi kút, mely az időszak második felében alig ingadozik. A biharnagybajomi kút 2004-2005. évi szinte állandó emelkedése szokatlan.

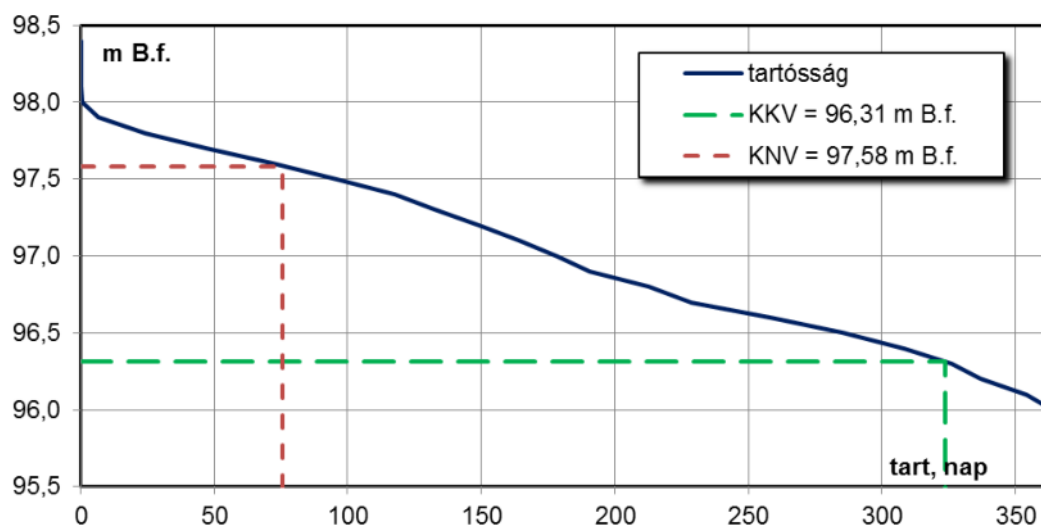


30. ábra: A harmadik csoport kútjai, 1996 – 2006.

Összességében az ábrákon jól megfigyelhetők a szárazabb időszakok alacsonyabb és a csapadékosabb periódusok magasabb talajvízszintjei is. A vízjárás azonban nagyjából kiegyenlített, az alacsonyabb vízszintű időszakokat egy-egy nedvesebb időszak ellensúlyozza. Ugyanakkor a szélső értékek mintha némileg távolodnának egymástól, a minimum csökken, a maximum növekszik, így a vízszintingadozás nő. Mindezek arra utalnak, hogy a térségre - egy-egy időszakosan vagy lokálisan eltérő értéktől eltekintve - a természetes vízszintingadozás a jellemző.

### 6.3 TALAJVÍZSZINTEK TARTÓSSÁGA

A bányatelekhez legközelebb fekvő 2662. jelű kút jól tükrözi a térségre jellemző talajvízjárást, így alkalmas a talajvízszintek tartósságnak meghatározására. A tartóssági görbét a 31. ábra mutatja. A görbe azt adja meg, hogy az adott vagy annál magasabb vízszint évente hány napig fordult elő a vizsgált 11 év átlaga alapján. Az ábrán, mely a környékre jellemző 2 m fölötti vízszintingadozást mutatja, feltüntettük a KKV és KNV tartósságát is. A 97,58 m B.f. közepes nagyvíz meghaladási tartóssága viszonylag magas, 75 nap (több, mint kettő hónap), míg a 96,31 m B.f. KKV tartóssága 324 nap (közel 11 hónap).



31. ábra: Talajvízszintek tartóssága, 2662.kút, Biharkeresztes, 1996- 2006.

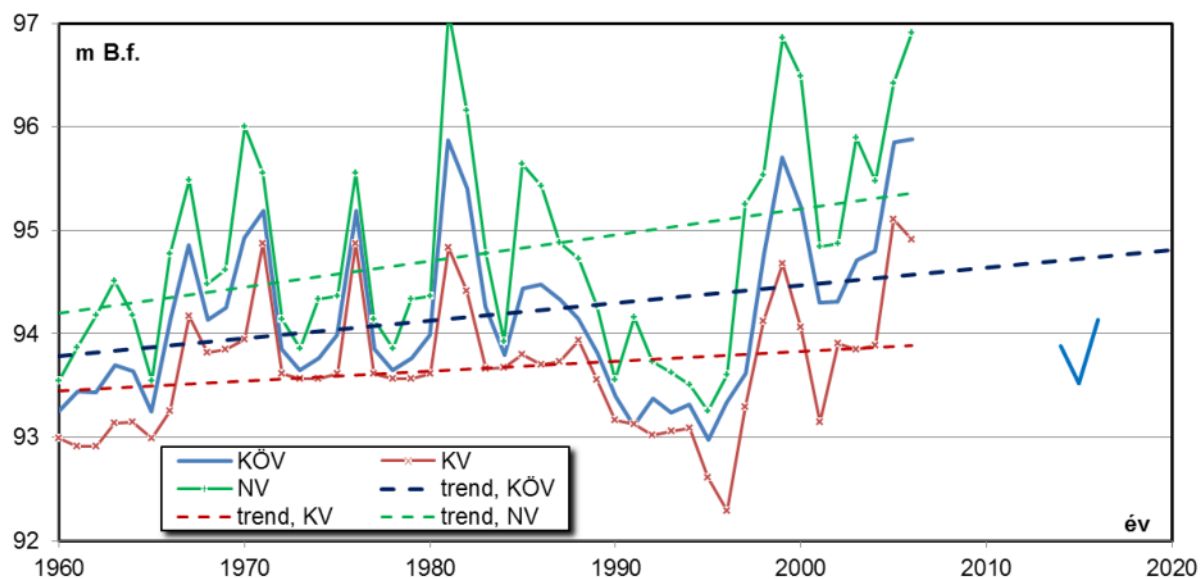
### 6.4 TRENDEK

A térségben lejátszódó hosszú idejű folyamatok jellemzésére a hosszú adatsorral rendelkező kutak alkalmasak, mely esetben becsülhető az évi közepes vízszintek időbeli változása is. Ehhez a legkisebb négyzetek módszerével illesztettünk az adatsorra egyenest. Mindezt csak arra a két kútra alkalmaztunk, melynek adatsora legalább 30 elemű, így a statisztikai jellegű vizsgálatokhoz megfelelő. A számításokat az évi középvíz mellett az évi kis- és nagyvizekre is elvégeztük. Az elemzés során itt is ragaszkodtunk a 2006-ig terjedő észlelési időhöz, a 2014-2016. adatait az elemzésbe nem vontuk be.

A kapott eredményeket a 32. ábra - 33. ábra mutatja. Az ábrák az évi közepes és szélső szinteket folytonos vonallal, a számított egyeneseket azonos színű szaggatottal jelölik. Az ábrák a 2014-2016. évek középvezeit is feltüntetik, a szélsőket azonban az évkönyv nyomtatott változata nem tartalmazza.

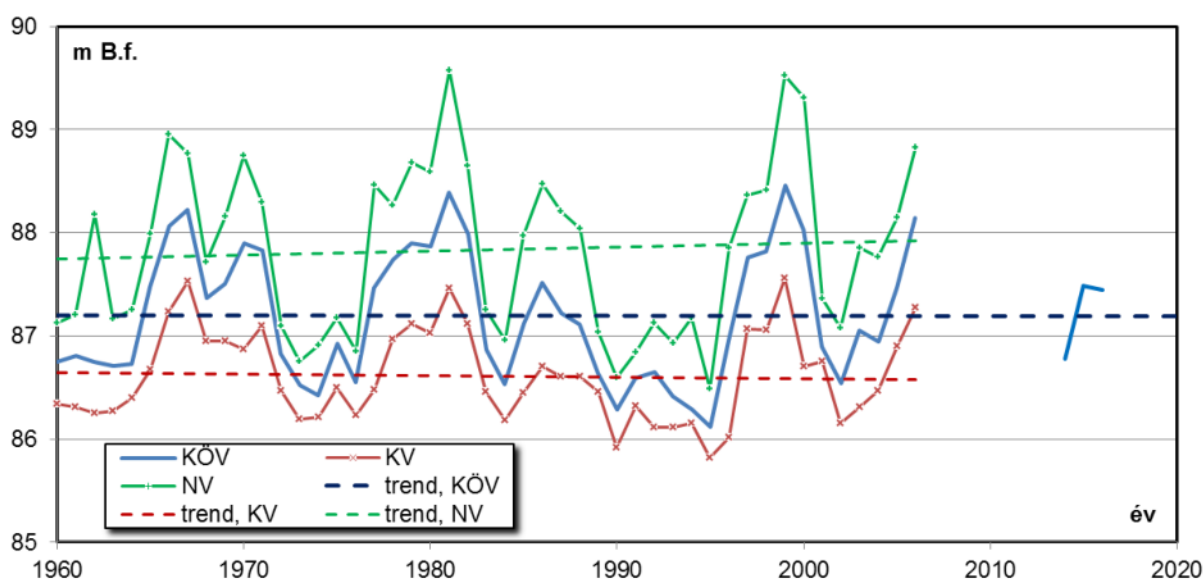
A két kút egymástól mintegy 25 km-re található, a terepszintek különbsége közel 8 m, a talajvízszinteké ennél kevesebb, 7 m. A két kút adatsora azonban első ránézésre igen hasonló, és a csapadék-idősorral (13. ábra) is összhangban van. Megmutatkoznak a csapadékosabb (1996 – 2000) időszak magasabb talajvízszintjei, illetve a szárazabb (pl. 1990-96) idő-

szak alacsonyabb talajvízszintjei.



32. ábra: Évi közepes talajvízszintek, Hencida (2641.), 1960 – 2006.

Igen jelentős eltérés mutatkozik azonban a trendekben. Míg a hencidai kút mindhárom szintje egyértelműen emelkedik, a zsákai kút alig változik. A 32. ábra jól mutatja, hogy a maximumok erőteljesebben növekednek a középvíznél, míg a minimumok visszafogottabban emelkednek, azaz a szélsőségek távolodnak egymástól, a vízjáték növekszik. A 33. ábra gyakorlatilag stagnáló középvize mellett a maximumok itt is – bár igen csekély mértékben – emelkednek, a minimumok azonban csökkennek, a vízjáték tehát itt is növekszik.



33. ábra: Évi közepes talajvízszintek, Zsáka (2655.), 1960 – 2006.

## 6.5 ÁRAMLÁSI IRÁNY

A 6.2. pont kútjai közül a vizsgált bányaterülethez legközelebb több kút is található, a legközelebbi 2662. Biharkeresztes mellett 2661. Berekböszörmény, 2659. Mezősas, 2665. Mezőpeterd, 2660. Váncsod 2664. Bedő és 2663. Nagykereki kutak találhatóak, melyek elhelyezkedése a 6.4 – 6.6. mellékletek alapján is jól követhető. A csoportosított kutak háromszögeket alkotnak, melyek területére nagyobb bányató, vagy egyéb, a vízmozgást befolyásoló képződmény, létesítmény nem esik, így alkalmas az áramlási irány becslésére is. Az áram-

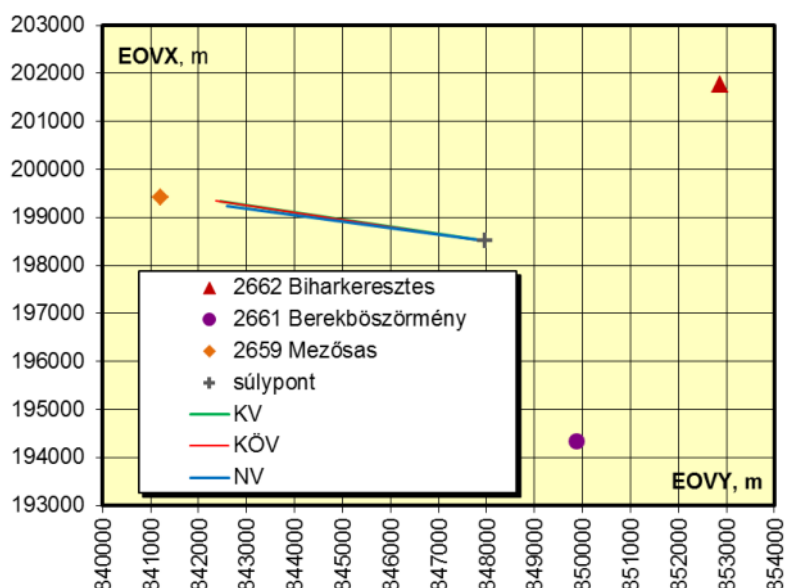
lás irányához a három kút szintjei alkotta sík esésvonala határozandó meg. Ezután a vízmozgás tényleges sebességének nagysága a Darcy-törvény alapján, a szivárgási együttható és a porozitás segítségével határozható meg, melyhez az 3.6. pont átlagos szivárgási tényezőjét (20 m/d) és porozitását (n = 32 %) is felhasználtuk. A kapott sebességvektorokat a három kút által képezett háromszög súlypontjában tekinthetjük jellemzőnek.

A fent megadott hét kút segítségével négy háromszöget alakítottunk ki. A számításokat a referencia-időszak kis-, közép- és nagyvizével is elvégeztük mind a négy háromszög esetére, az eredményeket a 12. táblázat foglalja össze. Itt törzsszámmal megadjuk a kutakat, valamint a három állapot esetén a sebesség nagyságát és irányát. Irány esetén az északi iránytól óráirányban bezárt szöveget tekintjük, így a negatív értékek az órával ellentétes forgási irányt jelentik. A sebességvektorokat a négy esetre a 6.8 –6.11. mellékletek szemléltetik, melyekből példaként a 12. táblázat első háromszögét a 34. ábra mutatja.

12. táblázat: Sebességek és áramlási irányok

	1.kút	2. kút	3. kút	KV		KÖV		NV	
	törzsszáma			v, cm/d	szög, °	v, cm/d	szög, °	v, cm/d	szög, °
1	2662	2661	2659	3,3	-81,5	3,3	-81,4	3,2	-82,2
2	2662	2665	2664	3,3	-48,3	2,9	-54,7	2,4	-60,3
3	2662	2660	2663	3,5	-79,4	3,2	-78,2	3,4	-87,3
4	2662	2665	2659	3,3	-79,6	3,2	-88,1	3,0	81,6

A táblázat és az ábrasorozat alapján megállapítható, hogy a sebesség viszonylag csekély, 3 cm/d körüli, mely szinte minden háromszög alapján és minden hidrológiai helyzetben azonos. Az irány valamelyest változatosabb, de a térség jellemző áramlási irányát követi, mely akár a 4. ábra, akár a 6.4 – 6.6. mellékletek alapján várható: kelet-délkelet felől nyugat – északnyugat felé.

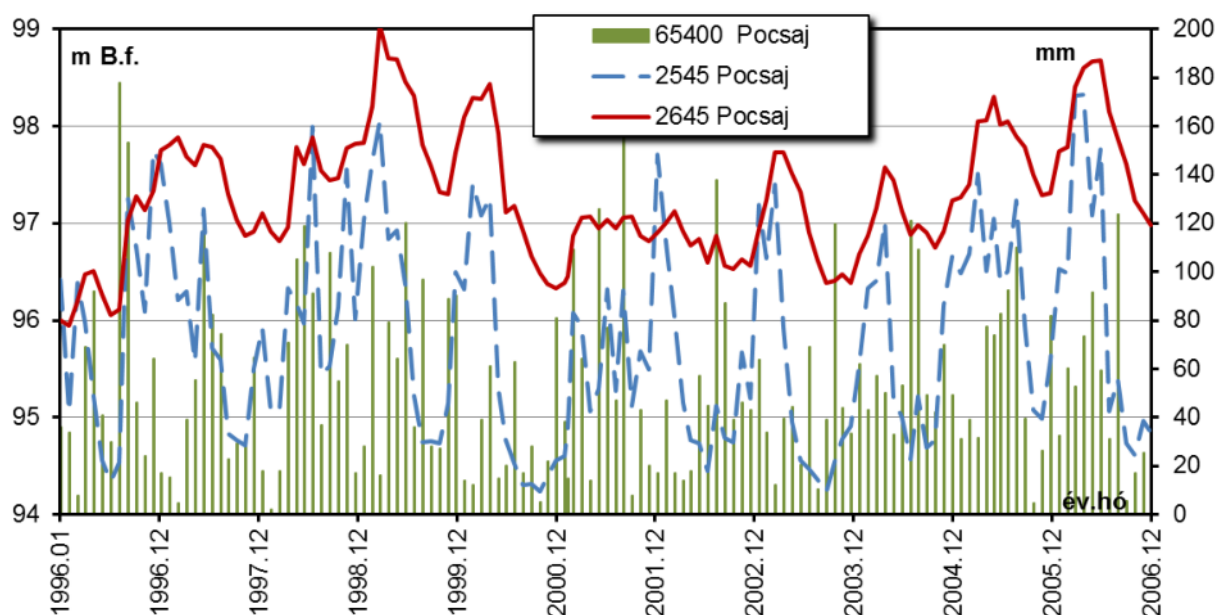


34. ábra: Áramlási irány, Biharkeresztes, Berekböszörmény, Mezősas

## 6.6 AZ EGYES TÉNYEZŐK EGYMÁSRA HATÁSA

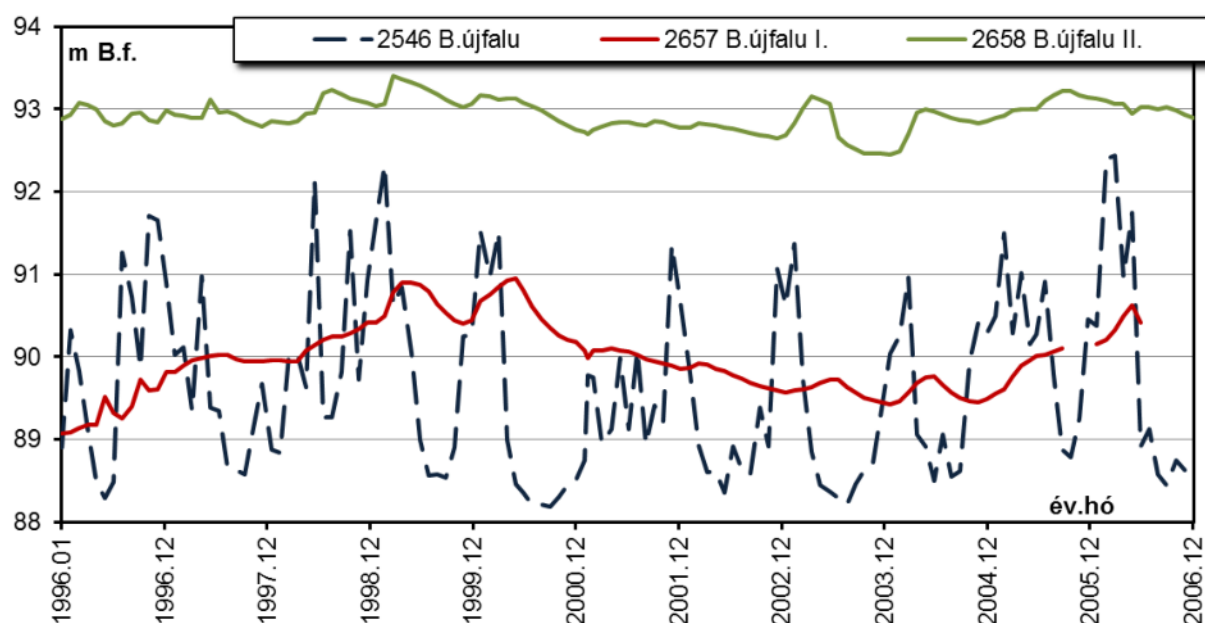
Az előző fejezetekben külön-külön elemeztük a csapadék, a Berettyó és a Sebes-Körös vízszintje és a talajvízszint változásait a referencia időszakban. Valójában azonban ezek összefüggnek, hathatnak egymásra. Mindezeket a 35. ábra - 39. ábra sorozata szemlélteti. Itt közös grafikonban adjuk meg valamelyik folyó szintjét, a közeli talajvízszinteket, és a közeli csapadékmérő idősorát, ha volt a közelben állomás. Az ábrák valójában az 5.2. melléklet, a 6.7. melléklet és a 4.3. melléklet azonos referencia-időszakának egybeszerkesztése egyes vízmérce-szelvények esetén. A bal oldali tengelyen szereplő vízszint-értékek havi közepes mennyiségek, folytonos vonallal a kutak, szaggatottal a folyók, míg a jobb oldali tengely csapadéka havi összeg, melyet oszlopdiaagram mutat.

Az ábrasorozat a Berettyó négy szelvényét és a Sebes-Körös egy szakaszát mutatja.



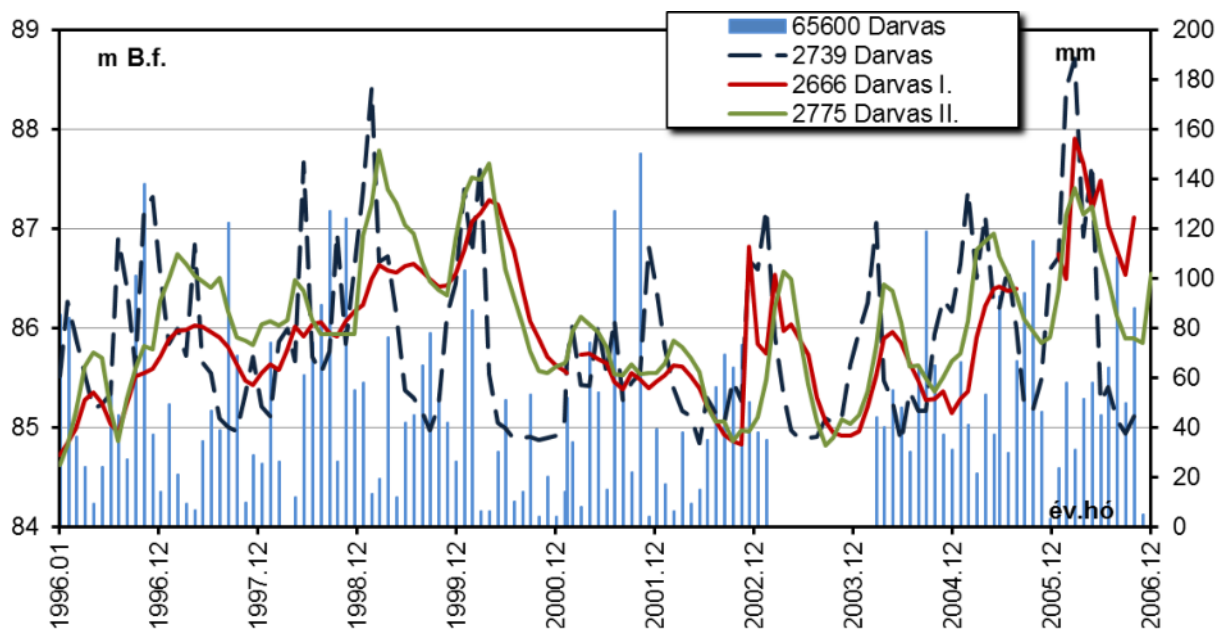
35. ábra: Berettyó, talajvíz és csapadék, Pocsaj

Pocsaj (35. ábra) az Ér torkolata alatti legfelső vízmérceszelvény, melynek környezetében közel egymáshoz mindhárom mérőállomás megtalálható. Itt a talajvíz magasabb, mint a Berettyó szintje. Kivételt jelent néhány olyan jelentősebb árhullám, mely csapadékszegény időszakkal párosul, mint 2002. év elején. A folyó és a talajvíz egyértelműen hasonló hatások nyomán változik, és ezen hatások közül a csapadék tűnik meghatározónak.



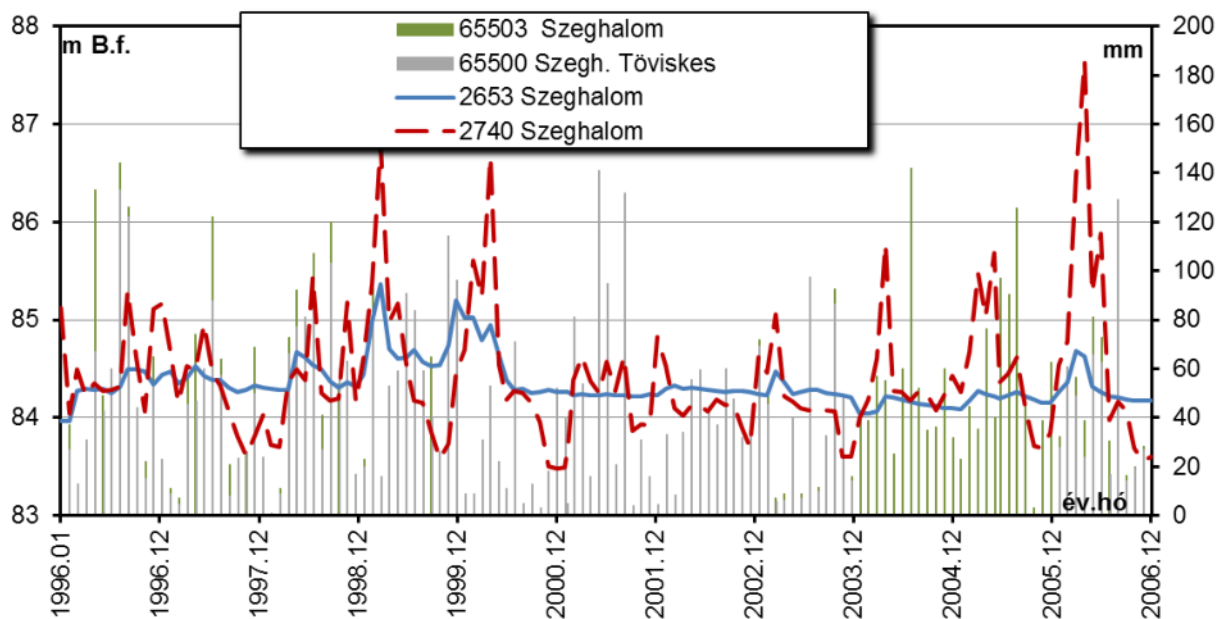
36. ábra: Berettyó és talajvíz, Berettyóújfalú

Berettyóújfalú (36. ábra) környezetében csapadékmérő állomás nincsen, így csak a folyó és talajvíz kapcsolatát vizsgáljuk. Itt az északabbi, jobb parti, látszólag a folyóhoz közelebbi 2658. sz. kút valamely lokális hatást követ, talán a településtől északra húzódó Kállófőcsatorna szintje befolyásolja. A Berettyótól távolabbi, a folyó bal partján található 2659. sz. kút viszont némi késleltetéssel, de nagyjából együtt jár a folyóval, bár a pocsaji kúthoz képest tompítottabban.



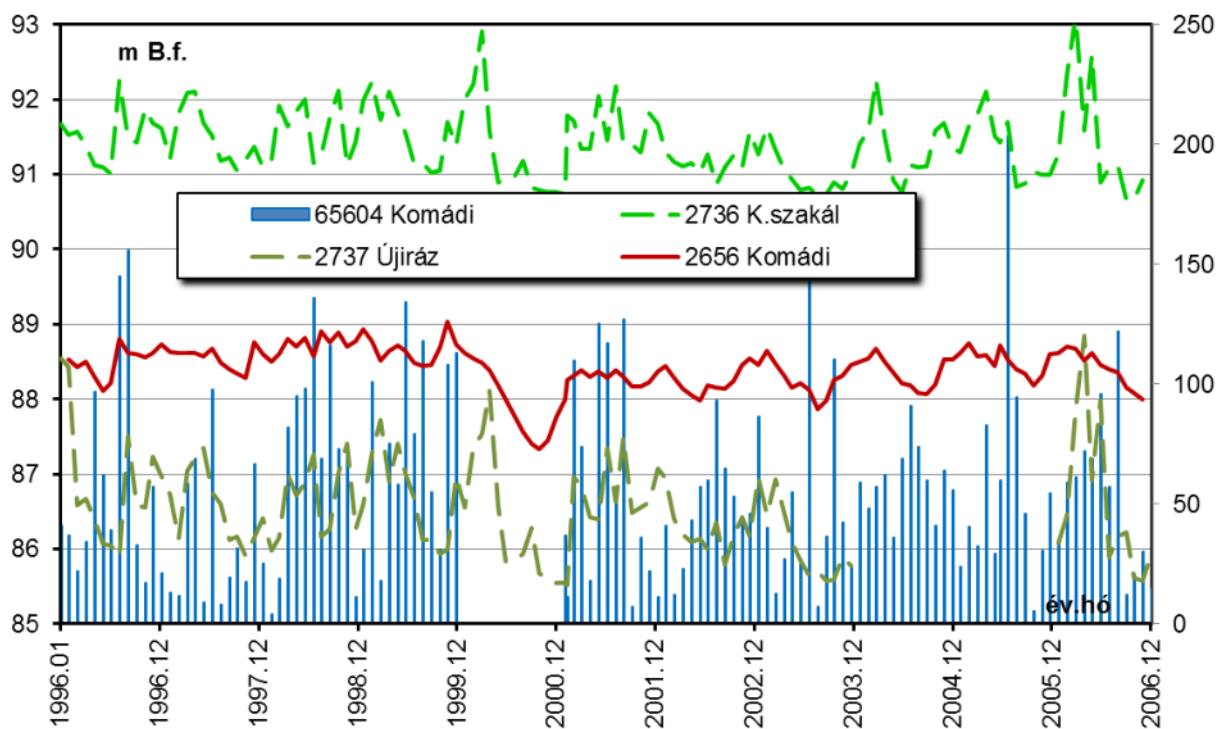
37. ábra: Berettyó, talajvíz és csapadék, Darvas

Darvasnál (37. ábra) a csapadékmérő mellett két talajvízszint észlelő kút is található a folyótól közel azonos távolságra északra, a bal parton (2775.) és délre, a jobb parton (2666.) A két kútnak pár rövidebb időszakot eltekintve nagyon hasonló a menete, mely a folyóval és kisebb mértékben a csapadékkal is összhangban van. Így ebben a térségben Berettyóújfaluval ellentétben a talajvíz mindkét parton együtt jár a Berettyó vízszintjeivel.



38. ábra: Berettyó, talajvíz és csapadék, Szeghalom

Szeghalom térségében (38. ábra) két csapadékmérő is található melyek adatsora adathiány-nyal terhelt. Azonban kiegészítik egymást, így a közös adatsor jól alkalmazható. A térség a Sebes-Körös Körösladányi Duzzasztóművének hatásterülete, mely jellemzően a tenyészidőszak árvízmentes periódusában duzzaszt. Így a folyó szintje csak téli kisvizeket mutat, míg nyáron a duzzasztás miatt az árvizes időszakok szépen látszanak. Talán ez lehet az oka annak, hogy a talajvíz járása nagyon kiegyenlített, inkább csak a Berettyó árvizei esetén emelkedik kissé meg. A csapadékvizonyokat a folyó és a talajvíz itt is tompítottabban követi.



39. ábra: Sebes-Körös, talajvíz és csapadék a Körösszakál – Újiráz szakaszon

A Sebes-Körös mentén csapadékmérő és talajvízszint-észlelő kút Komádiban, vízmérce vízszint Körösszakálnál és Újirázon van (39. ábra), így itt a teljes, mintegy 20 km hosszú szakaszt vizsgáljuk. Ezen szakasz nagyjából közepén található Komádi, melynek talajvízszintjei szinte a folyó két szelvényének szintjeit felezik, különösen árvízmentes időszakokban. A csapadék menetét a folyó illetve a talajvíz itt is visszafogottabban követi.

Összességében megállapítható, hogy a folyók és a talajvízjárás menete igen hasonló, a felszíni és felszín alatti vizek kapcsolata egyértelmű. Ugyanakkor a talajvíz talán egy kicsit jobban követi a helyi csapadékviszonyokat, míg a folyók vízjárásában talán inkább a felső vízgyűjtők csapadékviszonyai is megjelennek.

## 7 A BÁNYATELEK ÉS KÖRNYEZETE HIDRODINAMIKAI MODELLEZÉSE

### 7.1 A SZÁMÍTÁSOK CÉLJA ÉS LEHATÁROLÁSA

Jelen pont számításainak célja a VIASTEIN Kft. ártándi kavicsbányájának kialakítása során, illetve a kitermelés befejeztével a kialakuló bányató (esetleg tavak) hatására a nagyobb térségben kialakuló talajvízszint-változások becslése, figyelembe véve eltérő hidrometeorológiai viszonyokat is. Ezen vizsgálatokhoz a korábban megadottaknak megfelelően az országhatár, a Berettyó bal partja és a Sebes-Körös jobb partja alkotta háromszögben, Pocsaj - Körösszakál – Szeghalom térségében a talajvízviszonyok feltárása nyomán vízszintes síkú, talajvízhidraulikai modell kidolgozása szükséges.

A célként megfogalmazott számítások elvégzése összetett hidraulikai feladat, mely a következő alapvető feltevéseket igényli:

- a./ a vízvezető réteg jellemzően vízszintes, kiterjedése elméletileg végtelenül nagy, azonban ennek az előzőek szerint csak azon részét vizsgáljuk, mely az adott feladat szempontjából jelentőséggel bír;
- b./ a fekvő átlagos értékkel figyelembe véve jellemzően vízszintes;
- c./ a talaj átlagos értékekkel jellemezve homogén, izotróp, azaz a 3.3. *pontban* meghatározott átlagos, iránytól független szivárgási tényező kielégítően leírja a vízvezető réteget;
- d./ az áramlás a talajban vízszintes síkban kétdimenziósnak tekinthető, függőleges vízforgalom a tavakból illetve a felszínről történő be- vagy elszivárgás illetve párolgás formájában azonban lehetséges.

A vizsgálatok célja kettős:

- a tervezett bányakialakítással járó vízvesztés hatására kialakuló talajvízszintek időbeli alakulásának, és távolhatásának becslése;
- a tervezett tavak hatására a nagyobb térségben kialakuló talajvízszint-változások prognosztizálása a kitermelés felhagyása után.

A vizsgálatok a többféle hidrometeorológiai viszonyok figyelembe vételét igénylik.

A kétféle cél kétféle vizsgálati módot igényel. Az időben változó vizsgálatához a sok bizonytalanság miatt elegendő egy egyszerűsített modell magányos tó figyelembe vételével, míg a térségi hatások vizsgálatához összetettebb modell szükséges. A többféle eljárás közül ezen utóbbi számításokhoz az Európában kevésbé ismert, azonban az Egyesült Államokban igen gyakran használt *analitikus elemek módszerét (AEM)* alkalmazzuk. Az alábbiakban a kétféle számítást külön-külön ismertetjük.

### 7.2 MAGÁNYOS TÓ VIZSGÁLATA ÉS TÁVOLHATÁSÁNAK BECSLÉSE

#### 7.2.1 A számítások alapvető feltételezései és alapegyenlete

Jelen vizsgálatok célja az előzőeknek megfelelően a kavicsbányászat többéves folyamata során a talajvízszintek térbeli és időbeli változásának, a hatások terjedésének becslése.

A kavicskitermelés 1. *fejezetben* megadott háromféle talajvízvesztése hidraulikailag időben változó hozamú kút környezetében kialakuló áramláshoz hasonlítható az alábbi feltételekkel:

- a kút a létesítendő bányató súlypontjában helyezkedik el;
- a tavat tényleges alakja helyett egy vele azonos területű kör alakú tóval helyettesítjük, melynek a középpontja az eredeti tó súlypontjával egyezik meg;
- a helyettesítő tó területe a kavicskitermelés előrehaladtával növekszik, a súlypont esetleges eltolódásától azonban eltekintünk;
- bár maga a kút pontszerű vízkivételnek tekinthető, az általa kialakított talajvízszinteket csak a helyettesítő tó sugarán kívül értelmezzük.

További alapfeltevések, melyek csak jelen vizsgálatot érintik:



- a./ a vizsgálat kezdeti időpontjában a talajvízszint állandó, áramlás nincsen;
- b./ a fiktív kút hatása a végtelen közelében nem érzékelhető;
- c./ az áramlás vízszintesnek tekinthető, függőleges vízforgalom (be- vagy átszivárgás) nincsen.

A fenti feltételeknek megfelelően a hengersizmetrikus, időben változó talajvízmozgást leíró alapegyenlet nyomás alatti és szabad felszínű talajvíztérben az alábbi (Marino - Luthin, 1982.):

$$\frac{kH}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial h}{\partial r} \right) = S \frac{\partial h}{\partial t} \quad \text{és} \quad \frac{k}{2r} \frac{\partial}{\partial r} \left[ r \frac{\partial (h^2)}{\partial r} \right] + N = S \frac{\partial h}{\partial t}$$

ahol:

- h, m : a talajvíz szintje a feké felett,
- N, m<sup>3</sup>/d,m<sup>2</sup> : a felszíni beszivárgás (ezesetben N = 0),
- H, m : a vízvezető réteg vastagsága
- r, m : távolság a középponttól (sugár),
- t, d : idő.

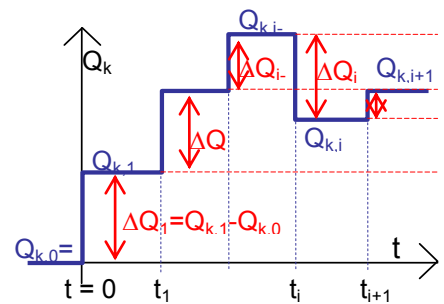
Az egyenlet határfeltételei az előző pont feltételeinek megfelelően az alábbiak:

- 1.  $h(0 \leq r \leq \infty, t = 0) = h_0$ ,
- 2.  $Q(r = 0, 0 < t \leq T) = Q_k(t)$
- 3.  $h(r = \infty, 0 < t \leq T) = h_0$ ;

ahol a korábbiakon túl:

- h<sub>0</sub>, m : a talajvíz kezdeti (nyugalmi) szintje,
- Q, m<sup>3</sup>/d : vízhozam,
- Q<sub>k</sub>, m<sup>3</sup>/d : a kút hozama.

Az alapegyenlet megoldása, a talajvízszint sugárirányú és időbeli változása a Theiss-féle összefüggés segítségével lehetséges (Bear, 1979.). Egy bányató hatásának leírása szakaszonként állandó hozamú kútként kezelve viszonylag egyszerűen, a Theiss-féle összefüggés időlépcsőnkénti összegzésével vizsgálható, melyet a 40. ábra is mutat. A bányató folytonosan változó vízvesztése így lépcsősen közelíthető, A tó okozta talajvízszint-változás – leszívás - nagysága a tó középpontjától mért r távolság függvényében a t<sub>n-1</sub> és t<sub>n</sub> közötti időtartamban nyomás alatti vízvezető réteg esetén az alábbi összeg segítségével határozható meg:



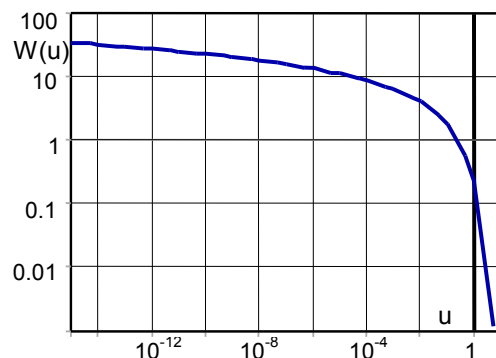
40. ábra: A vízvesztés lépcsős közelítése

$$s(r, t_{n-1} < t \leq t_n) = \frac{1}{4\pi kH} \sum_{i=1}^{i=n} \left\{ \Delta Q_i W \left[ \frac{r^2 S}{4kH(t-t_{i-1})} \right] \right\}$$

míg szabad felszínű réteg esetén (Varga - Csoma, 1995.):

$$s'(r, t_{n-1} < t \leq t_n) = \frac{1}{4\pi k h_0} \sum_{i=1}^{i=n} \left\{ \Delta Q_i \cdot W \left[ \frac{r^2 S'}{4k h_0 (t - t_{i-1})} \right] \right\} \quad \text{ahol : } s' = \frac{h_0^2 - h^2}{2h_0}, \quad S' = \frac{Sh_0}{h},$$

ahol az előző jelöléseken túl W(u) a Theiss-féle kútfüggvény. Ezt korábban táblázatosan, manapság inkább közelítéssel, sorba fejtve használjuk, grafikusán a 41. ábra szemlélteti.



