



MISKOLCI EGYETEM
MŰSZAKI FÖLDTUDOMÁNYI KAR
KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI INTÉZET



Felszín alatti vízadó összletek komplex hidrogeológiai vizsgálata a Felső-Tisza vidéken

Doktori (PhD) értekezés

Virág Margit

Tudományos témavezető:

Prof. Dr. Szűcs Péter
egyetemi tanár

MIKOVINY SÁMUEL FÖLDTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

A doktori iskola vezetője:

Prof. Dr. Lakatos István egyetemi tanár, az MTA rendes tagja

Miskolc 2013

TARTALOMJEGYZÉK

Ábrajegyzék	4
Táblázatjegyzék	5
1 Bevezetés	6
2 Kutatási módszer	7
2.1 Anyag és módszer	7
2.1.1 Leíró jellegű ismertetések, elemzések	7
2.1.2 A rétegződés vizsgálata	7
2.1.3 Szekvencia sztratigráfiai vizsgálatok eredményeinek alkalmazása	8
2.1.4 Vízbázisvédelmi modellezés, országhatárral osztott vízbázisok	8
2.1.5 A felszín alatti vízszintek alakulásának vizsgálata	9
2.1.6 A vízminőségi jellemzők vizsgálata	10
3 A Felső-Tisza vidék természetföldrajzi és hidrometeorológiai jellemzése az eddigi szakmai és tudományos tevékenységekre alapozva	11
3.1 A terület természetföldrajzi környezete	11
3.2 Közigazgatási lehatárolás	11
3.3 Domborzati adatok	12
3.4 Éghajlati adottságok, vízháztartási viszonyok	12
3.5 Vízrajzi, hidrológiai adottságok	12
3.6 Növényzet	13
3.7 Talajadottságok	14
3.8 A terület VGT szerinti hovatartozása	15
4 A Felső-Tisza-vidék földtani és vízföldtani jellemzése	16
4.1 Szerkezetföldtani és ősföldrajzi viszonyok	16
4.1.1 A terület fejlődéstörténete a földtörténeti idők folyamán	16
4.2 A terület földtani jellemzése	19
4.3 A terület vízföldtani jellemzése	22
4.3.1 Vízbeszerzési adottságok	22
4.3.2 A terület nyomás állapota, a felszín alatti vizek áramlási viszonyai	24
4.3.3 Rétegzett rendszerek sajátosságai, vízföldtani paraméterek	28
4.3.4 Vízforgalmi vizsgálatok, modellezés	29
4.3.5 Vízkészletek, vízkivételek	31
4.3.6 A felszín alatti vizek minősége	38
4.3.7 Izotóphidrológiai jellemzők	45
4.3.8 Országhatárral osztott vízbázisok	49
4.3.9 Szekvencia-sztratigráfiai vizsgálatok kutatási eredményeinek alkalmazása a vizsgált területen	52
5 A hidrogeológiai célú vizsgálatok ismertetése és értékelése	54
5.1 A rétegződés matematikai statisztikai vizsgálata klaszteranalízissel	54
A vizsgálatba bevont mélyfúrású kutak köre	54
5.2 A talajvízszintek alakulásának statisztikai vizsgálata	58
5.2.1 A vizsgálatba bevont figyelő kutak köre	58
5.2.2 A talajvízszint adatsorok leíró jellegű statisztikai vizsgálata	60
5.2.3 A talajvízszint adatsorok hisztogramokkal történő vizsgálata	62
Az eltérő nyomásállapotú területek hisztogramjainak vizsgálata	65
5.2.4 A mért talajvízszintek egymásközi korrelációja	66

5.2.5	A talajvíz terep alatti mélységének grafikus ábrázolása	68
5.2.6	A talajvízszintre ható tényezők kapcsolatellenző statisztikai vizsgálata	69
5.2.7	A csapadék szerepe a talajvízszintek alakulásában	71
5.2.8	A párolgás szerepe a talajvízszintek alakulásában	79
5.2.9	A víztermelés hatása a talajvízszintek alakulására	80
5.3	A vízminőségi adatsorok elemzése klaszteranalízissel	82
6	Összefoglalás, tézisek	90
7	Summary	95
	Irodalomjegyzék.....	97
	Az értekezésben hivatkozott saját publikációk	99
	Az értekezésben témájához kapcsolódó nem hivatkozott saját publikációk:	101

Ábrajegyzék

1. ábra A Felső-Tisza vidék természeti környezete (www.delmagyar.hu).....	11
2. ábra A Tisza folyó Vásárosnaményi szelvényében mért átlagos vízhozam értékek [m^3/s].....	13
3. ábra Fő talajtípusok a Felső-Tisza vidék területén (http://mta-taki.hu/hu/node/751).....	14
4. ábra Vízyűjtő-gazdálkodás tervezési alegységek (VKKI, FETIKÖVIZIG, 2010).....	15
5. ábra Felszín alatti víztestek lehatárolása a Felső-Tisza vidék tervezési alegységein (VKKI, FETIKÖVIZIG, 2010).....	15
6. ábra A Felső-Tisza vidék területére jellemző törésvonalak (VIZITERV, 1968).....	17
7. ábra Alsópleisztocén-kori folyóhálózat vázlata (Urbancsek, 1965).....	18
8. ábra Alsó- és felső pleisztocén kavicsos üledékek elterjedése (Urbancsek, 1965 nyomán).....	19
9. ábra Földtani szelvény a Nyírség mélyföldtani felépítéséről (Csiki, 1971).....	20
10. ábra Földtani szelvény a Nyírség és a Szatmár-Beregi síkság határán (Virág et al., 2011).....	21
11. ábra É-D-i irányú földtani szelvény a pleisztocén rétegösszlet felépítéséről (Virág, 1978).....	21
12. ábra Ny-K-i irányú földtani szelvény a pleisztocén rétegösszlet felépítéséről (Virág, 1978).....	22
13. ábra A Felső-Pannon rétegösszlet fekülmélysége(mBf.) a Felső-Tisza-vidék területén.....	23
14. ábra A pleisztocén rétegösszlet vastagsági térképe (m).....	23
15. ábra A felső-pleisztocén rétegösszlet hidroizohipszás térképe.....	24
16. ábra Az alsó-pleisztocén összlet hidroizohipszás térképe.....	24
17. ábra A Felső-Tisza vidék felszín alatti vizeinek természetes állapotbeli nyomásállapota (MÁFI Debrecen, 1984. nyomán).....	26
18. ábra Hidrodinamikai hossz-szelvény (Halász, 1988).....	27
19. ábra Hidrodinamikai hossz-szelvény (Marton, 1970).....	27
20. ábra A rétegzett tárolót megcsapoló kút sémája (Halász, 2005).....	28
21. ábra Az alsó pleisztocén vízáadó összlet transzmisszivitási térképe.....	29
22. ábra Modell séma a Lónyay-főcsatorna vízgyűjtő vízforgalmi vizsgálatához (Illés et al., 1998) ...	30
23. ábra A pleisztocén fekvő keresztül történő függőleges vízforgalom vizsgálta Nyírbátor térségében.....	31
24. ábra Ivóvízbázisok és vízellátó rendszerek a Felső-Tisza vidék területén (Virág in VIZITERV, 2005.).....	32
25. ábra A Felső-Tisza vidék víztermelési adatai (FETIKÖVIZIG, 2012.).....	33
26. ábra Kitermelhető felszín alatti vízkészletek, országos adatok (MTA, 2011).....	34
27. ábra Kitermelhető felszín alatti vízkészletek a FETIKÖVIZIG területén (Halász, 1990).....	35
28. ábra A hévízkutak területi elhelyezkedése a kifolyóvíz hőmérsékletének feltüntetésével (FETIKÖVIZIG, 2011.).....	37
29. ábra Hévízhasznosítás a Felső-Tisza vidék területén (FETIKÖVIZIG, 2011.).....	38
30. ábra A nitrát koncentráció alakulása Nagykálló és Nyírbátor települések lakossági kiskútjaiban ..	39
31. ábra A Ca+Mg koncentráció alakulása a vizsgált terület pleisztocén korú rétegvizeiben (mg/l)	40
32. ábra A pleisztocén rétegvizek Na+K koncentrációjának eloszlása (mg/l).....	40
33. ábra A Na eé % alakulása a Felső-Tisza vidék pleisztocén rétegvizeiben.....	41
34. ábra A pleisztocén rétegvizek As tartalma a Felső-Tisza vidék területén.....	42
35. ábra A pleisztocén rétegvizek metán tartalmának maximális értékei (l/m^3).....	43
36. ábra Az ammónium- ion koncentráció időbeni alakulása a Nyíregyháza II. Vízmű (Nyírtelek) 14. sz. és a Geszteréd Regionális vízmű 10. sz. kútjának vizében (Virág 1989, 1986).....	44
37. ábra Trícium vizsgálati pontok a vizsgált térségben.....	45
38. ábra Alsó pleisztocén rétegvizek radiokarbon kora (ezer év).....	46
39. ábra Alsó pleisztocén rétegvizek radiokarbon kora (ezer év).....	47
40. ábra Alsó pleisztocén vizek $\delta^{18}\text{O}$ stabil izotóp összetétele.....	47
41. ábra Az alsó pleisztocén rétegvizek stabil izotóp összetétele a Felső-Tisza-vidék területén.....	48
42. ábra Országghatárral osztott felszín alatti víztestek modell területei.....	50
43. ábra A magyar-ukrán határ menti terület elvi modell sémája (Virág in VIZITERV, 2009).....	51
44. ábra Karotázs-korrelációs szelvény a Nyírteleki vízbázisnál (Kozák, Püspöki 2009).....	53
45. ábra A vizsgálatba bevont kutak elhelyezkedése és klaszterosztályok szerinti besorolása.....	55
46. ábra A vizsgált rétegsorok dendogramja.....	56
47. ábra Regionális korreláció Nyírtelek-Fehérgyarmat (Püspöki et al., 2013.).....	57
48. ábra Országghatáron átnyúló szelvények sztratigráfiai interpretációja (Püspöki et al., 2013).....	57
49. ábra Felszín közeli és felszín alatti észlelő kutak a FETIVIZIG működési területén.....	58
50. ábra A vizsgálat első fázisában kiválasztott talajvíz figyelő kutak területi elhelyezkedése.....	59
51. ábra Havi közepes talajvízszintek alakulása a Csengerújfalú 1637 tsz. kútban (1950-2011).....	60