41. ábra: A Theiss-féle kútfüggvény

Az összefüggés hidraulikailag a feké elérő teljes kútnak tekinthető kerek tavak környezetében adja meg a vízkivétel okozta leszívás hely- és időbeli változását a tó sugarán kívül. Az egyszerű számítási mód viszonylag nagytömegű, gyors számítást tesz lehetővé.

**7.2.2 Adatok**

A számításokhoz a vízvezető réteg 3. *fejezetben* megadott adatait és számított jellemzőit alkalmaztuk. Jelen, viszonylag egyszerűbb számítás lehetővé teszi, hogy az egyes jellemzőket nemcsak átlagos, hanem attól eltérő értékekkel is vizsgáljuk, így az azok meghatározásában rejlő bizonytalanságok hatásai is feltárhatók, mely valójában az érzékenység-vizsgálat.

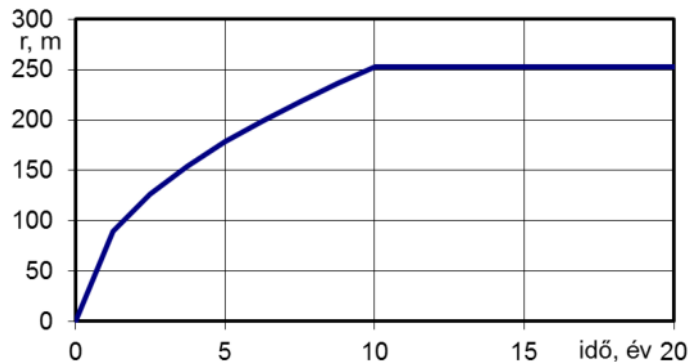
A számításokat kilenc változatban végeztük el. Az első változat az átlagos értéket alkalmazza, míg a további 4x2 egy-egy jellemző becsült szélső értékeit. A három talajjellemző (*k*, *n*, *S*) további kombinációinak vizsgálata értelmetlen, mivel ezen értékek ugyanazon szemeloslásokból erednek. További változatot jelentett viszont a szabad vízfelület többletpárolgásának figyelembe vett két értéke.

Az alkalmazott adatokat, illetve azok kombinációit a 13. táblázat tartalmazza. Az itt megadott talajjellemzőket a 3.3 - 3.5 pontok alapján adjuk meg. Külön figyelmeztetnem érdelem a tározási tényező, melynek ott még mindkét (szabad felszínű és nyomás alatti) vízvezető réteg esetére is megadtuk. Azonban egyrészt a fúrások során feljegyzett talajvízszintek és a fedő alsó síkjának összevetése, másrészt a 6.4 – 6.6. *melléklet* alapján, mivel a talajvízszint a fedő alsó szintje környezetében ingadozik, a vízvezető réteget szabad felszínűnek közelítettük. Emellett szólt az is, hogy a két vízvezető réteg közötti közbetelepült réteget, mely a fedőhöz hasonló, szintén vízvezetőnek tekintettük. A porozitást a kis eltérések miatt állandónak tekintettük. A fekvő szintjét a 3.2. pont alapján, a közepes talajvízszintet a korábban említett 6.4 – 6.6. *melléklet* alapján, míg a párolgást a 4.2. pont alapján adjuk meg. A táblázat fordított színezéssel jelöli azon paramétereket, amelyeket az adott változat esetén az átlagostól eltérő értékkel vizsgálunk.

13. táblázat: A vizsgált változatok jellemzői

vált.	talajjellemzők			fekü m B.f.	kezd.TV m B.f.	párolg mm/év
	k, m/d	n, -	S, -			
1	20	0,32	0,30	75,5	97,5	275
2.1	20	0,32	0,30	75,5	97,5	250
2.2	20	0,32	0,30	75,5	97,5	300
3.1	20	0,32	0,30	74,5	97,5	275
3.2	20	0,32	0,30	76,5	97,5	275
4.1	20	0,32	0,30	75,5	96,5	275
4.2	20	0,32	0,30	75,5	98,5	275
5.1	10	0,32	0,29	75,5	97,5	275
5.2	30	0,32	0,31	75,5	97,5	275

A vizsgált bányaterlaken nem folyik kavicskitermelés, így kezdeti tófelület nincsen. A további méreteket és jellemzőket, így a kavicskitermelés intenzitását 5.2. pont alapján 2 ha/év értékkel vesszük figyelembe, míg a tervezett üzemidőt a 10 évben szabtuk meg. A kialakuló tó mérete így mintegy 250 m-es tósugár mellett 20 ha lesz. A tósugár növekedése a 42. ábra alapján követhető. Az így kialakuló tó mérete összhangban áll a következő vizsgálat első ütemével (lásd 7.3.2. pont) is. Amennyiben a kitermelés üteme kisebb, a várható hatások is csekélyebbek lesznek, míg ha nagyobb, növekednek.



42. ábra: A tósugár változása

A kitermeléssel járó vízvesztesség 5%-ra tehető.

A számításokat a fiktív tó középpontjától csak olyan távolságra terjesztettük ki, hogy az a környező tavakat ne, vagy csak alig érje el. Figyelembe véve, hogy a térségben több bányaterület viszonylag közel helyezkedik el, a számításokat csak 1,5 és 3 km-es távolság feltételezésével végeztük. A kisebb távolság Ártánd távolabbi részéig (kb. 42. sz. főút), míg a nagyobb nagyjából Biharkeresztes központjáig ér. Bár a kitermelés időtartamát mintegy 10 évnek feltételeztük, azonban a számítások időtartamát ennél lényegesen hosszabb időben, mintegy 25 évben adtuk meg.

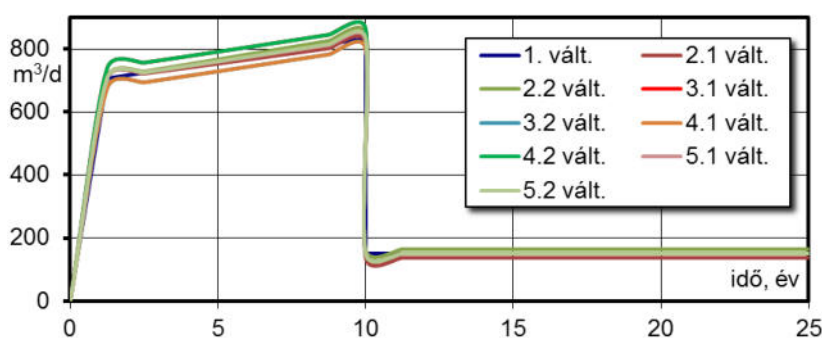
### 7.2.3 Eredmények

A számítások nyomán kapott vízveszteségeket az 13. táblázat változatainak megfelelően a 43. ábra és 14. táblázat segítségével foglaljuk össze. A táblázat első oszlopa a kitermelés során várható legnagyobb vízveszteséget, a második az esetleges felhagyás utáni párolgási veszteséget adja meg. Mindkét oszlopban a maximumot vörös, a minimumot zöld jelöli. Látható, hogy a kezdeti 700 m<sup>3</sup>/d körüli vízveszteség 10 év alatt 850 m<sup>3</sup>/d körülire növekszik, majd a kitermelés leállításával - 10 éven túl - mintegy 250 m-es fiktív tószugár mellett a kezdeti érték alá, 150 m<sup>3</sup>/d körüli értékre csökken. Ez éppen a párolgásnak megfelelő érték.

14. táblázat: A vízveszteség

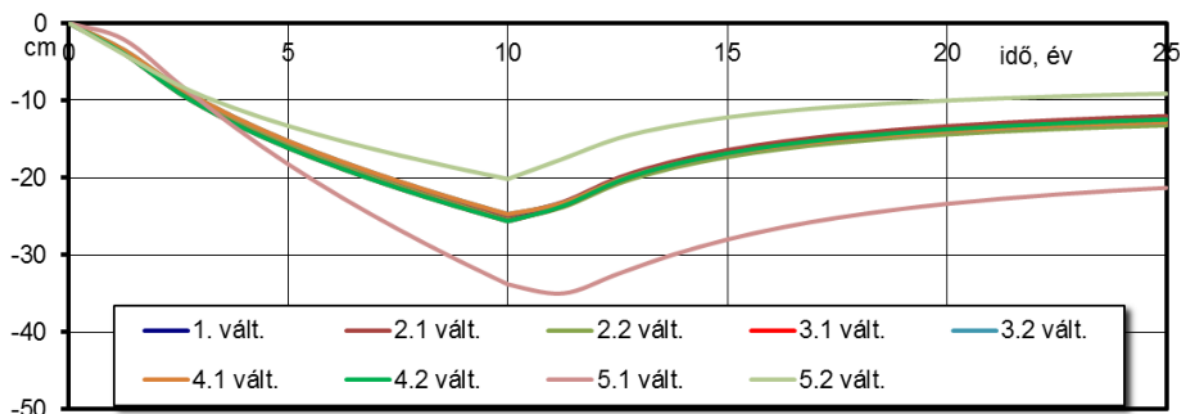
vált.	vízveszt, m <sup>3</sup> /d	
	max.	párolg.
1	832	151
2.1	818	137
2.2	846	164
3.1	863	151
3.2	801	151
4.1	801	151
4.2	863	151
5.1	830	151
5.2	833	151

A vízveszteség nagyságát a kitermelés során leginkább a fekü szintje és a talajvízszint, azaz összességében a telített réteg vastagsága, így a kitermelt kavics mennyisége befolyásolja (3.1. és 3.2. változat illetve 4.1, és 4.2, változat). Felhagyás után a bányató párolgása (2.1. és 2.2. változat) a döntő. A talajjellemzők (k, n, S) hatása a vízveszteségre csekély.



43. ábra: Vízveszteség időbeli változása

Az eltérő vízveszteségek nyomán kapott vízszintváltozások időbeli változását a tó középpontjától 1500 m-re a 44. ábra, 3000 m-re a 45. ábra mutatja, míg a legnagyobb értékeket a 15. táblázat foglalja össze.

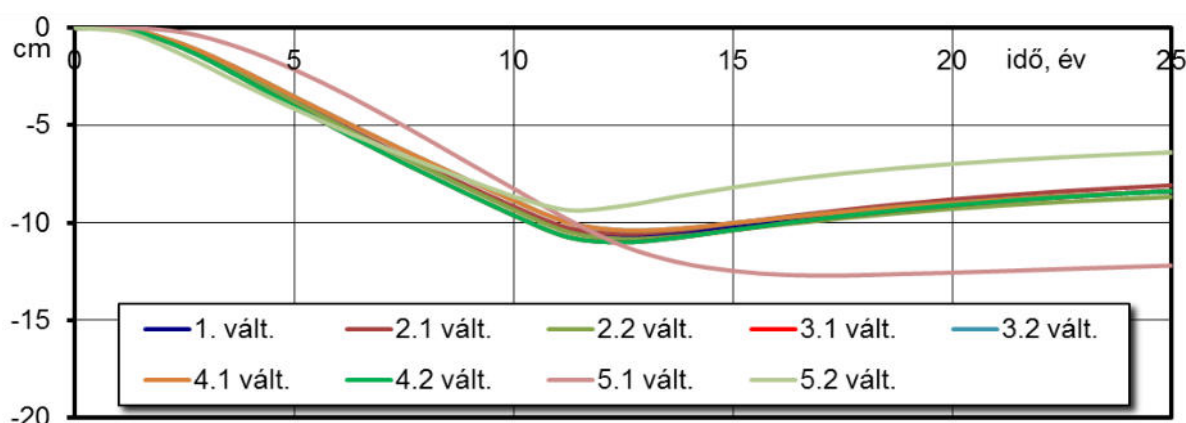


44. ábra: Vízszintváltozások 1500 m-re a tó középpontjától

A két ábra jól mutatja, hogy a vízszintcsökkenés – leszívás – viszont szinte csak a talajjellemzőkre, első sorban a szivárgási tényezőre érzékeny. Mindkét ábrán az 5.1 – 5.2. változatok kivételével szinte azonos lefutásúak a görbék, azonban a szivárgási tényező hatása jelentős.

1500 m-re a helyettesítő tó középpontjától (44. ábra) a legnagyobb leszívások értéke általában 25 cm körüli, mely éppen 10 évvel a bányanyitás után jelentkezik. A kitermelés befejeztével a talajvízszint megemelkedik, és a leszívás 12 cm, környékén stabilizálódik. Alacsonyabb szivárgási tényező hatására (5.1. változat) azonban a maximum nagyobb, 35 cm és mintegy másfél évvel késleltetve jelentkezik, valamint 25 év múlva is marad mintegy 20 cm leszívás. Magasabb k esetén (5.2. változat) viszont késleltetés nem tapasztalható, és a maximum is csak 20

cm, valamint a szint 25 év elteltével 10 cm alatt áll be. A 15. táblázatban a két szélső értéket adó változatot eltérő színekkel jelöljük.



45. ábra: Vízsztintváltozások 3000 m-re a tó középpontjától

3000 m-re a helyettesítő tó középpontjától (45. ábra) a legnagyobb leszívások értéke lényegesen alacsonyabb, általában 10 – 11 cm körüli, mely azonban a nagyobb távolság miatt már késleltetve, 12 – 14 évvel a bányanyitás után jelentkeznek. A kitermelés befejeztével a várható talajvízszint-emelkedés 25 év alatt nem játszódik le, a görbék még egyértelműen emelkednek, bár a leszívás 8 cm alá csökken. Alacsonyabb szivárgási tényező hatására (5.1. változat) azonban a maximum itt is nagyobb, 13 cm, mintegy 7 - 8 évvel késleltetve jelentkeznek, és a szintemelkedés a vizsgált 25 év alatt alighogy elindul. Magasabb k esetén (5.2. változat) viszont a késleltetés csak másfél év, és a maximum nem éri el a 10 cm-t. A szint 25 év elteltével lényegesen kevésbé változik. A 15. táblázatban ezen, két szélső értéket adó változat eredményeit is eltérő színekkel jelöljük.

A hatásterjedést az 5 és 10 cm talajvízszint-süllyedés (1500 m-re a középponttól) illetve a 10 és 20 cm-s talajvízszint-süllyedés (3000 m-re a középponttól) kialakulásához szükséges idővel jellemezzük (15. táblázat).

15. táblázat: Leszívások és a kialakuláshoz szükséges idő

változat	1500 m-re a tó középpontjától		3000 m-re a tó középpontjától			
	max. vízszintvált, cm	10 cm sülly. eléréséhez szüzs. idő, év	20 cm sülly. eléréséhez szüzs. idő, év	max. vízszintvált, cm	5 cm sülly. eléréséhez szüzs. idő, év	10 cm sülly. eléréséhez szüzs. idő, év
1. vált.	-25,2	2,93	7,03	-10,7	6,05	10,84
2.1 vált.	-24,9	2,94	7,12	-10,6	6,08	10,95
2.2 vált.	-25,5	2,92	6,95	-10,8	6,03	10,73
3.1 vált.	-25,6	2,81	6,80	-11,0	5,81	10,42
3.2 vált.	-24,7	3,06	7,27	-10,4	6,32	11,29
4.1 vált.	-24,7	3,06	7,27	-10,4	6,32	11,29
4.2 vált.	-25,6	2,81	6,80	-11,0	5,81	10,42
5.1 vált.	-35,0	2,99	5,49	-12,7	7,47	11,37
5.2 vált.	-20,2	3,33	9,86	-9,4	5,85	-

1500 m-re a feltételezett tó középpontjától 10 cm leszívás kialakulásához átlagosan 3 év, míg 20 cm-hez átlagosan 7 év szükséges. 3000 m-re a középponttól 5 cm leszívás kialakulásához átlagosan 6 év, míg 10 cm-hez átlagosan 11 év szükséges. Ezekről különösen magasabb leszívás esetén a már korábban is kiemelt 5.1 – 5.2. változatok térnek el, így 3000 m-re az 5.2. változat esetén ki sem alakul 10 cm leszívás. A 15. táblázatban a szélső értéket szintén eltérő színekkel jelöljük.

Végül meg kell jegyeznünk, hogy a 7.3. pont részletesebb vizsgálatának eredményei az itt szereplőtől esetleg némileg eltérő lehet. Tekintettel arra, hogy ez a vizsgálati módszer közelítő, eredményei inkább csak első becslésként és érzékenységvizsgálatként vehetők figye-

lembe. Ezért szükséges a későbbi, 7.3. *pont* részletesebb modellje, melyet azonban nagyobb adat- és egyéb igénye miatt már csak a legfontosabb esetekre alkalmazunk.

### 7.3 A BÁNYATÓ TÉRSÉGI HATÁSAINAK VIZSGÁLATA

#### 7.3.1 A számítások módszere

Az AEM lényege abban áll, hogy a talajvíztérben jelen levő, a vízmozgást befolyásoló természetes képződmények (pl. vízfolyások, tavak, stb.) vagy mesterséges létesítmények (pl. kuttak, stb.) hatását külön-külön, a talajvízmozgás alapegyenletét egyenként kielégítő összefüggésekkel vizsgáljuk. Ezek az elemek a teljes talajvíztér egy-egy lokális jellemzőjét adják, a hozzájuk tartozó összefüggés a teljes áramlási tér leírásának egy-egy *analitikus eleme*. Az egyes elemek elkülönített leírása után a hatások az alapegyenlet linearitása illetve linearizálhatósága alapján egymásra halmozhatók. Így alakul ki a teljes áramlási tér átfogó leírása, mely az előző *pont* feltételei mellett kielégíti az időben állandó talajvízmozgás alábbi alapegyenletét (Kovács, 1972, Juhász, 2002):

$$T \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + T \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = N$$

ahol:

- h, m B.f. : a nyomásszint,
- T, m<sup>2</sup>/d : a transzmisszibilitás,  $T = kh$
- N, m<sup>3</sup>/d/m<sup>2</sup>: a felszíni beszivárgás

Az alapegyenlet korlátai közül a talaj vízszintestől eltérő rétegződése, lokális inhomogenitása, és a függőleges vízforgalom számos megfelelően kialakított analitikus elemmel figyelembe vehető.

Az egyes összefüggések az áramlási tér egy-egy elemét írják le az elem helye, geometriai alakja és hidraulikai jellemzői függvényében. Számos elem esetén ezen jellemzők adottak, azonban vannak olyanok is, ahol ezek nem ismertek. Meghatározásukhoz minden ismeretlent tartalmazó elem esetén szükséges egy-egy ellenőrző pont, ahol vagy a talajvízszint maga (például beszivárgás számítása esetén ismert vízszintű tóból), az áramlás iránya (például vízzáró határ mentén) vagy egyéb feltétel ismert. Ezen feltételek segítségével minden egyes ellenőrző pontra felírható a teljes áramlási teret jellemző összegzett hatás. Az így kapott egyenletek valamennyi pont figyelembe vételével olyan lineáris egyenletrendszer alakul ki, melynek megoldása nyomán a vizsgált tér bármely pontjában megadható a talajvízszint.

Az egyes elemek leírásához a hidromechanika jól ismert áramképeit (Németh, 1963.) vagy azok továbbfejlesztett változatait (Strack, 1989, Haitjema, 1995, Csoma, 1995., 2001, 2002.) alkalmazzuk. Így vízfolyások figyelembe vételére a vonal menti források láncolata, tavak esetében pedig a korábbi, kör alakú közelítés helyett a különböző alakú felületi források alkalmazhatók, stb. (Csoma, 2007.)

A számításokhoz a GFLOW nevű szoftvert alkalmazzuk ([www.haitjema.com](http://www.haitjema.com)).

#### 7.3.2 A számításokhoz felhasznált adatok és a modell kalibrálása

A vizsgált terület az országhatár, a Berettyó bal partja és a Sebes-Körös jobb partja alkotta háromszög, ahol a VIASTEIN Kft. kavicsbánya megnyitását tervezi. A térségben működik az Ártánd I. és Biharkeresztes I. bánya, és több további tó is található.

A terület vízföldtani jellemzőit a 3. *pont* alapján építettük a modellbe. Így a feküszint alapértékét 75,5 m B.f értékkel közelítettük, szivárgási tényezőt szintén egy térségi alapértékkel ( $k = 20$  m/d) vizsgáltuk. Ezek adták a kiindulási értékeket a későbbi kalibráláshoz.

A meglevő kavicsbányatavak párolgását a szabad vízfelszín többletpárolgásával vizsgáljuk, mely a 4.2. *pont* tanulsága szerint csapadékszegényebb, melegebb időszakban 300 mm/év, hűvösebb, csapadékosabb időszakban 250 mm/év értékkel becsülhető.

A Berettyó és a Sebes-Körös fontosabb adatai az 5.1, a kavicsbányatavaké az 5.2. *pontban* található, a folyókat az 5.1.1. *melléklet*, a tavak méretét a 11. *táblázat*, elhelyezkedését a 25. *ábra* mutatja.

A kalibrálást csapadékosabb időszakra, 250 mm/év párolgással és a talajvíz közepes nagyvízének feltételezése mellett végeztük. A számítás célja a bizonytalan illetve nehezen mérhető, inkább becsült paraméterek olyan kombinációjának megtalálása, mellyel egy valós hidraulikai helyzet előállítható. A paraméterek, melyeket a kalibrálás során - természetesen a fizikai realitások szem előtt tartása mellett – módosítottunk, az alábbiak:

- a szivárgási tényező, melynek becslése megfelelőnek bizonyult, azonban kismértékbe emelkedett: az eredetileg a 3.6 *pontban* megadott tartomány középértéke helyett a felső határához közelítve 25 m/d bizonyult helytállóknak,
- a feküszint, mely esetén a 3.6. *pontban* megadott intervallumot figyelembe véve 75 m B.f. lett,
- a háttéráramlás, mely további magyarázatot igényel. Jelen modell a 7.3.1. *pont* szerint végtelen kiterjedésű talajvízteret vizsgál. A háttéráramlás a végtelen közeli hatásokat veszi figyelembe, azaz olyan, nem modellezett – nem modellezhető - jelenségeket, melyek azonban a vizsgált területre hatással vannak. Jelen esetben ilyen például a területet keleti irányból, az Erdélyi-szigethegység felől érő vízutánpótlás, melyet minden korábban bemutatott talajvízterkép (pl. 4. *ábra*) is mutat. Ennek megfelelően a háttéráramlás kalibrált iránya kelet-nyugati lett, nagysága azonban a 6.5. *pontban* meghatározott sebesség töredéke.
- a figyelembe vett vízfolyás-szakaszok hossza, melyek közé végülis a Sebes-Körös és a Berettyó magyarországi szakasza mellett be kellett vonni a Keleti-főcsatorna egy jelentősebb szakaszát is.

A kalibráláshoz a folyók középvize mellett a talajvíz 6.3. és 6.6. *mellékletben* megadott közepes nagyvízszintjeit alkalmaztuk. Ez így nem egy ténylegesen előfordult hidrológiai – hidraulikai állapot a folyami középvizekkel együtt, de a 6.6. *pont* megfontolásai és a 35. *ábra* - 39. *ábra* sorozatának tanulsága szerint előfordulhat. Emiatt a kalibrálás során átlagos pontosságra törekedtünk, megengedve azonban lokálisan egy-egy nagyobb eltérést.

A kalibrált modell így a két folyó közti területen átlagosan 1,0 cm körüli pontossággal adta meg a talajvízszint-észlelő kutak közepes nagyvízszintjeit, míg ha a folyók túlsó partján levő kutakat is figyelembe vesszük, akkor ez az érték kevesebb, mint 50 cm. A lokálisan előforduló akár 1 m-t is meghaladó hibák inkább a folyók – jellemzően a Berettyó - túlsó partján jelentkeztek.

A következő lépés a modell validálása. Ehhez a kalibrált modellel egy kalibráláshoz fel nem használt, attól független állapot számítását végeztük el, melynek eredménye szintén ismert. A művelet célja annak igazolása, hogy a kalibrált modell egy más hidrológiai-hidraulikai helyzetben is a valós állapotot adja. Validáláshoz folyami közepes kisvíz mellett a talajvízszint-észlelő kutak szintén közepes kisvízeit alkalmaztuk, egy szárazabb időszak, 300 mm/év többletpárolgásával.

A validáció során a modell átlagosan 7 cm-n belüli pontossággal adta meg a talajvízszint-észlelő kutak közepes kisvízszintjeit a Sebes-Körös – Berettyó közén. Ha az összes kutat figyelembe vesszük, akkor az átlagos hiba kissé 50 cm fölé kerül. Ezek az értékek összhangban vannak a korábban tapasztaltakkal, mely szerint általában a kalibráció ad pontosabb közelítést a validációnál.

Megjegyzendő, hogy míg a validáció során a közepes kisvíz szintjét alkalmaztuk mind a folyók, mind a talajvíz szintjére, addig a kalibrálás során a talajvíz közepes nagyvíze mellett a

folyó középvizét vettük figyelembe. Ezen, nem következetesnek tűnő adatfelvételt a folyó vízszintjének és a talajvízszintnek az eltérő tartóssági viszonyai (21. ábra és 31. ábra) adják. Míg a folyón egy tartósan alacsony vízállás együtt járhat a talajvíz tartósan alacsony szintjével, addig a talajvíz közepes nagyvize akár több hónapos tartósságú lehet, a folyóé viszont csak pár nap. Azaz a talajvíz közepes nagyvize inkább a folyó középvizéhez kapcsolható, mint az igen alacsony tartósságú folyami közepes nagyvízhez.

### 7.3.3 Számított változatok

Az előző pont alapján kalibrált és validált modell további hidrológiai - hidraulikai helyzetek modellezésére alkalmas. A kialakított két állapot főbb jellemzőit a 16. táblázat foglalja össze. A továbbiakban ezen két hidrológiai helyzetet tekintjük a vizsgálendő csapadékszegény, röviden száraz és a csapadékos, röviden nedves időszak kiinduló állapotának.

16. táblázat: A modell főbb jellemzői

	száraz	nedves
	időszak	
modell	validált	kalibrált
párolgás, mm/év	300	250
folyó	KKV	KÖV
talajvíz	KKV	KNV

A VIASTEIN Kft ártándi bányájának fejlesztését három ütemben feltételeztük:

- I. ütem : 20 ha kitermelése, mely összhangban van a 7.2. pont vizsgálataival
- II. ütem : további 30 ha kitermelése, így a tó 50 ha, mely a korábban becsült kitermelési ütem mellett mintegy 25 év múlva várható
- III. ütem: további 30 ha kitermelése, így a tó 80 ha, mely a becsült kitermelés mellett esetlegesen 40 év múlva várható.

A tó alakját egyéb információ hiányában téglalappal, illetve a bányatelek alakjával közelítjük.

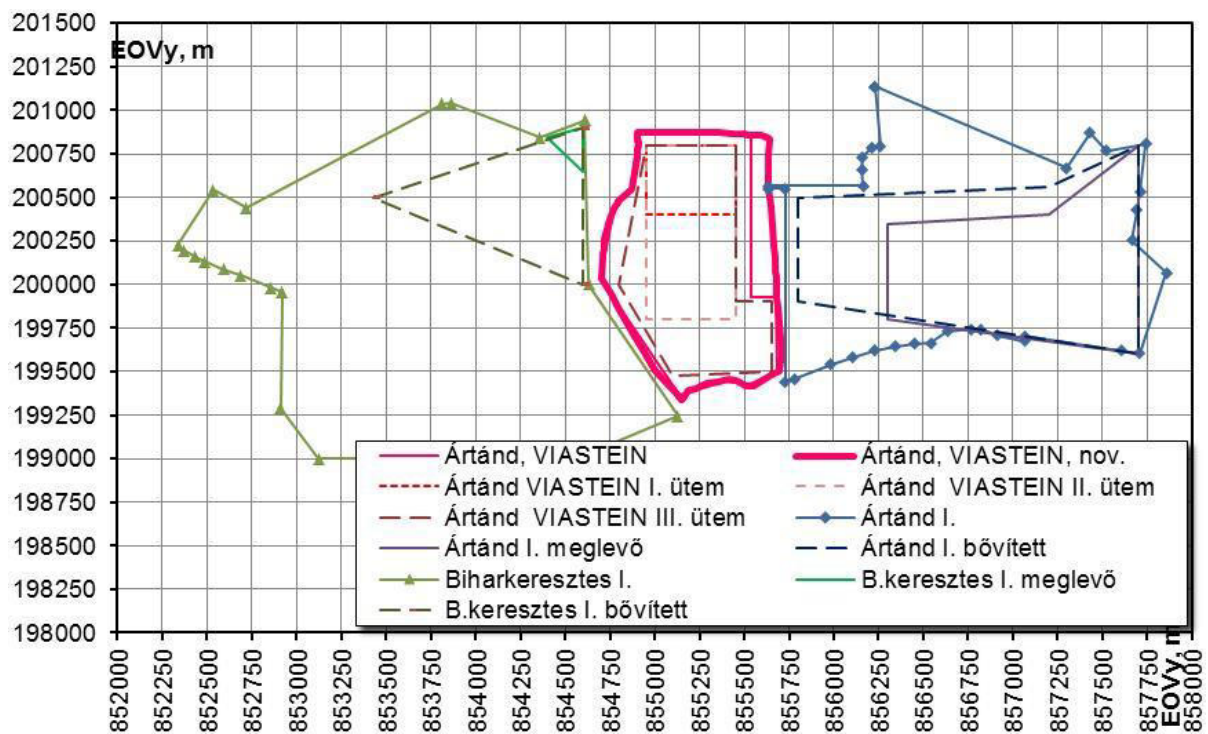
A térségben található tavakat a továbbiakban is jelenlegi méretükkel vesszük figyelembe. Azonban kivételt teszünk a két nagy szomszédos bányatelekkel, mely esetén egységesen 50 – 50 ha távlatilag, a III. ütemmel egyidőben megvalósuló fejlesztést becsültünk. Ezen utóbbi igen erőteljes változás, miközben már maga a III. ütem is a nagy időlépték miatt bizonytalanságokkal terhelt.

A fejlesztéseket a 46. ábra mutatja. A jelölés itt is a 25. ábra szerinti: két nagy bányatelek határvonalait jelölők, míg a jelenleg meglévő tavaikat jelölő nélküli vékonyabb vonalak mutatják. A tervezett bányatelek határainak korábbi és novemberi változata vékonyabb illetve vastagabb folytonossal látható. Mindhárom bányatelek esetén a különböző bővítési területeket szaggatottal jelöltük. Az egyéb, meglévő tavakat ezen az ábrán nem tüntettük fel.

Fentiek változatok összefoglalását a 17. táblázat tartalmazza. Az itt megadott 4x2 számítási változat mindegyikét a korábban bemutatott módon kalibrált és validált modellel vizsgáljuk.

17. táblázat: Számított változatok

	Ártánd, VIASTEIN		Ártánd I.		Biharkeresztes I.	
	állapot	terület, ha	állapot	terület, ha	állapot	terület, ha
1. változat	I. ütem	20,00	meglévő	105,75	meglévő	2,55
2. változat	II. ütem	50,00	meglévő	105,75	meglévő	2,55
3. változat	III. ütem	80,00	meglévő	105,75	meglévő	2,55
4. változat	III. ütem	80,00	bővített	155,70	bővített	52,65



46. ábra: Bányafejlesztések

### 7.3.4 Eredmények

A VIASTEIN Kft. ártándi kavicsbányájának vizsgálatára a 7.3.2. pontban kalibrált modellel meghatároztuk a 7.3.3 pontban megadott számítási változatok mindegyike esetén kialakuló talajvízszinteket. A kapott értékeket a bányaterület környezetében talajvíz szintvonalakkal a 7. mellékletben foglaltuk össze. Az ábrák a GFLOW program segítségével készültek, háttérként a Google Earth halványított képével. Az ábrák, melyek a szinteket fél méteres közökkel mutatják, az egyes bányaterületeknek a 17. táblázat szerint megadott területét is jelölik, a meglévőket narancs színnel, a tervezetteket vörössel. Az ábrasorozat jelen vizsgált bánya esetén tájékoztató jelleggel feltünteti a bányatelek korábbi határait is, a novemberi módosítást viszont nem, mivel az utólag kapott információ ez esetben jelentős újraszerkesztést igényelt volna, egyéb előnyök nélkül.

A térségi hatásokat összefoglalóan a 18. táblázat adja meg, és a 47. ábra - 52. ábra alkotta ábrasorozat szemlélteti. Az ábrák és a táblázat a talajvízszintek változását – jellemzően csökkenését – mutatja valamely – nedves vagy száraz időszaki - alapállapothoz képest. A táblázat tehát az egyes változatoknak az alapállapottól való eltérését mutatja a vizsgált 22 talajvízszint-észlelő kút helyén. A táblázatból látható, hogy a szintváltozások a 10 év múlva várható állapot esetén általában nem haladják meg a néhány cm-t, és a 25 év után várható második ütem is legfeljebb 10 – 15 cm szintváltozást okoz. Ez alól kivételt jelentenek az Ártánd környéki kutak, ahol inkább száraz időszakban előfordul 15 cm-t meghaladó szintcsökkenés is. Az igen bizonytalan III. ütem esetén a legközelebbi kutak kivételével a szintcsökkenés továbbra is néhány cm marad, azonban a legközelebbi kutak esetén elérheti, sőt száraz időszakban meg is haladhatja a 20 cm-t.

18. táblázat: Szintváltozás [cm] a talajvízszint-észlelő kutaknál

törzsszám	név	nedves időszak			száraz időszak		
		1. vált.	2. vált.	3. vált.	1. vált.	2. vált.	3. vált.
2651	Bakonszeg	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,3
2664	Bedő	-5,5	-13,6	-21,4	-7,0	-17,4	-27,4
2661	Berekböszörmény	-5,0	-12,9	-20,9	-6,3	-16,4	-26,7
2657	Berettyóújfalu	-0,7	-1,9	-3,0	-1,0	-2,4	-3,9
2658	Berettyóújfalu	0,1	0,4	0,6	0,2	0,5	0,7
2662	Biharkeresztes	-8,2	-18,2	-25,1	-10,6	-23,4	-32,3

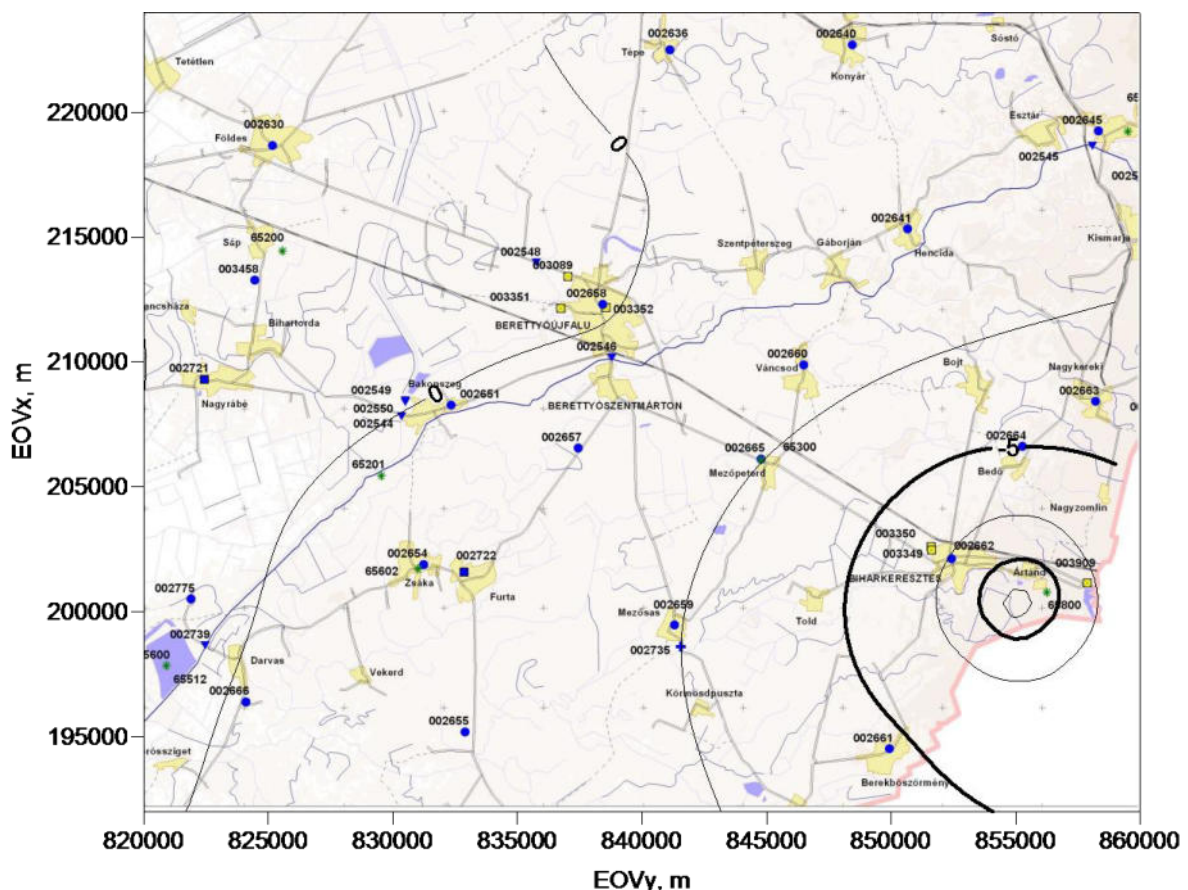


18. táblázat: Szintváltozás [cm] a talajvízszint-észlelő kutaknál

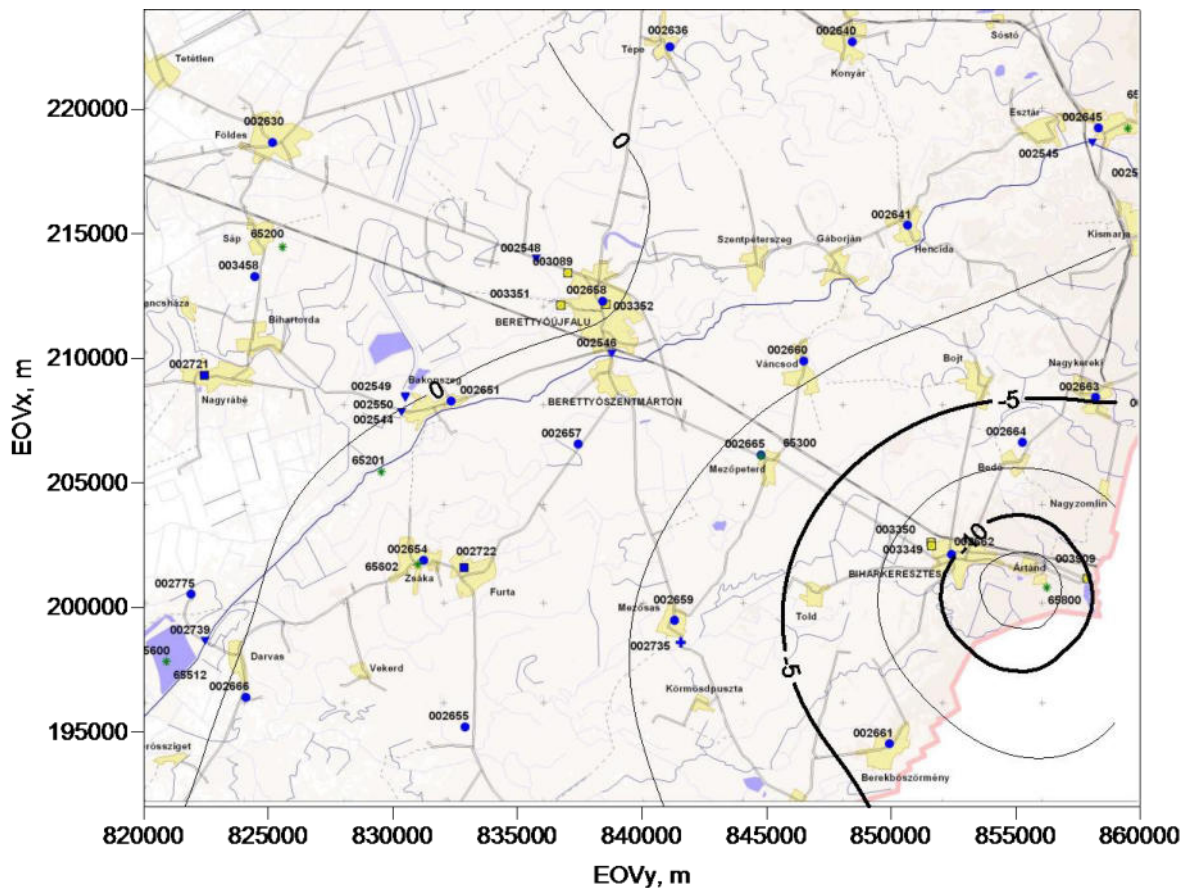
törzs-szám	név	nedves időszak			száraz időszak		
		1. vált.	2. vált.	3. vált.	1. vált.	2. vált.	3. vált.
2652	Biharnagybajom	-0,2	-0,4	-0,6	-0,2	-0,5	-0,8
2666	Darvas	0,0	-0,1	-0,1	0,0	-0,1	-0,2
2775	Darvas	0,1	0,3	0,4	0,1	0,3	0,5
2641	Hencida	-0,2	-0,5	-0,8	-0,3	-0,7	-1,1
2656	Komádi	-0,4	-0,9	-1,4	-0,4	-1,1	-1,8
2640	Konyár	-0,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,6	-2,5
2665	Mezőpeterd	-2,8	-6,9	-11,0	-3,5	-9,0	-14,2
2659	Mezősas	-2,6	-6,8	-10,8	-3,4	-8,7	-13,9
2663	Nagykereki	-4,3	-10,7	-16,9	-5,5	-13,7	-21,6
2645	Pocsaj	-1,1	-2,8	-4,4	-1,4	-3,5	-5,6
2653	Szeghalom	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1
2650	Szerep	-0,2	-0,6	-1,0	-0,3	-0,8	-1,2
2636	Tépe	-0,3	-0,7	-1,2	-0,4	-0,9	-1,5
2660	Váncsod	-1,8	-4,4	-7,0	-2,3	-5,7	-9,0
2654	Zsáka	-0,4	-1,0	-1,6	-0,5	-1,3	-2,1
2655	Zsáka	-0,9	-2,3	-3,7	-1,2	-3,0	-4,9

A táblázat a 4. változat távlati együttes fejlesztését nem tartalmazza, csak a 7. melléklet. Ennek az az oka, hogy itt célunk a sok bizonytalanság miatt első sorban nem a szintváltozások becslése volt, hanem inkább annak feltárása, hogy egy igen erőteljes, de lehetségesnek tűnő fejlesztés esetén mennyire változnak a talajvízviszonyok. Így ezt a változatot a többiektől külön kezeljük.

A következő ábrák az alapváltozattól való eltéréseket mutatják az egyes hidrológiai helyzetekben. Az ábrák a korábban is alkalmazott *Surfer* szoftverrel készültek, mely a megadott pontokra illesztett felületet a geostatistika krigelés módszerével becsli. Az ábrák háttérképe a 2. ábra vízrajzi észlelőhálózata. Az ábrasorozat kitermelési ütemenként hasonlítja össze a nedves és a száraz időszakokban kapott értékeket.



47. ábra: Talajvízszintek változása, I. ütem, nedves időszak



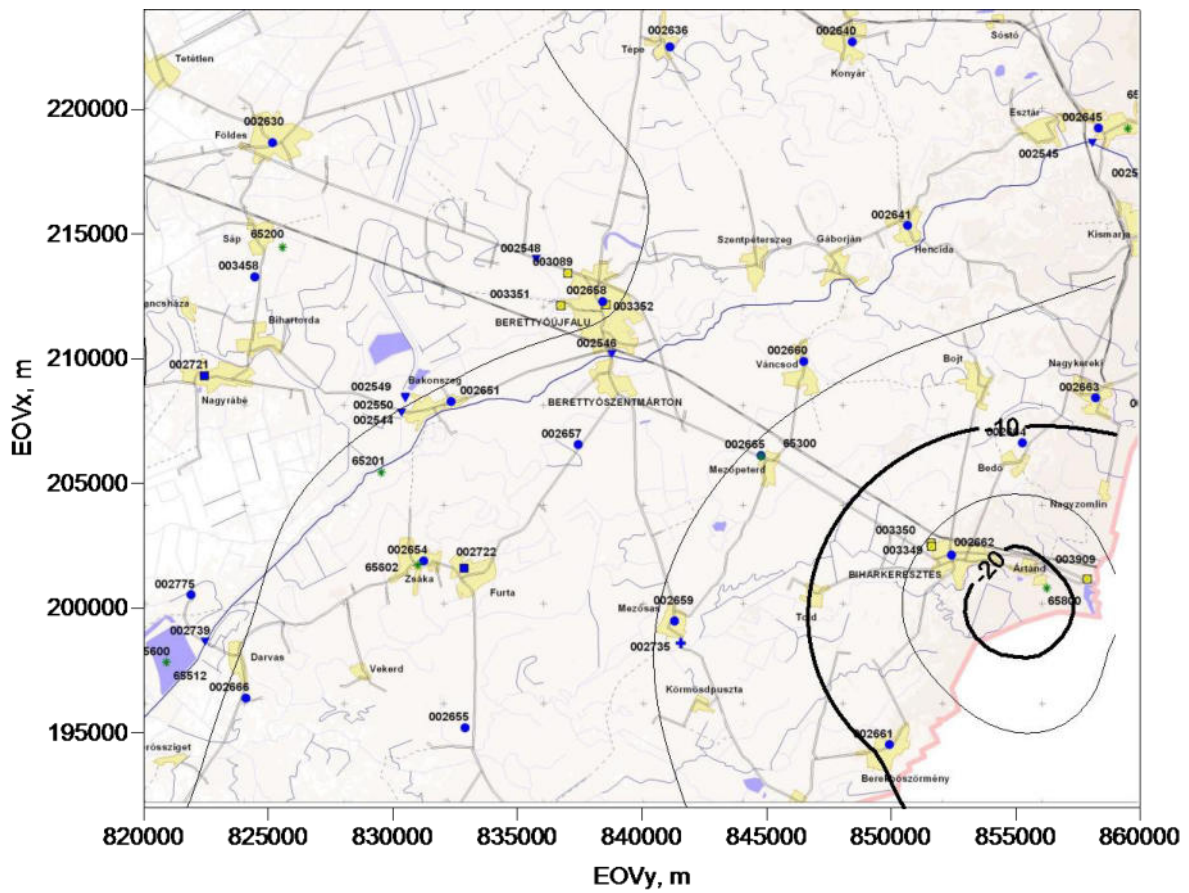
48. ábra: Talajvízszintek változása, I. ütem, száraz időszak

A 47. ábra - 48. ábra az I. ütem szintváltozásait mutatja a vizsgált területen, ahol a szintvonalakat 2,5 cm-es lépcsővel adjuk meg. Az erőteljesebb hatásokat mutató száraz időszakban a bányatelkek közvetlen közelében legfeljebb 10 - 12 cm, csapadékos időszakban legfeljebb 8 - 10 cm szintcsökkenés várható. A folyó közelében északon és délen is ennél lényegesen kisebb szintcsökkenések fordulnak elő, és a hatás Berettyóújfalun túl nem terjed. A Berettyó jobb illetve a Sebes-Körös bal partjának térségében szintváltozás nem tapasztalható.

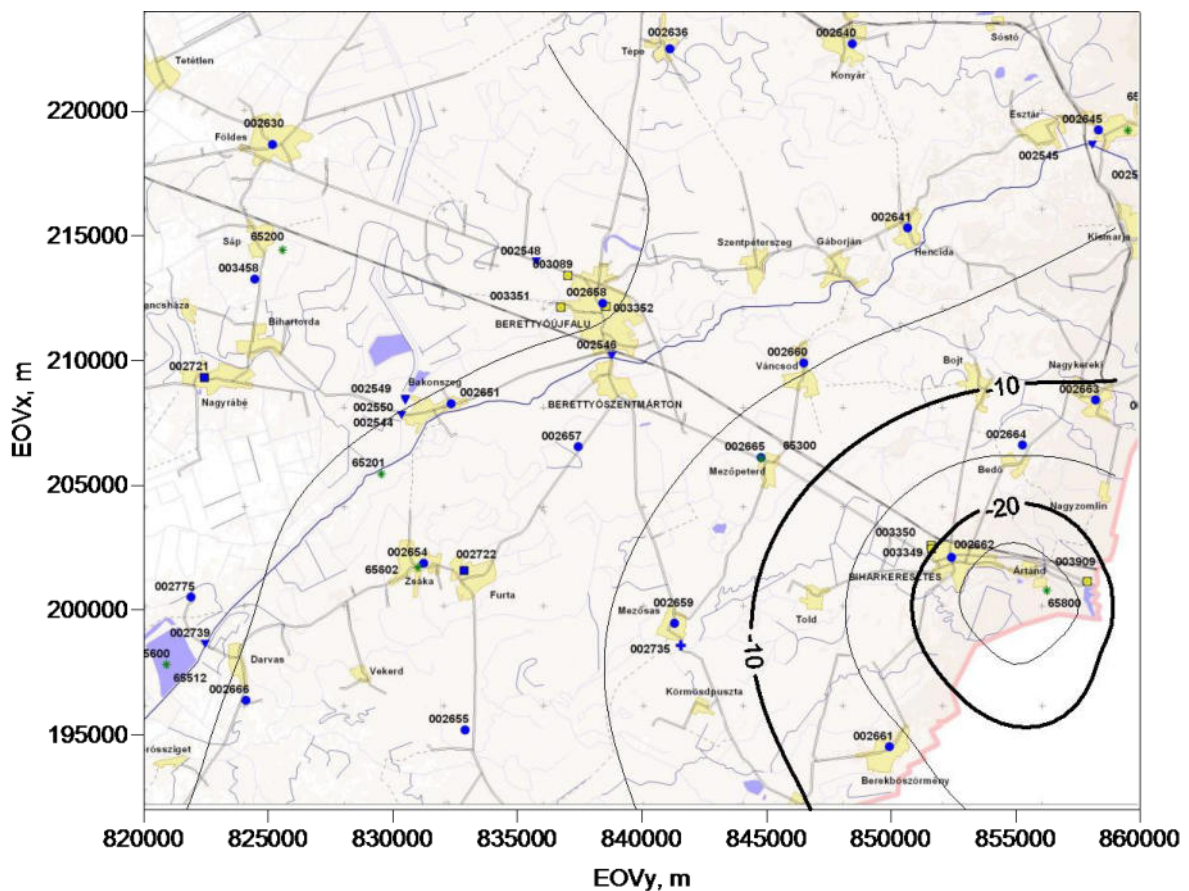
Áttekintve a bányatelkek környékének szintvonalait, melyeket a 7.2. és 7.7. mellékletek mutatnak, megállapítható, hogy a nedves és száraz időszakok igen hasonló képet mutatnak, csupán a két ábra szintvonalai között van a kétféle állapotnak megfelelő mintegy másfél méter szintkülönbség. A keleti részen sűrűbbek a szintvonalak, melyet a kissé meredekebb tér szín indokol, a nyugati részen a ritkább szintvonalak a síkabb, alföldiesebb területre utalnak. A bányatavak ezen két térség határán helyezkednek el, és kismértékben módosítják a szinte párhuzamos szintvonalakat.

Nehezíti a modell kialakítását az országhatár közelsége. Ezért nehéz becsléni az országhatáron túli szintváltozásokat, mivel a kalibráláshoz és validáláshoz egyrészt nem álltak rendelkezésünkre kútszintek, másrészt a partiumi tavak területe és elhelyezkedése is becslélt, és a további információ beszerzésének lehetősége korlátozott.

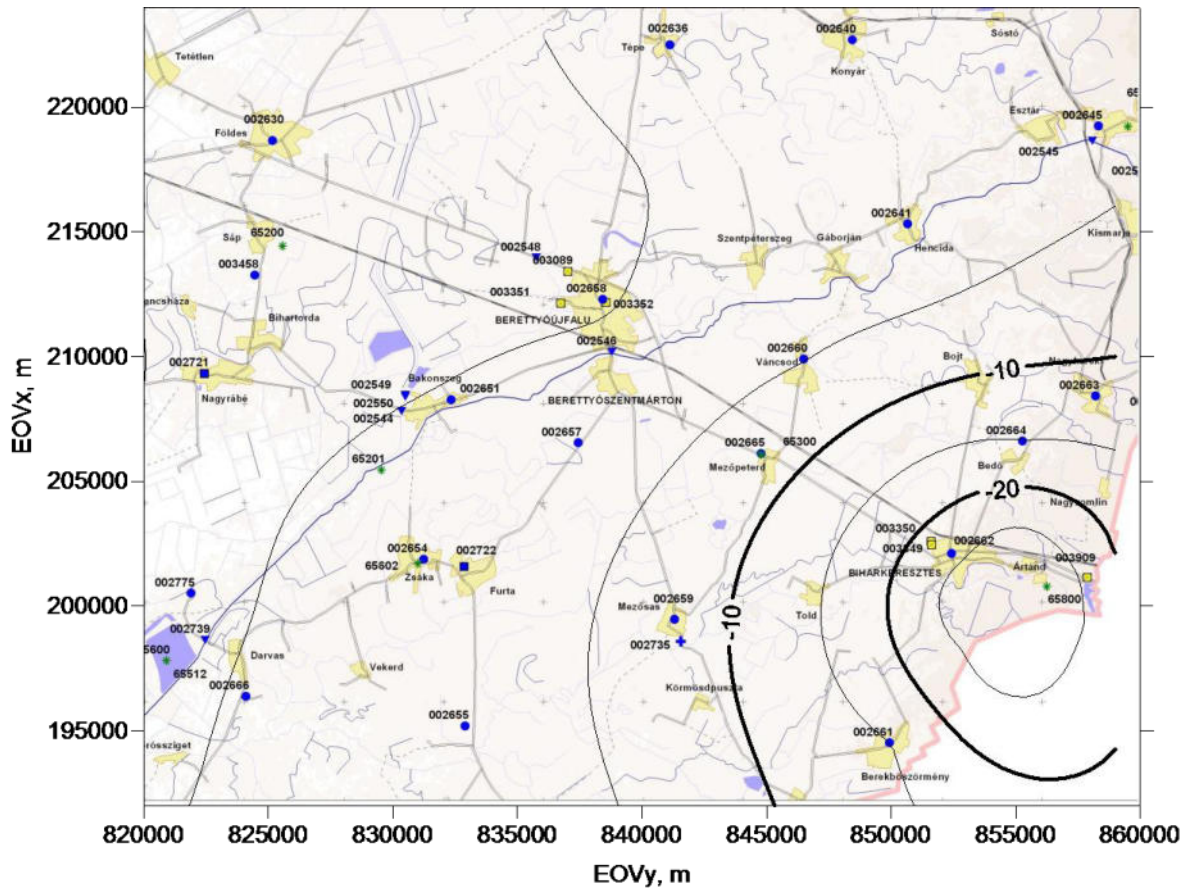
A 49. ábra - 50. ábra a II. ütem szintváltozásait mutatja. A szintvonalak lépcsője itt már 5 cm. A két és félszeresére növekedett bányató hatására az erőteljesebb hatásokat mutató száraz időszakban a bányatelkek közvetlen közelében 20 cm-t meghaladó, a csapadékos időszakban inkább 20 cm körüli szintcsökkenés várható. A hatás a folyók vonalára ebben az esetben is lecsökken, a túlsó partokra nem terjed át. A bányatelkek környéki áramlási viszonyokat mutató 7.3 melléklet, de különösen a 7.8. melléklet Ártánd I. bánya környékén már erősebben módosuló szintvonalat mutat.



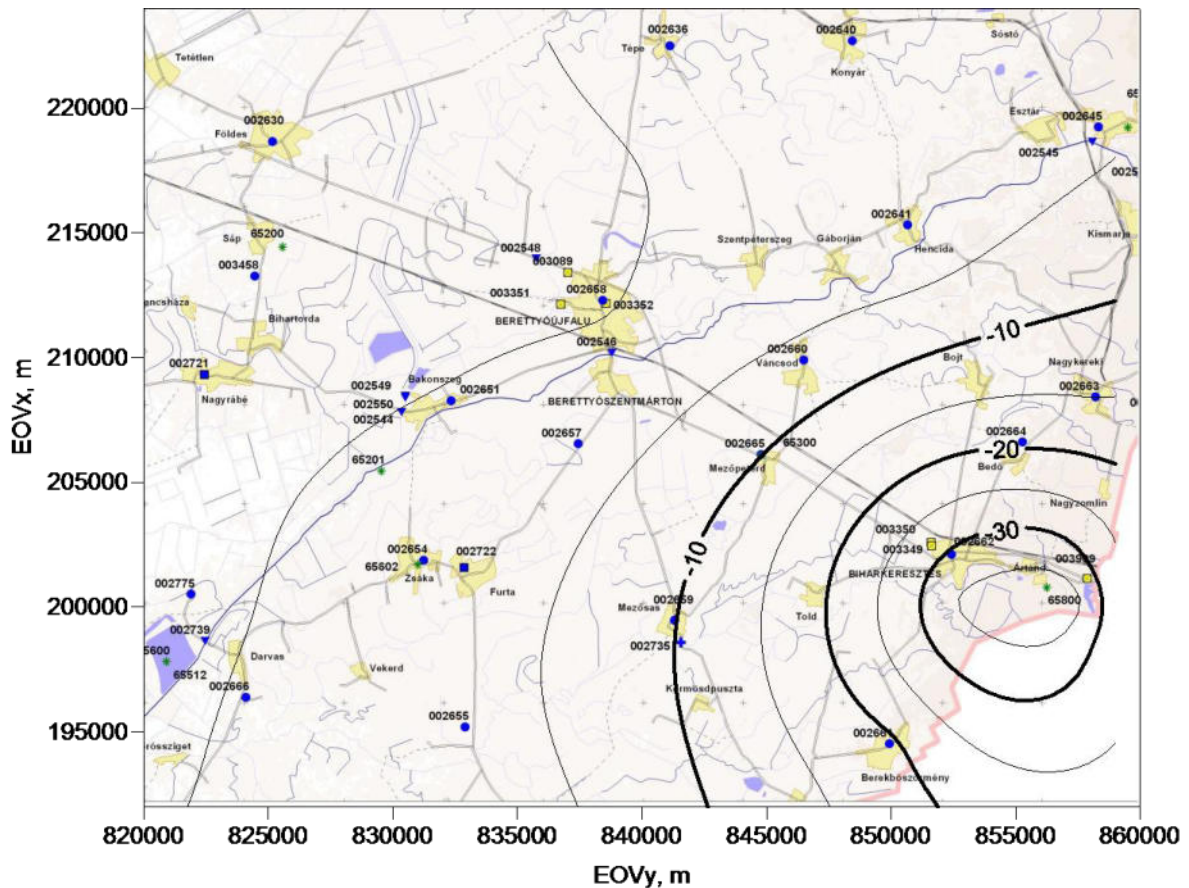
49. ábra: Talajvízszintek változása, II. ütem, nedves időszak



50. ábra: Talajvízszintek változása, II. ütem, száraz időszak



51. ábra: Talajvízszintek változása, III. ütem, nedves időszak



52. ábra: Talajvízszintek változása, III. ütem, száraz időszak

Végül az 52. ábra - 52. ábra a bizonytalanabb távlat fejlesztést mutatja. A szintvonalak lépcsője itt is 5 cm. Ebben az esetben a bányató területe az I. ütem négyszerese, ami igen tetemes növekedés. Ennek megfelelően a szintváltozások is számottevőbbek, időszaktól függően 25 – 30 cm is előfordulhat. Azonban egyrészt ez olyan időtávlatot jelent, mely során számos tényező ezt az értéket befolyásolhatja. A hatás még ekkor is lokális marad, a folyók vonalára ekkor is lecsökken, a túlsó partokra nem terjed át. A bányatelek környéki áramlási viszonyokat mutató 7.4 melléklet, és 7.9. melléklet már nem csak Ártánd I. bánya környékén mutat erősen módosuló szintvonalat, hanem a vizsgált bányatelek környezetében is.

A 17. táblázat 4. változata egy igen erőteljes fejlesztést vizsgál, eredményeit a 7.5 melléklet, és 7.10. melléklet mutatja. Ebben az esetben Ártándot délről egy szinte egybefüggő tórendszer határolja, melyhez a határon túli tavak is hozzájárulnak. A tórendszer hossz tengelye a térség fő, kelet – nyugati áramlásával nagyjából megegyezik. A nagy szabad vízfelület, melylyel a meglévő vízfelület több, mint kétszerese lesz, kelet felől erőteljesen megnöveli az áramlást, melyet a sűrűbb szintvonalak jeleznek. Ekkora szabad vízfelület azonban nemcsak a felszín alatti áramlási viszonyokat módosíthatja, hanem esetlegesen egyéb tényezőket is. A hatások becslése és esetleges csökkentése ilyen léptékű távlati fejlesztések esetén nehezen becsülhető. Bár már a tervezés jelen fázisában is célszerű a fenti jelenségekre felkészülni, például a visszatöltések helyének megfelelő megválasztásával, érdemes különösen az érintett települések közelében monitoring kutak létesítése és rendszeres észlelése, melylyel a várható folyamatok előre jelezhetőek.

Végül fentieket a 19. táblázatban foglaltuk össze. A táblázat azt adja meg, hogy a 10 cm-es vagy annál nagyobb talajvízszint-változás mekkora területet érint. Mivel a 47. ábra - 52. ábra sorozata a bányatelek körül leszívási tölcseért mutat, ezt körrel közelítjük, és a táblázat annak sugarát adja meg. Látható, hogy az I. ütemben a hatásterület még száraz időszakban is csekély.

19. táblázat: 10 cm szintváltozás hatásterülete

változat	nedves	száraz
I. ütem	r = 1,5 km	r = 2,5 km
II. ütem	r = 6 km	r = 8 km
III. ütem	r = 8 km	r = 12 km

## 8 ÖSSZEFOGLALÁS

A VIASTEIN Kft. ártándi létesítendő kavicsbányájának talajvízhidraulikai modellezése során az országhatár, a Berettyó bal partja és a Sebes-Körös jobb partja közötti háromszög alakú területet vizsgáltuk. Az előző fejezetekben részletesen feltártuk és értékeltük a térség hidrogeológiai felépítését, hidrometeorológiai viszonyait, a szomszédos a bányatavak kialakulását, a két határoló folyó vízjárását és a térség talajvízviszonyait. Ezzel célunk nemcsak a terület összetett viszonyainak megismerése volt, hanem a végcélnak tekintett talajvízhidraulikai modell kialakításához alapadatok szolgáltatása.

Mindezek alapján a vizsgált bánya környezetére kalibrált és validált kétdimenziós permanens talajvízhidraulikai modellt alakítottunk ki, mellyel a bánya kialakításának és későbbi bővítésének a környező területek talajvízszintjeire gyakorolt hatásait elemeztük. A vizsgálatokat jelen fejlesztés mellett két szomszédos bánya becsült bővítésével is elvégeztük eltérő hidrometeorológiai viszonyokra.

A számítások legfőbb eredményei az alábbiakban foglalhatók össze:

- A térség jelentős része törmelék- és hordalékkúp, melynek kialakulását, az egyes rétegek települését a földtörténeti korok során a folyók és a klimatikus viszonyok határozták meg.
- A vizsgálatok megmutatták, hogy a térségben a folyók és a talajvíz összefüggő, egymásra ható rendszert alkotnak, melyet a hidrometeorológiai viszonyok erősen befolyásolnak.
- A bányanyitás illetve üzemelés hatása még a legnagyobb, becsült fejlesztések esetén sem terjed át a két folyó bányával átellenbe erő oldalára.
- A kavicsbánya okozta vízszintváltozás csapadékosabb, alacsonyabb párolgású - nedves - időszakokban csekélyebb, míg száraz, csapadékszegény, erőteljesebb párolgású időszakokban erőteljesebb.
- A vizsgált változatok igazolták, hogy a bánya létesítése a térség jellemző áramlási viszonyait nem, vagy csak igen kis mértékben befolyásolja.
- A vizsgált első ütemben a hidrometeorológiai viszonyoktól függően a környező településeket – időszakos maximumok mellett – legfeljebb 5 – 10 cm-es talajvízszint-süllyedés érheti el.
- A hatás a közeli falvakat a becsült kitermelési ütem mellett mintegy 3 – 6 év alatt érheti el.
- Nagyobb szintváltozások kialakulásához több évtizedes folyamatos üzemelés szükséges, így 25 év múlva 20 – 25 cm, 40 év múlva 25 – 30 cm talajvízszint-süllyedés várható a bányatelek közelében. Azonban különösen a távolabbi időpont értékei a nagy időlépés és az összetett viszonyok miatt óvatosan kezelendők.

Összevetve a vízszintsüllyedéseket a környező talajvízszint-észlelő kutak gyakran 3 m-t meghaladó természetes vízszintingadozásával, a szintváltozás ennek csupán néhány százaléka. A szintváltozások ennél részletesebb meghatározását egyrészt a talajvízszint-észlelés, másrészt a modell pontossága korlátozza.

Jelen számításokat olyan becsült fejlesztésekkel végeztük, melyek egyrészt a pillérekben maradó anyagot, másrészt egyes tórészek meddővel történő visszatöltését figyelmen kívül hagyják. A fent megadott változások tehát túlbecsültek lehetnek, a hatások várhatóan ennél kisebbek lesznek. Emellett a feltételezett 2 ha/év kitermelés is inkább egy felső határnak tekinthető. Amennyiben a kitermelés üteme ennél kisebb, a hatások is késleltetve, és mérsékeltebben jelentkeznek.

Külön figyelmet érdemelnek a bányaterület közelében található ivóvízbázisok, melyek közül a biharkeresztesi van közelebb. Mivel a térségi áramlási viszonyok változatlanok maradnak, a vízbázisok mennyiségi tekintetben várhatóan nem sérülnek. Esetleg vízminőségi problémákat vethet fel a kitermelés során vagy a felhagyás után a tóba jutott szennyezés terjedése. Az ivóvízbázisok biztonság érdekében a meddővel történő visszatöltés helyének megfelelő megválasztásával valamint monitoring rendszer telepítésével a veszélyeztetettség azonban előre jelezhető illetve mérsékelhető.

## 9 FELHASZNÁLT IRODALOM

- BARATI, S. - BÉRES, I. - HOITSY, G. - HORVÁTH, B. - SZLABÓCZKY, P. - NAGY, K. - ZÁMBORI, Z.:** A kavicsbányászat és a kavicsbányatavak környezet- és természetvédelmi problémái-CEEWEB Közép- és Kelet Európai Munkacsoport a Biodiverzitás Megőrzéséért, Miskolc, 2008.
- BEAR, J.:** Hydraulics of Groundwater. McGraw-Hill Inc. New-York, 1979.
- BOONSTRA, J. – DE RIDDER, N. A.:** Numerical modelling of groundwater basins. ILRI Wageningen, 1981.
- BUSCH, K. F. - LUCKNER, L.:** Geohydraulik. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. Leipzig, 1972.
- CSOMA, R.:** Talajvíz-áramlási modellek összehasonlító értékelése. Egyetemi doktori értekezés. Budapest, 1995.
- CSOMA, R.:** The Analytic Element Method for Groundwater Flow Modelling. Periodica Politechnica. Civil Engineering. Vol. 45/1, 2001.
- CSOMA, R.:** Talajvíz-áramlás modellezése az analitikus elemek módszerével. Hidrológiai Közlöny, 82. évf. 4. szám, 2002.
- CSOMA, R.:** Szabályos és szabálytalan alakú analitikus elemek a talajvízmozgás modellezésére. Ph.D. doktori értekezés, Budapest, 2007.
- DEÁK, I. – FALU, J. KARÁCSONY, S.:** Kavicsfeltárási eredmények Közép- és Dél-Tiszántúlon. Földtani kutatás, 11. évf. 3 – 4. sz. 1968.
- DEVLIN, J. E.:** HydrogeoSieveXL: an Excel-based tool to estimate hydraulic conductivity from grain-size analysis. Hydrogeology Journal vol. 23. Issue 4. 2015
- HAIJEMA, H.:** Analytic Element Modelling of Groundwater Flow. Academic Press, San Diego, California, 1995.
- JUHÁSZ, J.:** Hidrogeológia. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2002.
- KALMÁR, E – MIKA, J. – SCHIROKNÉ KRISTON, I. – SCHLANGER, V. – SZENTIMREY, T. – BELLA, SZ. - WANTUCHNÉ DOBI, I.:** A 2003. év időjárása a XX. század hazai tendenciáinak tükrében. Vízügyi Közlemények LXXXVI. évf. 1-2.sz. 2004.
- KONTUR, I. - KORIS, K. - WINTER, J.:** Hidrológiai számítások. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1993.
- KOVÁCS, GY.:** Szivárgáshidraulika. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1972.
- KRAVINSZKAJA, G. – FEJÉR, V.:** A Balaton és a tórészek havi vízháztartási jellemzőinek meghatározása, 1996 – 2006. [www.kdtvizig.hu](http://www.kdtvizig.hu)
- MARINO, M. A. - LUTHIN, J. N.:** Seepage and Groundwater. Developments in Water Sciences No. 13. Elsevier Scientific Publishing Co, Amsterdam - Oxford - New York, 1982.
- MIKE, K.:** Magyarország ősvízrajza és felszíni vizeinek története. AQUA, Budapest, 1991.
- NÉMETH, E.:** Hidromechanika. Egyetemi segédkönyv. Tankönyvkiadó, Budapest, 1963.
- RÓNAI, A.:** Az Alföld talajvíztérképe. Magyar Állami Földtani Intézet. Budapest, 1961.
- RÓNAI, A.:** Az Alföld negyedidőszaki földtana. Series Geologica Tomus 21. 1985.
- STRACK, O. D. L.:** Groundwater Mechanics. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1989.
- SZALAI, J.:** A hidrológiai közelmúlt sajátosságai a talajvízszintekben. Vízügyi Közlemények LXXXVI. évf. 1-2.sz. 2004.
- SZALAI, S. - BELLA, SZ.:** A 2003. évi aszály. Vízügyi Közlemények LXXXVI. évf. 1-2.sz. 2004.
- SZLÁVIK, L.:** 2003 a hazai hidrometeorológiában szélsőségek vagy tendenciák? Vízügyi Közlemények LXXXVI. évf. 1-2.sz. 2004.
- TOMPA, L.:** A kavicsbányászat története Magyarországon. Földtani Kutatás XXV, évf. 2. sz.

1982.

**URBANCSEK, J.:** Berettyóújfalu környékének földtani leírása. MÁFI évi jelentése, 1953. 2. sz.

**VARGA, I. - CSOMA, R.:** Környezeti áramlástan I. Felszíni és felszín alatti vízterek. Tanszéki sokszorosítású előadási jegyzet. Budapesti Műszaki Egyetem Vízépítési Tanszék, 1995.

**A DUNA ÉS A TISZA SZORÍTÁSÁBAN.** A 2006. évi árvizek és belvizek. Szerk. Szlávik L. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Vízügyi Szakállamtitkársága, Budapest, 2006.

**A TISZAI ALFÖLD.** Magyarország tájféldrajza 2. Szerk.: Pécsi M. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1969.

**HÁRMAS-KÖRÖS. VÍZRAJZI ATLASZ** 18. kötet. Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet. Budapest, 1974.

**GFLOW.** [www.haitjema.com](http://www.haitjema.com)

**GOOGLE EARTH** <https://www.google.com/earth/>

**MAGYAR FÖLDTANI ÉS GEOFIZIKAI INTÉZET. (MFGI).** [www.mfqi.hu](http://www.mfqi.hu) (2017-ben átalakult)

**MAGYARORSZÁG FÚRÁSPONT TÉRKÉPE** . Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat.  
<https://map.mbfisz.gov.hu/furas/>

**MAGYARORSZÁG KISTÁJAINAK KATASZTERE.** Szerk.: Marosi S. - Somogyi S. MTA Földrajz-tudományi Kutató Intézet, Budapest, 1990.

**MAGYARORSZÁG TALAJVÍZTÉRKÉPEI.** Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat.  
<https://map.mbfisz.gov.hu/tvz/>

**MAGYARORSZÁG VÍZFÖLDTANI ATLASZA.** Szerk.: Schmidt E. R. Magyar Állami Földtani Intézet. Budapest, 1961.

**ORSZÁGOS KÖRNYEZETVÉDELMI INFORMÁCIÓS RENDSZER (OKIR)** <http://webgis.okir.hu/base/>

**SURFER.** Golden Software Inc. <https://www.goldensoftware.com/products/surfer>

**VÍZRAJZI ÉVKÖNYV 1960 - 2016.** LXV. - CXXI. kötetek. Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Központ. Budapest.