52. ábra Havi közepes talajvízszintek alakulása a Nyírbátor1621 tsz. kútban (1950-2011.)	61
53. ábra Havi közepes talajvízszintek alakulása a Baktalórántháza 1583 tsz. kútban (1950-2011.) ..	61
54. ábra A Téglás 1609 tsz. talajvíz figyelő kút vízjárásának hisztogramja	62
55. ábra A Fényeslitke 3665 tsz. kút vízszint változásának hisztogramja	62
56. ábra A Mátészalka 3670 törzsszámú kút vízállásának hisztogramja	63
57. ábra A Nagykálló 4382 tsz. kút vízállásának hisztogramja	63
58. ábra A Nagyhalász 1570 tsz. kút vízszintjeinek gyakorisági megoszlása és eloszlásgörbéje	64
59. ábra A Nyírbátor 1621 tsz. kút vízszintjeinek gyakorisági megoszlása és eloszlásgörbéje	64
60. ábra A vizsgálatba bevont talajvízszint figyelő kutak átlagos vízszintjeinek egymás közötti korrelációja	66
61. ábra A talajvízszint terep alatti mélységének alakulása a 2000. évi adatok alapján	68
62. ábra A talajvízszint terep alatti mélységének alakulása 2010-ben	68
63. ábra A talajvízszint terep alatti mélységének különbség térképe 2010. és 2000. között (m)	69
64. ábra A havi összes csapadék átlaga 21 állomás adatai alapján.....	72
65. ábra Az ófehértói csapadék adatok és az 1639 tsz. kút (Zajta) vízszintjének alakulása 2010 júniusában	73
66. ábra Átlagos standard talajvízállás és átlagos csapadék 2010-2011-ben.....	74
67. ábra A csapadékosság hatásának vizsgálata a Barabás 1593 tsz. talajvízszint észlelő kútnál	75
68. ábra A csapadékosság hatásának vizsgálata az Ófehértó 4237 tsz. talajvízszint észlelő kútnál..	75
69. ábra A csapadékosság hatásának vizsgálata a Csengerújfalú 1637 tsz. talajvízszint észlelő kútnál	76
70. ábra A csapadékosság hatásának vizsgálata a Vámosoroszi 1658 tsz. talajvízszint észlelő kútnál	76
71. ábra A csapadékosság hatásának vizsgálata a Mátészalka 3670 tsz. talajvízszint észlelő kútnál	77
72. ábra Téli talajvízszint-emelkedés a Kálmánháza 3051 tsz. talajvízszint észlelő kútnál a téli csapadékösszeg függvényében.....	78
73. ábra Téli talajvízszint-emelkedés a Szabolcsveresmart 1663 tsz. talajvízszint észlelő kútnál a téli csapadékösszeg függvényében.....	78
74. ábra Talajvízszint-süllyedés a Nyírkáta 1585 tsz. talajvízszint észlelő kútnál a nyári összes párolgás függvényében.....	79
75. ábra Talajvízszint-süllyedés a Gulács 1596 tsz. talajvízszint észlelő kútnál a nyári összes párolgás függvényében.....	80
76. ábra Havi összes víztermelés (m ³) a vizsgált területen	80
77. ábra Nyírségi vízműkutak vízminőségi dendogramja	84
78. ábra A Beregi terület vízminőségi dendogramjai	86
79. ábra A vízminőségi adatok klaszterosztályainak térképi megjelenítése	87
80. ábra A nátrium koncentráció alakulása a nyírségi és a beregi vízmintákban	88
81. ábra Az As koncentráció alakulása a nyírségi és beregi vízmintákban	89

Táblázatjegyzék

1. táblázat Szabolcs-Szatmár-Bereg megye vízfogyasztási adatai	36
2. táblázat A vizsgálatba bevont talajvízszint figyelő kutak adatai	59
3. táblázat A szórás értékek alakulása a vizsgálat kutakban	65
4. táblázat A vizsgált figyelő kutakban mért vízszintek egymásközi korrelációja	67
5. táblázat A Nyírség vízminőségi klaszterosztályai	83
6. táblázat A Szatmár-Beregi síkság vízminőségi klaszterosztályai	85
7. táblázat A Na-, Fe- és As tartalom átlagértékei a vizsgált területen	87

1 Bevezetés

Napjainkban a felszín alatti vizek szerepe és jelentősége egyre inkább felértékelődik. Magyarországon a közműves ivóvízellátás 90 %-os, a Felső-Tisza vidék területén pedig 100 %-os mértékben felszín alatti vizekből történik. A vízkészletek egyes helyeken korlátozott mértékű mennyisége és helyenként egyre romló minőségi állapota a fokozatosan növekvő vízigények mellett egyre komolyabb és bonyolultabb szakmai feladatokat és kihívásokat fogalmaz meg a hidrogeológus szakemberek számára. Az ivóvízkészletek mennyiségi- és minőségi védelme a környezet- és vízkészlet gazdálkodás legfontosabb feladatai közé tartozik.

Dolgozatomban hazánk Északkeleti részén elhelyezkedő Felső-Tisza vidék felszín alatti vízadó összletének komplex hidrogeológiai vizsgálatával foglalkozom. A téma választás fő indoka elsősorban az eddig szakmai munkásságom alatt elért szakmai és tudományos eredmények összegzésének igénye, azok további finomítása, pontosítása volt.

A vizsgált területen több mint három évtizede dolgozom, így az összegyűjtött felszín alatti vizeket érintő adatok, információk és a területre kapott korábbi eredmények nagy része közvetlen munkatapasztalat révén keletkezett. A kitűzött feladat keretei között különösen nagy súlyt fektetek az ivóvízadó pleisztocén összleten belül a rétegzettség és a lencsés szerkezet hatásainak, illetve mindkettővel összefüggésben az összlet anizotrópiájának vizsgálatára, az áramlási és utánpótlódási viszonyok vízminőségi adatokkal is alátámasztott tisztázására. Peremi területről lévén szó foglalkozom az országhatárral osztott felszín alatti víztestekkel kapcsolatos mennyiségi és minőségi kérdésekkel is.

A dolgozat tárgya és fő célja a földtani felépítésnek és a felszín alatti vizek mozgásának összefüggés-vizsgálata volt a Felső-Tisza-vidék területén.

Dolgozatomban kiemelt jelentőséget tulajdonítok a pleisztocén alluviális összlet vizsgálatának, mint a lakossági ivóvízellátás stratégiai jelentőségű bázisának. Kiemelten jelentőségűnek tekintem továbbá a terület legjelentősebb utánpótlódó készlet forrását a talajvizet, annak szerepét és a talajvízszint változások vizsgálatát.

Az anyag végén található szakirodalmi hivatkozások a szerzők nevének betűrend szerinti, a saját hivatkozások pedig kronológiai sorrendben kerültek felsorolásra. Az értekezés témájához kapcsolódó, de az értekezésben nem hivatkozott saját publikációkat külön felsorolásban szerepeltettem. A tanulmányban bemutatott anyag illusztrálására szövegközi ábrák és táblázatok szolgálnak. A közölt ábrák jelentős része a tanulmány keretében végzett kutató munka folyamán készült. Ahol nincs megjelölve hivatkozás, azok az ábrák saját szerkesztésűek.

2 Kutatási módszer

2.1 Anyag és módszer

Elsősorban a rendelkezésre álló adatokra és más területen is tapasztalható analógiákra támaszkodva terveztem a kitűzött feladat végrehajtását. Matematikai statisztikai módszerrel vizsgáltam a földtani rétegsorokon belül előforduló homok-, agyag-, és egyéb köztes képződmények előfordulásának eloszlását a hidraulikailag összefüggő pleisztocén összleten belül. Ennek elsődleges célja az, hogy az egyes kutakban feltárt képződmények oldalirányú kiterjedését meg lehessen határozni. A mért vízszintek vizsgálatára ugyancsak matematikai statisztikai módszert alkalmaztam, nevezetesen faktor analízissel kívánom meghatározni, hogy milyen fő hatások eredményeképpen váltakoznak a nyomásszintek – az idő és a hely függvényében egyaránt.

A Felső-Tisza-vidék felszín alatti vízáradó összletének komplex vizsgálata egyrészt az eddig elért szakmai eredmények összegzését, másrészt pedig egyes kiemelt részterületeken ill. témákon belül további új kutatások, vizsgálatok végzését és azok bemutatását jelenti.

Mint ismeretes, a terület felszín alatti vizeit a pliocén-pleisztocén törmelékes összlet szolgáltatja. A pliocén összletből történik a hévizek különböző (balneológiai, ipari, mezőgazdasági) célú beszerzése, a hideg édesvizeket tároló pleisztocén allúvium pedig a közüzemi vízellátás és egyéb ipari, mezőgazdasági vízigények kielégítésére szolgál.

Kiemelt fontosságánál fogva részletes vizsgálatokat a lakossági ivóvízellátás bázisául szolgáló pleisztocén vízáradó összletre végeztem. Elsősorban a vizsgálati területen megszerzett szakmai tapasztalatokra, a rendelkezésre álló adatokra és más területekről átvett analógiákra támaszkodva végeztem a kitűzött feladat végrehajtását, mely egyaránt kiterjed mind a mennyiségi, mind pedig a minőségi jellemzőkre is.

A feladatok elemzését komplex összegző értékelés követi a kitűzött szempontok szerint.