**VÍZÜGYI HONLAP.** [www.vizugy.hu](http://www.vizugy.hu)



# 10 MELLÉKLETEK

## TARTALOM

1. melléklet : A *Vízrajzi és Vízföldtani Atlaszok* térképei
2. melléklet: A vízvezető réteg
3. melléklet: A szivárgási tényező meghatározása
4. melléklet: Csapadék-adatok
5. melléklet: Felszíni vizek
6. melléklet: Talajvízviszonyok
7. melléklet: Számított talajvízszintek

# 1. melléklet

## A Vízrajzi és Vízföldtani Atlaszok térképei

1.1. A terület kialakulása a Vízrajzi Atlasz nyomán

1.2. A Vízföldtani Atlasz térképei

# 1.1. melléklet

## A terület kialakulása a Vízrajzi Atlasz nyomán

1.1.1. A Pannóniai-tó (cca 10 millió éve)

1.1.2. Domborzat és vízrajz a levantei időszakban (cca 3 millió éve)

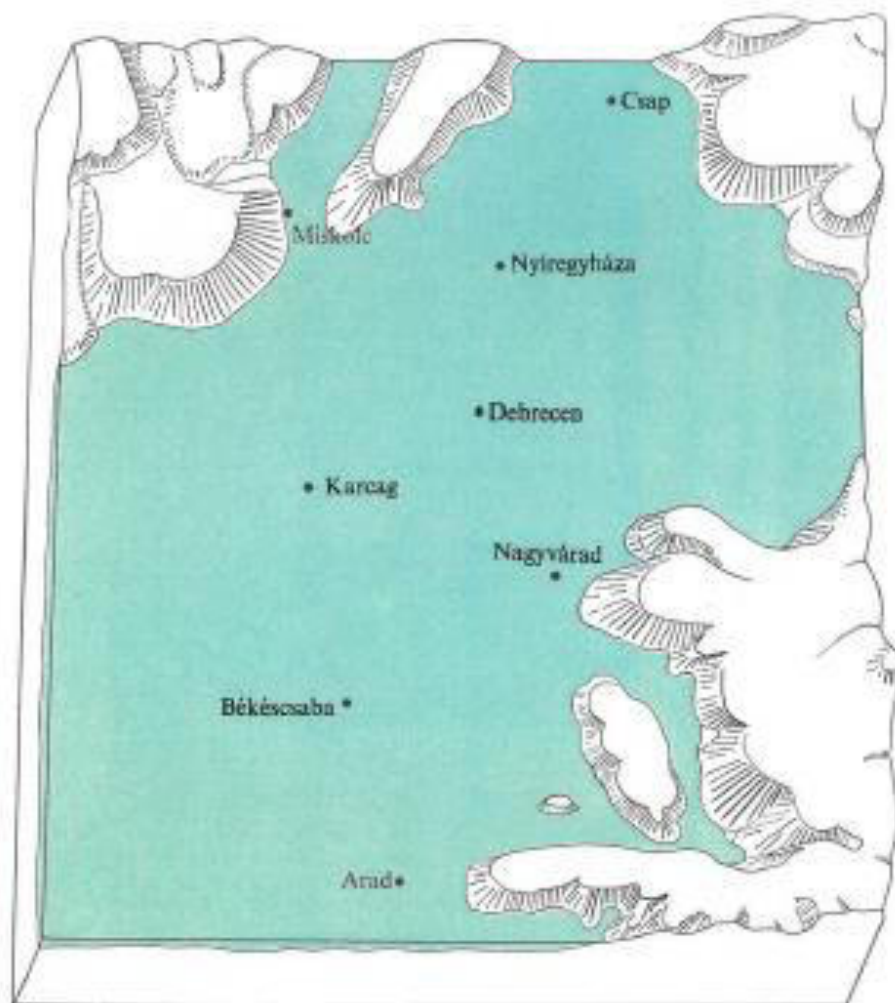
1.1.3. Domborzat és vízrajz a pleisztocén elején (cca 1 millió éve)

1.1.4. Domborzat és vízrajz a holocén elején (cca 10 000 éve)

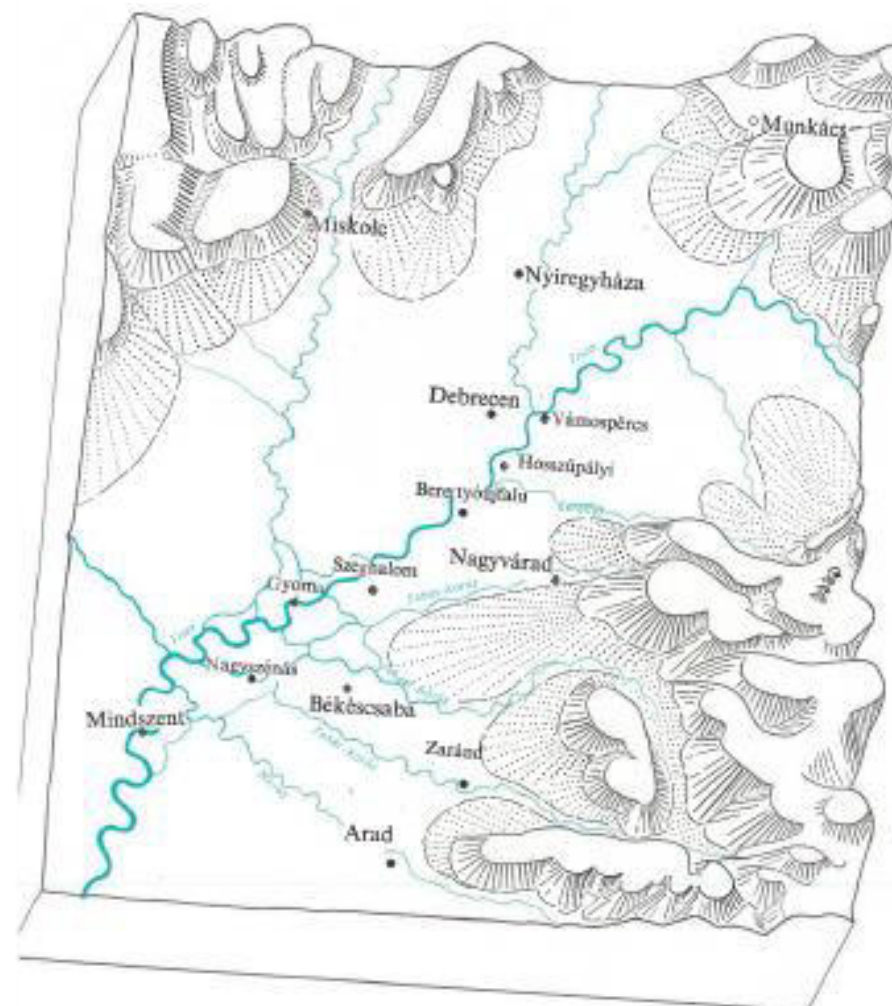
1.1.5. Jelenlegi domborzat és vízrajz

1.1.6. Földtani szelvény, dél-észak

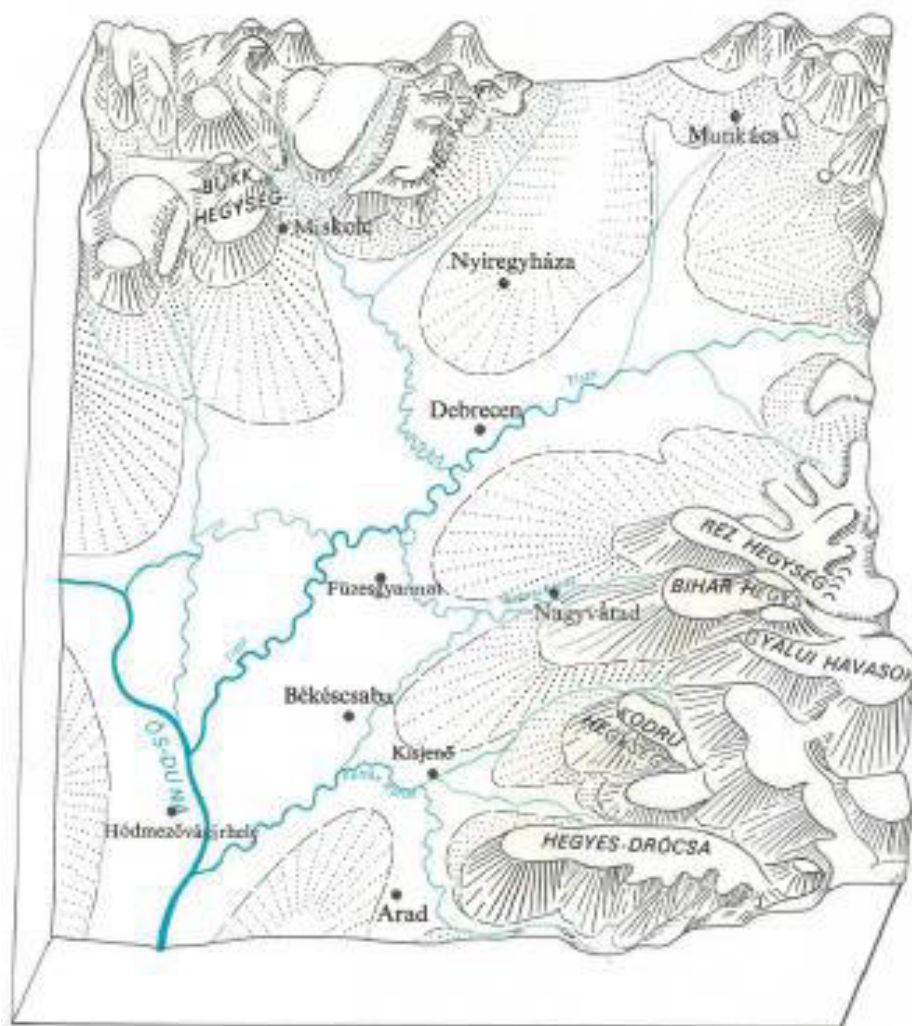
1.1.7. Földtani szelvény, nyugat-kelet



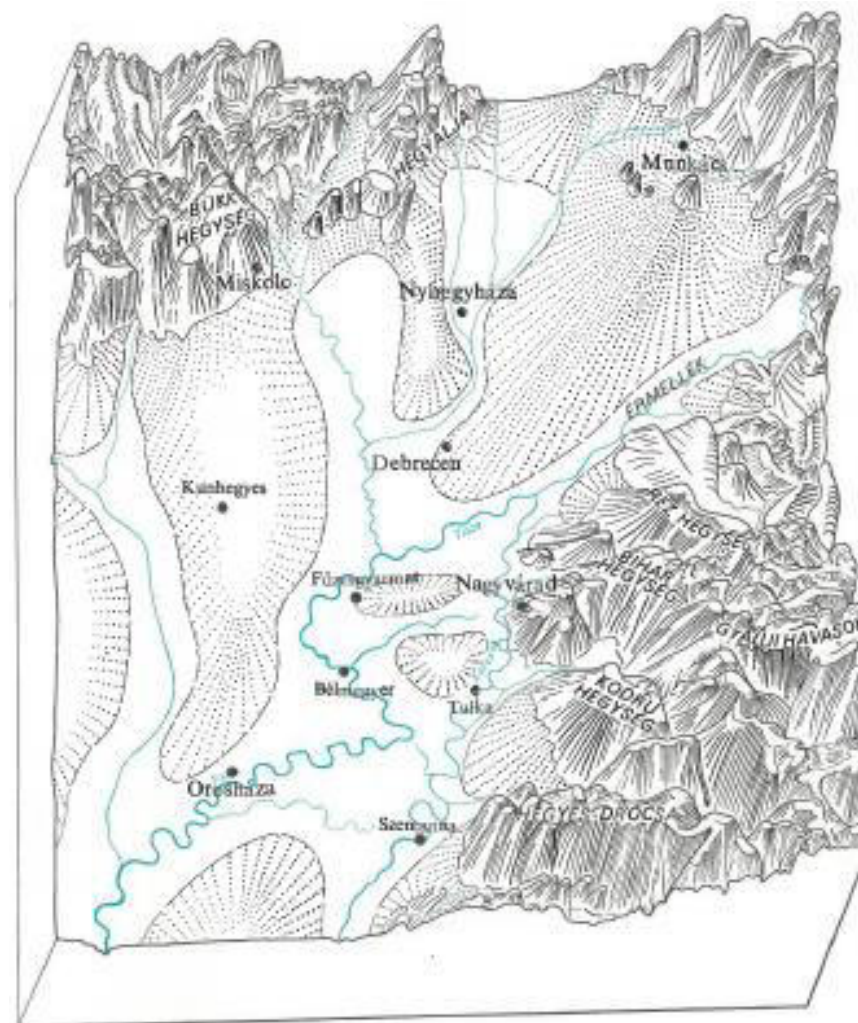
1.1.1. melléklet: A Pannóniai-tó (cca 10 millió éve)



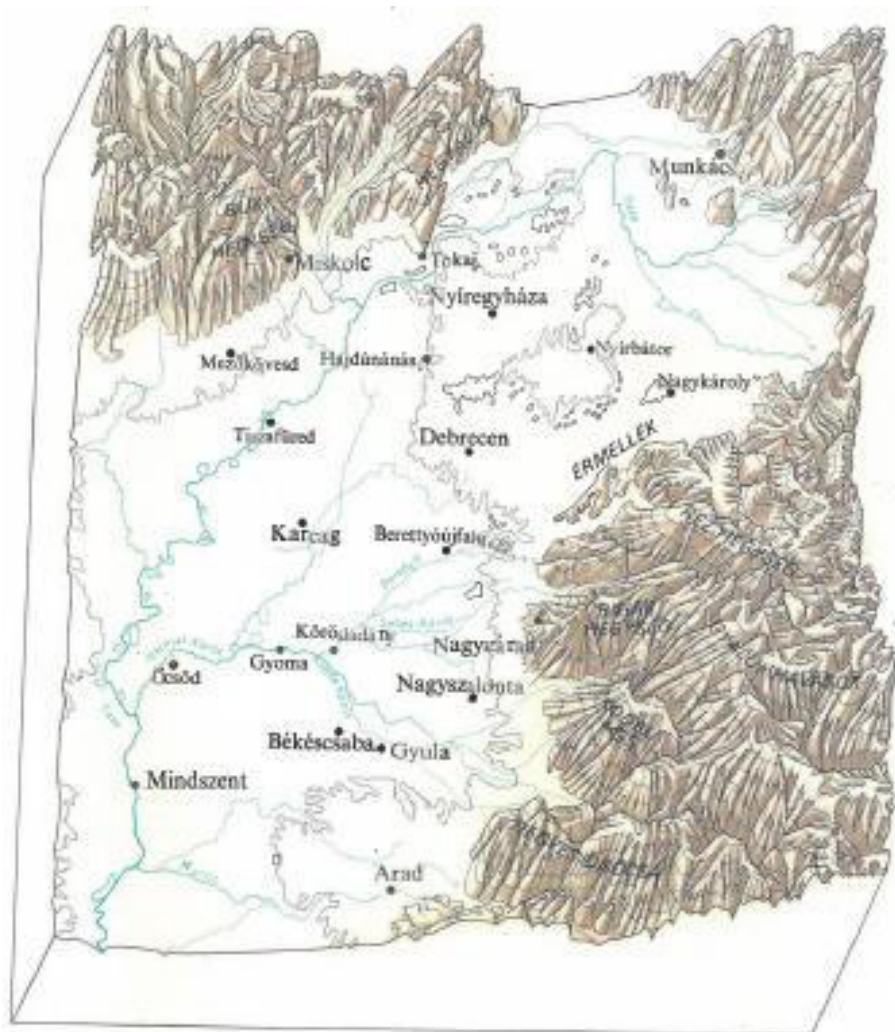
1.1.2. melléklet: Domborzat és vízrajz a levantei időszakban (cca 3 millió éve)



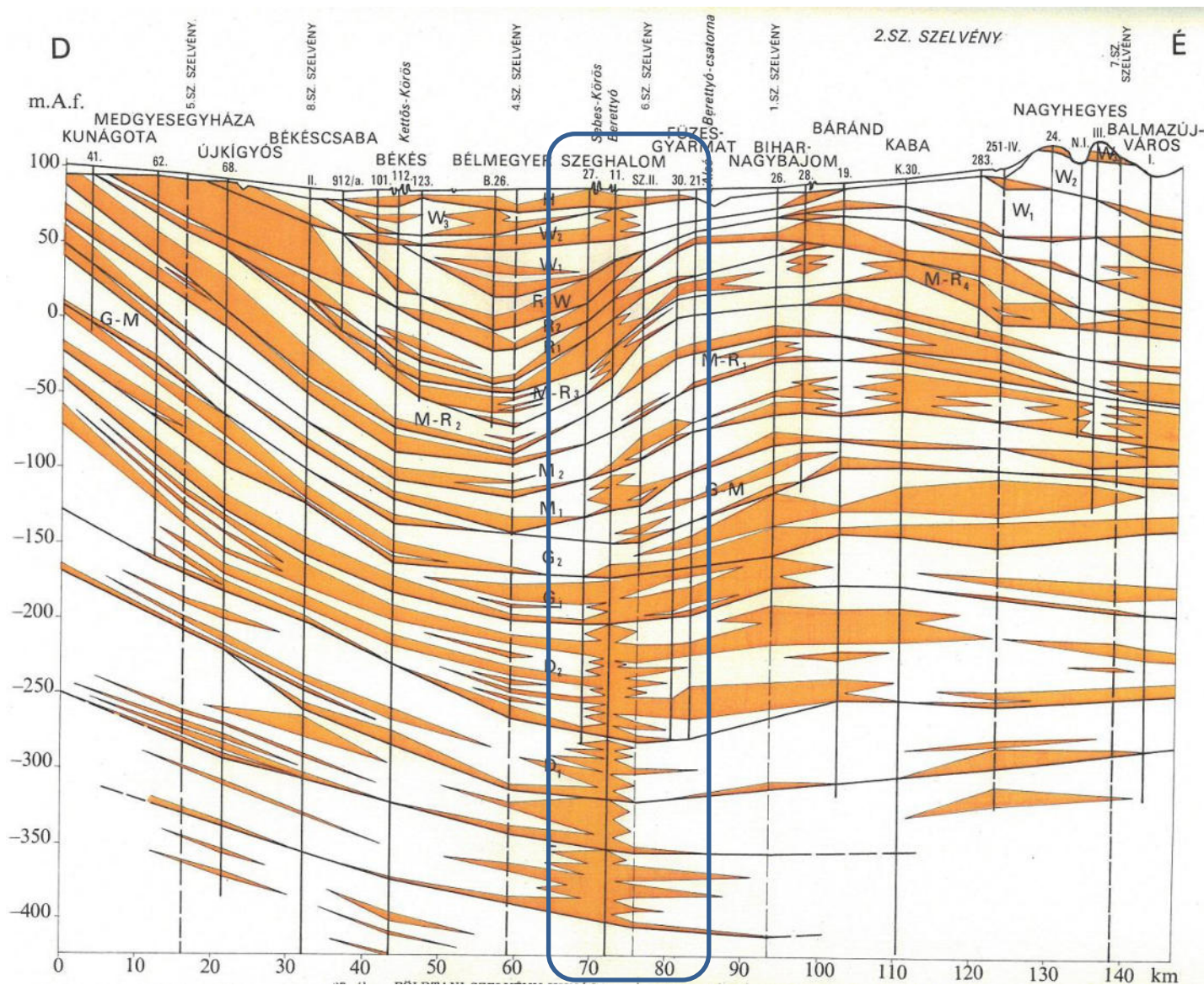
1.1.3. melléklet: Domborzat és vízrajz a pleisztocén elején (cca 1 millió éve)



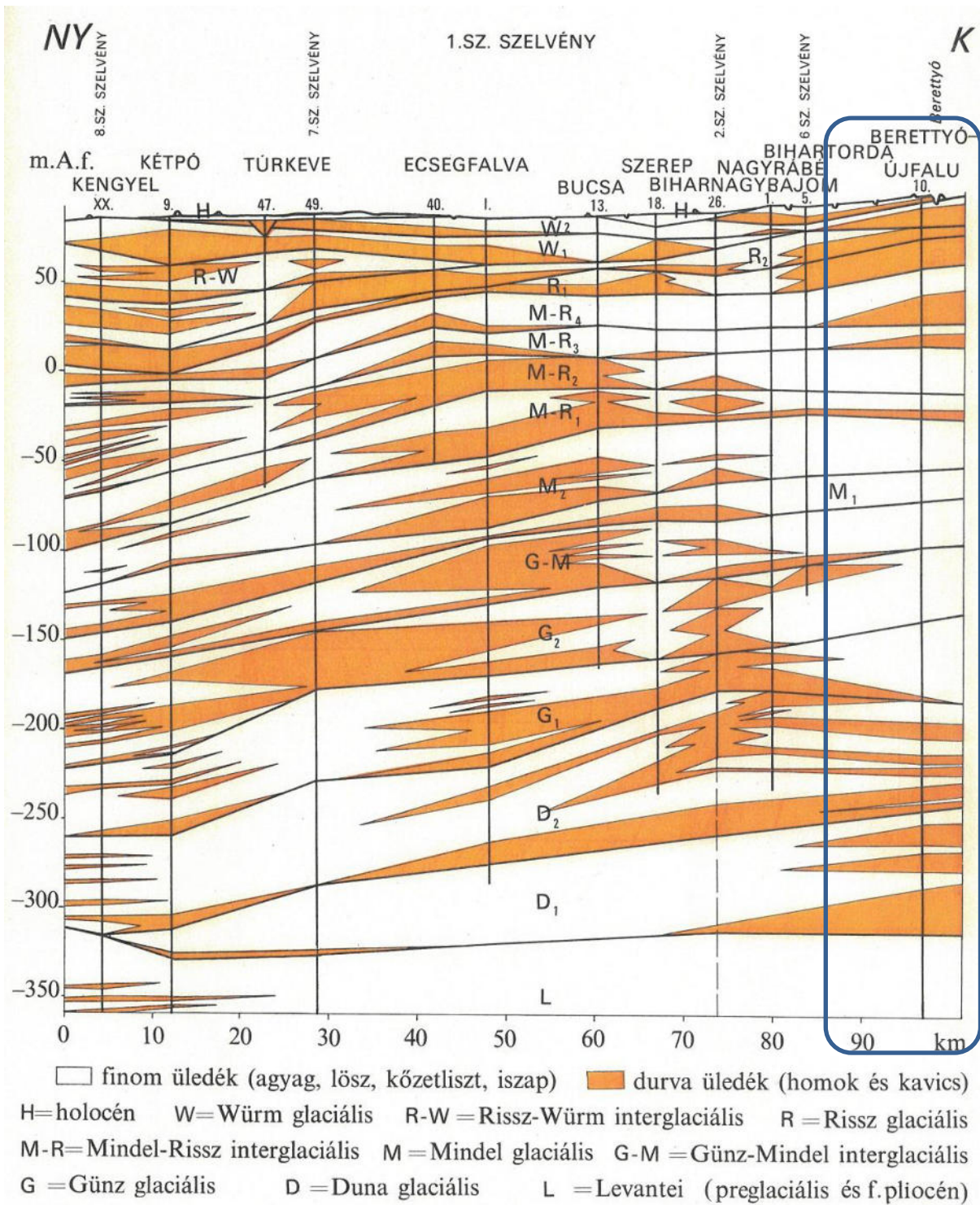
1.1.4. melléklet: Domborzat és vízrajz a holocén elején (cca 10 000 éve)



1.1.5. melléklet: Jelenlegi domborzat és vízrajz



1.1.6. melléklet: Földtani szelvény, dél-észak (jelmagyarázat az 1.1.7. mellékleten)



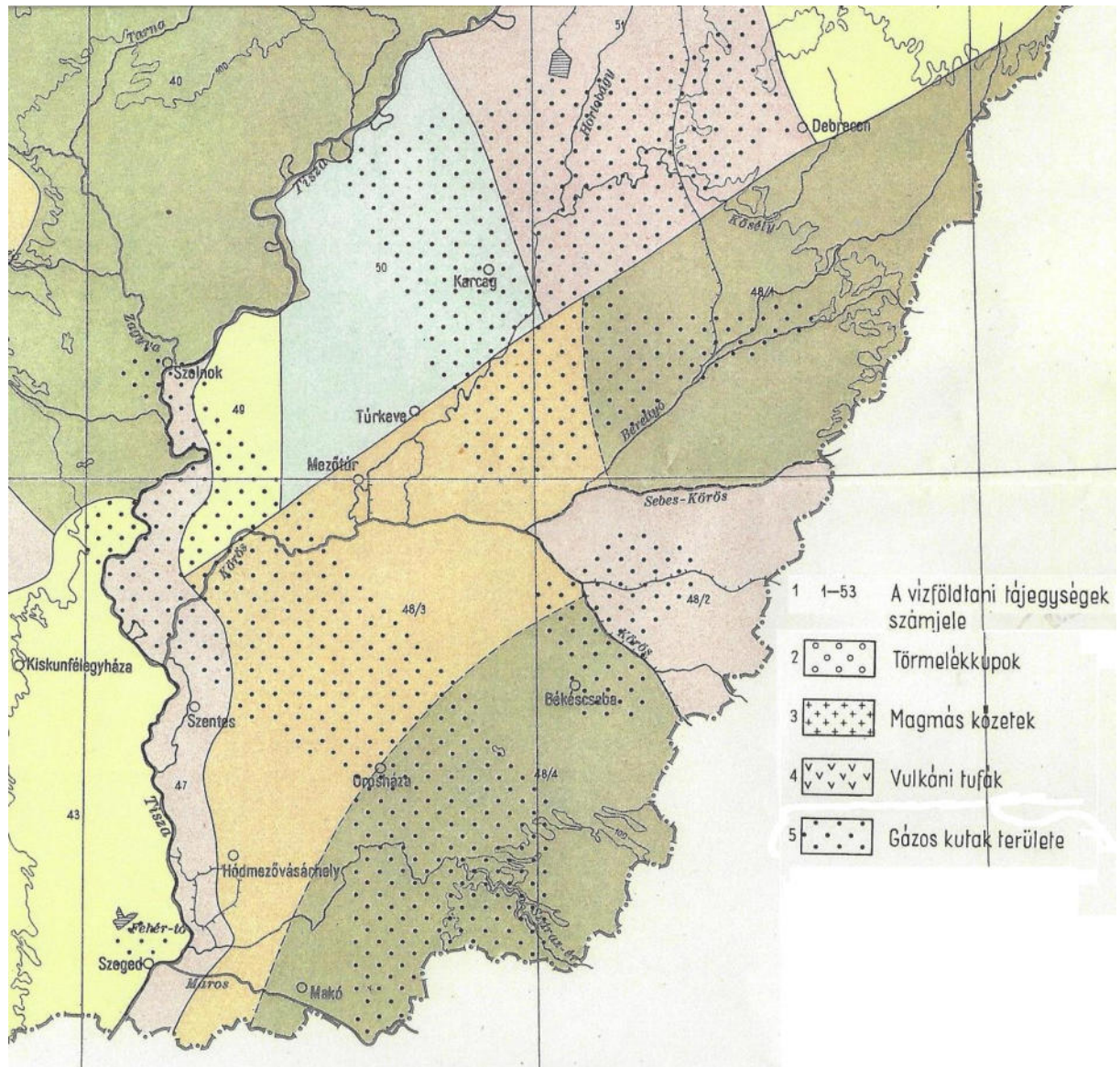
1.1.7. melléklet: Földtani szelvény, nyugat-kelet



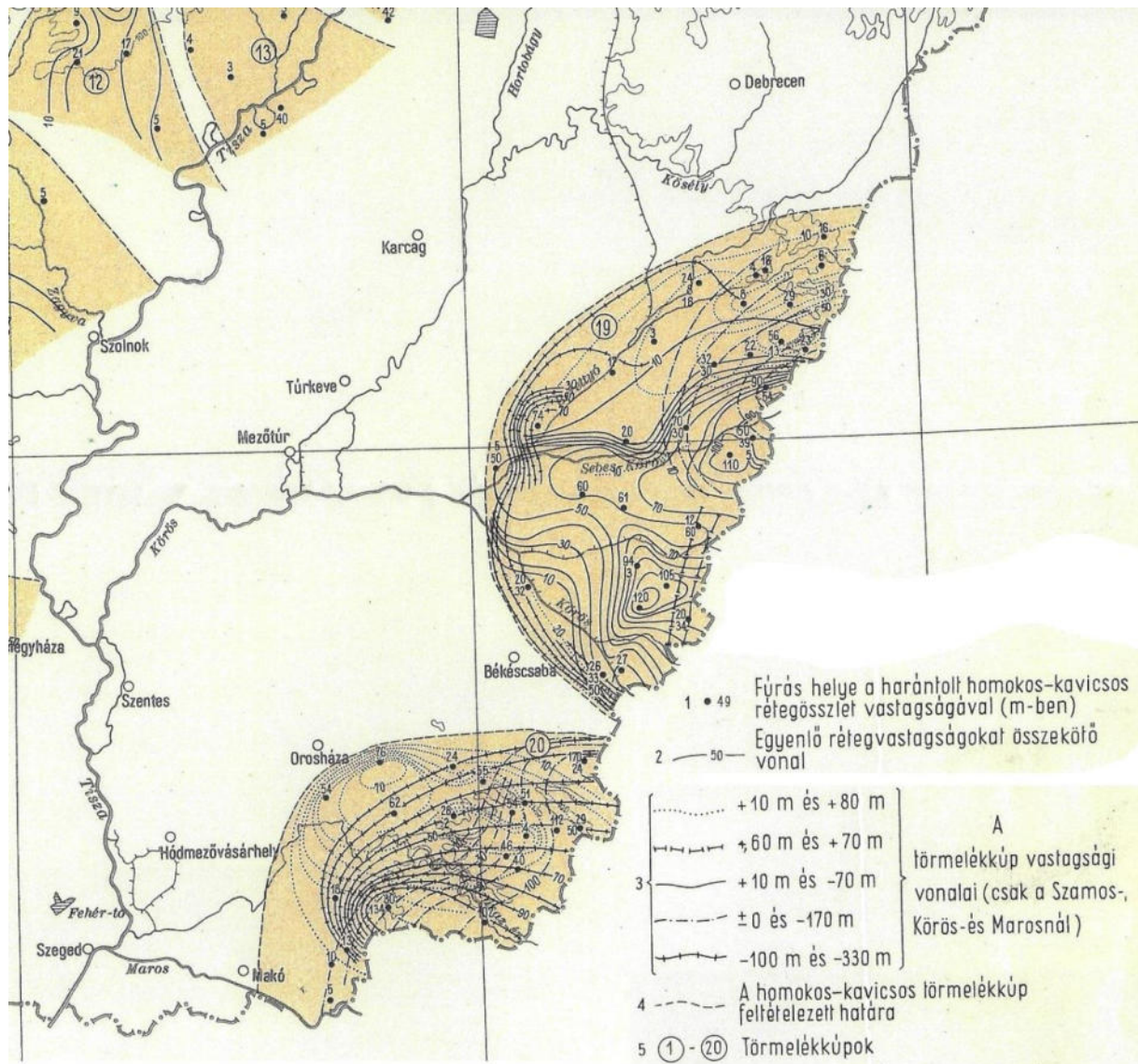
## 1.2. melléklet

### A Vízföldtani Atlasz térképei

- 1.2.1. Magyarország vízföldtani tájegységei
- 1.2.2. Magyarország fontosabb homokos kavicsos törmelékkúpjainak átnézetes vastagsági térképe
- 1.2.3. Magyarország fontosabb homokos kavicsos törmelékkúpjainak átnézetes fekvőtérképe

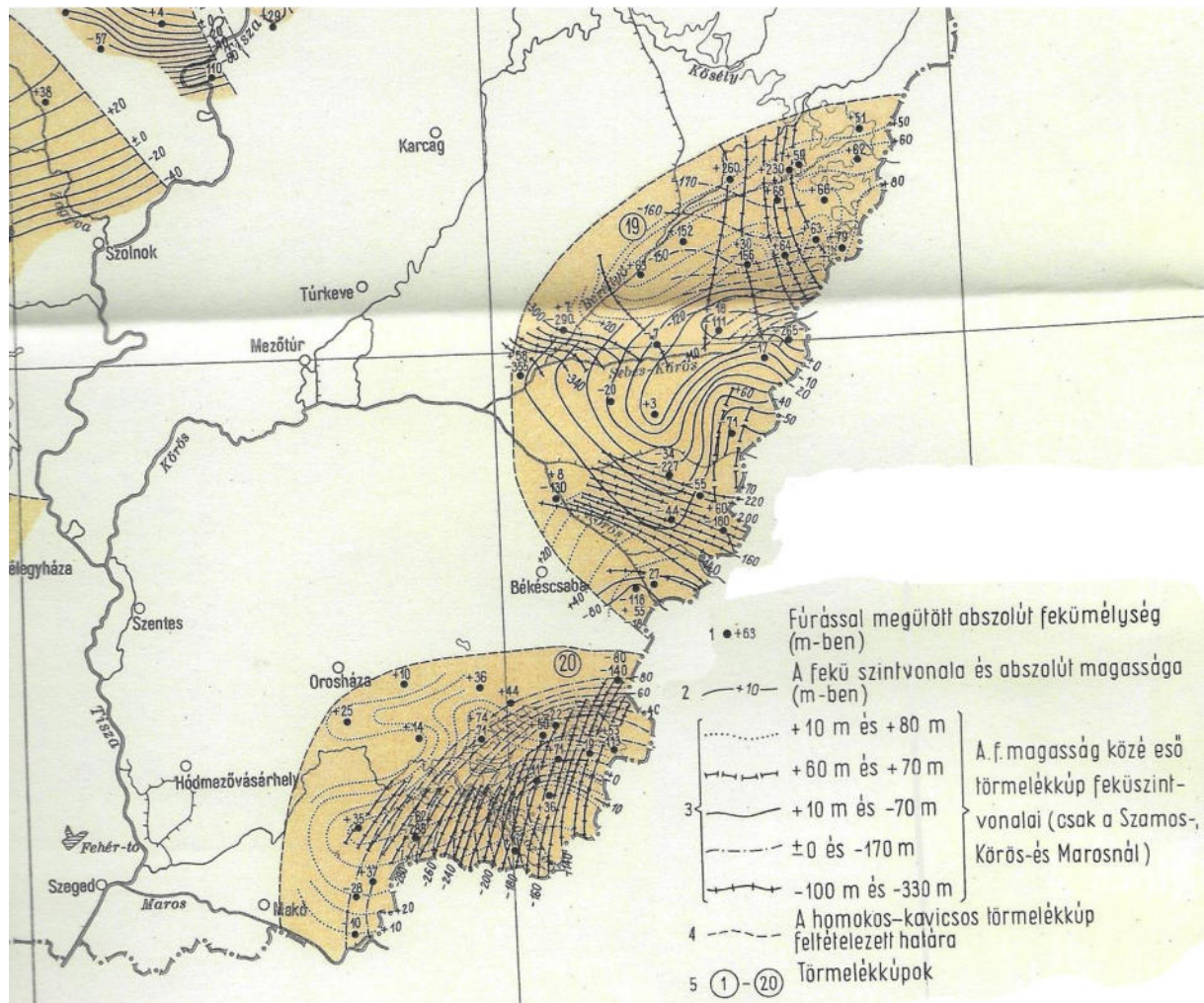


1.2.1. melléklet: Magyarország vízföldtani tájegységei



1.2.2. melléklet: Magyarország fontosabb homokos kavicsos törmelékkúpjainak átnézetes vastagsági térképe

1.2. melléklet



1.2.3. melléklet: Magyarország fontosabb homokos kavicsos törmelékkúpjainak átnézetes fekvőterképe

## 2. melléklet

### A vízvezető réteg

2.1. A *Földtani kutatás* 11. évf. 3-4. sz. nyomán

2.2. A korábbi feltárások nyomán

## 2.1. melléklet

# A vízvezető réteg a *Földtani kutatás* 11. évf. 3-4. sz. nyomán

2.1.1. Előzetes kavicsvastagság-térkép

2.1.2. Feltárási helyszínrajz

2.1.3. I. szelvény (észak-dél)

2.1.4. II. szelvény (nyugat-kelet)

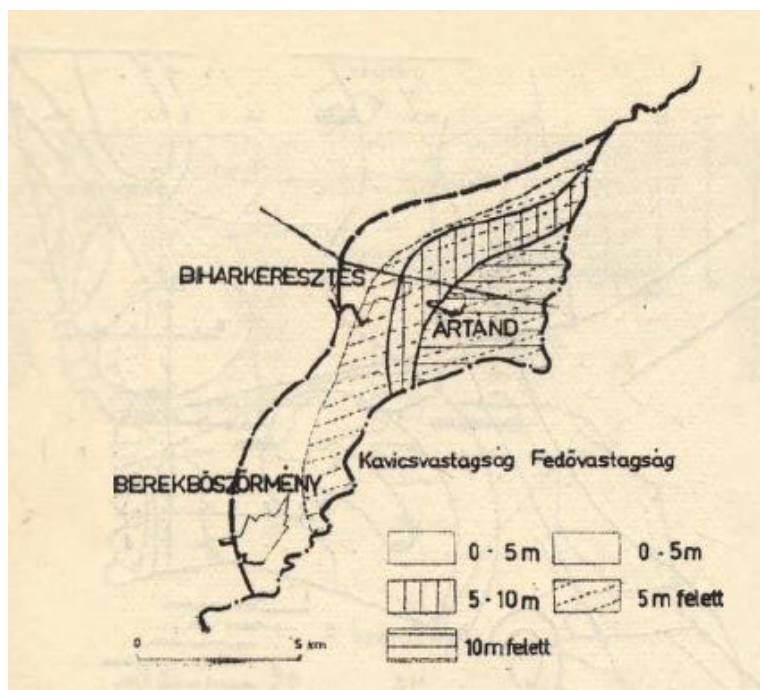
2.1.5. III. szelvény (nyugat-kelet)

2.1.6. IV. szelvény (nyugat-kelet)

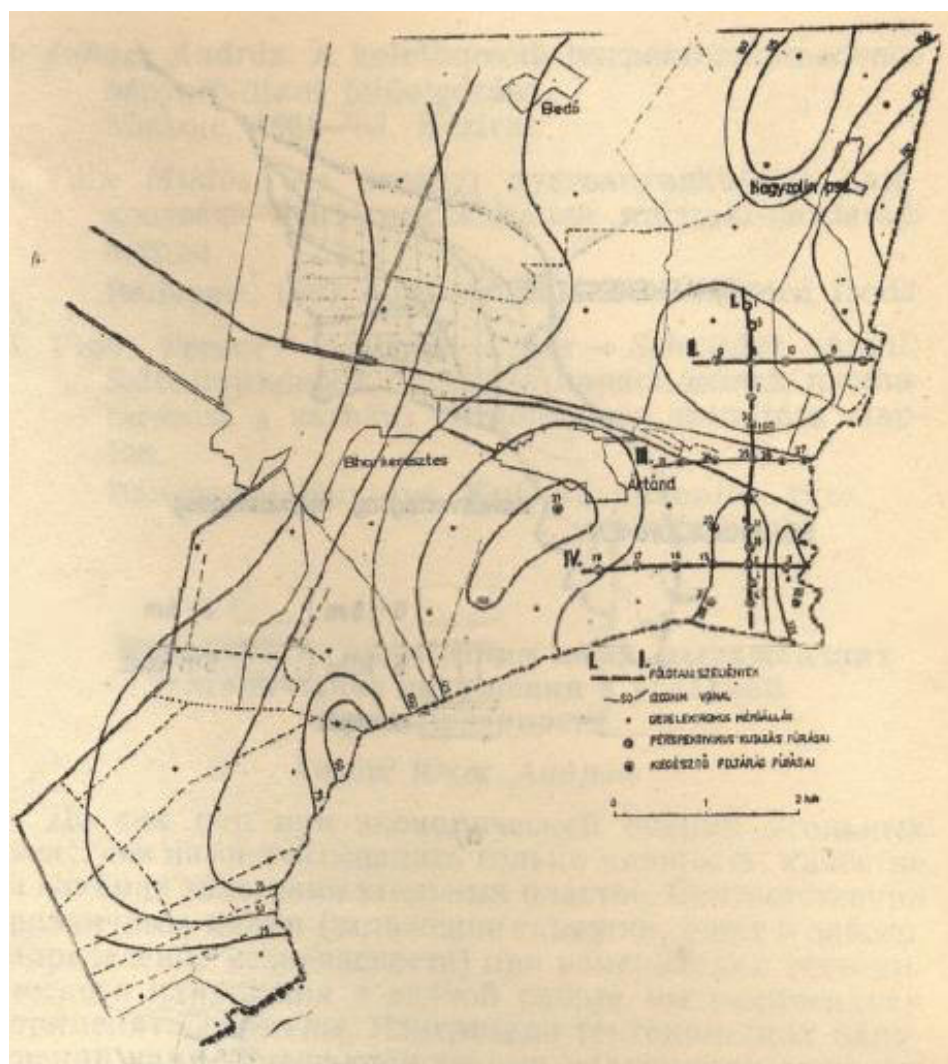
2.1.7. A felső kavicsréteg vastagsága

2.1.8. Az alsó kavicsréteg vastagsága

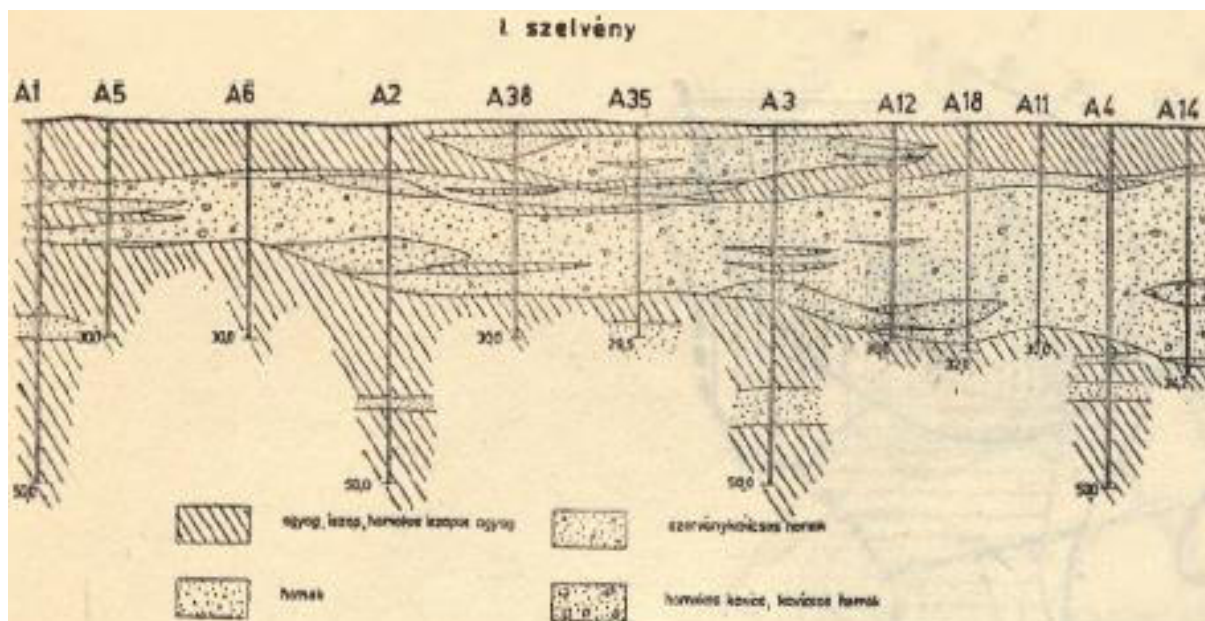
2.1.9. Jellemző szemeloszlások



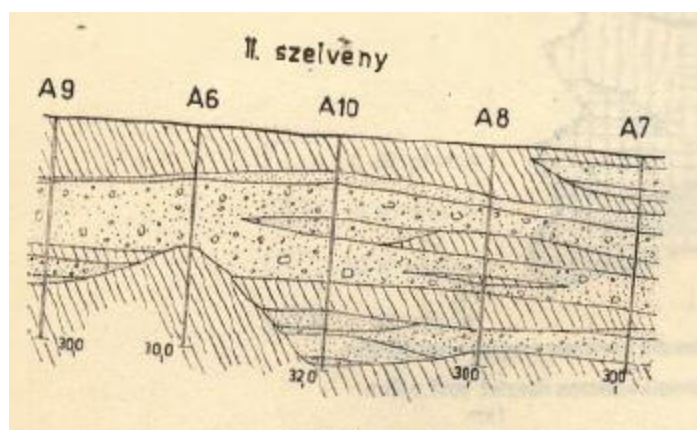
2.1.1. melléklet: Előzetes kavicsvastagság-térkép



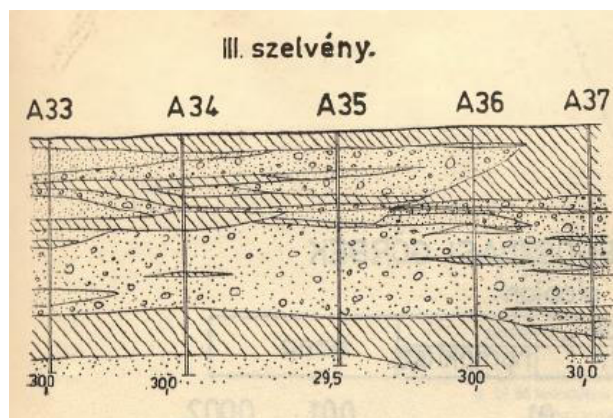
2.1.2. melléklet: Feltárási helyszínrajz



2.1.3. melléklet: I. szelvény (észak-dél)

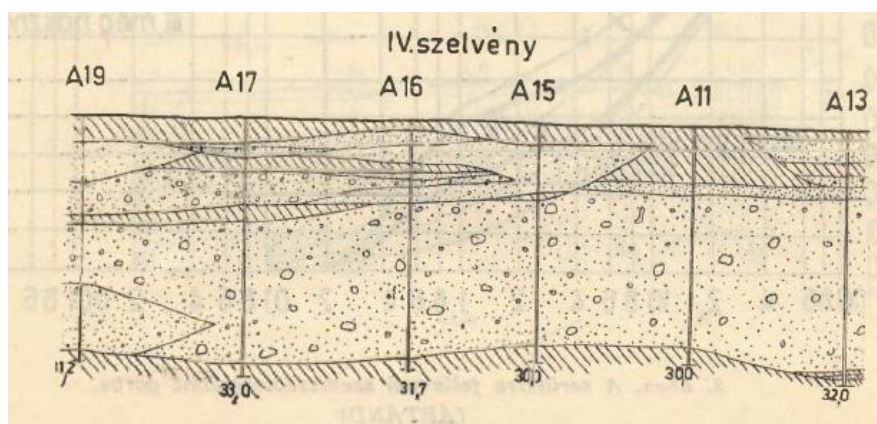


2.1.4. melléklet: II. szelvény (nyugat-kelet, jelmagyarázat a 2.1.3. mellékleten)

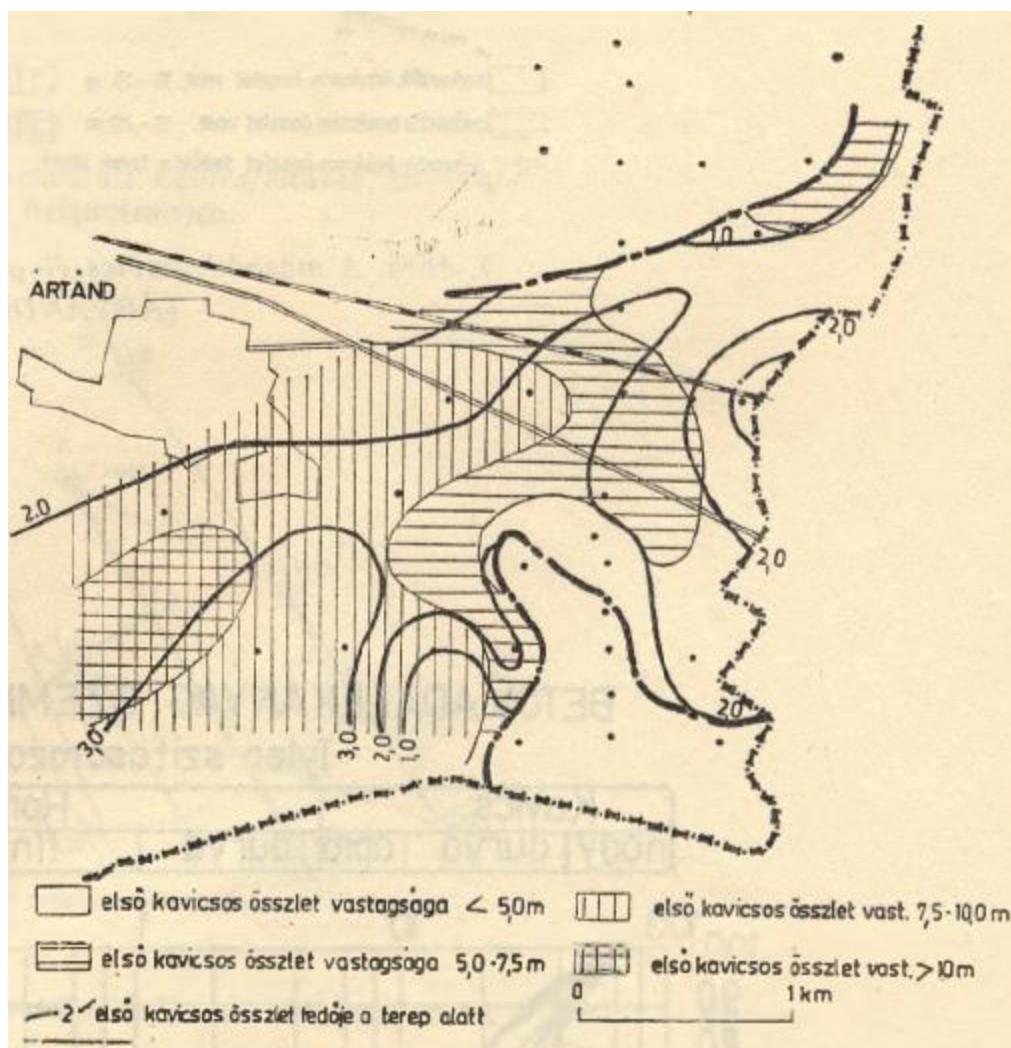


2.1.5. melléklet: III. szelvény (nyugat-kelet, jelmagyarázat a 2.1.3. mellékleten)

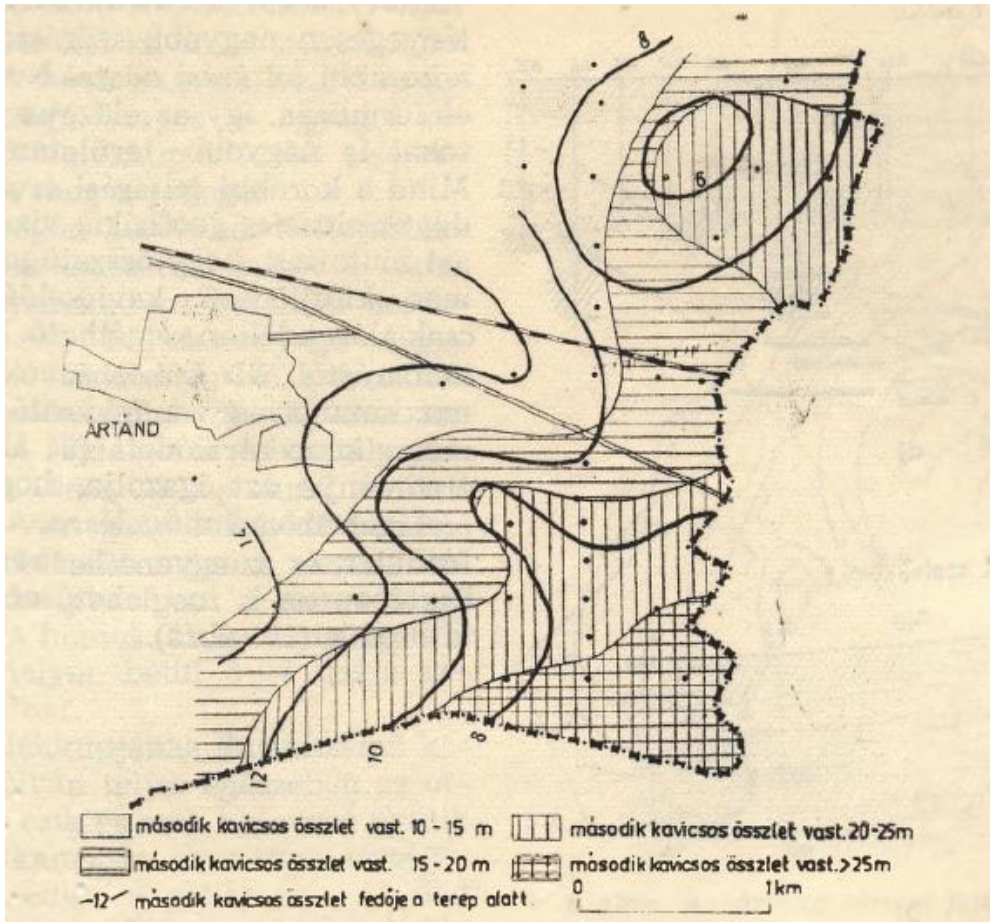




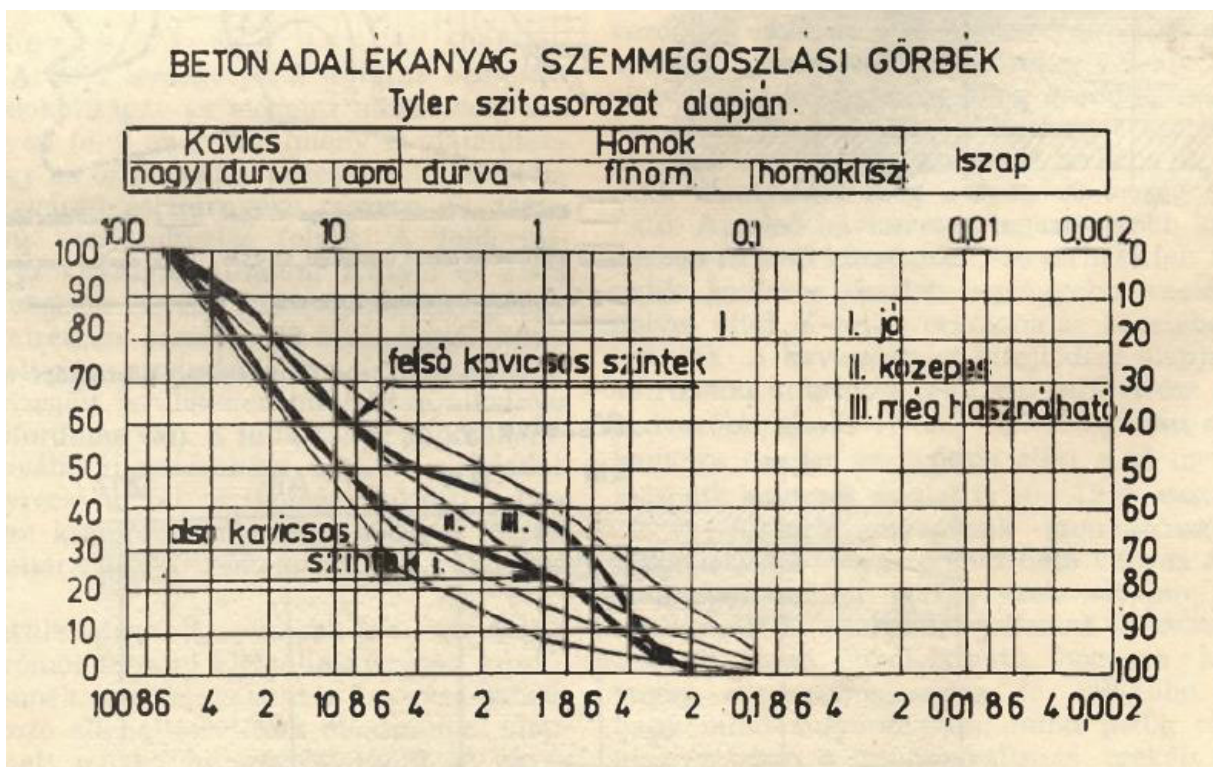
2.1.6. melléklet: IV. szelvény (nyugat-kelet, jelmagyarázat a 2.1.3. mellékleten)



2.1.7. melléklet: A felső kavicsréteg vastagsága



2.1.8. melléklet: Az alsó kavicsréteg vastagsága



2.1.9. melléklet: Jellemző szemeloszlások

## **2.2. melléklet**

# **A vízvezető réteg a *Kutatási jelentés* nyomán**

**2.2.1. A fúrások jellemző szintjei**

**2.2.2. A vízvezető réteg települése és vastagsági viszonyai**

2.2.1. melléklet: A fúrások jellemző szintjei

fúrás je- le	fúrás			talajvíz		fedő		vízvezető		fekű	
	mély- ség, m	terep m B.f.	talp	mély- ség, m	szint, m B.f.	vastag- ság, m	szint, m B.f.	vastag- ság, m	szint, m B.f.	vastag- ság, m	szint, m B.f.
Átd-17	25,0	100,2	75,2	1,2	99,0	1,1	99,1	21,6	77,5	2,3	75,2
Átd-18	25,0	99,7	74,7	0,8	98,9	1,0	98,7	22,8	75,9	1,2	74,7
Átd-19	25,0	100,5	75,5	1,7	98,8	1,8	98,7	19,3	79,4	3,9	75,5
Átd-20	25,0	99,5	74,5	0,7	98,8	1,1	98,4	22,1	76,3	1,8	74,5
Átd-21	25,0	100,3	75,3	1,2	99,1	1,2	99,1	22,6	76,5	1,2	75,3
Átd-22	25,0	100,0	75,0	3,1	96,9	2,9	97,1	19,9	77,2	2,2	75,0
Átd-23	25,0	102,1	77,1	3,1	99,0	3,0	99,1	20,2	78,9	1,8	77,1
Átd-24	25,0	101,7	76,7	4,3	97,4	4,0	97,7	21,0	76,7	0,0	76,7
Átd-25	25,0	101,1	76,1	2,4	98,7	2,1	99,0	18,1	80,9	4,8	76,1
Átd-26	25,0	100,8	75,8	2,1	98,7	1,8	99,0	21,3	77,7	1,9	75,8
Átd-27	25,0	100,8	75,8	2,4	98,4	2,5	98,3	21,3	77,0	1,2	75,8
Átd-28	25,0	100,6	75,6	2,1	98,5	2,0	98,6	23,0	75,6	0,0	75,6
Átd-29	25,0	100,3	75,3	2,8	97,5	2,8	97,5	22,2	75,3	0,0	75,3
Átd-30	25,0	100,6	75,6	3,2	97,4	2,9	97,7	22,1	75,6	0,0	75,6
Átd-31	25,0	100,8	75,8	2,2	98,6	2,4	98,4	22,6	75,8	0,0	75,8
Átd-32	25,0	100,7	75,7	3,5	97,2	3,5	97,2	21,5	75,7	0,0	75,7
Átd-33	25,0	99,9	74,9	1,9	98,0	2,1	97,8	22,9	74,9	0,0	74,9
átlag	25,0	100,6	75,6	2,3	98,3	2,2	98,3	21,4	76,9	1,3	75,6
max.	25,0	102,1	77,1	4,3	99,1	4,0	99,1	23,0	80,9	4,8	77,1
min.	25,0	99,5	74,5	0,7	96,9	1,0	97,1	18,1	74,9	0,0	74,5

## 2.2.2. melléklet: A vízvezető réteg települése és vastagsági viszonyai

Fúrás		1.réteg	2.réteg	3.réteg	4.réteg	5.réteg
Átd-17	-tól, m	1,1	11,1	18,0	-	-
	-ig, m	11,1	18,0	22,7	-	-
	vtg, m	10,0	6,9	4,7	-	-
Átd-18	-tól, m	1,0	5,0	16,0	-	-
	-ig, m	5,0	16,0	23,8	-	-
	vtg, m	4,0	11,0	7,8	-	-
Átd-19	-tól, m	1,8	5,0	15,5	-	-
	-ig, m	5,0	15,5	21,1	-	-
	vtg, m	3,2	10,5	5,6	-	-
Átd-20	-tól, m	1,1	7,0	10,0	14,7	-
	-ig, m	7,0	10,0	14,7	23,2	-
	vtg, m	5,9	3,0	4,7	8,5	-
Átd-21	-tól, m	1,2	6,7	10,2	15,1	19,4
	-ig, m	6,7	10,2	15,1	19,4	23,8
	vtg, m	5,5	3,5	4,9	4,3	4,4
Átd-22	-tól, m	2,9	5,1	8,2	13,0	-
	-ig, m	5,1	8,2	13,0	22,8	-
	vtg, m	2,2	3,1	4,8	9,8	-
Átd-23	-tól, m	3,0	6,0	11,3	20,0	-
	-ig, m	6,0	11,3	20,0	23,2	-
	vtg, m	3,0	5,3	8,7	3,2	-
Átd-24	-tól, m	4,0	12,0	18,0	-	-
	-ig, m	12,0	18,0	25,0	-	-
	vtg, m	8,0	6,0	7,0	-	-
Átd-25	-tól, m	2,1	5,2	9,0	14,0	-
	-ig, m	5,2	9,0	14,0	20,2	-
	vtg, m	3,1	3,8	5,0	6,2	-
Átd-26	-tól, m	1,8	10,0	11,8	16,1	-
	-ig, m	10,0	11,8	16,1	23,1	-
	vtg, m	8,2	1,8	4,3	7,0	-
Átd-27	-tól, m	2,5	5,3	10,4	19,7	-
	-ig, m	5,3	10,4	19,7	23,8	-
	vtg, m	2,8	5,1	9,3	4,1	-
Átd-28	-tól, m	2,0	5,2	10,3	15,7	-
	-ig, m	5,2	10,3	15,7	25,0	-
	vtg, m	3,2	5,1	5,4	9,3	-
Átd-29	-tól, m	2,8	5,3	10,1	15,5	20,3
	-ig, m	5,3	10,1	15,5	20,3	25,0
	vtg, m	2,5	4,8	5,4	4,8	4,7
Átd-30	-tól, m	2,9	8,2	18,0	-	-
	-ig, m	8,2	18,0	25,0	-	-
	vtg, m	5,3	9,8	7,0	-	-
Átd-31	-tól, m	2,4	5,7	15,0	20,0	-
	-ig, m	5,7	15,0	20,0	25,0	-
	vtg, m	3,3	9,3	5,0	5,0	-
Átd-32	-tól, m	3,5	6,2	15,4	20,0	-
	-ig, m	6,2	15,4	20,0	25,0	-
	vtg, m	2,7	9,2	4,6	5,0	-
Átd-33	-tól, m	2,1	5,0	7,2	15,0	-
	-ig, m	5,0	7,2	15,0	25,0	-
	vtg, m	2,9	2,2	7,8	10,0	-

## **3. melléklet**

# **A szivárgási tényező meghatározása**

**3.1. Alkalmazott összefüggések és forrásaik a HydroGeoSieveXL szerint**

**3.2. A fúrások elhelyezkedése az MBFSZ fúráspon téréképe alapján**

**3.3. Szemeloszlások**

**3.4. Szivárgási tényezők**

## 3.1. melléklet

# Alkalmazott összefüggések és forrásaik a HydrogeoSieveXL szerint

3.1.1. *Az összefüggések (Devlin, 2015)*

3.1.2. *Források (Devlin, 2015)*

## 3.1.1. Az összefüggések (Devlin, 2015)

„Adopting the equation form presented in Vukovic and Soro (1992),  $k = \frac{\rho g}{\mu} N \varphi(n) d_e^2$  the following values and equations are substituted into the appropriate terms to evaluate the models listed in the table below. The values of  $d_e$  to be entered should be in cm units. The values of  $K$  calculated have the units cm/s, except for the Alyamani and Sen model (see footnote).”

Source	$N$	$\varphi(n)$	$d_e$	Applicable Conditions
Hazen simplified (Freeze and Cherry, 1979)	$10 \frac{\mu}{\rho g}$	1	$d_{10}$	uniformly graded sand, $n = 0.375$ $T = 10$ °C
Hazen (1892) <sup>a</sup>	$6 \times 10^{-4}$	$[1 + 10(n - 0.26)]$	$d_{10}$	$0.01 \text{ cm} < d_{10} < 0.3 \text{ cm}$ $U < 5$
Slichter (1898) <sup>a</sup>	$1 \times 10^{-2}$	$n^{3.287}$	$d_{10}$	$0.01 \text{ cm} < d_{10} < 0.5 \text{ cm}$
Terzaghi (1925) <sup>a</sup>	$10.7 \times 10^{-3}$ smooth grains $6.1 \times 10^{-3}$ coarse grains	$\left(\frac{n - 0.13}{\sqrt[3]{1 - n}}\right)^2$	$d_{10}$	sandy soil, coarse sand
Beyer (1964) <sup>a</sup>	$5.2 \times 10^{-4} \log \frac{500}{U}$	1	$d_{10}$	$0.006 \text{ cm} < d_{10} < 0.06 \text{ cm}$ $1 < U < 20$
Sauerbrei (1932) <sup>a</sup> (Vuković and Soro, 1992)	$(3.75 \times 10^{-5}) \times \tau$ $\tau \cong 1.093 \times 10^{-4} T^2$ $+ 2.102 \times 10^{-2} T$ $+ 0.5889$	$\frac{n^3}{(1 - n)^2}$	$d_{10}$	sand and sandy clay $d_{17} < 0.05 \text{ cm}$
Krüger (1919) <sup>a</sup>	$4.35 \times 10^{-4}$	$\frac{n}{(1 - n)^2}$	$\frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{\Delta w_i}{d_i}}$	medium sand $U > 5$ $T = 0$ °C
Kozeny-Carmen (1953) <sup>a</sup>	$8.3 \times 10^{-3}$	$\frac{n^3}{(1 - n)^2}$	$d_{10}$ or 1 $\frac{3 \Delta w_1}{2 d_1} + \sum_{i=2}^n \Delta g_i \frac{d_i^g + d_i^d}{2 d_i^g d_i^d}$ $d_1 = \frac{1}{\frac{1}{2} \left( \frac{1}{d_i^g} + \frac{1}{d_i^d} \right)}$	Coarse sand
Zunker (1930) <sup>a</sup>	$0.7 \times 10^{-3}$ for nonuniform, clayey, angular grains $1.2 \times 10^{-3}$ for nonuniform $1.4 \times 10^{-3}$ for uniform, coarse grains $2.4 \times 10^{-3}$ for uniform sand, well rounded grains	$\frac{n}{(1 - n)}$	$\frac{1}{\sum_{i=1}^n \Delta g_i \frac{d_i^g - d_i^d}{d_i^g d_i^d \ln \left( \frac{d_i^g}{d_i^d} \right)}}$	no fractions finer than $d = 0.0025 \text{ mm}$
Zamarin (1928) <sup>a</sup>	$8.65 \times 10^{-3}$	$\frac{n^3}{(1 - n)^2} C_n$ $C_n = (1.275 - 1.5n)^2$	$\frac{1}{\sum_{i=1}^n \Delta g_i \frac{\ln \left( \frac{d_i^g}{d_i^d} \right)}{d_i^g - d_i^d}}$	Large grained sands with no fractions having $d < 0.00025 \text{ mm}$



USBR (United States Bureau of Reclamation) (Bialas, 1966) <sup>a</sup>	$(4.8 \times 10^{-4})(10^{0.3})$	1.0	$d_{20}^{1.15}$	Medium grained sands with $U < 5$ ; derived for $T = 15^\circ\text{C}$
Barr (2001)	$\frac{1}{(36)5C_s^2}$ $C_s^2 = 1$ for spherical grains $C_s^2 = 1.35$ for angular grains	$\frac{n^3}{(1-n)^2}$	$d_{10}$	unspecified
Alyamani and Sen (1993)	1300	1.0	$[I_o + 0.025(d_{50} - d_{10})]$	unspecified
Chapuis (2004)	$\frac{\mu}{\rho g}$	$10^{1.291\xi - 0.6435}$ $\xi = \frac{n}{1-n}$	$d_{10} \left( \frac{10^{(0.5504 - 0.2937\xi)}}{2} \right)$	$0.3 < n < 0.7$ $0.10 < d_{10} < 2.0 \text{ mm}$ $2 < U < 12$ $d_{10}/d_5 < 1.4$
Krumbein and Monk (1942)	$7.501 \times 10^{-6}$	$e^{(-1.31 \times \sigma_\phi)}$ $\sigma_\phi = \frac{d_{84\phi} - d_{16\phi}}{\frac{4}{d_{50\phi} - d_{5\phi}}}$	$2 \left( \frac{d_{16\phi} + d_{50\phi} + d_{84\phi}}{3} \right)$	natural sands with lognormal grain size distribution

\* indicates formulas were taken from Vuković and Soro, (1992)

$N$  = constant dependent on characteristics of the porous medium

$\varphi(n)$  = function of porosity

$T$  = water temp. ( $^\circ\text{C}$ )

$g = 980 \text{ cm s}^{-2}$

$\rho = 3.1 \times 10^{-8} T^3 - 7.0 \times 10^{-6} T^2 + 4.19 \times 10^{-5} T + 0.99985$

$\mu = -7.0 \times 10^{-8} T^3 + 1.002 \times 10^{-5} T^2 - 5.7 \times 10^{-4} T + 0.0178$

$\tau = 1.093 \times 10^{-4} T^2 + 2.102 \times 10^{-2} T + 0.5889$

$n$  = porosity as fraction of aquifer volume

$d_i^g$  = the maximum grain diameter in fraction  $i$

$d_i^d$  = the minimum grain diameter in fraction  $i$

$d_{10}$  = grain size (cm) corresponding to 10% by weight passing through the sieves

$d_{20}$  = grain size (cm) corresponding to 20% by weight passing through the sieves

$d_{50}$  = grain size (cm) corresponding to 50% by weight passing through the sieves

$d_{60}$  = grain size (cm) corresponding to 60% by weight passing through the sieves

$U = d_{60}/d_{10}$

$\Delta g_i$  = the fraction of mass that passes between sieves  $i$  and  $i+1$  where  $i$  is the smaller sieve

$\Delta w_i$  = fraction of total weight of sample with fraction identifier ' $i$ '

$d_i$  = mean grain diameter of the fraction  $i$

$d_{i\phi}$  = mean grain diameter of the fraction  $i$  in phi units ( $\phi = \log_2(d_e/d_o)$ ,  $d_e$  in mm,  $d_o = 1 \text{ mm}$ )

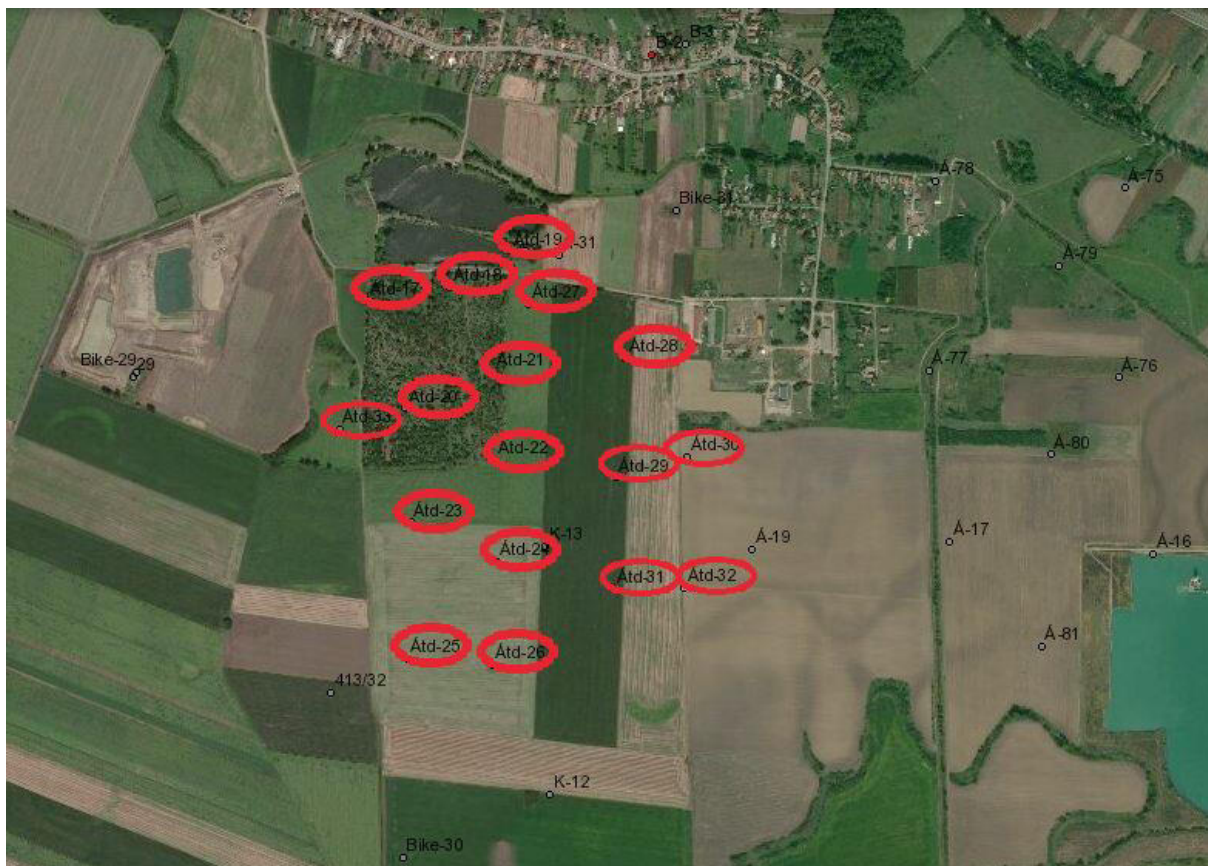
$I_o$  = x-intercept (grain size) of a percent grain retention curve plotted on arithmetic axes and focussing on data below 50% retained

## 3.1.2. Források (Devlin, 2015)

- ALYAMANI, M.S., SEN Z.** (1993). Determination of hydraulic conductivity from complete grain-size distribution curves. *Ground Water*, v. 31, no. 4, 551-555.
- BARR, D.W.** (2001.) Coefficient of permeability determined by measurable parameters. *Ground Water*, v. 39, no. 3, 356-361.
- BEYER, W.** (1964). "Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kiesen und Sanden aus der Kornverteilungskurve." *Wasserwirtschaft-Wassertechnik* 14(6): 165-168.
- BIAŁAS, Z.** (1966). O usrednieniu współczynników filtracji z zastosowaniem elektronicznej cyfrowej maszyny matematycznej (Averaging filter coefficients using digital electronic mathematical machines). *Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu*: 47-50.
- CHAPUIS, R.P.** (2004). Predicting the saturated hydraulic conductivity of sand and gravel using effective diameter and void ratio. *Canadian Geotechnical Journal*, v. 41, 787–795.
- DEVLIN, J. E.** (2015) HydrogeoSieveXL: an Excel-based tool to estimate hydraulic conductivity from grain-size analysis. *Hydrogeology Journal* vol. 23. Issue 4.
- FREEZE, R.A., CHERRY, J.A.** (1979). *Groundwater*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- HAZEN, A.** (1892). Some physical properties of sands and gravels, with special reference to their use in filtration. *Massachusetts State Board of Health*, vol. 24th annual report, pp. 539-556.
- KASENOW, M.**, (2002), *Determination of Hydraulic Conductivity from Grain Size Analysis: Water Resources Publications, LLC, Highlands Ranch, Colorado*, 97p.
- KOZENY, J.** (1953). *Das Wasser im Boden. Grundwasserbewegung (The water in the ground. Groundwater flow)*. *Hydraulik*, Springer, p 380-445.
- KRÜGER, E.**, (1919.) *Die Grundwasserbewegung (Groundwater flow)*. *Int. Mitt. Bodenk.* 8, 105–122.
- KRUMBEIN, W.C., MONK, G.D.** (1942). Permeability as a function of the size parameters of unconsolidated sand. *American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, Transactions* v. 151, 153-163.
- SLICHTER, C.S.**, (1898), *Theoretical investigations of the motion of ground waters: United States Geological Survey, 19 th Annual Report*, p 295-384.
- TERZAGHI, K.**, (1925), *Principles of soil mechanics: Engineering News-Record*, v. 95, p 832.
- VUKOVIC, M., SORO, A.** (1992.) *Determination of hydraulic conductivity of porous media from grain-size composition*. Miladinov, D., translator, *Water Resources Publications, Littleton, Colorado, USA*, 83 pp.
- ZAMARIN, J.A.** (1928.) *Calculation of ground-water flow (in Russian)*. *Trudey I.V.H. Taskeni*.
- ZUNKER, F.** (1930). *Das Verhalten des Wassers zum Boden (The behavior of groundwater)*. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde*. A25(1): 7.

## **3.2. melléklet**

**A fúrások elhelyezkedése az MBFSZ fúráspon t é r k é p e a l a p j á n**



3.2. melléklet: A fúrások elhelyezkedése az MBFSZ fúráspon téréképe alapján

## **3.3. melléklet**

# **Szemeloszlások**



Grain Size Analysis Report

Date:

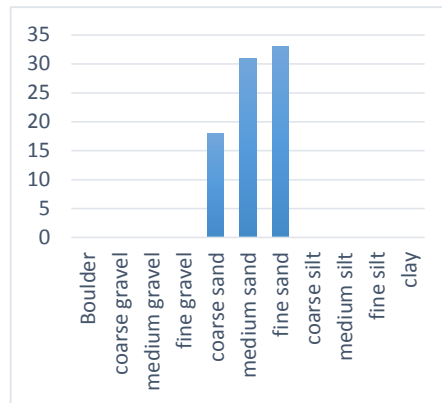
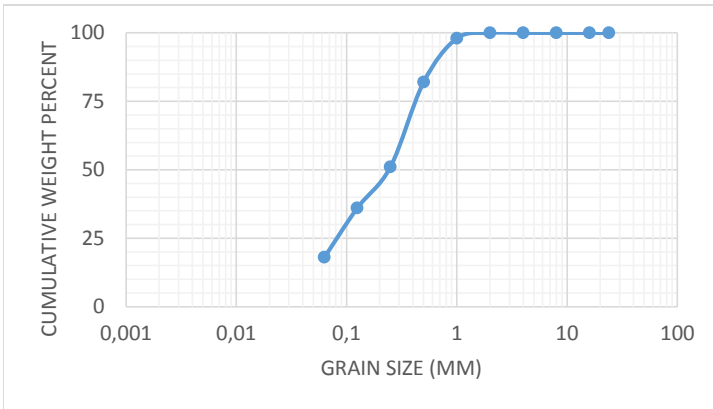
2020. november 27.

Sample Name: Ártd-felső

Mass Sample (g):                     

T (oC)                     

Poorly sorted sand low in fines



Sieve opening (ps) di (mm)	Mass of retained (mr) (g)	mass fraction (mf)	Percent Passing (pp)
24	0	0	100
16	0	0	100
8	0	0	100
4	0	0	100
2	0	0	100
1	2	0,02	98
0,5	16	0,16	82
0,25	31	0,31	51
0,125	15	0,15	36
0,063	18	0,18	18

Effective Grain Diameters (mm)		Other Useful Parameters	
d10	0,035	Uniformity Coef.	9,22
d17	0,060	n computed	0,30
d20	0,070	g (cm/s <sup>2</sup> )	980,00
d50	0,242	ρ (g/cm <sup>3</sup> )	0,9981
d60	0,323	μ (g/cm s)	0,0098
de (Kruger)	0,265	ρg/μ (1/cm s)	9,9327E+04
de (Kozeny)	0,236	tau (Sauerbrei)	1,053
de (Zunker)	0,245	d <sub>geometric mean</sub>	0,344
de (Zamarin)	0,255	σ <sub>φ</sub>	1,695
lo (Alyameni)	-0,017		
mm		0	% in sample
>64		Boulder	
16 - 64		coarse gravel	0
8 - 16		medium gravel	0
2 - 8		fine gravel	0
0.5 - 2		coarse sand	18
0.25 - 0.5		medium sand	31
0.063 - 0.25		fine sand	33
0.016 - 0.063		coarse silt	
0.008 - 0.016		medium silt	
0.002 - 0.008		fine silt	
<0.002		clay	



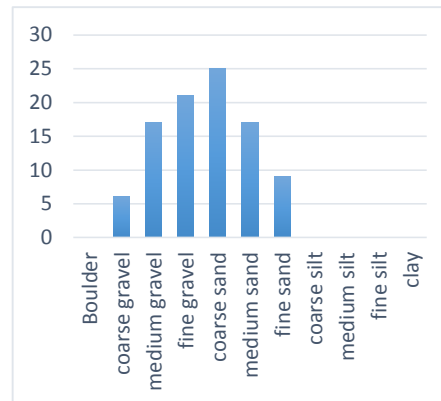
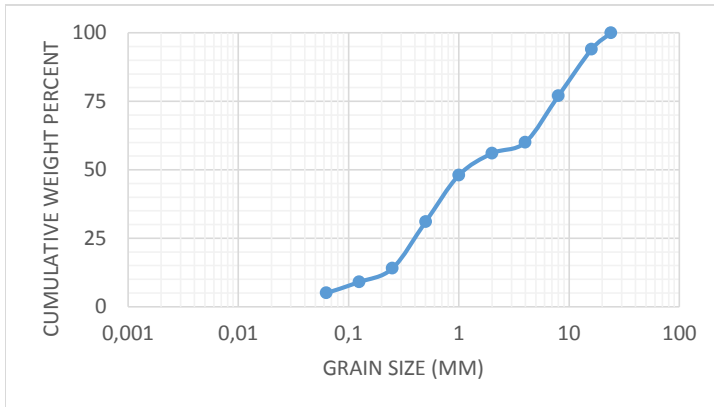
Grain Size Analysis Report

Date:

2020. november 27.

Sample Name: Ártd-alsóMass Sample (g):                     T (oC)                     

### Poorly sorted gravelly sand low in fines



Sieve opening (ps) di (mm)	Mass of retained (mr) (g)	mass fraction (mf)	Percent Passing (pp)
24	0	0	100
16	6	0,06	94
8	17	0,17	77
4	17	0,17	60
2	4	0,04	56
1	8	0,08	48
0,5	17	0,17	31
0,25	17	0,17	14
0,125	5	0,05	9
0,063	4	0,04	5

Effective Grain Diameters (mm)		Other Useful Parameters	
d10	0,150	Uniformity Coef.	26,67
d17	0,294	n computed	0,26
d20	0,338	g (cm/s <sup>2</sup> )	980,00
d50	1,250	ρ (g/cm <sup>3</sup> )	0,9981
d60	4,000	μ (g/cm s)	0,0098
de (Kruger)	0,674	ρg/μ (1/cm s)	9,9327E+04
de (Kozeny)	0,599	tau (Sauerbrei)	1,053
de (Zunker)	0,623	d <sub>geometric mean</sub>	1,709
de (Zamarin)	0,648	σ <sub>φ</sub>	2,562
lo (Alyameni)	-0,125		
mm		0	% in sample
>64		Boulder	
16 - 64		coarse gravel	6
8 - 16		medium gravel	17
2 - 8		fine gravel	21
0.5 - 2		coarse sand	25
0.25 - 0.5		medium sand	17
0.063 - 0.25		fine sand	9
0.016 - 0.063		coarse silt	
0.008 - 0.016		medium silt	
0.002 - 0.008		fine silt	
<0.002		clay	

## **3.4. melléklet**

# **Szivárgási tényezők**





K from Grain Size Analysis Report

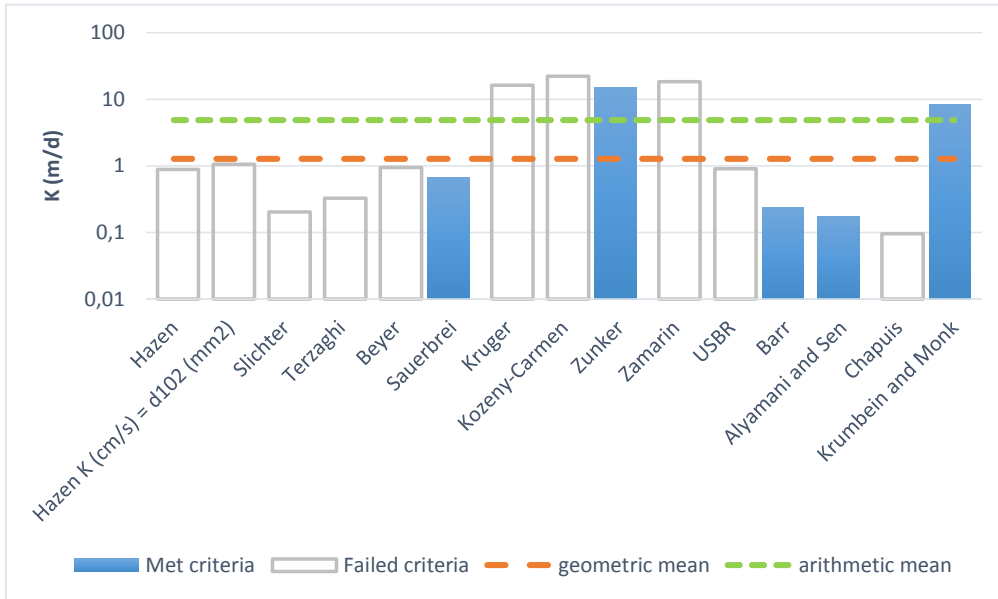
Date: 2020. november 27.