2.1.1 Leíró jellegű ismertetések, elemzések

A rendelkezésre álló és eddig összegyűlt tapasztalatok, adatok, eredmények ismertetése és elemzése. Az elemzés kiterjed a mennyiségi és minőségi jellemzők közötti összefüggések vizsgálatára, valamint a két eltérő nyomásállapotú részterület sajátos jellemzőinek feltárására, ok és okozati összefüggések, az áramlási rendszer működési mechanizmusának lekövetésére.

Részletesen foglalkozom a felszín alatti vizekre vonatkozó rendelkezésre álló adatállomány (mérési és megfigyelési adatok) struktúrájával, hiszen mérések és vizsgálatok, ráadásul hiteles mérési adatok nélkül nem tudjuk hitelt érdemlően biztosítani az EU VKI végrehajtására vonatkozó irányelvek betartását. A jelenlegi helyzetet vizsgálva megállapítható, hogy a hidrometeorológiai, mind pedig a felszín alatti vizekre vonatkozó mennyiségi és vízminőségi vonatkozású mérési adatok száma kevés és ebből kifolyólag a felszín alatti vizek állapotának kevés mérési adat és bizonytalanság jellemző.

2.1.2 A rétegződés vizsgálata

A rétegződés vizsgálatának elsődleges célja az, hogy az egyes kutakban feltárt képződmények oldalirányú kiterjedését meg lehessen határozni. A modellezési gyakorlatban ugyanis óriási jelentőséggel bír az egyes képződmények vertikális és horizontális lehatárolásának pontossága.

Matematikai statisztikai módszerrel – hierarchikus klaszteranalízissel - vizsgáltam a területen kiválasztott mélyfúrású kutak földtani rétegsorain belül előforduló homok-, agyag-, és egyéb köztes képződmények előfordulásának eloszlását a hidraulikailag egységesen összefüggő pleisztocén összleten belül.

A klaszter-analízis egy olyan sokváltozós matematikai statisztikai eljárás, amellyel adattömböket tudunk homogén csoportokba sorolni, klasszifikálni. Ezeket a csoportokat nevezzük klasztereknek. Az egyes klasztereken belüli adatok valamilyen kritérium szerint hasonlítanak egymáshoz, és ugyanezen kritérium mentén különböznek a többi klaszter elemeitől. A csoportosítás alapját különböző távolság- vagy hasonlóságmértékek képezik. Jelen munka során az egyes adattömbök hasonlóságának mérőszámául a korrelációs tényezőt választottam.

A számítás elvégzésére többféle szoftver is elérhető, ezek első lépésben páronként számítják az egyes kutakhoz tartozó adatsorok korrelációs tényezőt. Ezután az egymáshoz leginkább hasonlókat összevonják, majd ezt a – most már kéttagú csoportot - hasonlítják össze további kutak adatával, és végeznek további összevonásokat mindaddig, amíg az összes adat be nem kerül két, most már soktagú klaszterbe.

A vizsgálati pontok (mélyfúrású kutak földtani rétegsorainak) számát esetünkben a rendelkezésre álló digitalizált karotázs-szelvények száma szabta meg. A mélységközt pedig maga az alkalmazott módszer determinálta.

A rétegződésre vonatkozó klaszteranalízis olyan adatmátrixot kíván, amelyikben annyi oszlop van, ahány kúttal foglalkozunk és mindegyik oszlopban ugyanannyi adat. S ennek az adatmennyiségnek ugyanazt a mélységközt kell átfognia. Mindezekből kifolyólag a 30 és 132 m közti mélységköz – mely zömében a középső pleisztocén korú képződményeket reprezentáló rétegösszlet került részletes vizsgálatra.

A rétegződés vizsgálata a terepszinttől számított 30-132 m közötti rétegösszletre irányul. A vizsgálati pontok számát (mélyfúrású kutak földtani rétegsorainak) esetünkben a rendelkezésre álló digitalizált karotázs-szelvények száma szabta meg. A mélységközt pedig maga az alkalmazott módszer determinálta.

A földtani rétegsor vizsgálatára vonatkozóan, a korábbi évek folyamán végzett vizsgálatok és értékelések egyes részeredményei, valamint az azokból levonható következtetések és javaslatok is ismertetésre kerülnek.

2.1.3 Szekvencia sztratigráfiai vizsgálatok eredményeinek alkalmazása

A szedimentológia-fáciestani vizsgálatok legújabb eszközeivel a földtani és geofizikai adatok egységes értelmezése révén a szekvencia sztratigráfiai kutatási eredmények birtokában a vízbázisvédelmi célú vizsgálatoknál fontosnak rétegtani felosztás tovább finomítható, továbbá az alsó-pleisztocén réteghatár rutinszerűen állapítható meg.

A kistávolságú korrelációk rendszerint statisztikai megközelítéssel, litológiai alapon nagy biztonsággal elvégezhetők, ami a hidrogeológia számára első lépésben megnyugtató eredménnyel szolgál. Tulajdonképpen ez történik a lokális modellezések alkalmazása során. Ugyanakkor a medence méretű transzportmodellezések nagy távolságú regionális korrelációkon alapulnak, melyek tekintetében a negyedidőszaki rétegsorok és ezen belül a Felső-Tisza vidék valamint a kapcsolódó szomszédos területek (Nyírség déli, délnyugati része, valamint az országhatárral osztott felszín alatti vízgyűjtőterületek, magyar-ukrán, magyar-román reláció) vonatkozásában számos bizonytalanság van.

2.1.4 Vízbázisvédelmi modellezés, országhatárral osztott vízbázisok

Mivel a terület ivóvízellátása 100 %-os mértékben felszín alatti vizekből történik nagy jelentőséggel bír a felhasználható vízkészletek számbavétele és maga a vízbázisvédelmi modellezés.

A terület felszín alatti vízkészleteinek újraértékelésével országos feladat keretein belül a VITUKI (1991.) foglalkozott. Ezt követően két jelentősebb modellezés történt a területre (Székely, 2003, Völgyesi, 2004). Számos lokális modell készült a vízbázisvédelmi diagnosztikai munkák keretein belül (üzemelő és távlati sérülékeny földtani környezetű vízbázisok vonatkozásában).

A vizsgált terület peremi helyzeténél fogva az országhatárral osztott felszín alatti víztestek vonatkozásában is történtek munkálatok, jelentősebb modellezések (Ukrajna, Románia). A kapott eredmények további pontosítása szükséges.

2.1.5 A felszín alatti vízszintek alakulásának vizsgálata

A rétegvízszintek alakulását tekintve megállapítható, hogy a természetes állapotbeli nyugalmi vízszintek helyzetéhez képest 10-20 m-es süllyedések tapasztalhatók kistérségi ill. regionális léptékben egyaránt.

Hasonlóképpen alakultak a termálvízartók nyomásszintjei is. (Egyes szakmai vélemények szerint bizonyos területeken pl. a Dél-Alföldön sokkal nagyobb süllyedések is kimutathatóak, mint a vizsgált területünkön.)

A rétegvízszintek alakulását illetően kevés mérési megfigyelési adat áll rendelkezésre, függetlenül attól, hogy különböző célú és rendszerességű monitorozás történik ezen a területen is. Részletes és hosszúidejű megfigyelési adatokkal a talajvizek vonatkozásában rendelkezünk.

A közelmúltban készült számos tanulmány a talajvízszint jelentős mértékű süllyedéséről számol be, ami a vizsgált területre jellemző rétegműködési mechanizmus következtében kihatással lehet a mélyebben elhelyezkedő vízáadó rétegek nyomásszintjeinek alakulására.

A kitermelhető (megújuló) készletek szempontjából területünkön elsődleges jelentőségű a talajvíz. ezért is szerepel első helyen a talajvízszint-változások vizsgálata.

A talajvízszint-változások ismerete fontos információkkal szolgál részben a mozgásokat indukáló folyamatok, részben pedig a mozgásokat lehetővé tevő vagy éppen korlátozó vízföldtani felépítés szempontjából.

Eldönthetjük, hogy mekkora az utánpótlódás mértéke, meghatározhatjuk, milyen mértékű az aszály- vagy belvízveszély, megbecsülhetjük a felszín felől történő szennyeződések bekövetkezésének lehetőségét. A talajvíz helyzete a topográfiailag erősen tagolt Nyírség területén különösen nehezen követhető.

A dolgozat keretében részletesen foglalkozom:

- a talajvízszint változások vizsgálatával egy 11 éves periódusra, a 2000-2010. évekre vonatkozóan,
- a talajvízszint változást előidéző ható tényezők (csapadék, párolgás, termelés) oknyomozó lekövetésével,
- a 2010. évi csapadékoság hatásának részletes elemzésével,
- a 2010-2011. évi talajvízszint változások vizsgálatával, mivel 2011 a 2010-es csapadékos évet követően nem karakterisztikus, részben megőrzi a 2010. évi jegyeket, részben pedig száraz.

Elkészítettem a talajvízállás évi közepes átlagainak térképét a vizsgálati időszak elejére és végére vonatkozóan. A 2000-es száraz és a 2010-es csapadékos évek átlagos talajvízállásainak különbség-térképeit összehasonlítva azt várnánk, hogy mindenütt talajvízszintek emelkedések alakultak ki. Ezzel szemben csak bizonyos területeken lett ez így, máshol süllyedések voltak tapasztalhatók. Ennek talán az lehet az oka, hogy a 2000-es - száraz - évben a talajvízszintek még „emlékeztek” a megelőző 1999-es év nagy csapadékaira.

A mért víznyomás szinteket illetően a talajvízszintek leíró jellegű statisztikai vizsgálata mellett kapcsolatalemző statisztikai vizsgálatokat is végeztem. A leíró jellegű statisztikai vizsgálatokat külön-külön két évre - egy nedves és egy száraz időszakra vonatkozóan is elvégeztem.