Sample Name: Átd fúrások felső burkológörbéje

Mass Sample (g):                     

T (oC)                     

**Poorly sorted sand low in fines**



Estimation of Hydraulic Conductivity	cm/s	m/s	m/d	de
Hazen	,103E-02	,103E-04	0,89	
Hazen K (cm/s) = d <sub>10</sub> (mm)	,123E-02	,123E-04	1,06	
Slichter	,235E-03	,235E-05	0,20	
Terzaghi	,378E-03	,378E-05	0,33	
Beyer	,110E-02	,110E-04	0,95	
Sauerbrei	,773E-03	,773E-05	0,67	
Kruger	,187E-01	,187E-03	16,17	
Kozeny-Carmen	,256E-01	,256E-03	22,12	
Zunker	,172E-01	,172E-03	14,83	
Zamarin	,212E-01	,212E-03	18,28	
USBR	,105E-02	,105E-04	0,91	
Barr	,272E-03	,272E-05	0,24	
Alyamani and Sen	,199E-03	,199E-05	0,17	
Chapuis	,111E-03	,111E-05	0,10	
Krumbein and Monk	,958E-02	,958E-04	8,28	
geometric mean	,147E-02	,147E-04	1,27	
arithmetic mean	,560E-02	,560E-04	4,84	



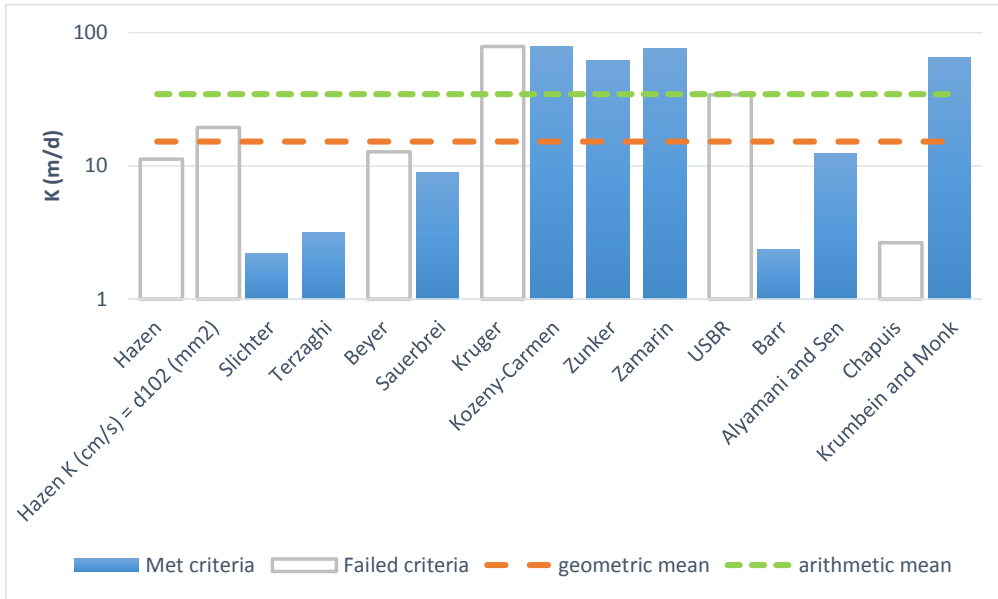
K from Grain Size Analysis Report

Date: 2020. november 27.

Sample Name: Átd fúrások alsó burkológrbéje

Mass Sample (g):                      T (oC)                     

**Poorly sorted gravelly sand low in fines**



Estimation of Hydraulic Conductivity	cm/s	m/s	m/d	de
Hazen	,130E-01	,130E-03	11,21	
Hazen K (cm/s) = d <sub>10</sub> (mm)	,225E-01	,225E-03	19,44	
Slichter	,256E-02	,256E-04	2,21	
Terzaghi	,368E-02	,368E-04	3,18	
Beyer	,148E-01	,148E-03	12,78	
Sauerbrei	,104E-01	,104E-03	8,98	
Kruger	,912E-01	,912E-03	78,76	
Kozeny-Carmen	,908E-01	,908E-03	78,43	
Zunker	,713E-01	,713E-03	61,62	
Zamarin	,876E-01	,876E-03	75,68	
USBR	,394E-01	,394E-03	34,04	
Barr	,275E-02	,275E-04	2,38	
Alyamani and Sen	,143E-01	,143E-03	12,36	
Chapuis	,306E-02	,306E-04	2,65	
Krumbein and Monk	,758E-01	,758E-03	65,50	
geometric mean	,176E-01	,176E-03	15,25	
arithmetic mean	,399E-01	,399E-03	34,48	

## **4. melléklet**

# **Csapadék-adatok**

- 4.1. Csapadékmérők elhelyezkedése**
- 4.2. Havi és éves csapadékösszegek, mm**
- 4.3. Havi csapadékösszegek az egyes mérőhelyeken**
- 4.4. Átlagos és szélső csapadékok**

## 4.1. melléklet: Csapadékmérők elhelyezkedése

állomás	EOVx, m	EOVy, m
65800 Ártánd	200639	856197
65201 Bakonszeg	205330	829485
65107 Biharnagybajom	208630	815490
65600 Darvas	197662	820859
65604 Komádi	188861	836322
65704 Körösszakál	190956	843860
65300 Mezőpeterd	206000	845000
65400 Pocsaj	219287	859331
65200 Sáp	214476	825422
65503 Szeghalom	188155	812260
65500 Szegh. Tóviskes	199097	805636
65602 Zsáka	201665	830861

## 4.2. melléklet: Havi és éves csapadékösszegek, mm

év.hó	Ártánd	Bakonszeg	B.nagybajom	Darvas	Komádi	Körösszakál	Mezőpeterd	Pocsaj	Sáp	Szeghalom	Szegh. Tóviskes	Zsáka	ter. átlag
Havi csapadékösszegek, mm													
1996.01	41,0	42,0	39,0	36,0	41,0	44,0	-	36,0	50,0	41,0	35,0	50,0	41,4
1996.02	39,0	40,0	32,0	24,0	37,0	36,0	-	34,0	35,0	37,0	27,0	38,0	34,5
1996.03	17,0	16,0	14,0	9,0	22,0	15,0	-	8,0	14,0	13,0	13,0	14,0	14,1
1996.04	34,0	51,0	34,0	24,0	34,0	39,0	-	69,0	43,0	24,0	31,0	40,0	38,5
1996.05	146,0	84,0	80,0	57,0	97,0	83,0	-	92,0	124,0	133,0	67,0	74,0	94,3
1996.06	51,0	65,0	81,0	45,0	62,0	81,0	-	41,0	60,0	49,0	43,0	78,0	59,6
1996.07	43,0	42,0	100,0	27,0	39,0	72,0	-	30,0	75,0	38,0	60,0	55,0	52,8
1996.08	173,0	173,0	145,0	101,0	145,0	131,0	-	178,0	158,0	144,0	133,0	205,0	153,3
1996.09	152,0	167,0	122,0	138,0	156,0	107,0	-	153,0	155,0	126,0	122,0	155,0	141,2
1996.10	60,0	46,0	42,0	37,0	33,0	36,0	-	46,0	49,0	31,0	44,0	78,0	45,6
1996.11	20,0	24,0	17,0	14,0	17,0	25,0	-	24,0	27,0	22,0	15,0	19,0	20,4
1996.12	70,0	66,0	65,0	49,0	57,0	68,0	-	64,0	97,0	65,0	54,0	71,0	66,0
1997.01	13,5	20,8	24,1	20,9	21,0	14,0	-	17,2	19,8	19,0	22,9	21,3	19,5
1997.02	12,6	15,4	9,4	9,1	13,0	18,0	-	15,3	2,5	11,0	9,1	10,7	11,5
1997.03	8,6	7,3	7,2	6,4	11,5	5,0	-	4,5	8,6	7,0	4,3	5,7	6,9
1997.04	55,1	63,1	46,6	34,2	58,5	66,0	-	39,1	51,3	57,0	45,6	50,5	51,5
1997.05	73,7	60,8	48,4	46,6	69,0	82,0	-	55,4	67,5	74,0	47,0	62,8	62,5
1997.06	88,7	100,6	106,7	38,8	9,0	98,0	-	122,7	119,5	0,0	60,2	92,3	83,7
1997.07	91,8	149,1	103,4	122,4	97,5	90,0	-	82,3	103,6	122,0	87,9	145,1	108,6
1997.08	93,9	58,8	87,1	68,9	8,2	62,0	-	74,5	75,8	64,0	57,4	86,6	67,0
1997.09	26,0	10,8	6,1	9,8	19,5	27,0	-	22,9	5,8	21,0	8,2	13,6	15,5
1997.10	23,2	26,7	19,5	28,7	31,5	30,0	-	29,2	9,4	22,0	23,5	32,8	25,1
1997.11	21,3	22,9	30,0	25,4	17,5	16,0	-	31,7	32,7	26,0	26,2	29,2	25,4
1997.12	63,4	63,2	62,3	74,0	66,5	65,0	-	64,5	66,0	69,0	49,7	81,0	65,9
1998.01	19,0	24,0	24,0	26,0	25,0	24,0	21,0	18,0	24,0	23,0	24,0	26,0	23,2
1998.02	1,0	1,0	0,0	0,0	4,0	1,0	1,0	2,0	1,0	-	1,0	1,0	1,2
1998.03	17,0	11,0	18,0	12,0	19,0	17,0	16,0	18,0	4,0	11,0	9,0	13,0	13,8
1998.04	73,0	69,0	96,0	61,0	82,0	76,0	79,0	71,0	133,0	73,0	66,0	95,0	81,2
1998.05	100,0	96,0	96,0	74,0	95,0	73,0	110,0	105,0	79,0	92,0	77,0	103,0	91,7
1998.06	132,0	79,0	59,0	89,0	98,0	89,0	126,0	119,0	80,0	54,0	81,0	102,0	92,3

## 4.2. melléklet: Havi és éves csapadékösszegek, mm

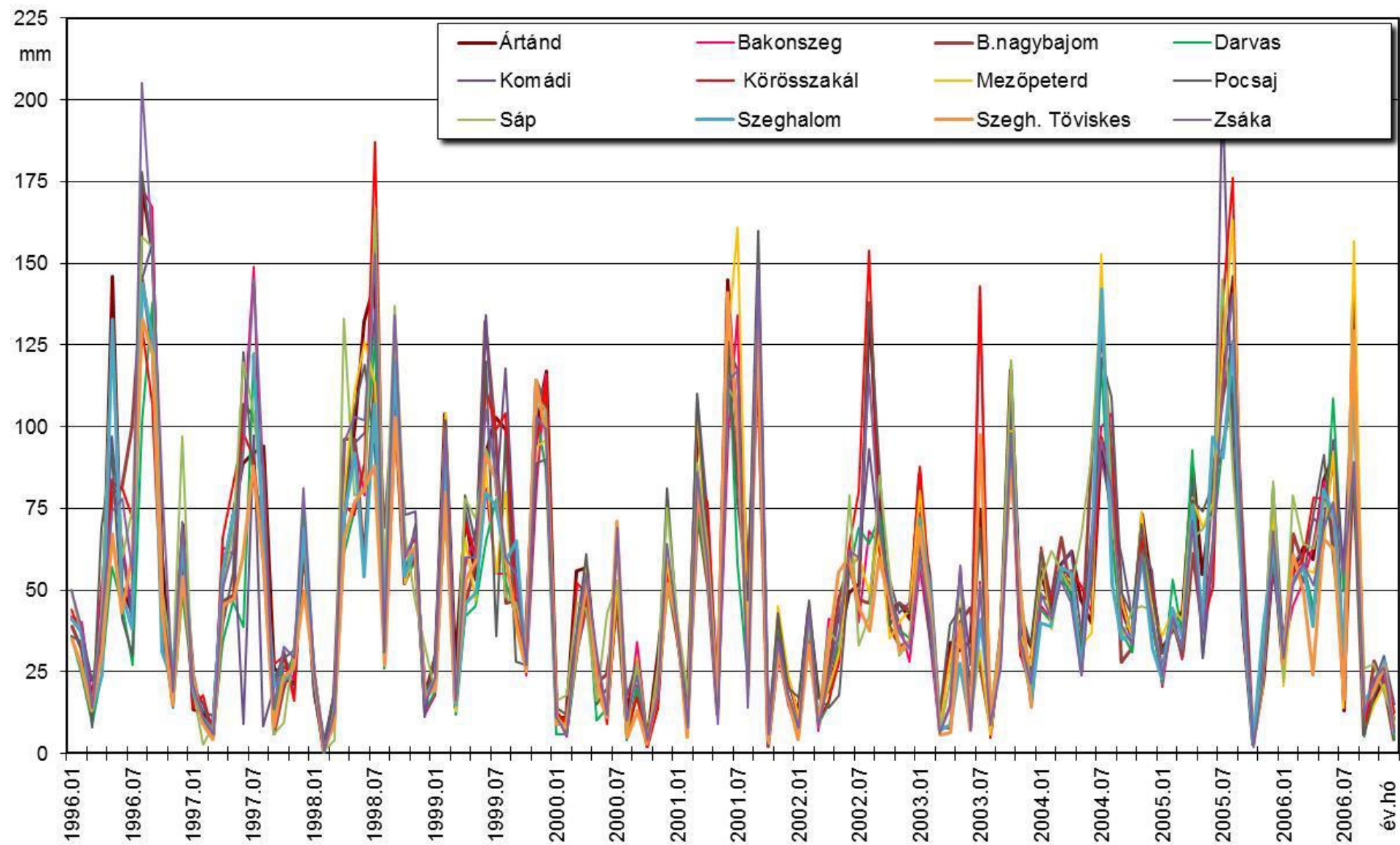
év.hó	Ártánd	Bakonszeg	B.nagybajom	Darvas	Komádi	Körösszakál	Mezőpeterd	Pocsaj	Sáp	Szeghalom	Szegh. Tóviskes	Zsáka	ter. átlag
1998.07	144,0	161,0	114,0	127,0	136,0	187,0	113,0	91,0	167,0	107,0	88,0	153,0	132,3
1998.08	38,0	36,0	32,0	26,0	69,0	50,0	39,0	37,0	53,0	41,0	27,0	31,0	39,9
1998.09	127,0	121,0	103,0	124,0	116,0	100,0	123,0	108,0	137,0	120,0	103,0	134,0	118,0
1998.10	61,0	54,0	52,0	55,0	73,0	61,0	52,0	55,0	67,0	54,0	60,0	60,0	58,7
1998.11	62,0	62,0	60,0	58,0	74,0	66,0	64,0	70,0	46,0	63,0	63,0	68,0	63,0
1998.12	18,0	12,0	17,0	13,0	11,0	16,0	17,0	17,0	33,0	17,0	17,0	15,0	16,9
1999.01	30,0	18,0	22,0	19,0	31,0	28,0	23,0	28,0	19,0	23,0	20,0	23,0	23,7
1999.02	104,0	78,0	93,0	76,0	101,0	102,0	104,0	102,0	76,0	93,0	80,0	99,0	92,3
1999.03	28,0	15,0	14,0	12,0	18,0	17,0	13,0	16,0	15,0	15,0	16,0	16,0	16,3
1999.04	72,0	57,0	46,0	42,0	75,0	71,0	66,0	79,0	78,0	46,0	53,0	60,0	62,1
1999.05	53,0	68,0	59,0	45,0	58,0	61,0	47,0	64,0	72,0	49,0	59,0	60,0	57,9
1999.06	91,0	81,0	132,0	65,0	134,0	112,0	87,0	120,0	93,0	80,0	91,0	105,0	99,3
1999.07	103,0	55,0	97,0	78,0	79,0	99,0	55,0	36,0	83,0	76,0	84,0	84,0	77,4
1999.08	99,0	55,0	46,0	53,0	118,0	104,0	80,0	97,0	48,0	59,0	59,0	60,0	73,2
1999.09	37,0	53,0	47,0	42,0	55,0	43,0	38,0	28,0	46,0	65,0	40,0	55,0	45,8
1999.10	36,0	24,0	28,0	26,0	31,0	27,0	25,0	27,0	32,0	26,0	26,0	27,0	27,9
1999.11	99,0	82,0	114,0	103,0	108,0	95,0	94,0	89,0	109,0	114,0	114,0	103,0	102,0
1999.12	117,0	116,0	106,0	87,0	113,0	114,0	96,0	90,0	105,0	96,0	96,0	99,0	102,9
2000.01	11,0	12,0	9,0	6,0	-	13,0	12,0	14,0	16,0	-	9,0	11,0	11,3
2000.02	11,0	5,0	11,0	6,0	-	9,0	7,0	12,0	18,0	-	9,0	6,0	9,4
2000.03	56,0	31,0	31,0	30,0	-	52,0	36,0	39,0	46,0	-	31,0	38,0	39,0
2000.04	57,0	44,0	49,0	51,0	-	49,0	59,0	61,0	44,0	-	53,0	55,0	52,2
2000.05	23,0	28,0	22,0	10,0	-	26,0	18,0	15,0	16,0	-	22,0	31,0	21,1
2000.06	12,0	13,0	24,0	14,0	-	9,0	11,0	20,0	43,0	-	11,0	12,0	16,9
2000.07	48,0	49,0	46,0	53,0	-	53,0	53,0	63,0	52,0	-	71,0	69,0	55,7
2000.08	13,0	7,0	5,0	4,0	-	7,0	5,0	17,0	7,0	-	5,0	10,0	8,0
2000.09	29,0	34,0	21,0	20,0	-	17,0	29,0	28,0	28,0	-	13,0	24,0	24,3
2000.10	3,0	4,0	2,0	4,0	-	2,0	5,0	5,0	3,0	-	3,0	4,0	3,5
2000.11	29,0	15,0	19,0	14,0	-	14,0	23,0	22,0	27,0	-	18,0	18,0	19,9
2000.12	58,0	53,0	55,0	52,0	-	56,0	59,0	81,0	75,0	-	52,0	64,0	60,5
2001.01	37,0	37,0	40,0	34,0	37,0	34,0	36,0	38,0	41,0	-	40,0	38,0	37,5
2001.02	15,0	11,0	9,0	8,0	11,0	13,0	15,0	15,0	18,0	-	5,0	8,0	11,6
2001.03	101,0	78,0	73,0	74,0	110,0	83,0	105,0	109,0	89,0	-	81,0	86,0	89,9
2001.04	65,0	53,0	51,0	54,0	74,0	77,0	57,0	64,0	64,0	-	54,0	58,0	61,0
2001.05	14,0	13,0	12,0	15,0	18,0	16,0	12,0	14,0	17,0	-	16,0	9,0	14,2
2001.06	145,0	98,0	114,0	127,0	125,0	134,0	128,0	126,0	112,0	-	141,0	114,0	124,0
2001.07	93,0	134,0	85,0	58,0	117,0	99,0	161,0	77,0	107,0	-	95,0	117,0	103,9
2001.08	45,0	18,0	51,0	22,0	57,0	54,0	37,0	47,0	28,0	-	21,0	14,0	35,8
2001.09	122,0	147,0	121,0	150,0	127,0	117,0	136,0	160,0	141,0	-	132,0	148,0	136,5
2001.10	8,0	4,0	2,0	4,0	7,0	7,0	4,0	8,0	3,0	-	4,0	6,0	5,2
2001.11	32,0	29,0	31,0	39,0	36,0	42,0	45,0	43,0	31,0	-	31,0	34,0	35,7
2001.12	22,0	18,0	15,0	17,0	22,0	23,0	24,0	20,0	18,0	-	16,0	18,0	19,4
2002.01	12,0	8,0	7,0	6,0	11,0	10,0	11,0	17,0	9,0	-	4,3	8,0	9,4
2002.02	44,0	42,0	36,0	38,0	41,0	36,0	45,0	47,0	39,0	-	33,2	44,0	40,5
2002.03	17,0	7,0	9,0	9,0	12,0	10,0	10,0	17,0	10,0	-	8,4	8,0	10,7
2002.04	19,0	41,0	27,0	15,0	23,0	16,0	20,0	14,0	38,0	-	33,9	23,0	24,5

## 4.2. melléklet: Havi és éves csapadékösszegek, mm

év.hó	Ártánd	Bakonszeg	B.nagybajom	Darvas	Komádi	Körösszakál	Mezőpeterd	Pocsaj	Sáp	Szeghalom	Szegh. Tóviskes	Zsáka	ter. átlag
2002.05	33,0	40,0	47,0	35,0	43,0	28,0	31,0	18,0	33,0	-	55,5	37,0	36,4
2002.06	49,0	64,0	58,0	56,0	57,0	64,0	56,0	57,0	79,0	-	59,7	62,0	60,2
2002.07	52,0	40,0	47,0	69,0	60,0	80,0	61,0	45,0	33,0	-	44,7	60,0	53,8
2002.08	138,0	68,0	46,0	64,0	93,0	154,0	49,0	138,0	42,0	-	37,3	116,0	85,9
2002.09	77,0	64,0	74,0	73,0	65,0	62,0	67,0	87,0	85,0	-	59,8	68,0	71,1
2002.10	44,0	48,0	39,0	50,0	53,0	42,0	35,0	39,0	54,0	-	47,6	49,0	45,5
2002.11	46,0	40,0	33,0	38,0	43,0	46,0	40,0	46,0	30,0	-	31,6	37,0	39,1
2002.12	41,0	28,0	34,0	35,0	46,0	44,0	44,0	43,0	34,0	-	34,7	32,0	37,8
2003.01	85,4	57,2	73,6	-	86,5	87,8	80,4	63,7	58,7	71,8	69,2	60,3	72,2
2003.02	39,6	33,7	54,8	-	40,0	49,0	45,3	34,0	44,2	51,3	45,5	40,8	43,5
2003.03	9,3	6,7	8,0	-	12,7	10,8	7,6	12,3	5,8	7,1	5,6	6,1	8,4
2003.04	34,0	14,5	7,7	-	27,0	30,6	28,6	39,5	21,8	9,0	6,4	13,9	21,2
2003.05	31,6	57,3	39,8	-	55,0	37,9	45,5	44,4	52,6	27,7	39,7	57,4	44,4
2003.06	34,3	7,0	44,5	-	27,0	10,4	11,0	20,6	9,5	9,1	7,2	7,2	17,1
2003.07	74,4	52,4	26,1	-	142,7	142,8	31,6	69,2	51,5	40,9	97,6	51,0	70,9
2003.08	7,3	7,0	6,9	-	7,0	4,9	5,8	10,6	12,9	11,6	9,6	8,5	8,4
2003.09	30,7	30,3	33,1	-	36,5	33,9	30,4	39,1	36,8	27,8	32,8	26,4	32,5
2003.10	117,2	105,8	96,5	-	110,5	93,2	98,8	119,8	120,5	92,4	86,5	98,0	103,6
2003.11	39,7	30,7	41,0	-	42,5	29,8	36,1	44,1	34,1	47,2	48,4	34,9	39,0
2003.12	32,5	19,3	14,9	-	23,7	29,0	26,9	33,3	16,3	16,0	14,1	21,5	22,5
2004.01	56,0	45,0	48,0	44,0	59,0	63,0	62,0	62,0	53,0	40,0	-	49,0	52,8
2004.02	44,0	41,0	47,0	40,0	48,0	46,0	38,0	43,0	62,0	39,0	-	41,0	44,5
2004.03	58,0	53,0	66,0	55,0	57,0	55,0	55,0	57,0	56,0	57,0	-	53,0	56,5
2004.04	62,0	50,0	48,0	48,0	62,0	56,0	53,0	50,0	50,0	55,0	-	46,0	52,7
2004.05	47,0	24,0	30,0	30,0	36,0	51,0	33,0	33,0	67,0	25,0	-	24,0	36,4
2004.06	40,0	67,0	89,0	65,0	69,0	43,0	37,0	53,0	92,0	60,0	-	60,0	61,4
2004.07	96,0	100,0	130,0	119,0	91,0	97,0	153,0	121,0	141,0	142,0	-	96,0	116,9
2004.08	71,0	104,0	88,0	65,0	74,0	86,0	72,0	109,0	79,0	52,0	-	81,0	80,1
2004.09	45,0	46,0	28,0	37,0	60,0	48,0	46,0	49,0	35,0	35,0	-	39,0	42,5
2004.10	35,0	34,0	32,0	31,0	41,0	35,0	35,0	42,0	44,0	36,0	-	33,0	36,2
2004.11	73,0	64,0	64,0	66,0	64,0	66,0	74,0	70,0	45,0	60,0	-	61,0	64,3
2004.12	50,0	43,0	39,0	41,0	56,0	51,0	44,0	49,0	44,0	32,0	-	42,0	44,6
2005.01	31,9	20,4	25,0	21,4	24,0	30,4	35,7	31,0	23,6	22,8	-	23,6	26,3
2005.02	37,4	42,8	41,0	53,1	40,5	40,2	43,9	38,9	40,2	44,7	-	41,1	42,2
2005.03	43,9	28,8	29,8	37,0	32,5	37,3	40,8	31,4	32,1	35,3	-	32,0	34,6
2005.04	87,2	69,2	61,0	92,6	83,0	70,6	78,2	77,5	65,5	76,1	-	71,1	75,6
2005.05	54,6	40,2	38,9	29,6	29,0	39,9	69,0	74,0	68,7	40,1	-	36,4	47,3
2005.06	78,9	65,4	84,0	66,4	60,0	51,1	76,7	82,5	72,8	97,0	-	62,9	72,5
2005.07	115,0	116,9	109,1	93,9	203,5	135,9	120,7	92,6	145,2	90,6	-	111,5	121,4
2005.08	145,8	114,9	126,3	114,9	94,5	176,0	163,2	110,2	87,0	125,7	-	140,8	127,2
2005.09	42,2	45,5	66,8	46,3	46,0	37,4	42,4	39,6	45,1	46,8	-	51,8	46,4
2005.10	2,8	2,9	5,0	3,2	5,5	3,4	2,3	4,5	5,9	3,2	-	1,8	3,7
2005.11	21,6	23,5	24,6	23,5	30,5	24,7	19,5	26,4	23,1	38,7	-	21,8	25,3
2005.12	61,7	69,5	64,0	57,9	54,6	61,5	74,2	82,0	83,2	62,7	-	67,9	67,2
2006.01	26,1	31,2	27,6	30,9	34,5	29,6	20,5	32,6	22,0	32,3	27,7	29,3	28,7
2006.02	56,2	45,2	67,0	51,5	58,9	54,6	53,3	60,1	79,0	53,4	60,7	51,8	57,6

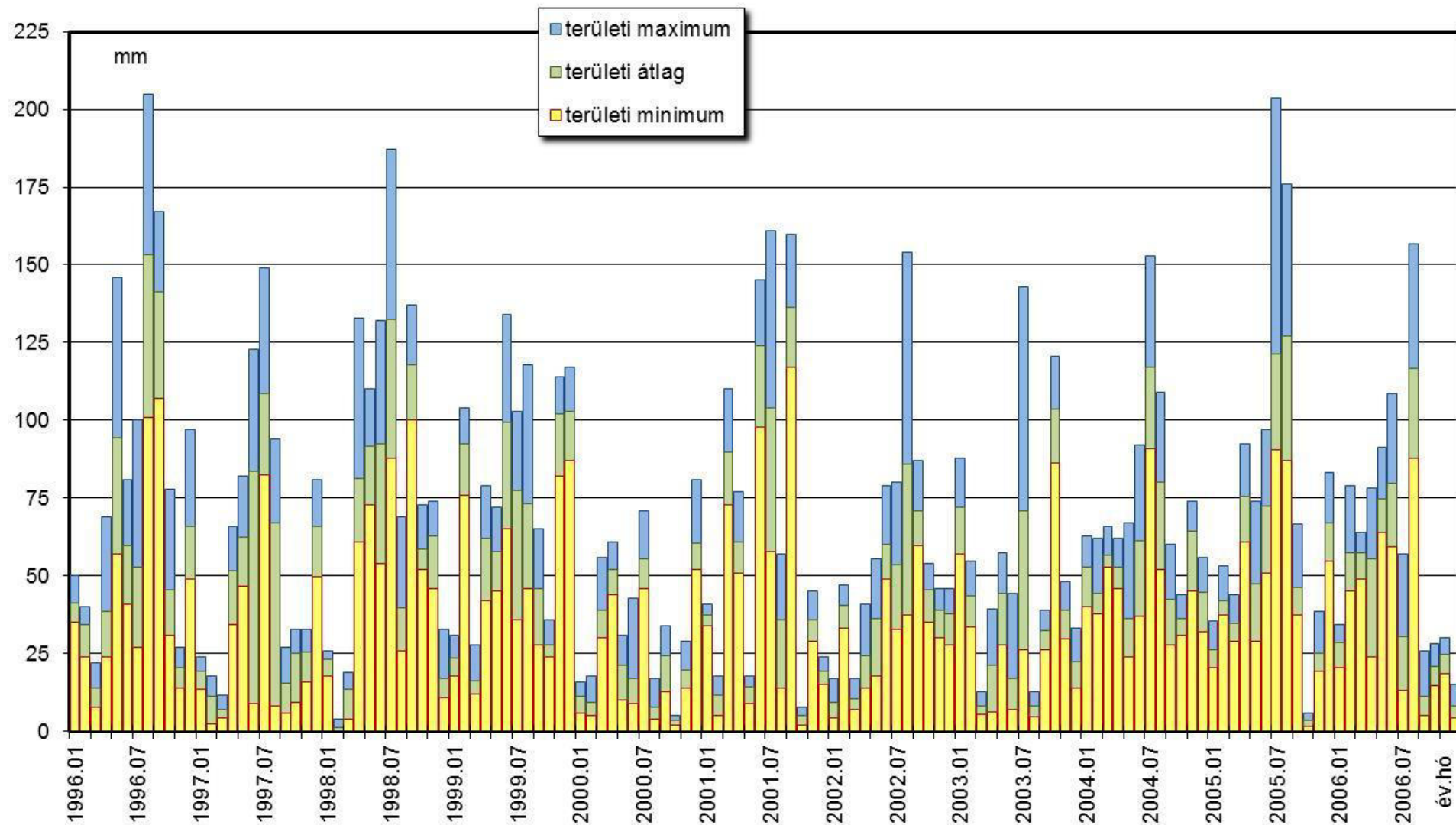
## 4.2. melléklet: Havi és éves csapadékösszegek, mm

év.hó	Ártánd	Bakonszeg	B.nagybajom	Darvas	Komádi	Körösszakál	Mezőpeterd	Pocsaj	Sáp	Szeghalom	Szegh. Tóviskes	Zsáka	ter. átlag
2006.03	63,3	52,5	57,2	57,9	61,0	59,4	56,8	52,9	64,0	56,6	49,1	58,0	57,4
2006.04	59,3	64,3	41,9	44,7	71,9	78,2	55,4	73,5	62,8	38,8	24,0	51,4	55,5
2006.05	83,5	83,4	68,8	64,1	69,0	78,0	64,9	91,3	77,3	81,0	65,7	69,0	74,7
2006.06	91,5	64,2	92,0	108,5	96,0	68,8	92,5	59,3	71,6	72,9	62,5	76,7	79,7
2006.07	13,1	29,2	21,2	49,6	57,0	16,6	13,9	31,3	33,2	30,4	16,7	54,8	30,6
2006.08	140,1	115,5	88,5	87,8	122,0	124,7	156,8	123,9	104,8	118,0	129,4	89,4	116,7
2006.09	9,9	13,0	5,7	5,0	12,0	7,3	6,4	5,8	25,9	16,3	14,2	11,8	11,1
2006.10	16,3	20,3	28,1	22,2	20,5	21,9	14,6	17,2	27,5	19,7	19,3	22,8	20,9
2006.11	23,8	23,2	20,2	26,1	30,0	25,8	21,0	25,6	18,7	28,1	26,9	26,4	24,7
2006.12	10,1	6,2	4,3	4,6	15,0	12,7	8,5	7,3	10,1	6,4	7,1	6,7	8,3
Éves csapadékösszegek, mm													
1996.	846	816	771	561	740	737	-	775	887	723	644	877	762
1997.	572	600	551	485	423	573	-	559	563	492	442	632	535
1998.	792	726	671	665	802	760	761	711	824	655	616	801	732
1999.	869	702	804	648	921	873	728	776	776	742	738	791	781
2000.	350	295	294	264	0	307	317	377	375	-	297	342	322
2001.	699	640	604	602	741	699	760	721	669	-	636	650	675
2002.	572	490	457	488	547	592	469	568	486	-	451	544	515
2003.	536	422	447	-	611	560	448	531	465	412	463	426	484
2004.	677	671	709	641	717	697	702	738	768	633	-	625	689
2005.	723	640	676	640	704	708	767	691	692	684	-	663	690
2006.	593	548	523	553	648	578	565	581	597	554	503	548	566
Évi csapadékösszegek sokéves átlaga, mm													
1961-90.	578	531	506	517	548	569	-	543	527	529	505	560	538