Alkalmazott módszerek:

- Frekvencia analízis alapján végeztem az egyes talajvízszint észlelő kutakban mért talajvízszint értékek részletes elemzését és értékelését.
- Faktor analízissel határoztam meg, hogy milyen fő hatások eredményeképpen váltakoznak a nyomásszintek – a hely és az idő függvényében egyaránt.

2.1.6 A vízminőségi jellemzők vizsgálata

A frekvenciált feladatok közé soroltam a felszín alatti vizek vízminőségi jellemzőinek elemzését. A részletes elemző és értékelő leírás mutatja be a különböző típusú felszín alatti vizek vízminőségi állapotát területünkön.

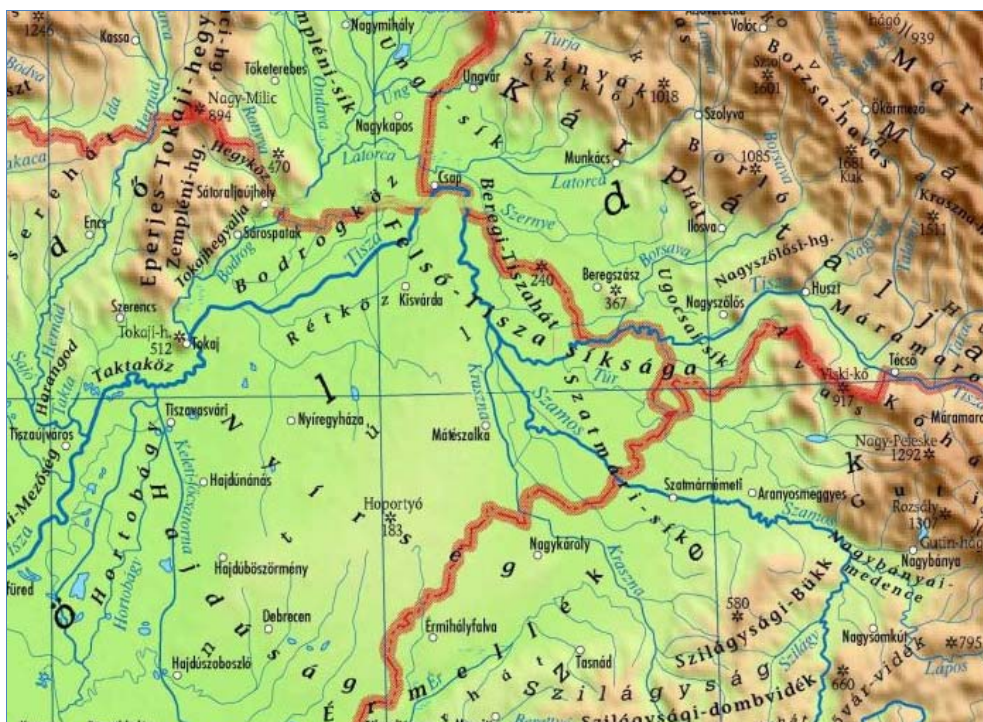
Fentiekén kívül pedig részletes elemzéseket végeztem a vizsgálatba bevont vízkivételi objektumok és egyes kiemelt vízminőségi komponensek vonatkozásában.

- Szakmai pályafutásom alatt a korábbiak folyamán számos nagy vízművünk vízbázisainál alkalmaztam rangkorrelációs trendvizsgálatokat egyes kritikus vízminőségi komponensek elsősorban az ammónium koncentrációjának alakulását illetően, melynek konklúziói a későbbiek folyamán ismertetésre kerülnek.
- A dolgozat keretében az eltérő nyomásállapotú területek vízminőségi elemzése kapcsán klaszteranalízis segítségével elemeztem az egyes alkotók statisztikai előfordulását. Ezt követően értékeltem a vízminőségi jellemzők és a terület nyomásállapota közötti összefüggéseket.

3 A Felső-Tisza vidék természetföldrajzi és hidrometeorológiai jellemzése az eddigi szakmai és tudományos tevékenységemre alapozva

3.1 A terület természetföldrajzi környezete

A Felső-Tisza-vidék az Alföld ÉK-i részén helyezkedik el és Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területét (1. ábra) foglalja magába. A területen az ivóvízellátás 100 %-os mértékben felszín alatti vizekből történik.



1. ábra A Felső-Tisza vidék természeti környezete (www.delmagyar.hu)

Szabolcs-Szatmár-Bereg megye földrajzilag a Nyírség homok-domborzati szigetére, s a Felső-Tisza-vidék alacsony árterületére (Rétköz, Bereg-Szatmári síkság) tagolódik.

A vizsgált terület Magyarország kistáj katasztere (MTA, 2010) szerint az Alföld nagytájhoz, a Felső-Tiszavidék és a Nyírség kistájhoz tartozik. Földrajzilag a Felső-Tiszavidék területéhez tartozó Bodrogköz nem esik a vizsgált területre, továbbá a Nyírség teljes területét sem fedi le a vizsgált terület. A terület felszíni vízhalózata természetes vízfolyások és mesterséges csatornák alkotják.

Az Alföld legjellegzetesebb felszín alatti rétegcsoporthatásai mind megtalálhatók ezen a területen. A Bereg-Szatmári síkság fedő képződményei kötöttebbek a nyírségihez képest. A **Nyírség** szerepe a megújuló készletek terén elsődleges, a **Bereg-Szatmári síkság** pedig az ország rétegvizekben egyik leggazdagabb területéhez tartozik (Erdélyi, 1979).

3.2 Közigazgatási lehatárolás

A vizsgált terület közigazgatásilag Szabolcs-Szatmár-Bereg megyéhez tartozik, a Felső-Tisza vidéki Vízügyi Igazgatóság működési területét foglalja magába. Tekintettel a vízügyi igazgatóságok „vízgyűjtő terület” elvű lehatárolásához a vizsgált terület nem fedi le teljes egészében a megye területét.

3.3 Domborzati adatok

A vizsgált terület domborzatát tekintve megállapítható, hogy a nyírségi homokdombság körüli síkságok tengerszint feletti magassága 100-110 m, a homokbuckák zöme pedig meghaladja a 150 m-t is. A terepszint legmagasabb pontja a Nyírség centrumában található, itt van az Alföld legmagasabb kiemelkedése a Hoportyó (186 m), innét a Tisza folyó irányába haladva a terepszint fokozatos lejtéssel csökken. A terület legmagasabb pontja pedig az ukrán-magyar határon fekvő Kaszonyi hegy (240 m) hazánkba átnyúló déli része.

3.4 Éghajlati adottságok, vízháztartási viszonyok

Földrajzi helyzetéből kifolyólag Szabolcs-Szatmár-Bereg megye az északi mérsékelt szárazföldi éghajlati övbe tartozik, ahol a négy évszak ritmusos váltakozása jellemző.

A *léghőmérsékleti viszonyokat* illetően a térségben az egyes területrészek között a hőmérsékleti értékekben számottevő eltérésre nem számíthatunk. A hőmérséklet évi átlaga 9–10 °C. Kisebbségek a déli és északi rész között alakulhatnak ki, délen a sokévi átlagos léghőmérséklet, néhány tized fokkal magasabb, mint északon.

A *napfényellátottság* évi 1950 óra körüli. Nyáron 760-770 óra, télen 160-165 óra napsütés valószínű. A hőmérséklet évi és nyári félévi átlaga: 9,4-9,5 °C, illetve 16,5-16,6 °C. A 10 °C középhőmérsékletet meghaladó napok száma 186, a tavaszi határnapja április 12-13, az őszi október 15. Április 20 és október 15 között (178 nap) nem kell fagypon alatti hőmérsékletek előfordulásától tartani. Az abszolút hőmérsékleti maximumok sokévi átlaga 33,6 °C, a minimumoké -18,0 és -18,5 °C között.

A terület *csapadék* szempontjából kedvezőbb helyzetben van, mint az Alföld mélyebben fekvő szárazabb részei. A területre jellemző sokéves átlagcsapadék 605 mm, ehhez viszonyítva 2010-ben a lehullott csapadékösszeg 997 mm, ami több mint a sokéves átlag másfélszerese volt. 2011-ben a vizsgált területen a márciusi és júliusi értékeket kivéve minden hónapban az átlagosnál kevesebb csapadék hullott. A hóviszonyok jellemzéséül megállapítható, hogy évente 48 a hótakarós napok átlagos száma, az átlagos maximális hó vastagság 20 cm. Térségünkben a legnagyobb hó vastagság nem haladja meg a 40-50 cm-t és ennek 80-120 mm lehet a hó víztartalma.

A lehetséges maximális potenciális párolgás és a lehulló csapadék arányát számszerűsítő *ariditási index* területi értéke 1,06-1,12.

Az *uralkodó szélirány* elsődlegesen északi, a második, illetve harmadik helyen a délkeleti, illetve délnyugati szélirány áll. Az átlagos szélesség kevéssel 3 m/s alatti.

A sugárzási egyenleg és a párolgási hő ismeretében számítható *potenciális párolgás* a szabad vízfelszínről történő párolgással megegyező érték. A nyíregyházi „A” típusú párolgásmérő kád adatai szerint a sokéves közepes párolgás 642 mm, amiből a minimum 2001-re 478 mm, a maximum pedig 2007-re esik, ez utóbbi értéke 885 mm.

3.5 Vízrajzi, hidrológiai adottságok

A térség hazánk folyóvizekkel legjobban ellátott, legdúsabban átszótt területeinek egyike. A Felső-Tisza vidéket eredetileg az Északkeleti-Kárpátok és az Erdély felől lefutó folyók építették fel a jégkorszak alatt, közülük kiemelkedő a Tisza és a Szamos hordalékképző tevékenysége. A folyóvíz munkája maradt a döntő felszínalakító tényező és a talajképződési folyamatok meghatározója is.

Szabolcs-Szatmár-Bereg megye felszíni vizekben viszonylag gazdag, mivel a külföldről érkező vízfolyások (Tisza, Szamos, Túr, Kraszna) jelentős vízkészletekkel rendelkeznek. A Tisza folyó sokévi átlagos vízhozama Tiszabecsnél 218 m³/s, Vásárosnaménynél 364 m³/s. A Szamos sokévi átlagos vízhozama Csengerénél 133 m³/s, a Túr Garbolcánál 10,50 m³/s, a Kraszna Ágerdőmajornál 6,20 m³/s. volt. A Tisza folyó vásárosnaményi szelvényében a vizsgálati időszakban mért átlagos vízhozam értékeket a 2. ábrán mutatom be. Az alapadatokat a FETIVIZIG szolgáltatta.



2. ábra A Tisza folyó Vásárosnaményi szelvényében mért átlagos vízhozam értékek [m³/s]

A folyók vízhozamának éven belüli eloszlása rendkívül egyenetlen. Az árvizek ideje a kora nyár, a kisvizeké az ősz és a tél. A térség nem rendelkezik korlátlanul a területen átfolyó vízkészletek felett, a Tisza völgyi felszíni vízkészletek megosztását országon belül az egyes régiók közötti megállapodások, a szomszédos országokkal pedig nemzetközi egyezmények szabályozzák.

A felszíni vizekben szegény Nyírségben a Lónyay-főcsatorna, Bódvaj és Meggyes-Csaholy együttes közepes vízhozama alig éri el az 5 m³/s hozamot.

A vízkészletek és a vízigények közötti egyensúlyt az 1960-as és 1970-es években megépült víztározók biztosítják. Jelentős vízpótlási lehetőséget nyújt továbbá a Felső-szabolcsi térségben levő Rétközi-tó 7,7 millió m³-es vízhasznosítási kapacitása.

A vízfolyások terhelhetőségének megítéléséhez elsősorban a kisvízi vízjárást és ezen belül a kisvízi vízhozamokat kell ismerni.

A jégviszonyokat illetően megállapítható, hogy 100-140 nap között változik az az időszak, amikor a folyók vízjárását a jégjelenségek befolyásolhatják. A jeges napok évenkénti száma 47-52 nap között alakul és az ehhez kapcsolódó variációs tényező 0,49-0,55. Ez a jelenség nagy változékonyságát mutatja sokévi viszonylatban.

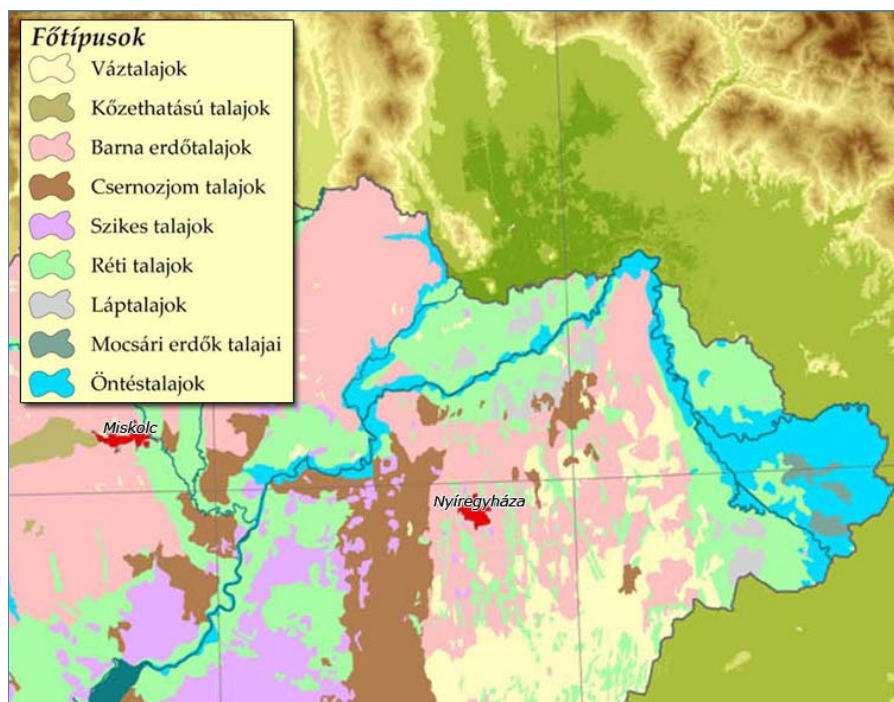
3.6 Növényzet

A terület az Alföld flóraidéke Észak-alföldi flórajárásába tartozik. A fontosabb potenciális erdőtársulások között a fűz-nyár ligeterdők és a tölgy-kőris-szil ligeterdők említhetők. A feltöltődött részeket nádasok, magas sásos társulások, mocsárrétek, ecsetpázsitos rétek és sovány csenkeszes legelők fedik. Az ősi vegetációt tükröző lágyszárúak a tőzegeper, a mételykóró, a vidrafű.

Az erdőgazdasági területeket vegyes korú, zömében keménylombos, ritkábban lágylombos erdők borítják. A mezőgazdaságilag hasznosított területeken jelentősebb kultúrák az őszi árpa, a búza, a vörös here és az alma.

3.7 Talajadottságok

Szabolcs-Szatmár-Bereg megye talajtaniilag az Alföld nagytájához tartozik. Az Alföld nagytáj négy tájra és összesen 10 kistájra osztható fel, melyek talajviszonyai jelentősen eltérnek egymástól. A vizsgált terület fő talajtípusait a 3. ábra mutatja. Megkülönböztethető „Víz hatása alatt nem álló” és „víz hatása alatt álló” terület.



3. ábra Fő talajtípusok a Felső-Tisza vidék területén (<http://mta-taki.hu/hu/node/751>)

A *víz hatása alatt nem álló* területek elsősorban a Nyírség területén helyezkednek el. Ezekre a területekre a barna erdő talajok (rozsdabarna, kovárványos), a futóhomok és humuszos homok talajok, illetve kilúgozott csernozjom és az alföldi mészlepedékes csernozjom talajok jellemzőek. Legnagyobb elterjedésűek a homoktalajok, melyek savanyú kémhatásúak. A homoktalajokon belül két altípust lehet jól megkülönböztetni: a futóhomokot és a szürke humuszos homoktalajt. A futóhomok egészen laza, jellegtelen, bizonyos helyeken még ma is mozgó talaj. Főleg a terület déli részén helyezkedik el, de kisebb foltokban az egész területen megtalálható. A különböző feltételek között a talajban visszamaradó víz mennyiségével jellemzett vízkapacitás 80-100 mm/m, a talaj víznyelő képessége 0,6-1 mm/min. A humuszos homoktalaj, amelynek felső 20-40 cm-es szintje mára a növényzet és a művelés hatására elhumuszosodott, valamivel nagyobb vízkapacitással (100-200 mm/m), de kisebb víznyelő képességgel rendelkezik (0,4-0,6 mm/min).

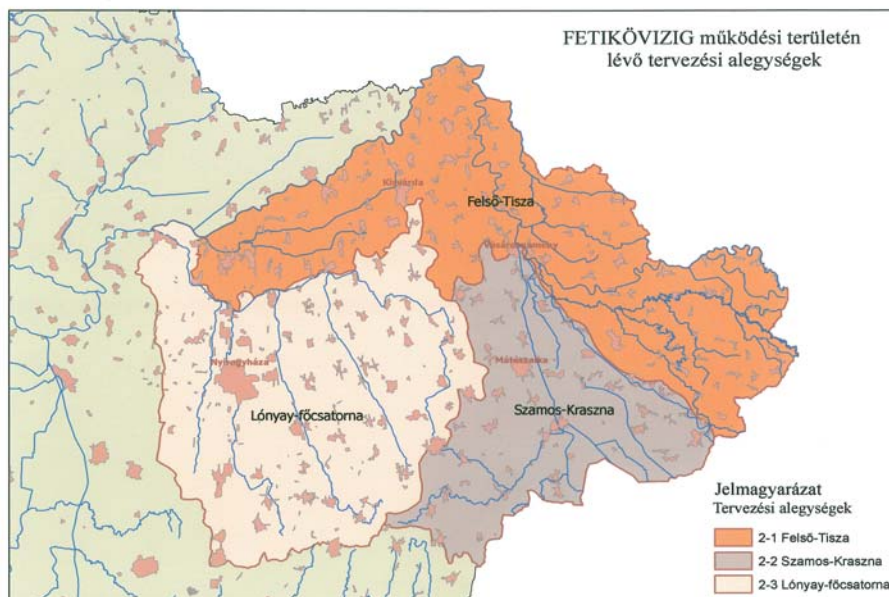
A *víz hatása alatt álló* területeken a talajképződésben a talajvíznek vagy belvíznek a hatása is érvényesül. Ezekre a területek találjuk a szikes, a réti, a láp és az öntéstalajok komplex társulásait.

A Szatmár-Beregi síkság területét tekintve a Beregi-sík területét túlnyomórészt fiatal öntésagyag, öntésiszap borítja, emellett még keleten a löszös iszapnak, délen a barnaföldnek van jelentősége

A Szatmári-sík területén a Tisza–Szamos és az országhatár közötti területen a barnaföldek az uralkodóak, amit kisebb nagyobb öntéshomok, öntésiszap, öntésagyag foltok szakítanak meg. Ezeket a Szamos az óholocénban rakhatta le, amikor a síkság keleti peremén folyt (Borsy, 1969). Ami a képződményeket illeti a Szamos és a Nyírség közötti terület a legváltozatosabb. Ezen a részen egyaránt előfordul öntésagyag, öntésiszap, öntéshomok, löszös homok, barnaföld, réti agyag és kotu (Kormány, 2006).