4.3. melléklet: Havi csapadékösszegek az egyes mérőhelyeken





4.4. melléklet: Átlagos és szélső csapadékok

## **5. melléklet**

# **Felszíni vizek**

**5.1. Vízfolyások**

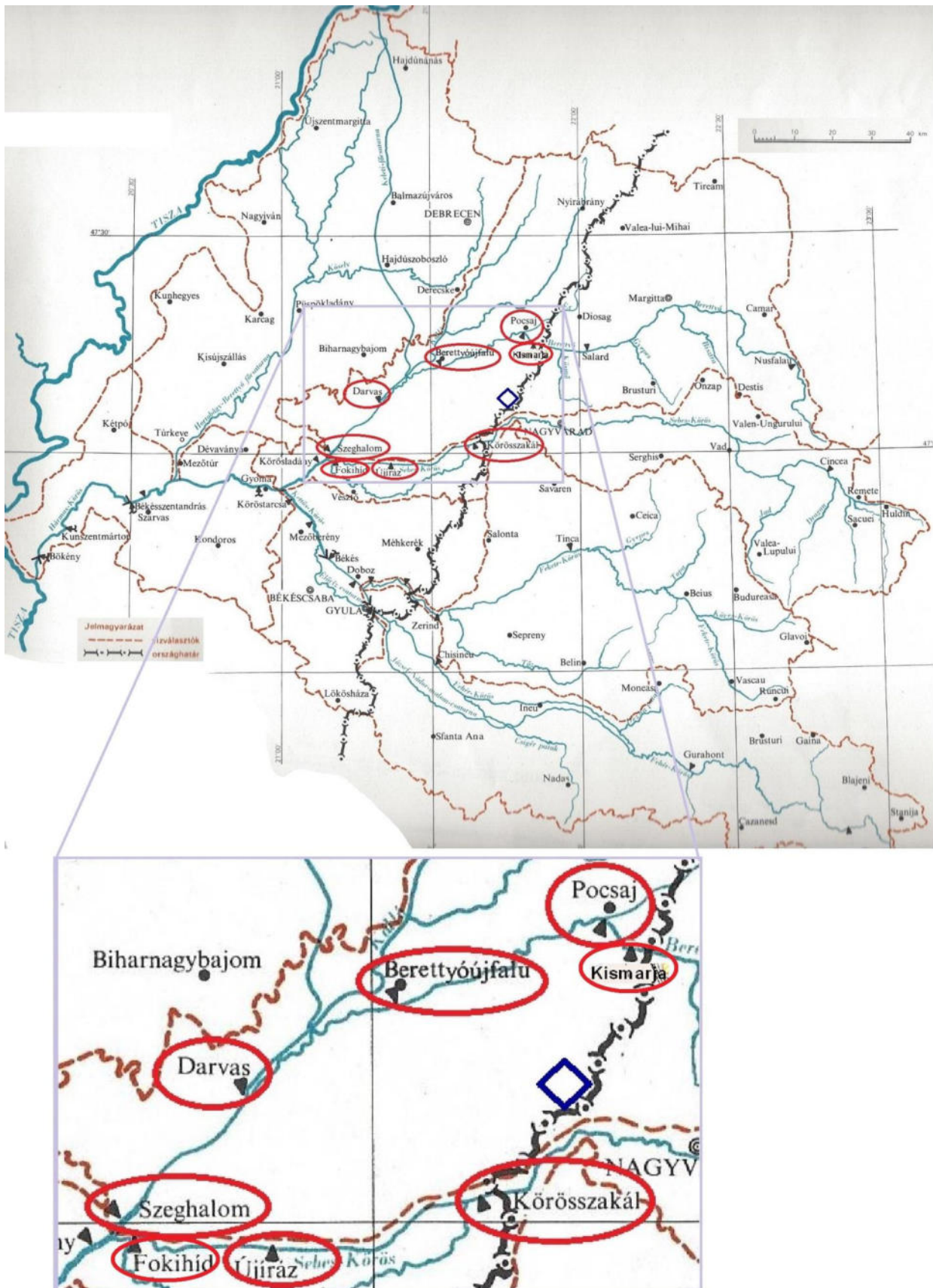
**5.2. Bányatavak**

## **5.1. melléklet**

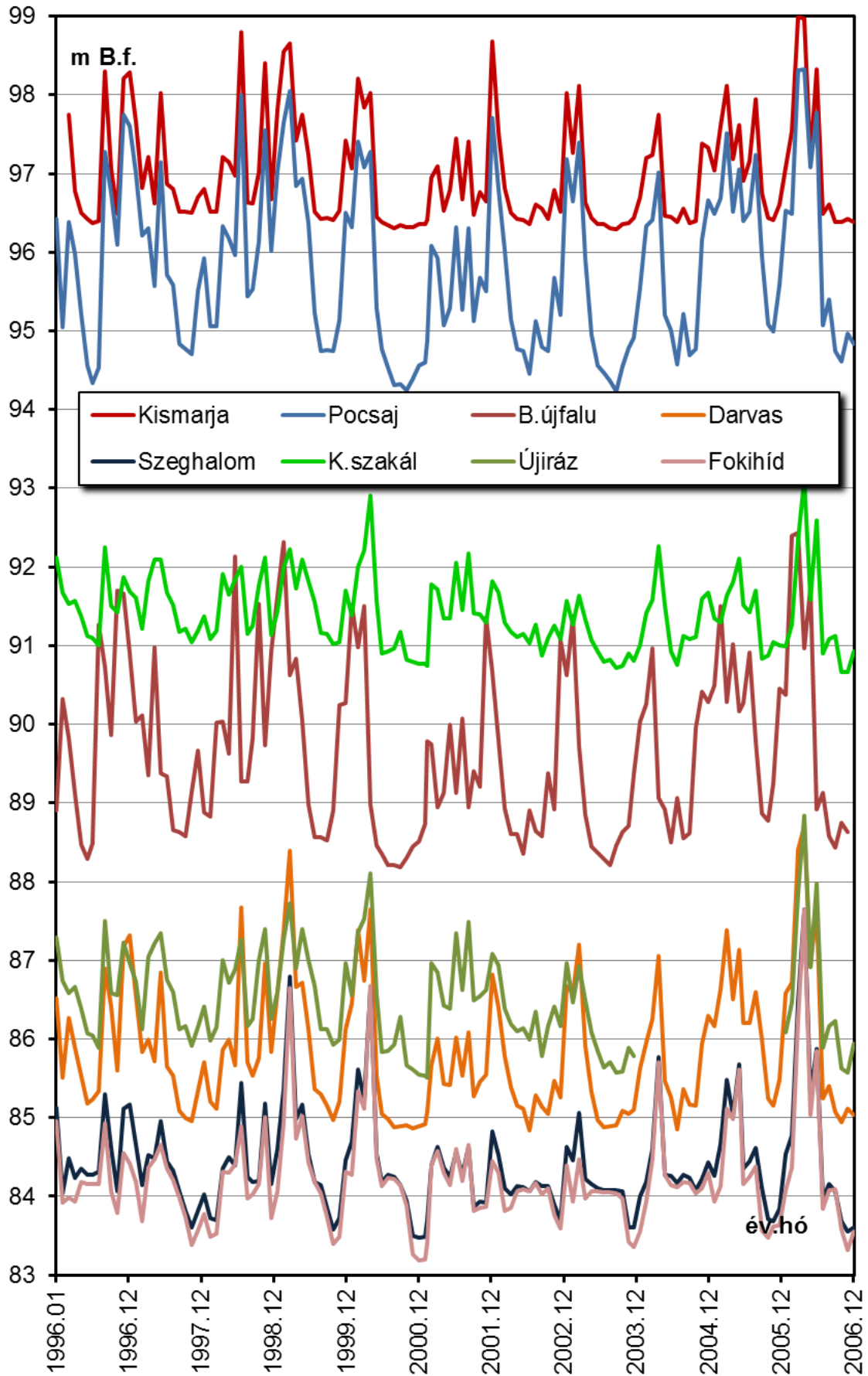
# **Vízfolyások**

**5.1.1. A Körös-rendszer és a vizsgált vízmércék**

**5.1.2. Havi közepes vízszintek időbeli változása**



5.1.1. melléklet: A Körös-rendszer és a vizsgált vízmércék



5.1.2. melléklet: Havi közepes vízszintek időbeli változása

## 5.2. melléklet

# Bányatavak

**5.2.1. A terület a *Google Earth* 2011. évi felvétele alapján**

**5.2.2. A terület a *Google Earth* 2014. évi felvétele alapján**

**5.2.3. A terület a *Google Earth* 2018. évi felvétele alapján**

**5.2.4. A terület a *Google Earth* 2019. évi felvétele alapján**

**5.2.5. A terület a *Google Earth* 2020. évi felvétele alapján**

**5.2.6. Figyelembe vett bányatelkek és tavak**



5.2.1. melléklet: A terület a Google Earth 2011. évi felvétele alapján



5.2.2. melléklet: A terület a Google Earth 2014. évi felvétele alapján



5.2.3. melléklet: A terület a Google Earth 2018. évi felvétele alapján

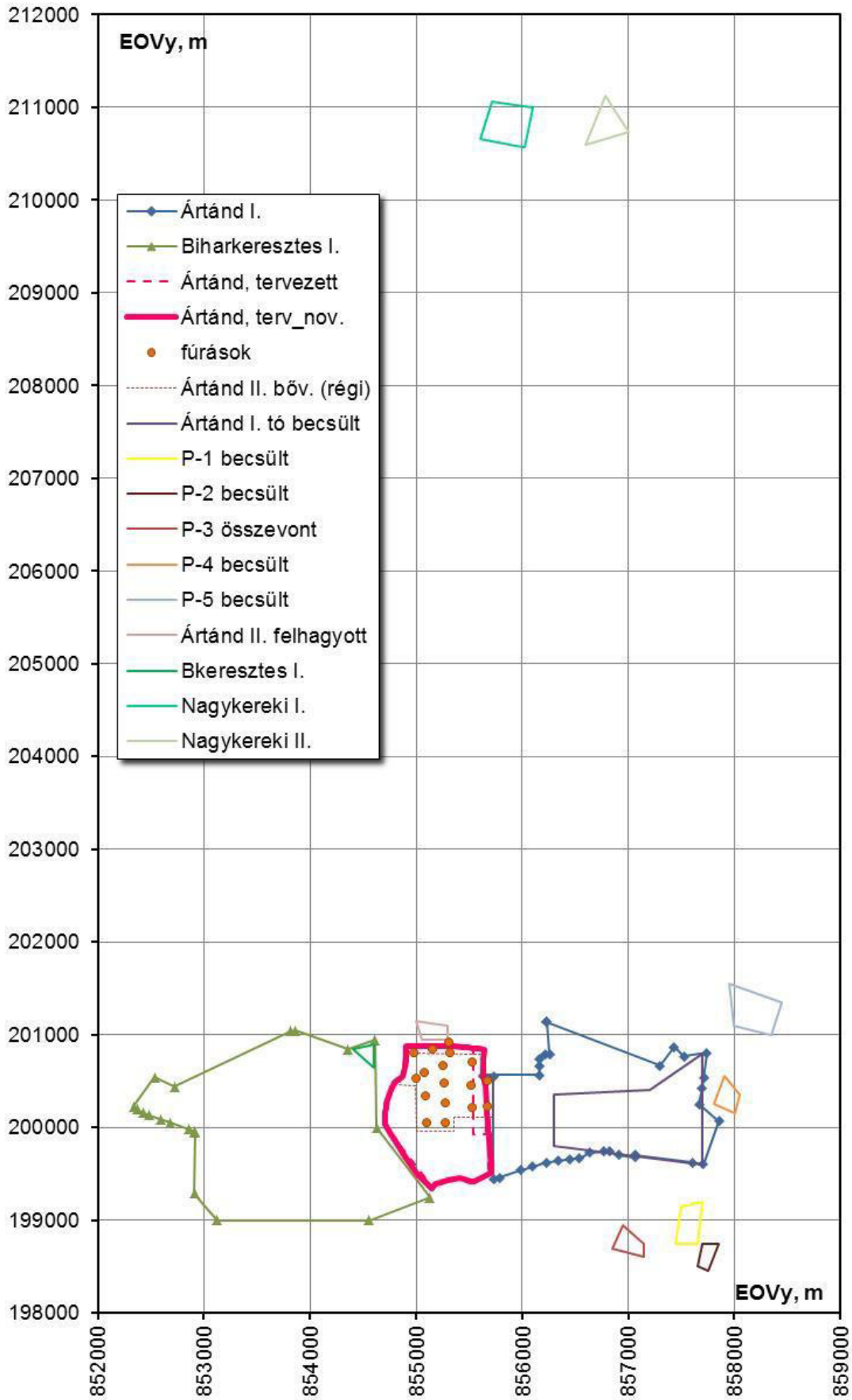


5.2.4. melléklet: A terület a Google Earth 2019. évi felvétele alapján





5.2.5. melléklet: A terület a Google Earth 2020. évi felvétele alapján

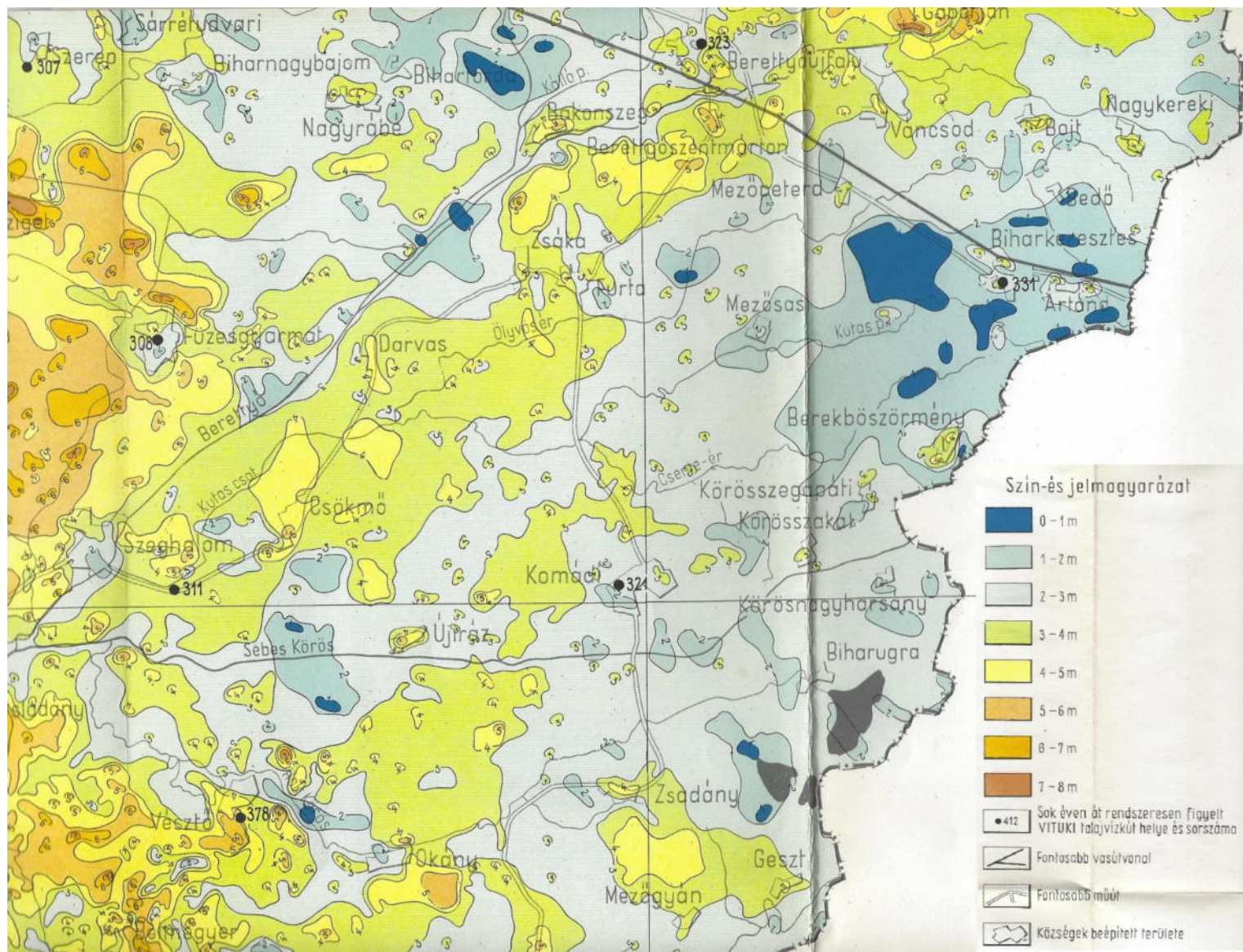


5.2.6. melléklet: Figyelembe vett bányatelkek és tavak

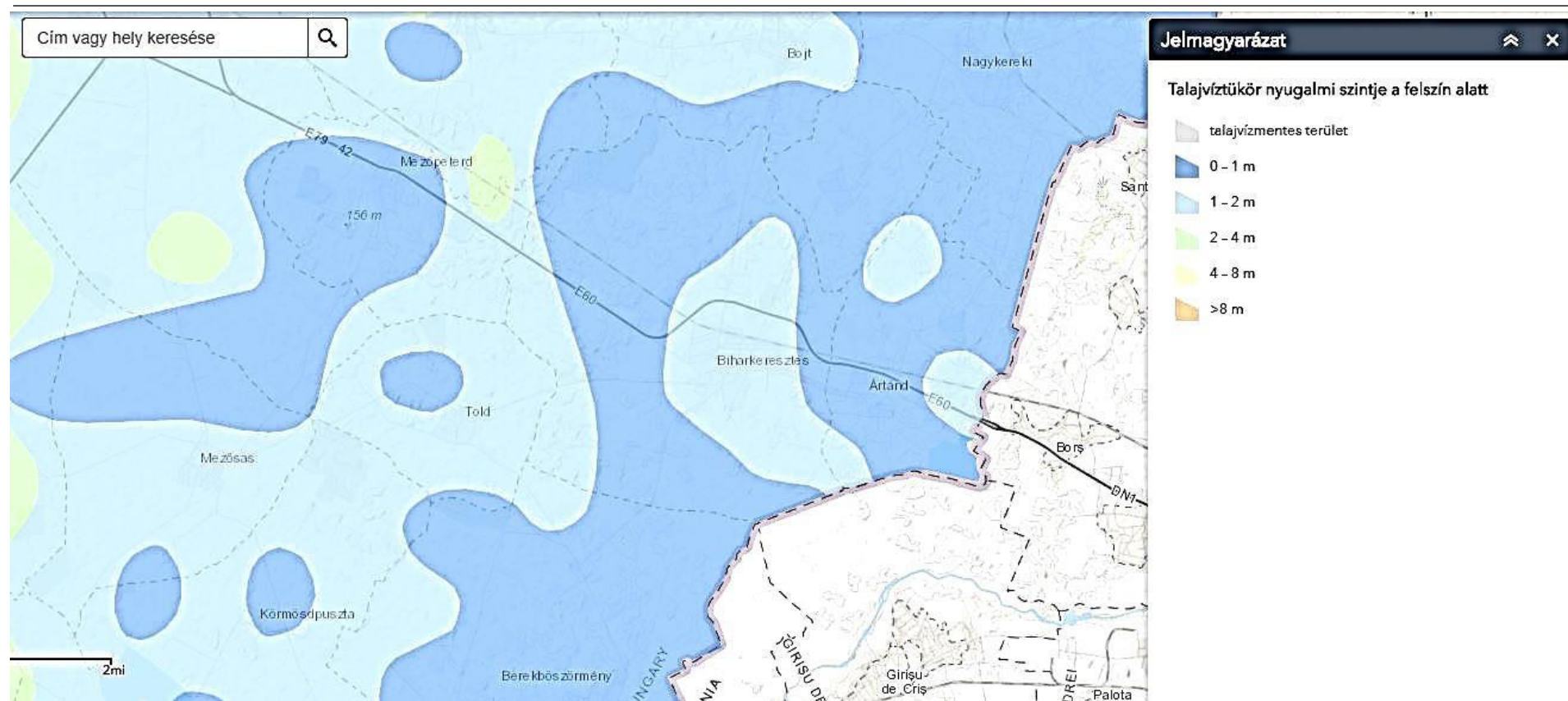
## 6. melléklet

# Talajvízviszonyok

- 6.1. A talajvíz felszín alatti mélysége Rónai (1961) nyomán
- 6.2. A talajvíz felszín alatti mélysége az MBFSZ térképe nyomán
- 6.3. Talajvízszint észlelő kutak legfontosabb adatai
- 6.4. A közepes kisvíz területi eloszlása
- 6.5. A középvíz területi eloszlása
- 6.6. A közepes nagyvíz területi eloszlása
- 6.7. Havi közepes vízszintek az egyes kutaknál
- 6.8. Áramlási irány, Biharkeresztes, Berekböszörmény, Mezősas
- 6.9. Áramlási irány, Biharkeresztes, Mezőpeterd, Bedő
- 6.10. Áramlási irány, Biharkeresztes, Váncsod, Nagykereki
- 6.11. Áramlási irány, Biharkeresztes, Mezőpeterd, Mezősas



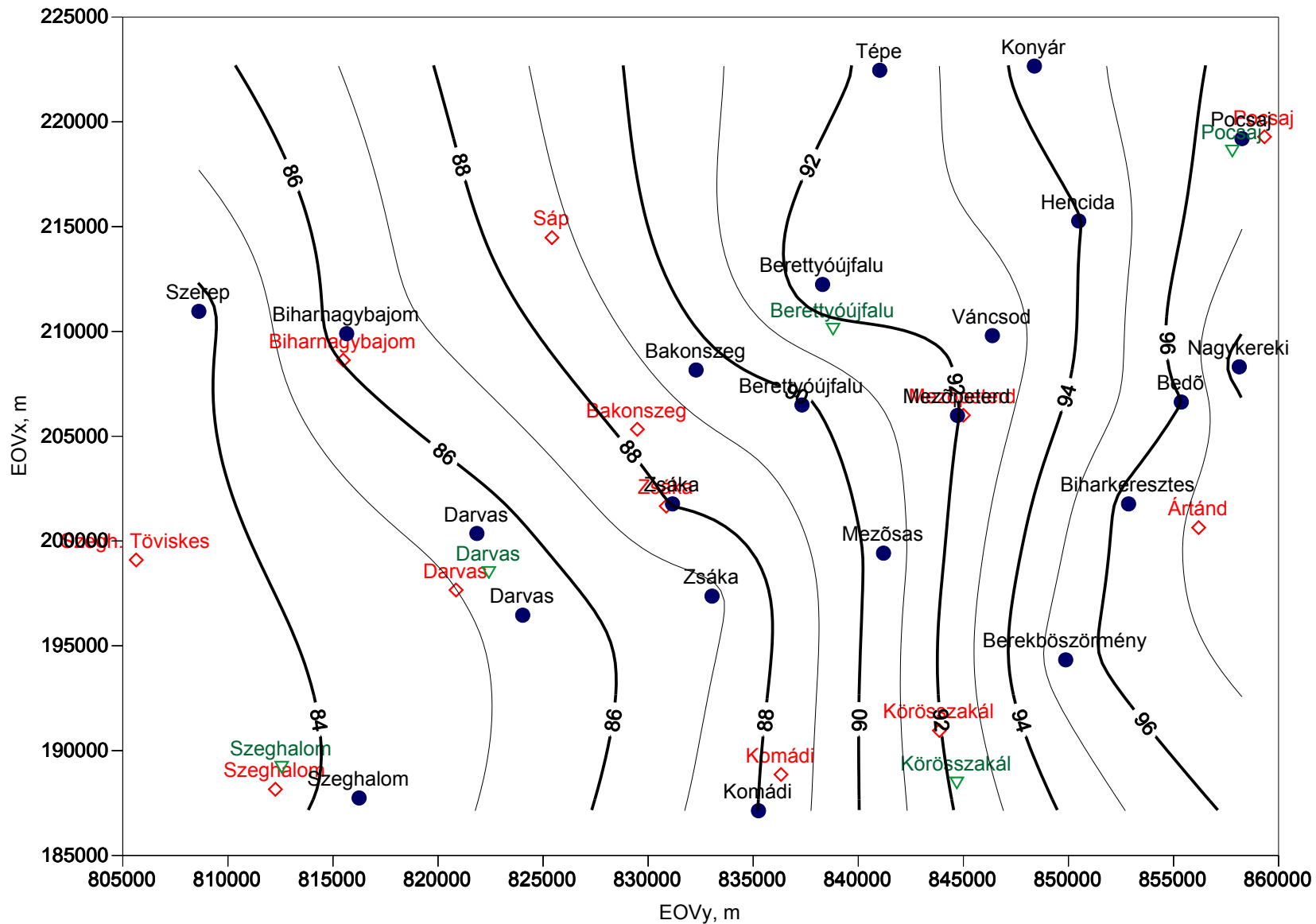
6.1. melléklet: A talajvíz felszín alatti mélysége Rónai (1961) nyomán



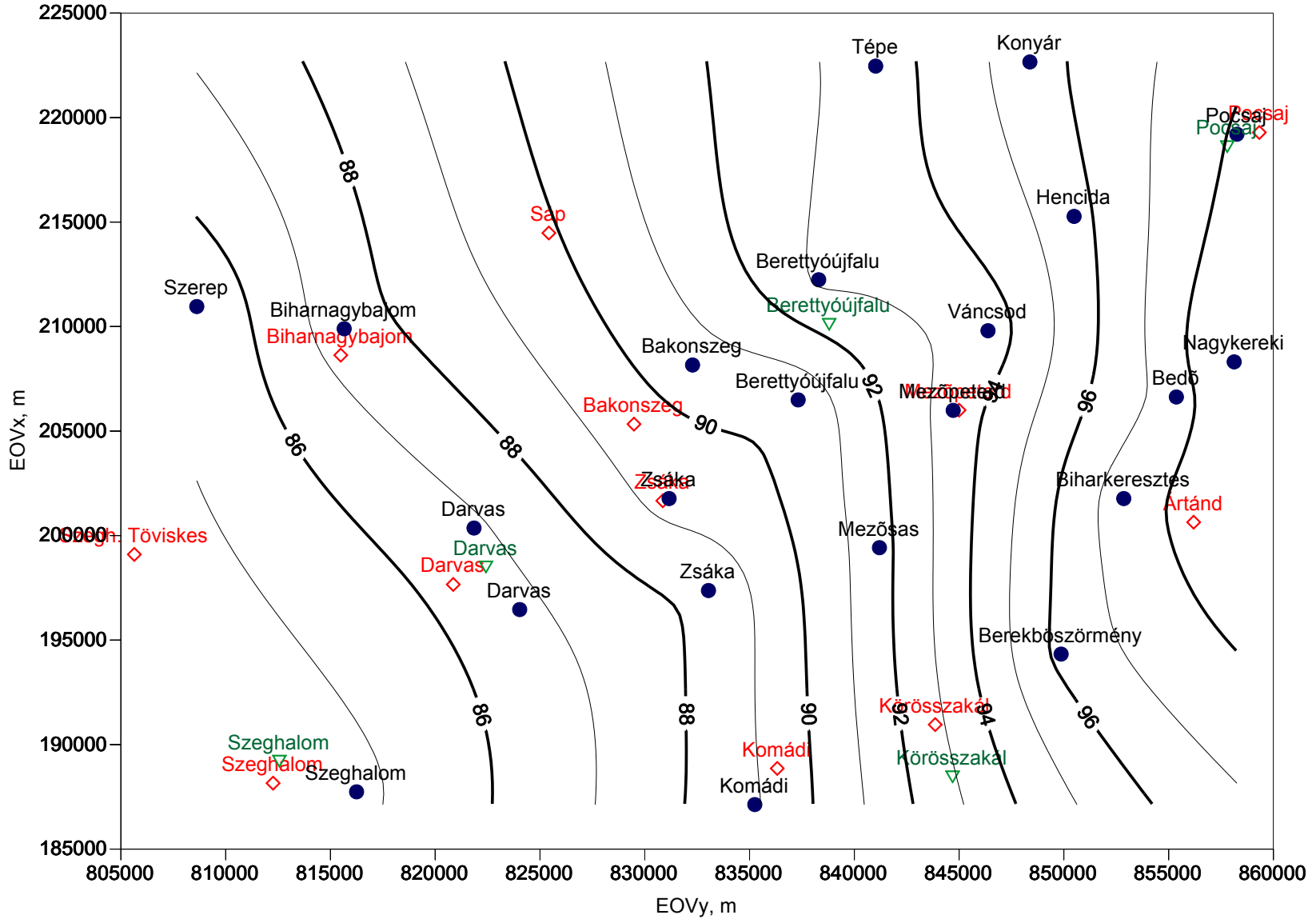
6.2. melléklet: A talajvíz felszín alatti mélysége az MBFSZ térképe nyomán

6.3. melléklet: Talajvízszint észlelő kutak legfontosabb adatai

Törzs- szám	Állomás neve	EOVX, m	EOVY, m	perem, m B.f.	terep, m B.f.	kút mély- ség, m	KKV, m B.f.	KÖV, m B.f.	KNV, m B.f.	eltérés, m	KV, m B.f.	NV, m B.f.	vízjáték, m
2651	Bakonszeg	208160	832280	94,70	94,12	920	89,55	89,99	90,61	1,06	88,62	92,07	3,45
2664	Bedő	206630	855370	99,50	98,48	750	95,95	96,58	97,41	1,45	95,14	97,85	2,71
2661	Berekbőszörmény	194330	849870	99,74	99,49	857	95,63	95,96	96,27	0,64	94,88	96,95	2,07
2657	Berettyóújfalu	206490	837320	95,36	94,80	952	89,76	89,99	90,22	0,46	89,07	90,96	1,89
2658	Berettyóújfalu	212240	838300	95,20	94,66	852	92,73	92,93	93,17	0,44	92,45	93,63	1,18
2662	Biharkeresztes	201770	852860	98,87	98,34	750	96,31	96,93	97,58	1,27	95,85	97,94	2,09
2652	Biharnagybajom	209893	815653	89,25	88,83	650	86,40	87,08	87,59	1,19	85,08	88,37	3,29
2666	Darvas	196460	824030	89,40	88,82	750	85,34	85,92	86,74	1,40	84,60	88,80	4,20
2775	Darvas	200360	821850	88,94	88,61	949	85,41	86,04	86,82	1,41	84,54	88,02	3,48
2641	Hencida	215270	850490	98,87	98,54	850	93,93	94,77	95,65	1,72	92,29	96,91	4,62
2656	Komádi	187130	835250	89,38	89,18	500	88,00	88,41	88,89	0,90	87,32	89,32	2,00
2640	Konyár	222660	848380	100,50	99,83	1007	94,39	95,04	95,59	1,20	93,25	96,26	3,01
2665	Mezőpeterd	205990	844720	95,34	94,93	850	91,96	92,70	93,49	1,54	91,22	94,37	3,15
2659	Mezősas	199420	841200	93,78	93,09	742	90,41	91,01	91,64	1,23	90,02	92,24	2,22
2663	Nagykereki	208310	858130	102,13	102,02	613	98,43	98,91	99,37	0,94	98,05	100,67	2,62
2645	Pocsaj	219200	858260	101,04	100,62	1642	96,57	97,29	98,11	1,54	95,89	99,18	3,29
2653	Szeghalom	187739	816244	88,19	87,20	2004.01.01-ig 780	84,17	84,35	84,76	0,59	83,95	85,94	1,99
2650	Szerep	210957	808618	88,08	87,25	732	83,69	84,54	85,15	1,46	82,81	86,41	3,60
2636	Tépe	222460	841020	87,77	87,25	700	92,16	92,83	93,44	1,28	91,45	94,27	2,82
2660	Váncsod	209800	846380	95,44	94,94	846	92,32	92,80	93,39	1,07	91,51	94,16	2,65
2654	Zsáka	201770	831160	97,94	97,54	1076	88,05	88,68	89,42	1,37	87,56	90,24	2,68
2655	Zsáka	197370	833040	93,54	93,21	700	86,75	87,46	88,23	1,48	86,02	89,53	3,51

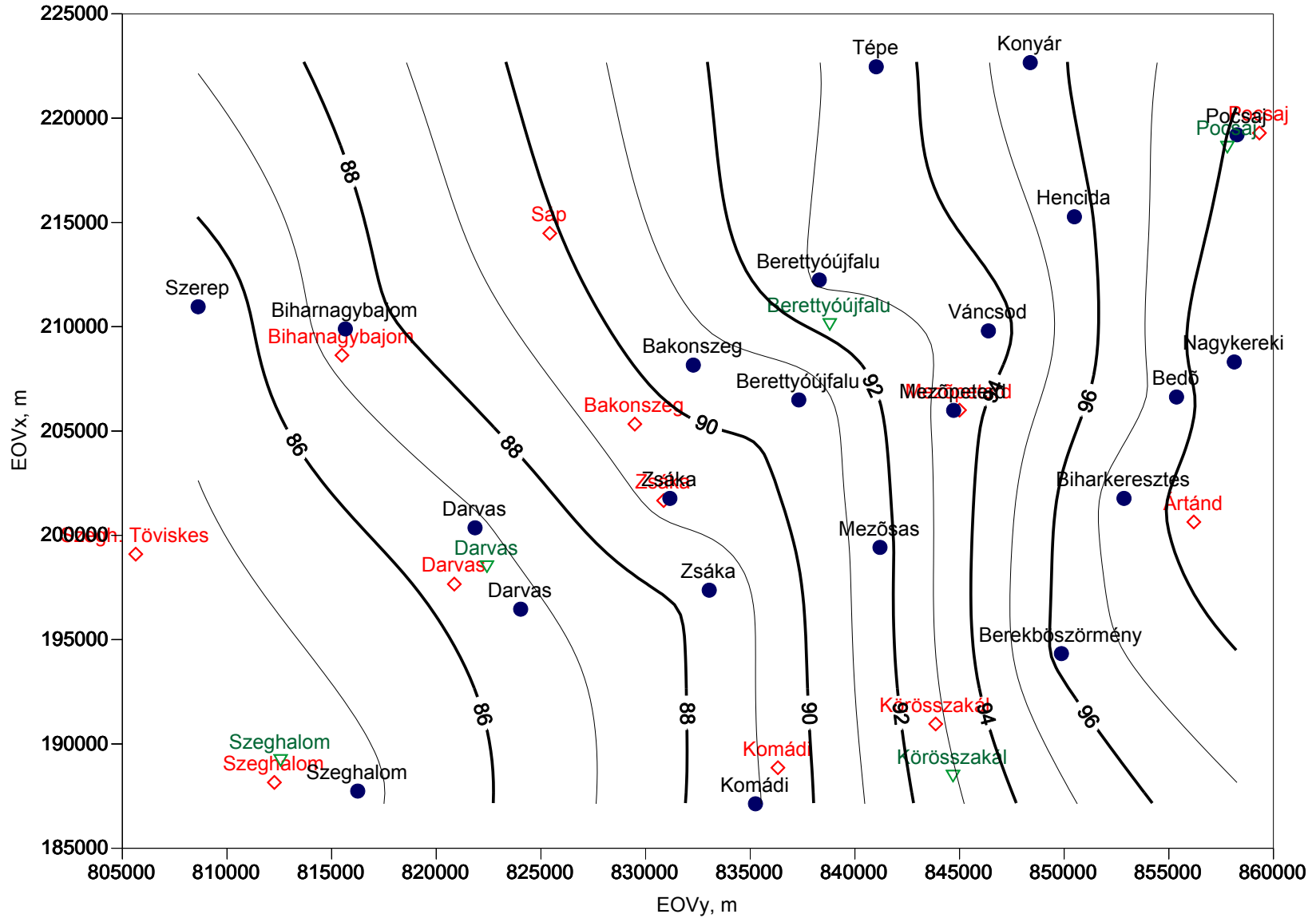


6.4. melléklet: A közepes kisvíz területi eloszlása

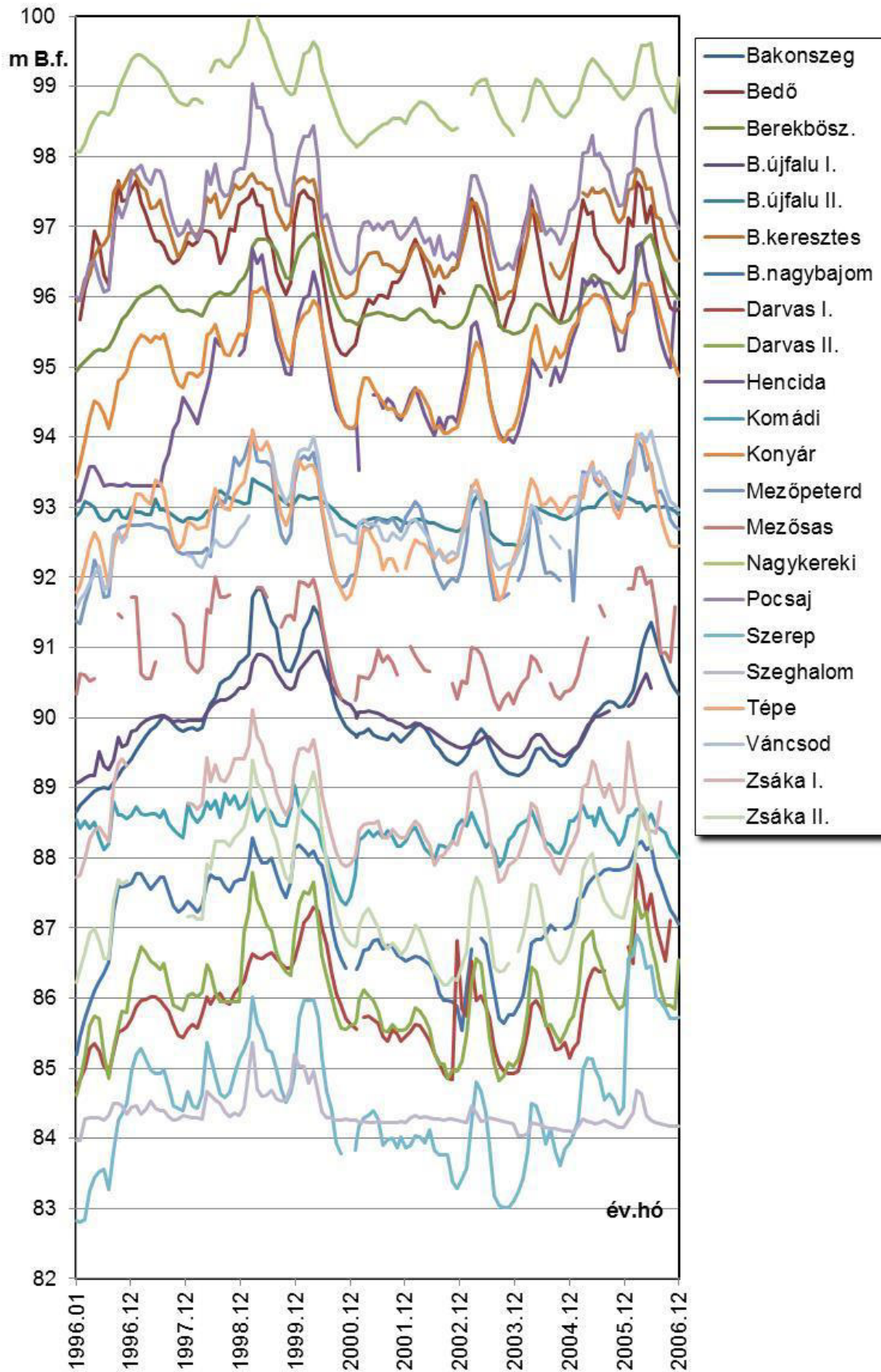


6.5. melléklet: A középvíz területi eloszlása

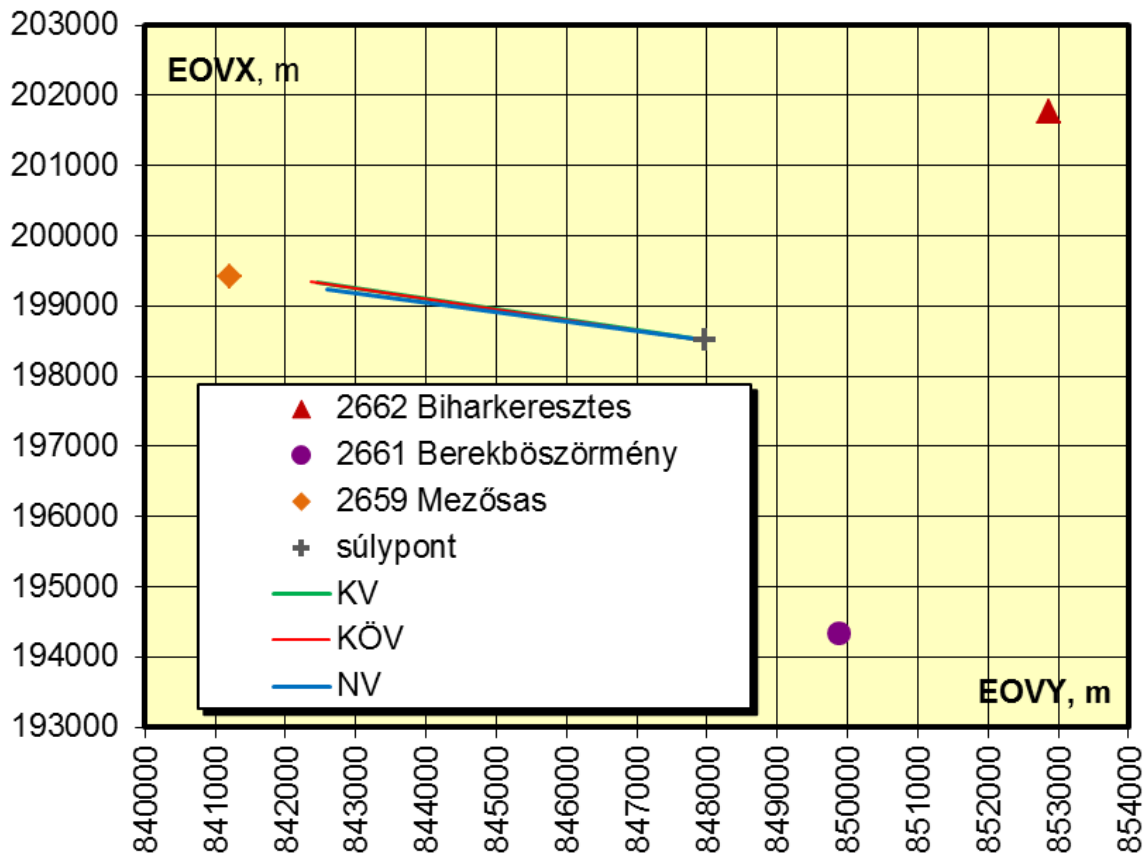




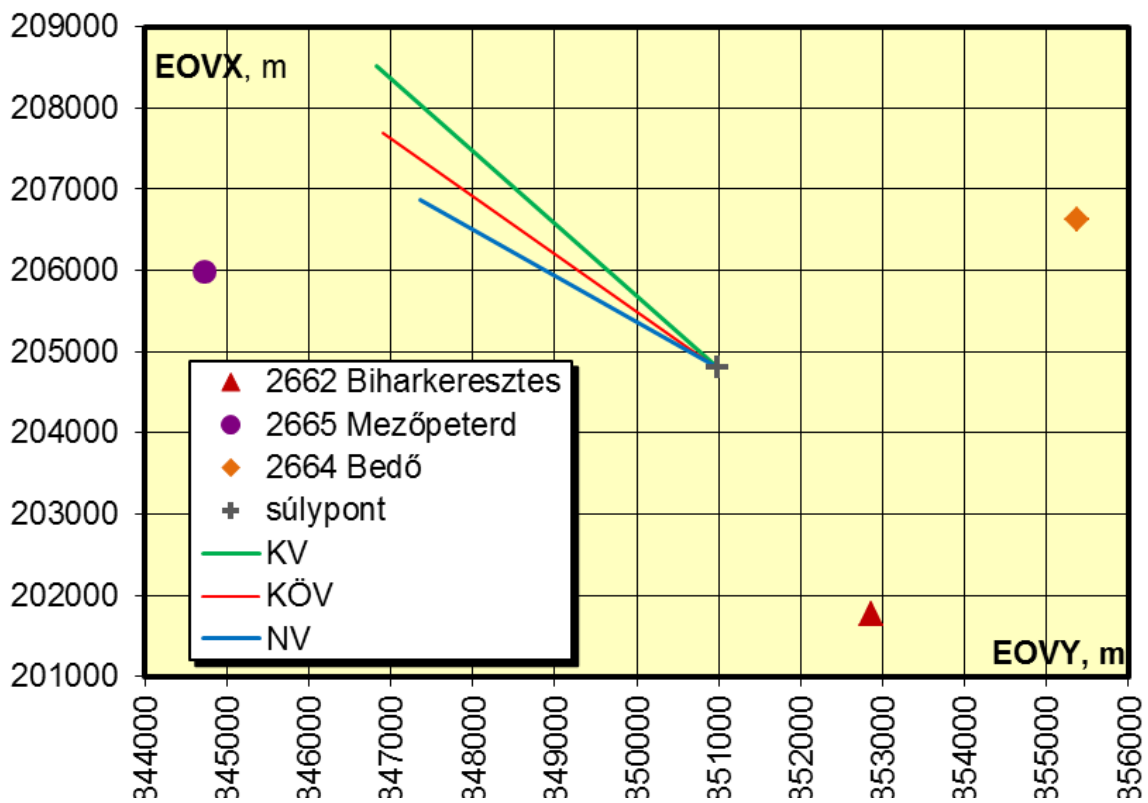
6.6. melléklet: A közepes nagyvíz területi eloszlása