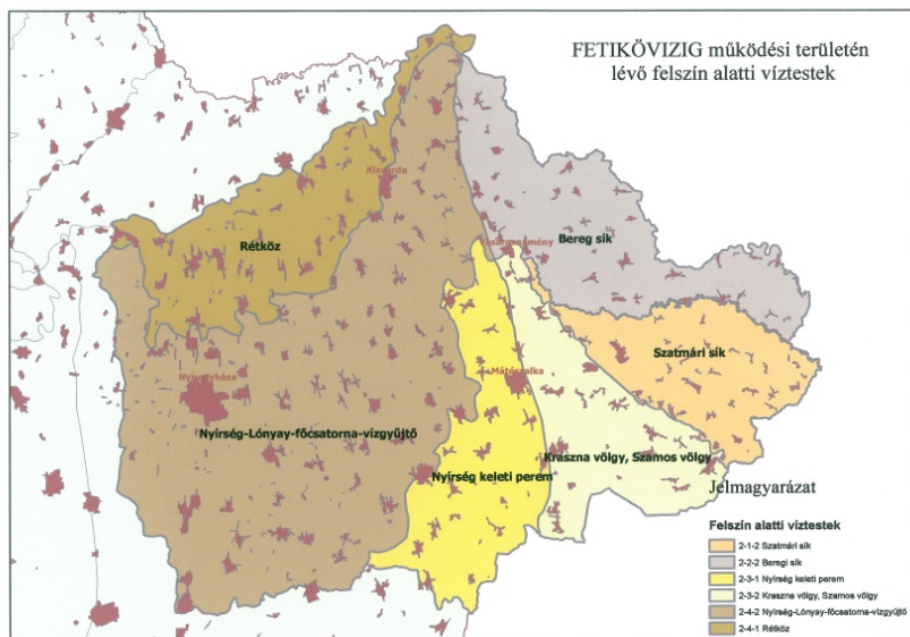
3.8 A terület VGT szerinti hovatartozása

Vizsgált területünkön az országos 42 vízgyűjtő-gazdálkodási tervezési területből 3 tervezési terület került kijelölésre. A Felső-Tisza-vidék vízgyűjtő-gazdálkodási tervezési alegységei: 2-1 Felső-Tisza, 2-2 Szamos-Kraszna, 2-3 Lónyay főcsatorna vízgyűjtő-gazdálkodási tervezési alegység. A vizsgált terület vízgyűjtő-gazdálkodási tervezési alegységeit a 4. ábrán mutatom be.



4. ábra Vízgyűjtő-gazdálkodás tervezési alegységek (VKKI, FETIKÖVIZIG, 2010)

Tekintettel arra, hogy a felszíni és felszín alatti vízgyűjtő területek nem esnek egybe, az egyes tervezési alegységeken belüli felszín alatti víztestek lehatárolása az 5. ábrán látható.



5. ábra Felszín alatti víztestek lehatárolása a Felső-Tisza vidék tervezési alegységein (VKKI, FETIKÖVIZIG, 2010)

A felszín alatti porózus termálvíztestek egyetlen egységet képeznek és a pt. 2.4 Északkelet-Alföld felszín alatti víztesthez tartoznak.

Az országosan kijelölt összesen 185 db felszín alatti víztest (7 féle víztest típus) közül 13 darab (6 sekély porózus, 6 porózus és 1 porózus termál) víztest esik a vizsgált területre. Részt vettem az érintett víztestekkel kapcsolatos adatok, információk összegyűjtésében, az ökológiai szempontból jelentős vízgazdálkodási problémák beazonosításában és a problémák megoldására szolgáló intézkedések kidolgozásában (Virág, 2009.).

Az elkészült vízgyűjtő-gazdálkodási tervekben megfogalmazásra kerültek a felszín alatti vizek területére vonatkozó jelentős vízgazdálkodási kérdések (Virág 2009.). Ezek a kérdések többek között a szennyvizek összegyűjtése, tisztítása, a megfelelő minőségű és mennyiségű ivóvíz biztosítása a területen (Virág, Csegény, 2009). További lényeges kérdés a határon túli hatások (Ukrajna, Románia) vizsgálata, amivel a felszín alatti vizek területén is foglalkozni kell (Virág, 2010.).

Ezeknek a kérdéseknek a további tisztázását, a felvetett problémákra adandó választ is elősegíthetik a dolgozat keretében elvégzett elemzések és vizsgálatok.

4 A Felső-Tisza-vidék földtani és vízföldtani jellemzése

4.1 Szerkezetföldtani és ősföldrajzi viszonyok

A Kárpát-medence közepén elhelyezkedő Magyarország ÉK-i részén levő vizsgálati terület szerkezetileg a Kelet-alföldi süllyedékhez tartozik, mely az Északi-középhegységtől a Balaton vonal északkeleti folytatásában ismert törés, az Erdélyi-középhegységtől pedig az Ér szerkezeti árok határolja el.

A terület mai arculatának kialakulásában nagy jelentőségű a felszíni vízfolyások helyzetének alakulása és a különböző földtörténeti időszak során előálló állandó változásai (Mike, 1991). Az egyes szinteken belüli üledék-jelleg változások oka az ősföldrajzi környezet volt. Ezek a változások szoros kapcsolatban vannak a hegységszerkezet és a geomorfológiai viszonyok váltoásaival és a változásokat előidéző erőkkel valamint a medence üledéket és az aljzatot jellemző szerkezeti és kőzetfizikai viszonyokkal is.

4.1.1 A terület fejlődéstörténete a földtörténeti idők folyamán

A medencefenék feltöltődése az eocénban kezdődött, először foltokban, a mélyebb helyeken keletkeztek sekélytengeri kifejlődésű márgarétegek, majd az oligocén agyagok és agyagmárgák már elterjedtebbek, de komoly jelentőségük csak a miocén rétegeknek van, amelyek már egy törések mentén lezajlott süllyedési folyamat közben, a süllyedést követve nagyvastagságban rakódtak el.

A miocén összlet a Nyírség területén a legvastagabb, vastagsága az 1500 m-t is meghaladja. A rétegsorban talált nagy mennyiségű riolit, dácit és andezit, valamint ezek tufái jelzik, hogy a süllyedésekkel kapcsolatban nagyarányú vulkáni működés is volt. A miocén végén a terület szárazulattá vált, majd a pannóniai időkben indult újra az üledékképződés.

Az alsó pannon agyagmárgák után az egyre sekélyedő tengerből a későbbiek folyamán homokrétegek is keletkeztek. A felső pannonban a homok egyre gyakrabban fordul elő, az agyagmárgákat pedig főleg az agyag váltja fel.

A felső pannon fekszik a Nyírségben az 1000 m-t is meghaladja. A felső-pannon alsó szintje agyagos kifejlődésű. Az alsó szint felső részén finom és apróhomokos rétegek vannak, de nem nagy vastagságúak. A közbetelepülések márgás agyagokból állnak. A középső szint a Szatmári síkság felől homokosabb, a Nyírség közepe felé egyre agyagosabb, de 60 % homok is előfordul, ami a tavak

közötti átfolyásra utal. A Nyírségben nagy vastagságú agyagos összletek vannak a homokrétegek között. A felső szint Nyírbátor környékén agyagos kifejlődésű, a Bereg-Szatmári síkságon homokos.

Később a rhodániai szerkezeti mozgások következtében a sekélytengeri üledékképződés helyébe időnként szárazföldi ciklusok léptek, amit a többfelé található lignitcsíkok jeleznek. A pannon végére a folyóvízi hordalék képződési viszonyok általánossá váltak.

A felső-pannóniai alemelet idejében lejátszódó rhodániai szerkezeti mozgások után a levantei időkben nyugodtabb periódus következett. Ennek megfelelően a levantei alemeletet finomszemcsés lerakódás jellemzi. Ezt közettani kifejlődése alapján nagyon könnyen és pontosan el lehet határolni a negyedkori üledékektől, mert ez utóbbi képződmények a Nyírség legdurvább szemcsés lerakódásai (Urbancsek, 1965). Más kutatók szerint a felső pliocén (levantei) a Nyírségben általában agyagos, kőzetlisztes kifejlődésű, de az alsó-felső szint határán egy ÉK-DNy-i vonal mentén jó vízvezető homokos összlet alakult ki, amely nagy kiterjedésű.

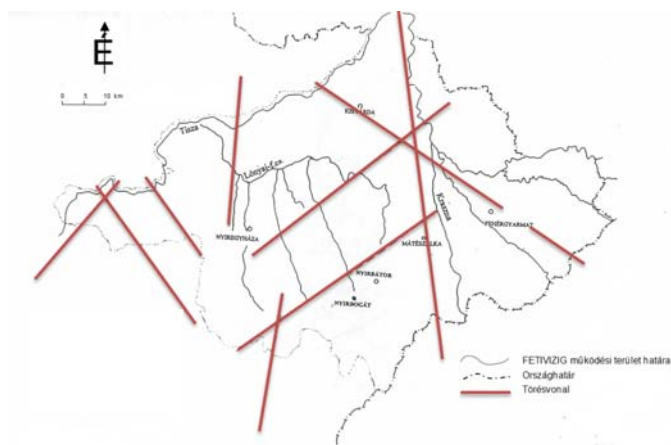
A pliocén-pleisztocén határán a terület a pannon üledékekkel együtt újra rögökre darabolódott, most már kimutathatóan ÉÉK-DDNy, ÉK-DNy és ezekre merőleges szerkezeti irányok mentén, valamint az alpi orogenezis folyamán az északkeleti Kárpátok és a Dinaridák felgyűrődésének következtében észak-déli irányú törések is keletkeztek, amelyek a Nyírségre igen jellemzőek.

A pleisztocén elején a süllyedés újra nagy ütemben indult meg, és ezzel elkezdődött a *pleisztocén rétegösszlet kialakulása, amely a terület vízföldtani viszonyait a víznyerés gyakorlata szempontjából alapvetően meghatározza* (Jambrik, 1993).

A Nyugat-Alföldre jellemző északnyugati-délkeleti irányú haránttörések itt már észak-déli lefutásúak és ezeknek megfelelően alakultak ki az egyes részmedencék, a központi helyzetű **Nyírség** és az ezt övező Bodrogtörés, **Rétköz**, valamint a **Bereg-Szatmári síkság** (1. ábra).

A pannon mélységének ill. ezzel összefüggésben a pleisztocén vastagságának és az összlet szerkezetének kutatása a gyakorlat szempontjából is jelentős, mivel a víztermelő kutak leggazdaságosabban a pleisztocén rétegekre telepíthetők. A területen lemélyített mélyfúrású kutak mélysége és műszaki kialakítása ezért a pleisztocén rétegsor tulajdonságaival szoros összefüggésben van. Ez a gyakorlat szempontjából legfontosabb rétegösszlet a maga keresztirányú lencses szerkezetével egyben a legbonyolultabb is. Az összlet kialakulásának lekövetésével az így kialakult rétegződés rendszerezésének eredményeképpen a 6. ábrán bemutatott jellemző törésvonalak mentén kialakult részmedencékben belül a terület kisebb és egységesebb részterületekre való felbontásával ún. hidrogeológiai tájegységekre (VIZITERV, 1968) tagolható.

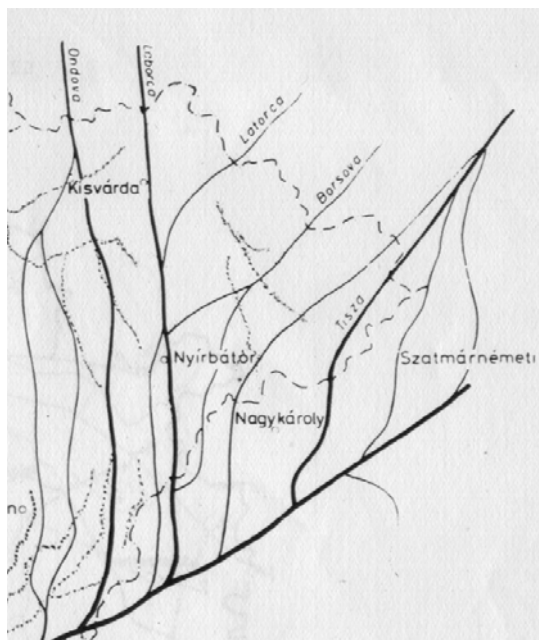
A hidrogeológiai tájegységek olyan kisebb részterületeket jelentenek, melyek egymástól a pleisztocén rétegösszlet vastagságában és a pleisztocénen belül a durvább-finomabb részek aránya és mélysége is más és más.



6. ábra A Felső-Tisza vidék területére jellemző törésvonalak (VIZITERV, 1968)

4.1.1.1 A terület fejlődés története a pleisztocén folyamán

Sümeghy J.(1944) és Somogyi S. (1961.) vizsgálatai alapján a keletalföldi medence és így a vizsgált terület feltöltésében is az Északkeleti Kárpátokból lesiető ősi Tapoly, Ondava, Laborc, Ung, Latorca, Borsava, Nagyág és a Tara, Talabor felvételével gyarapodott Tisza; valamint az Erdélyi-medencéből érkező Szamos és Kraszna tevékenykedett. A 7. ábrán az alsópleisztocén-kori folyóhálózat vázlatát láthatjuk.



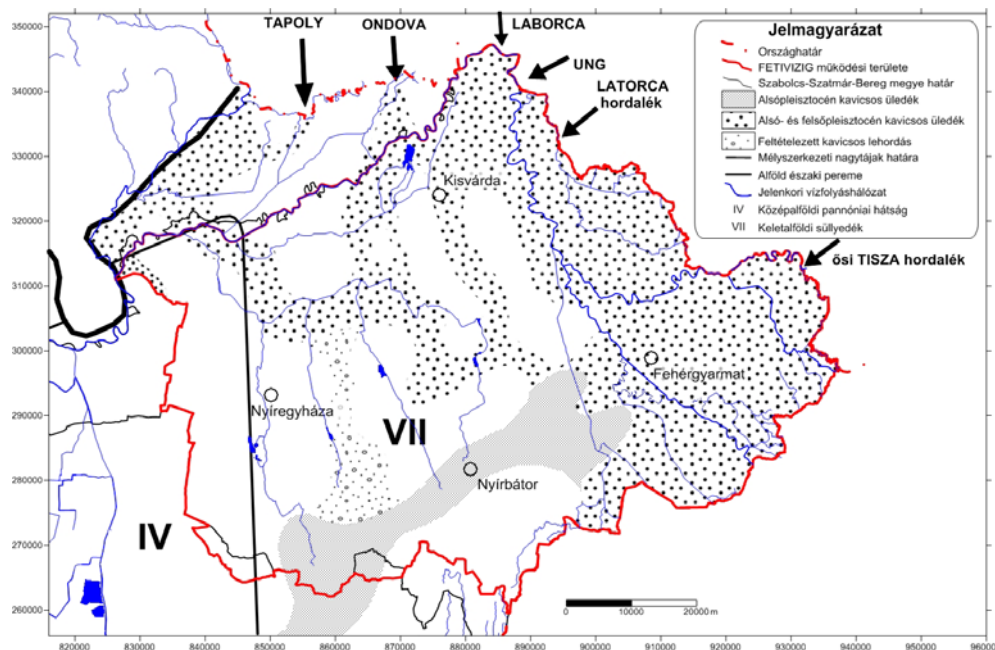
7. ábra Alsópleisztocén-kori folyóhálózat vázlata (Urbancsek, 1965)

A pleisztocén legelején két folyó az Ős-Sajó ill. az akkor még együtt folyó Ős-Tisza-Szamos kezdték meg az Alföld ÉK-i részének feltöltését. Az Ős-Sajó nagyjából É-D-i irányba folyt, de nem állandó mederben, hanem a Ny-i, illetve K-i irányban többször vándorolva egy széles sávot töltött fel üledékeivel. Hordalékkúpjának K-i széle körülbelül a Tisza-Ök-Hajdúdorog-Balmazújváros-Hajdúszoboszló vonalig terjed. Ettől K-re van az Ős-Tisza-Szamos üledékgyűjtő medencéje. A kettőt egymástól a magasabb helyzetben maradt pannóniai vonulat választja el.

Az alsó pleisztocénban mindkét folyó durva üledékekkel kezdte meg a feltöltést. A Tisza-Szamos öse ebben az időben a mai Ér-Berettyó vonalon folyt, pontosabban az Ős-Sajóhoz hasonlóan vándorolt Észak, ill. Dél felé is. Megállapítható, hogy az alsó-pleisztocén elején megindult nagyarányú süllyedés csakhamar áthelyeződött É-i irányba, mert a Fehérgyarmat-Fábiánháza-Mátészalka-Hajdúsámson által meghatározott sávban az alsó-pleisztocén magasabb szintjeiben található a nagy mennyiségű durva üledék, míg ugyanebben az időben az Ér-Berettyó vonalon a kezdetben képződött kavicsos összetett felett már csak finomabb üledékek képződtek.

Az említett folyók hordalék-kúprendszeré hatalmas félkörökben helyezkedik el és azok durvaszemcsés anyaga még a Hajdúhát keleti peremén is fellelhető.

Az alsópleisztocén-kori folyóhálózat vázlata és az alsó-és felső pleisztocén kavicsos üledékek elterjedésének térképe (Urbancsek, 1965) alapján megszerkesztettem a vizsgált területre jellemző alsó- és felső pleisztocén kavicsos üledékek elterjedését a jelenkori folyóhálózatot is ábrázoló térképen, melyet a 8. ábrán mutatok be.



8. ábra Alsó- és felső pleisztocén kavicsos üledékek elterjedése (Urbancsek, 1965 nyomán)

A középső pleisztocénban az eddig ismertetett süllyedő területek mozgása valamivel lassúbb ütemben folytatódott és az üledékek is általában valamivel finomabbak. A felső pleisztocénban az egész terület gyorsabban süllyedt, mint korábban. A Sajó és a Tisza-Szamos hordalékkúpjai közti választóvonal majdnem teljesen megszűnt. A Nyugat-Nyírségi rög és az Észak felől hozzá csatlakozó részek, a Rakamaz-Tiszaberceli öblözet is erőteljes süllyedésnek indult. A Záhonyi öblözet csak a felső pleisztocénban kezdett süllyedni, vele együtt mozgott a Tiszahát területe is.

A felső pleisztocén legvégén a terep esésviszonyai úgy alakultak, hogy a Tisza-Szamos újból Délre fordult az Ér-Berettyó irányába a Nyírség területére pedig északi irányból jutottak el a mai Bodrogot alkotó Ős-folyók, amelyek nagy területen rakták le a mai felszín közeli feltárásokból ismert homokokat.

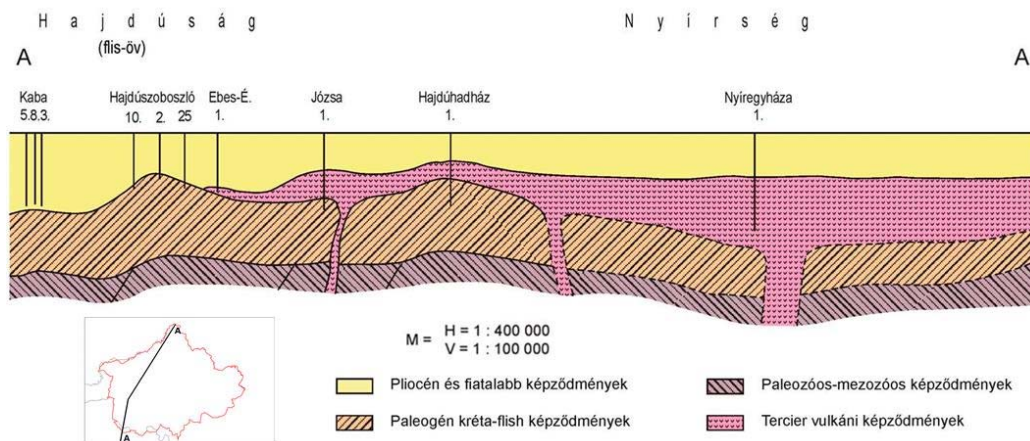
A pleisztocén-holocén határán a süllyedéseket eredményező mozgások jellege megváltozott. A Nyírség területe emelkedni kezdett, és az emelkedés ma is tart. A perem területek továbbra is süllyedtek, és ebben a peremi süllyedésekben a Tisza most már végérvényesen É-ra fordult.