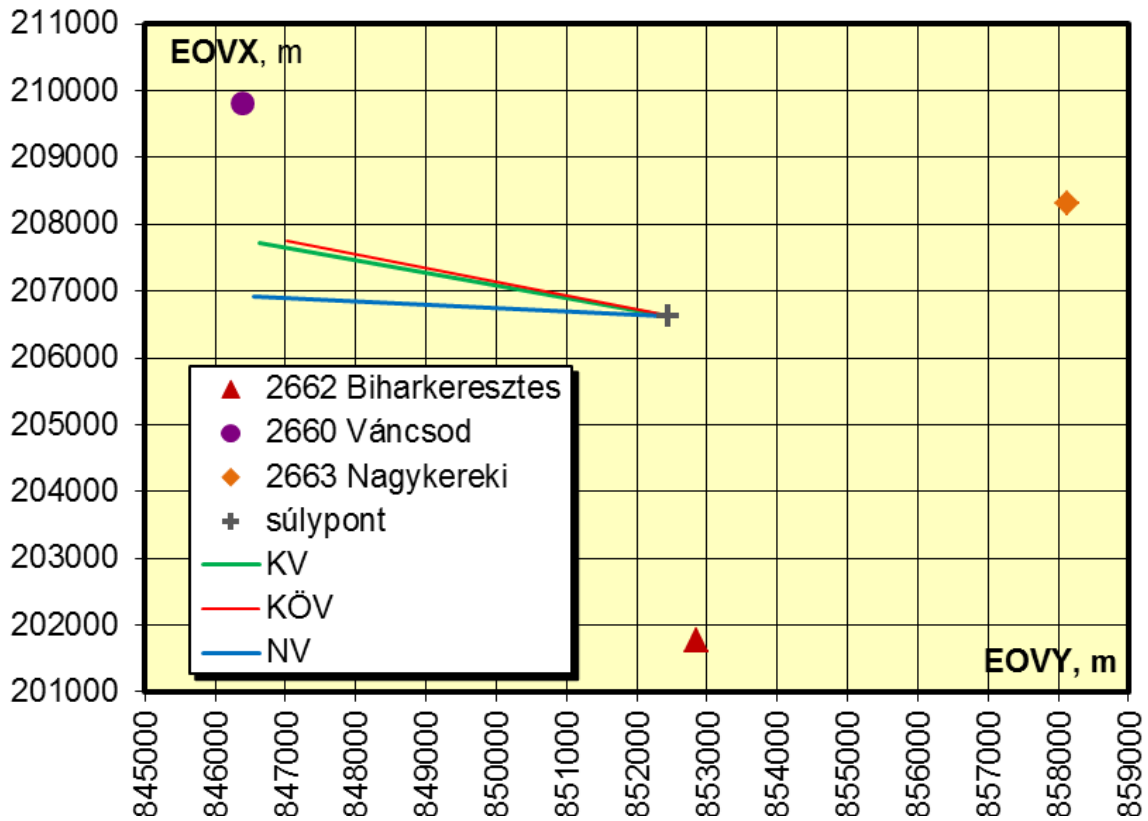
6.7. melléklet: Havi közepes vízszintek az egyes kutaknál



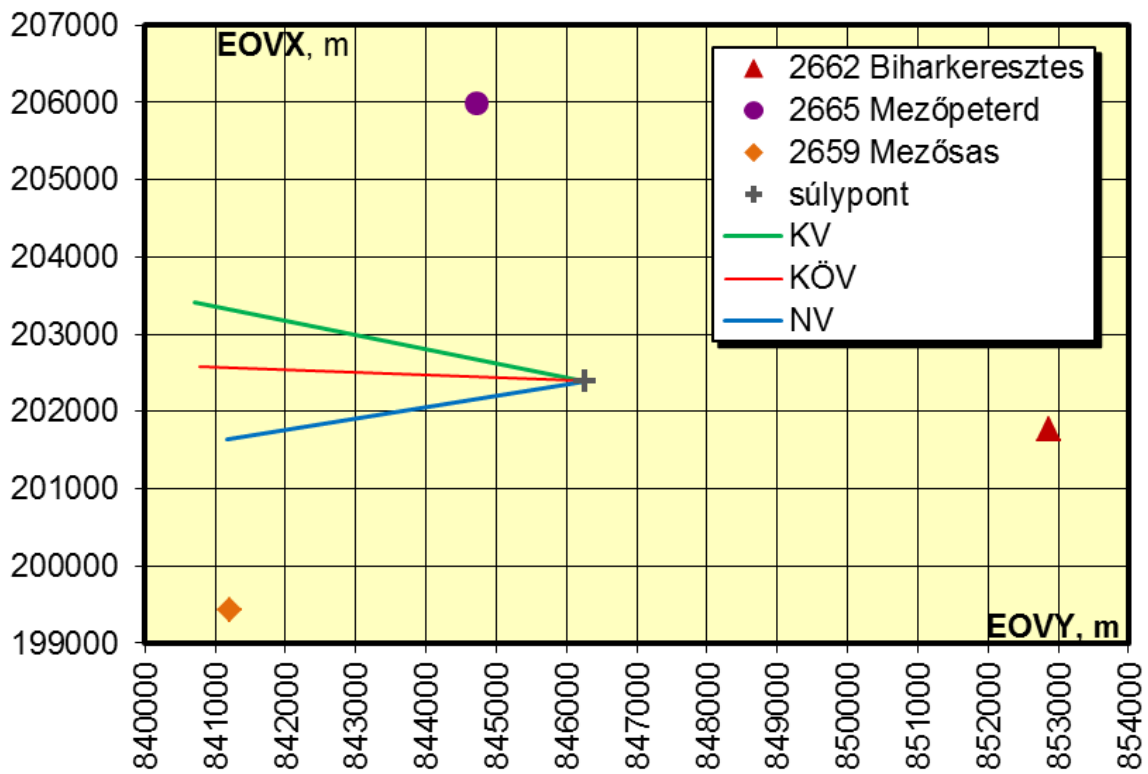
6.8. melléklet: Áramlási irány, Biharkeresztes, Berekbőszörmény, Mezősas



6.9. melléklet: Áramlási irány, Biharkeresztes, Mezőpeterd, Bedő



6.10. melléklet: Áramlási irány, Biharkeresztes, Váncsod, Nagykereki

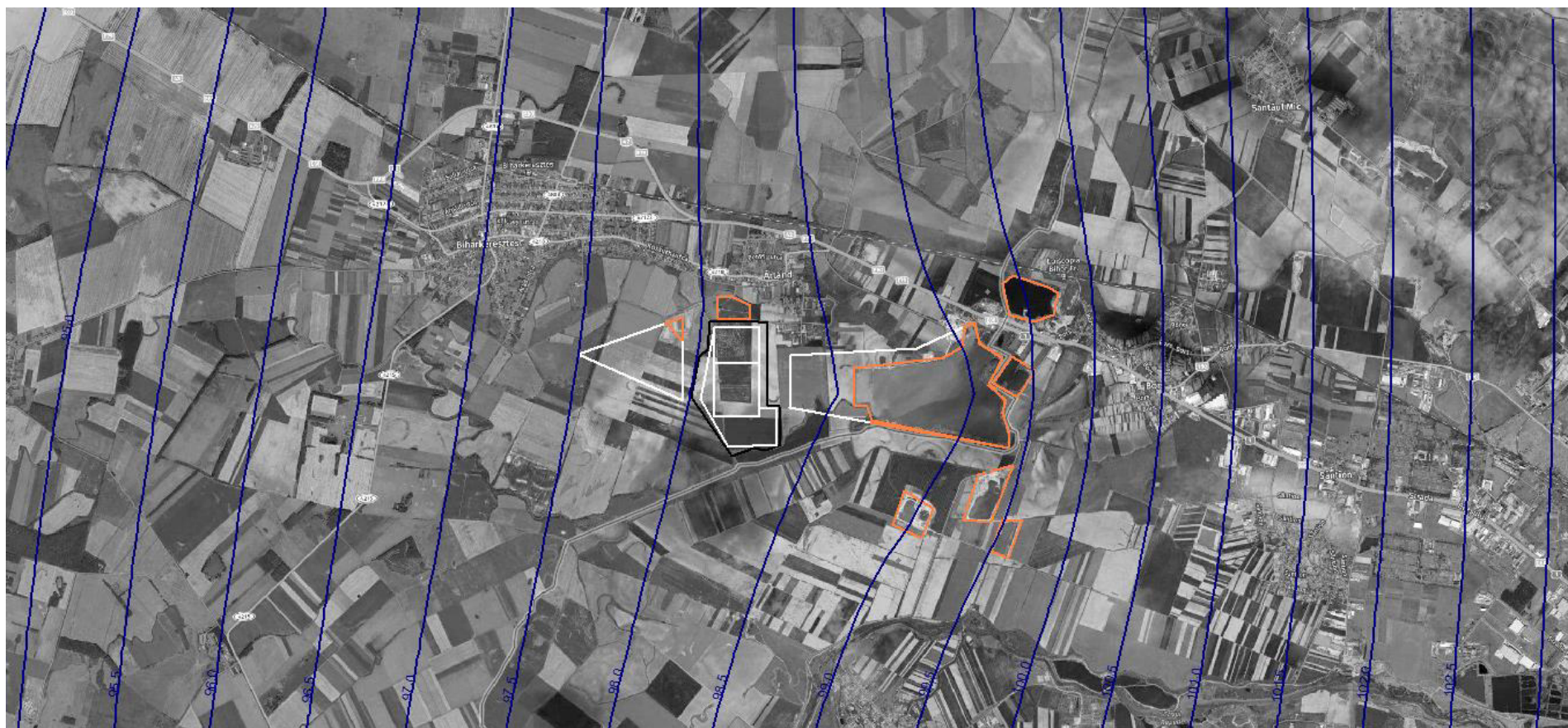


6.11. melléklet: Áramlási irány, Biharkeresztes, Mezőpeterd, Mezősas

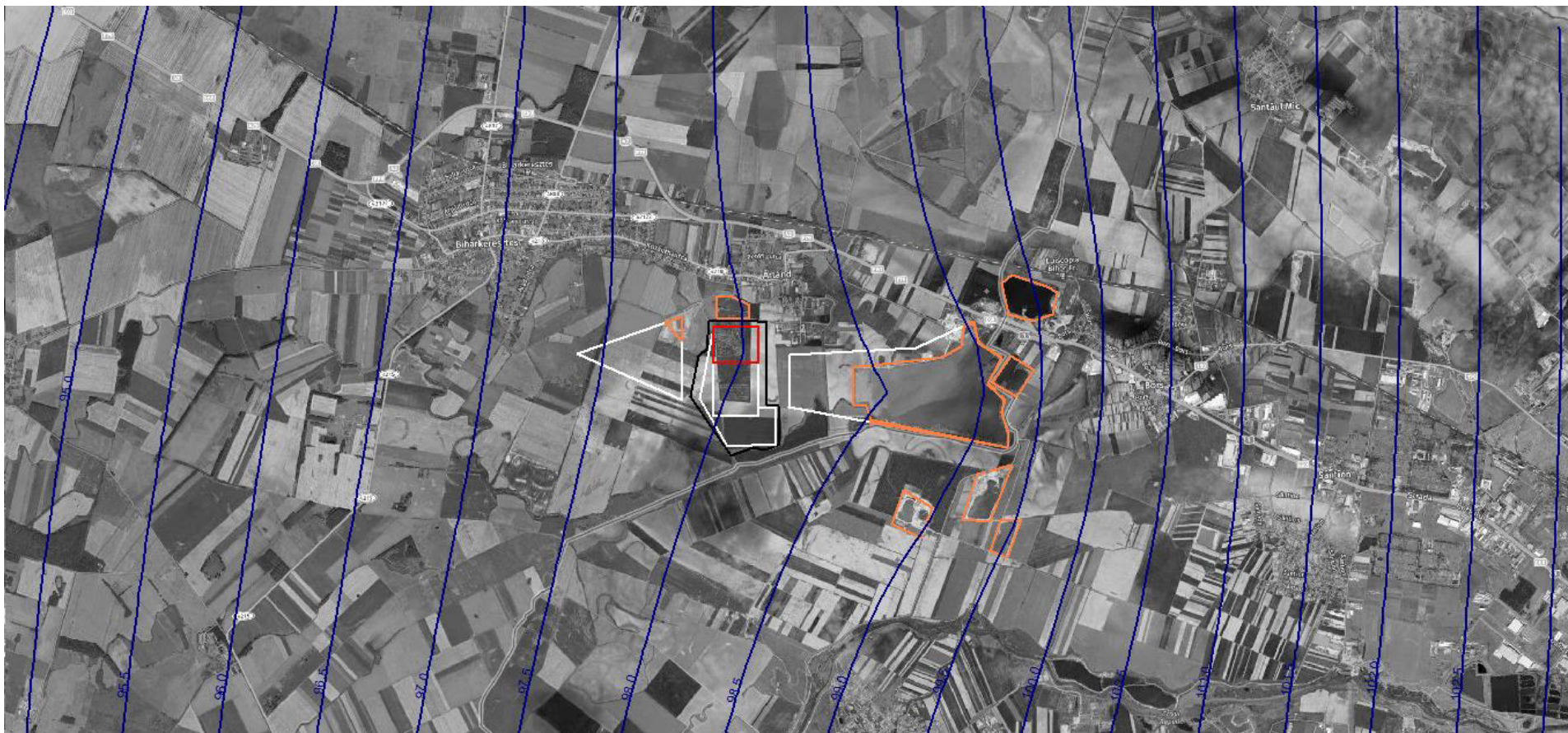
## 7. melléklet

# Számított talajvízszintek

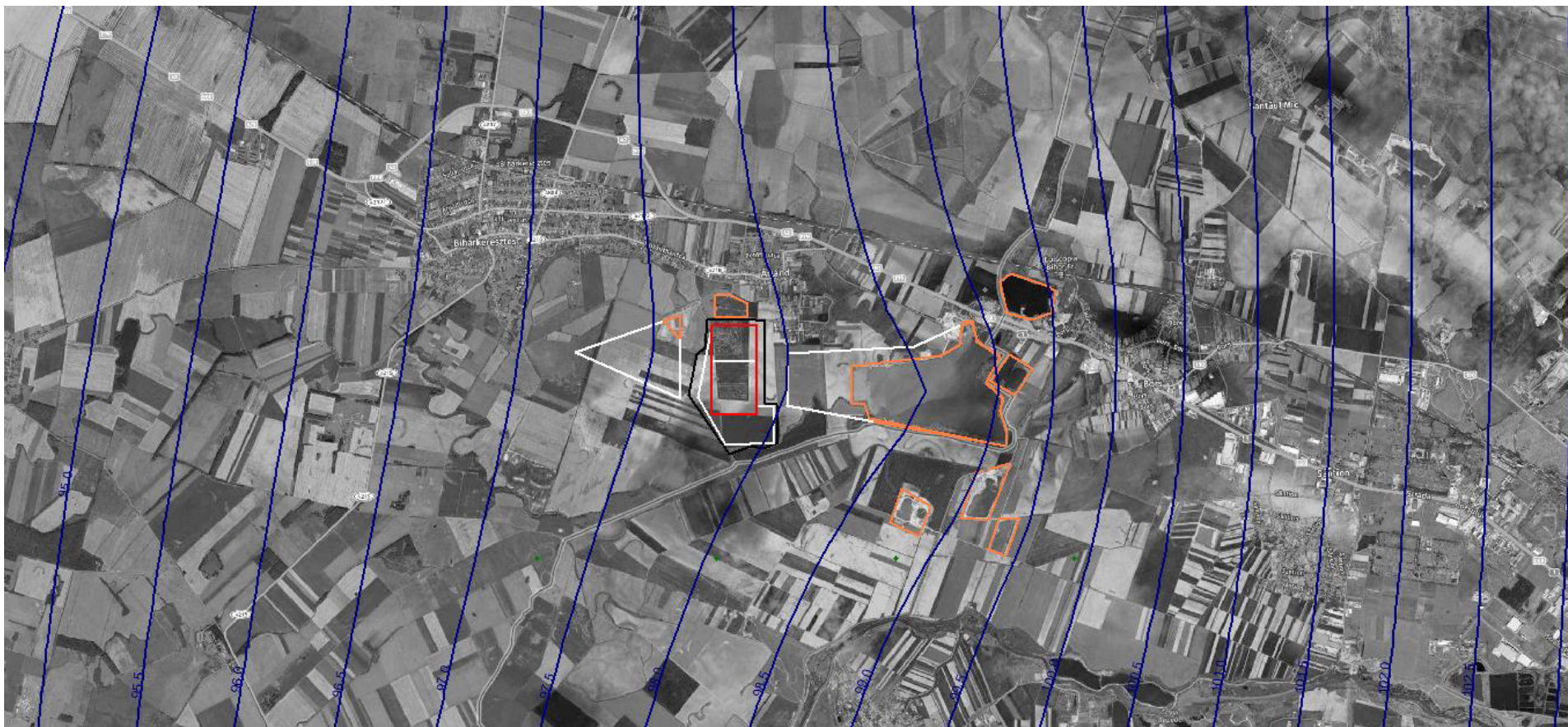
- 7.1. Jelenlegi állapot, nedves időszak
- 7.2. I. változat, nedves időszak
- 7.3. II. változat, nedves időszak
- 7.4. III. változat, nedves időszak
- 7.5. IV. változat, nedves időszak
- 7.6. Jelenlegi állapot, száraz időszak
- 7.7. I. változat, száraz időszak
- 7.8. II. változat, száraz időszak
- 7.9. III. változat, száraz időszak
- 7.10. IV. változat, száraz időszak



7.1. melléklet: Jelenlegi állapot, nedves időszak

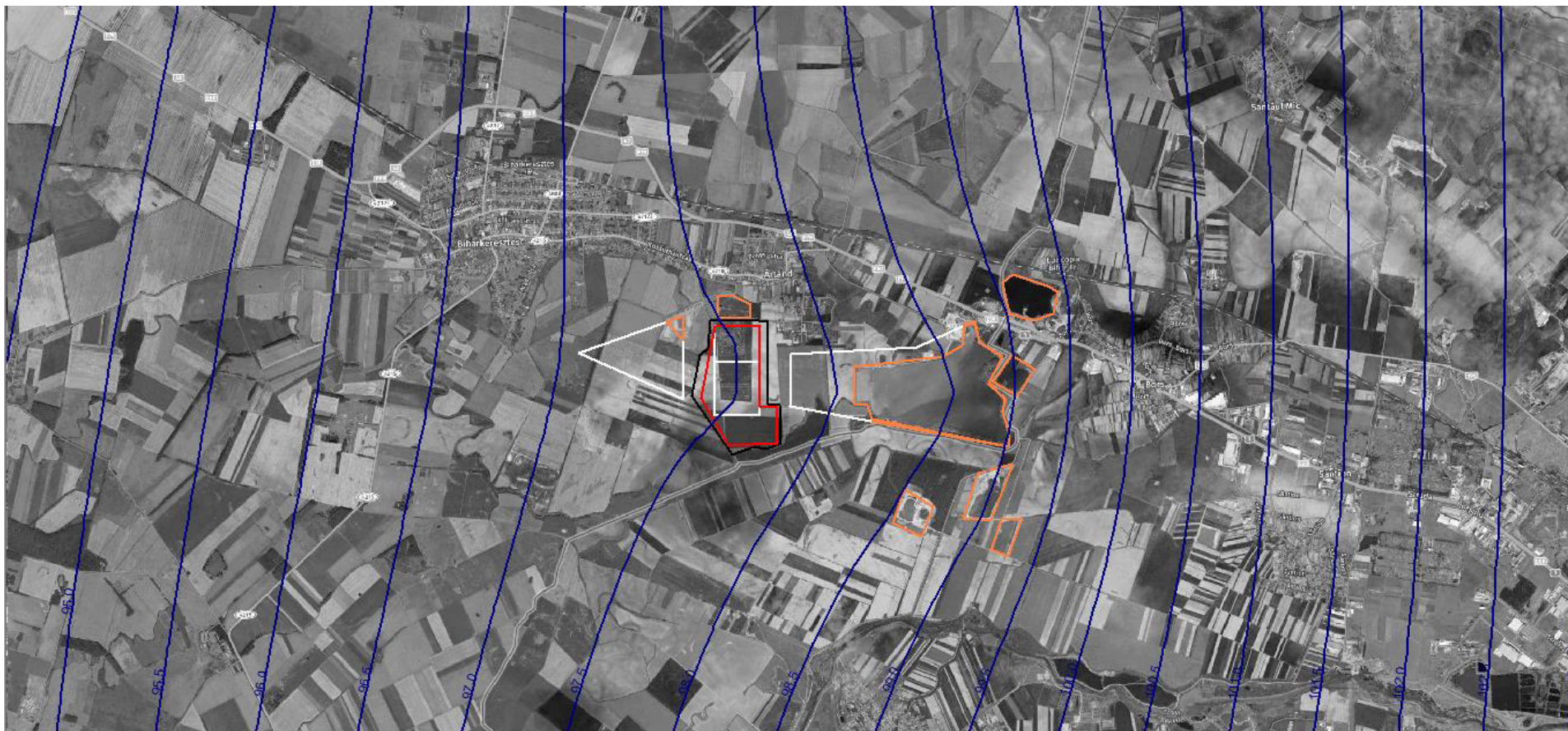


7.2. melléklet: I. változat, nedves időszak

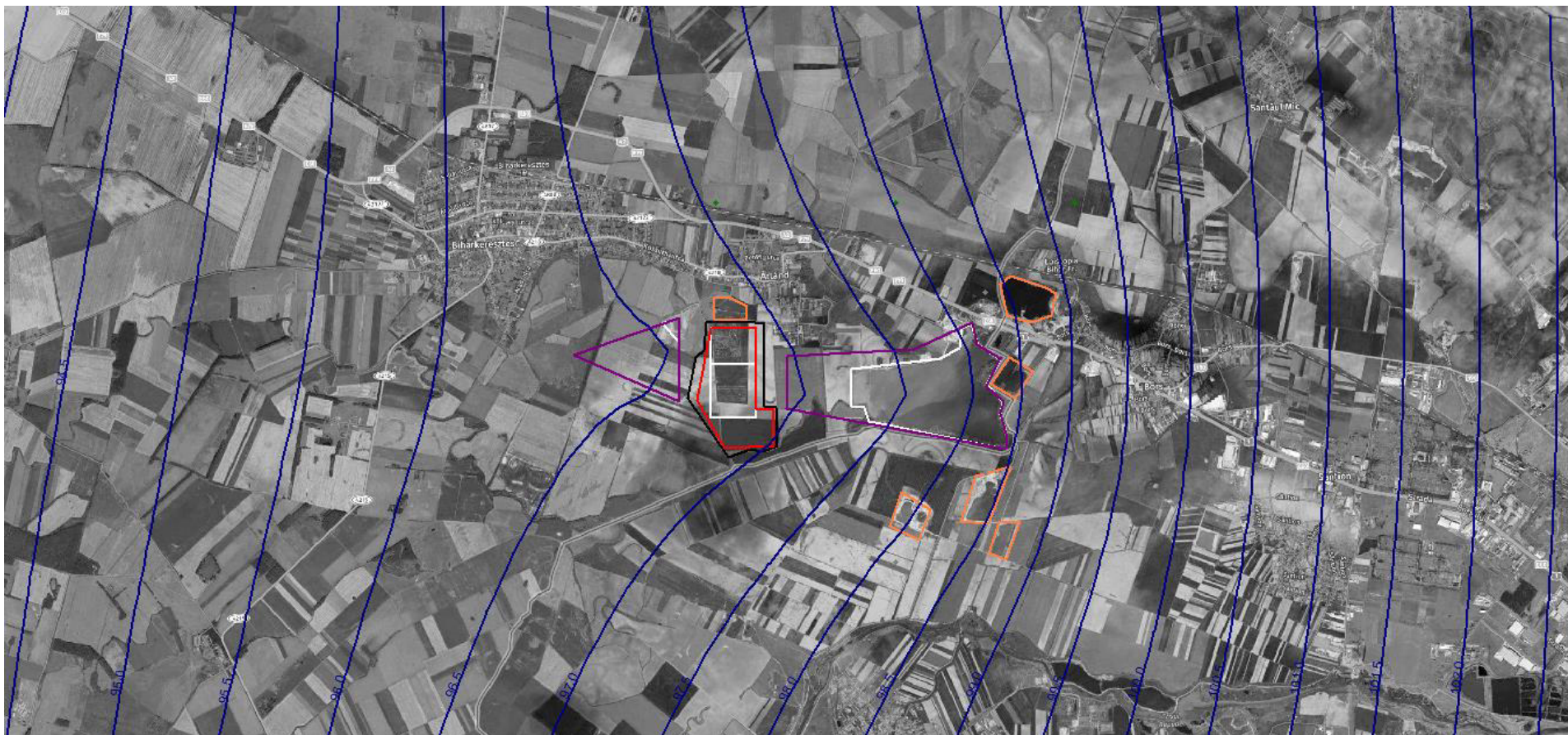


7.3. melléklet: II. változat, nedves időszak

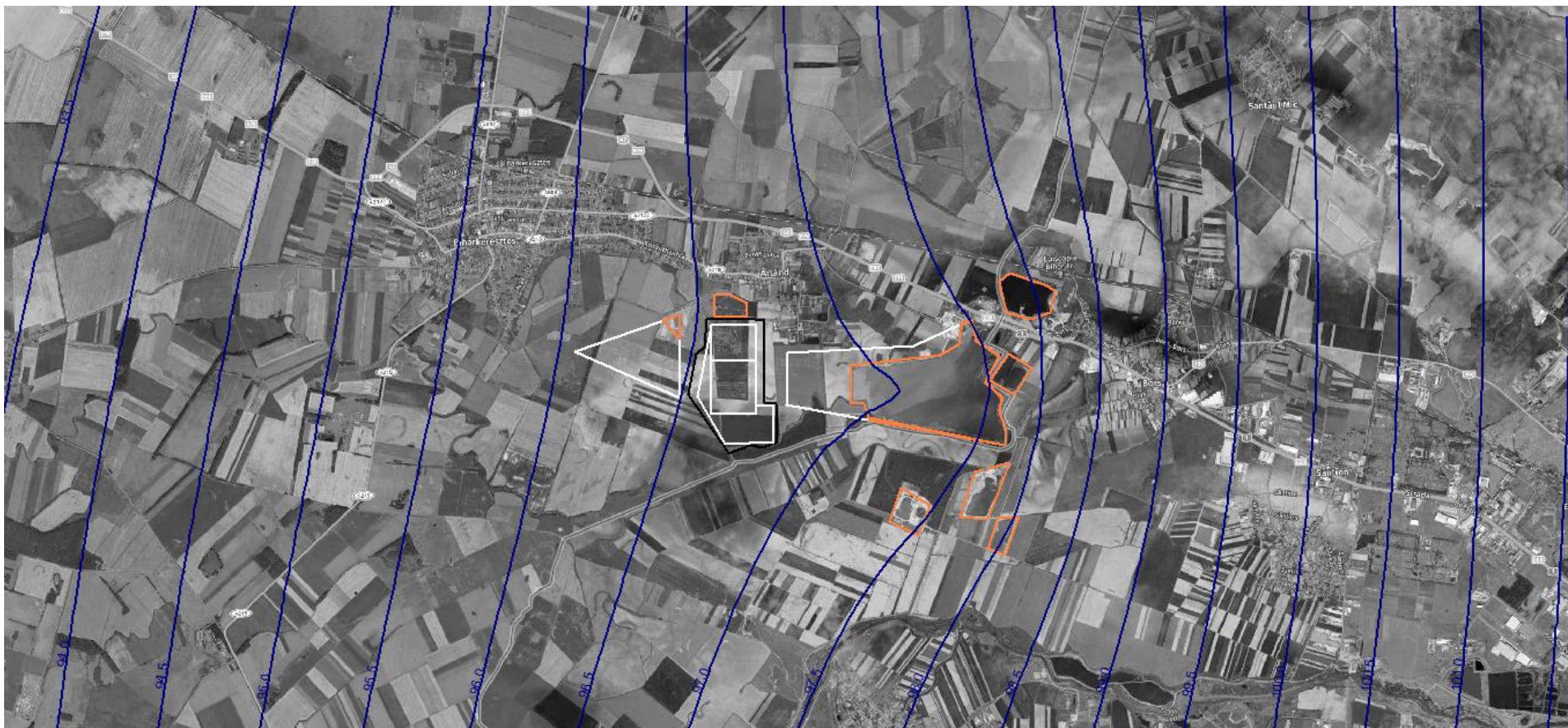




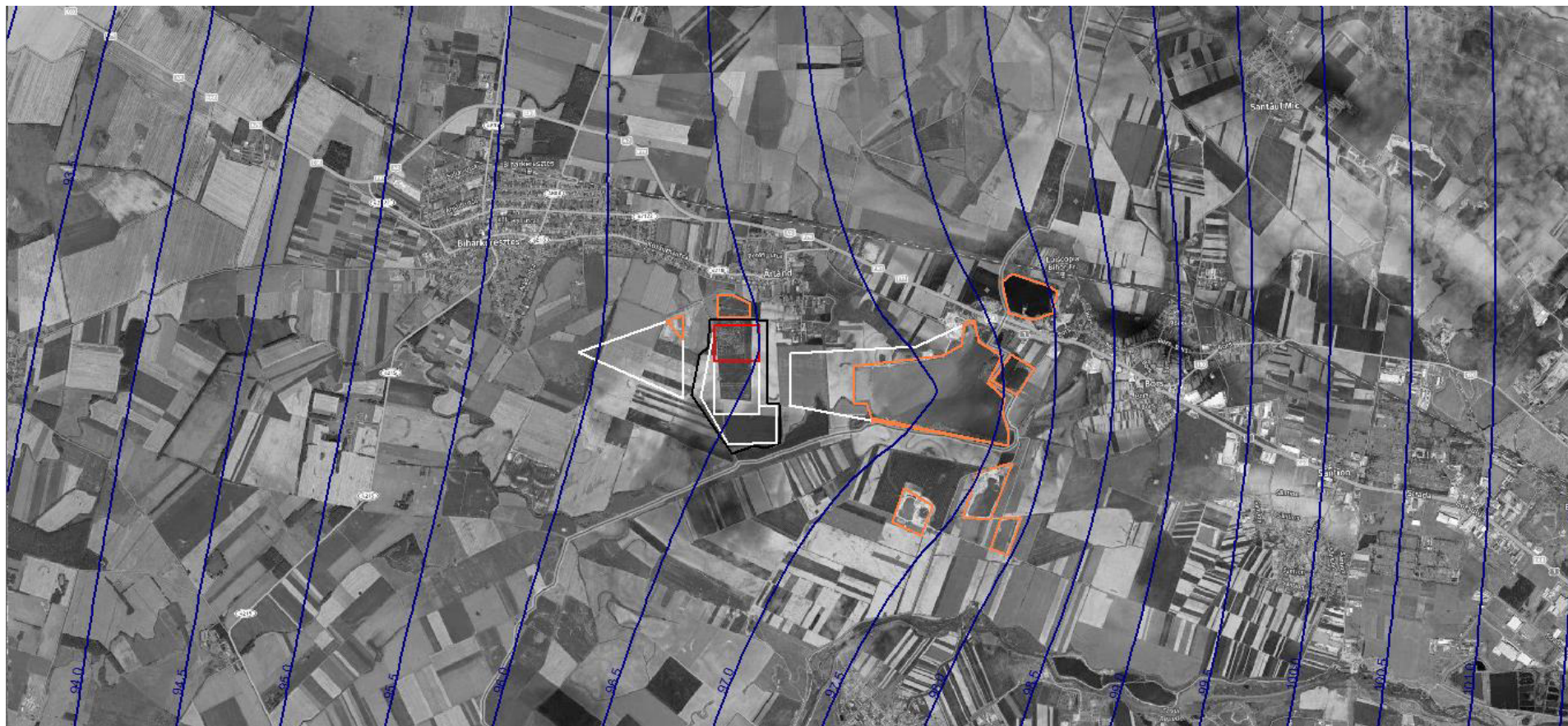
7.4. melléklet: III. változat, nedves időszak



7.5. melléklet: IV. változat, nedves időszak



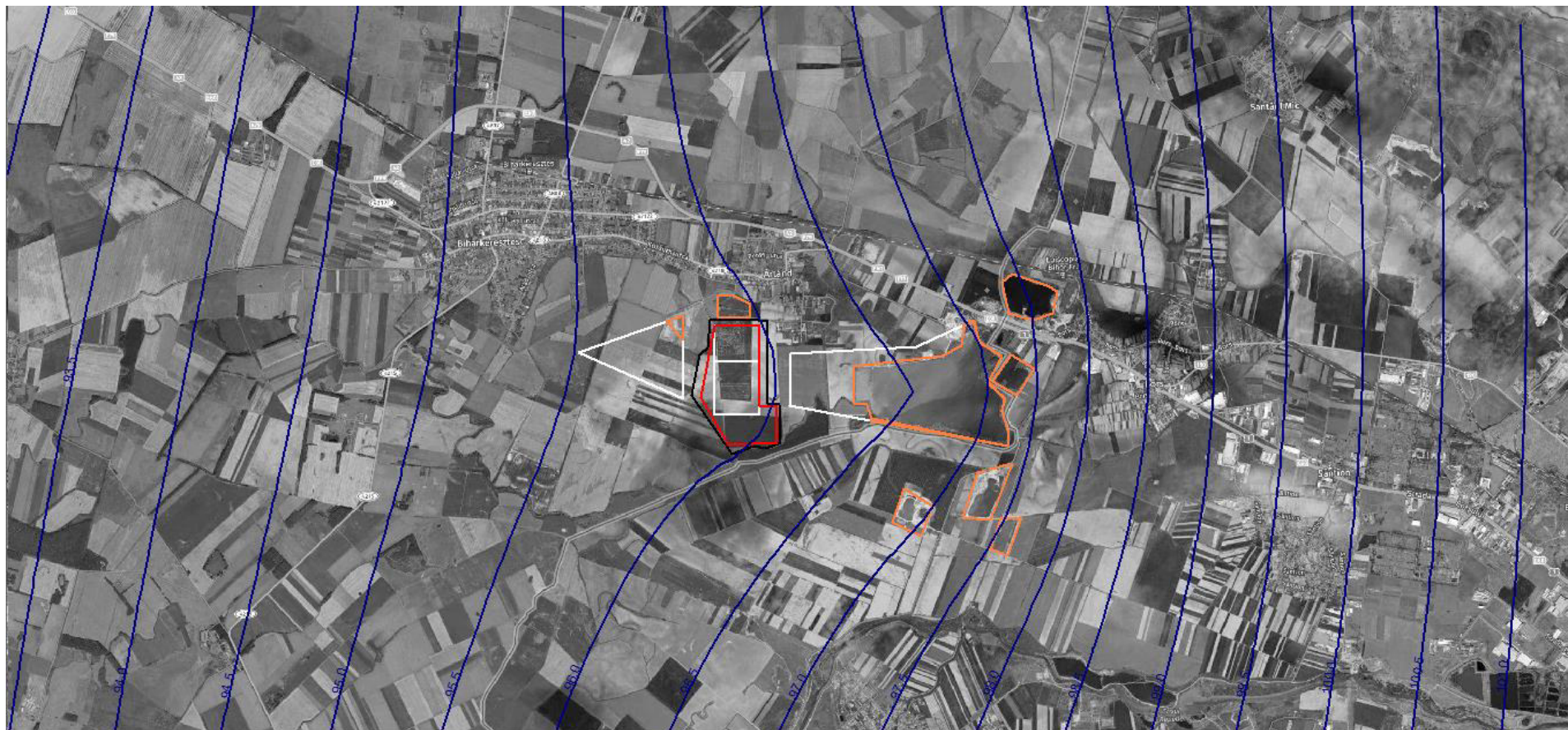
7.6. melléklet: Jelenlegi állapot, száraz időszak



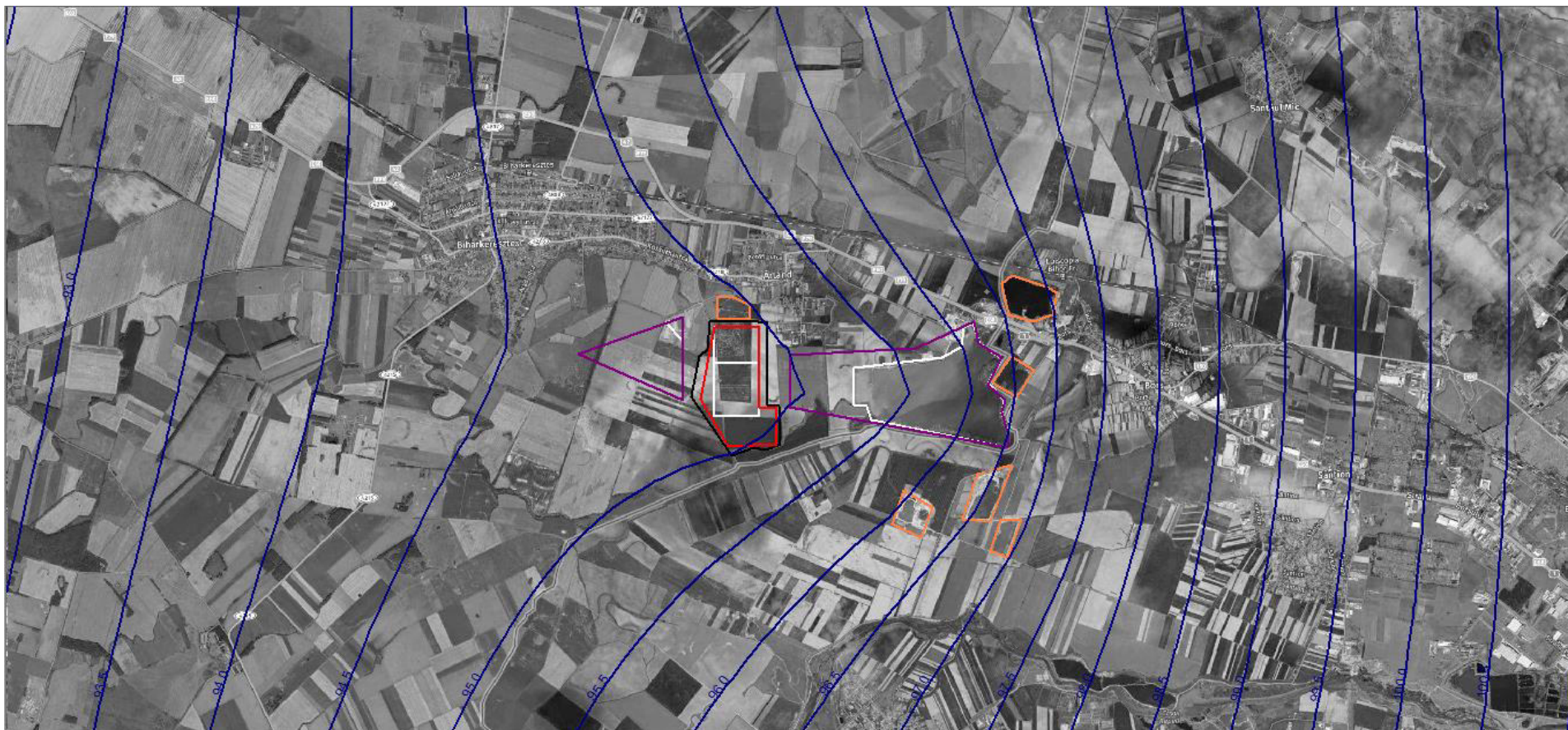
7.7. melléklet: I. változat, száraz időszak



7.8. melléklet: II. változat, száraz időszak



7.9. melléklet: III. változat, száraz időszak



7.10. melléklet: IV. változat, száraz időszak