A holocénban ennek megfelelően a folyóvízi üledékképződés csupán a még mindig süllyedő peremi területeken maradt meg. Változó minőségű öntéstalajok tartoznak ide, a magasabb fekvésű területeken pedig sok esetben nagy vastagságú, szélhordta futóhomok képviseli a holocént. Napjainkban a Nyírség belsejében üledékképződés helyett egyre inkább a lepusztulás veszi át az uralmat.

4.2 A terület földtani jellemzése

A terület földtani felépítését a nagy mélységű (kőolaj-, szerkezetkutató és hévízfeltáró) fúrásokból, valamint a különböző víznyerési célú lakossági hideg vizes kutak földtani dokumentációiból ismerjük.

A medence aljzatot felépítő egyenetlen felületű paleozoós-mezozoós alaphegység nagy mélységeken nyomon követhető, mélysége 1500-2500 m között változik. A terület mélyföldtani szerkezetét egy az Alföldet átszelő földtani szelvényből átvett részlettel szemléltetem (9. ábra).



Földtani szelvény a Nyírség mélyföldtani felépítéséről

(szerk.: dr. Csiki Gábor, 1971)

9. ábra Földtani szelvény a Nyírség mélyföldtani felépítéséről (Csiki, 1971)

A Nyírség területén a Nyíregyházán lemélyült fúrás 130 m-ig negyedidőszaki, 979 m-ig pannóniai képződményekben haladt, onnan miocén vulkanitokban (1150 m-ig) állt meg. A Komoró-I. szerkezet kutató fúrás az egyetlen olyan mélyfúrás a teljes vizsgálati területen, amely a mezozoós vagy paleozoós aljzatot elérte. 180 m-ig negyedidőszaki, 460 m-ig felső-pliocén, 750 m-ig felső-pannóniai, 1362 m-ig alsó-pannóniai rétegeken hatolt át és onnan 3227 m mélységig haladt miocén rétegekben, vulkanitokban, agyagmárgában, konglomerátumban. A negyedidőszaki rétegek alatt 1000 m vastag pannóniai rétegek települnek, azok alatt pedig igen nagy vastagságban harmadkori, főleg vulkáni kőzetek.

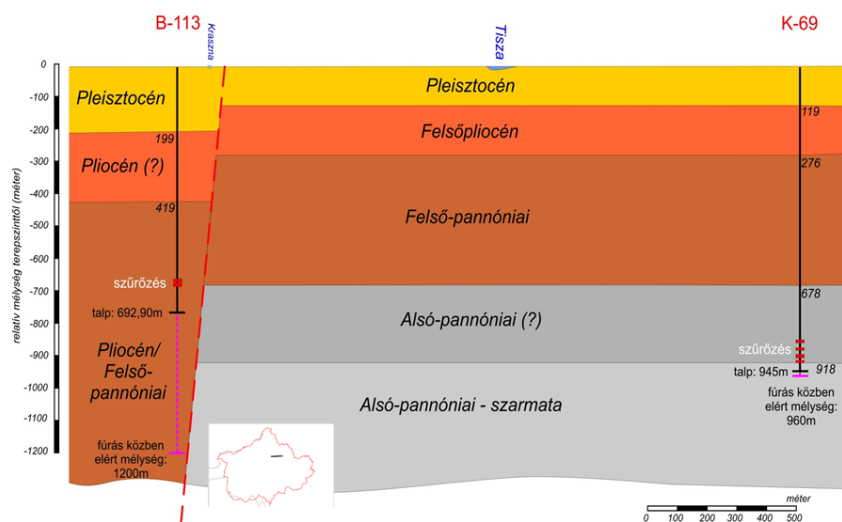
A Szatmár-Beregi síkság mélyföldtani viszonyairól még hiányosabbak ismereteink. A terület nagyobb része alatt valószínűleg paleozoós kőzetek alkotják a fiatal medence aljzatát. Fölöttük harmadidőszaki vulkanitok - miocén riolittufák - települnek helyenként nagy vastagságban, azok felett pedig pannóniai agyag- és homokrétegek.

A síkság déli részén vastag paleogén rétegsorral települ az aránylag vékony (100-200 m) riolittufa, erre települ a pannóniai rétegsor, majd a pleisztocén- holocén összlet.

Keleten a hegyperemekhez közel, 800 m-ben már mezozoikum van a neogén alatt és a negyedidőszak csak néhány méterrel van képviselve. Északon a miocén tufák 800 m-től 2000 m-nél nagyobb mélységig követhetők, rajtuk az alsó-pannóniai rétegek is tufások és a negyedidőszak igen változatos vastagságú.

A Bereg-Szatmári síkságot a Kraszna szerkezeti vonala választja el a Nyírségtől.

A Kraszna szerkezeti vonal menti jelentős elvetődésnek köszönhetően a Tisza folyó két oldalán lemélyített termál kutak földtani rétegsorai (10. ábra) és a kiképzett kutak paraméterei is mutatják a két nagy tájegységre jellemző különbségeket (Virág et al., 2011).



10. ábra Földtani szelvény a Nyírség és a Szatmár-Beregi síkság határán (Virág et al., 2011)

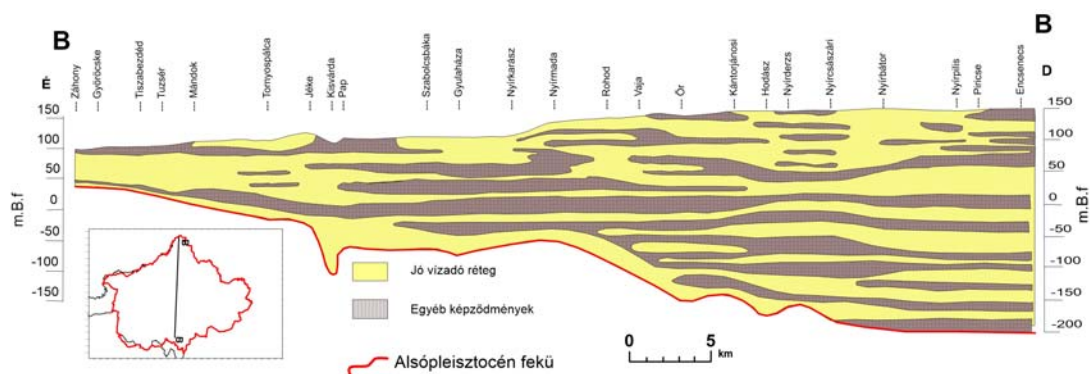
Összességében a következők állapíthatók meg: Az alaphegységre kréta-paleogén flis, majd nagy vastagságú miocén vulkanitokból álló összlet települ. Ezt követően rétegzett pliocén korú tengeri és pleisztocén folyóvízi eredetű törmelékes üledékösszlet következik, melynek vastagsága a peremek felé haladva fokozatosan elvékonyodik. A felső pár méteres összletet képező holocén korú földtani képződmények zárják a rétegsort.

Dolgozatomban elsősorban a pleisztocén alluviális összlet jellegzetességeivel foglalkozom. Az összleten belül a vízáadó és féligáteresztő képződmények szeszélyes váltakozása jellemző, ebből kifolyólag földtani szelvények szerkesztése is nehézségekbe ütközött.

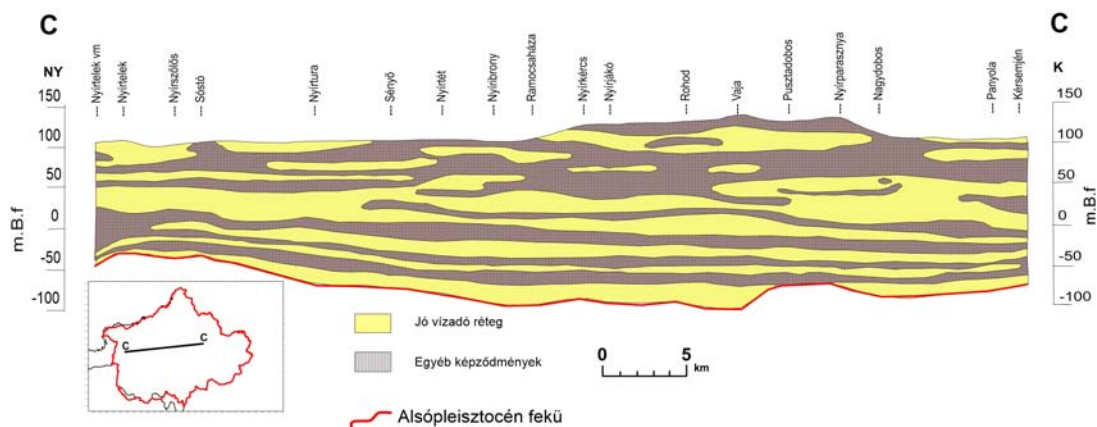
Számos szerzőtől számos földtani szelvény és a pleisztocén összlet bonyolult rétegződését bemutató tömbszelvény (Urbancsek, 1977) készült a területre.

Jelen tanulmányban az általam szerkesztett, matematikai statisztikai módszer felhasználásával (Virág, 1978) készített földtani szelvényeket mutatom be, ahol egy-egy település egy-egy tipizált rétegsorral szerepel.

Ezek közül egy Észak-Dél és egy Nyugat-Kelet irányú szelvény a 11. és 12. ábrán látható.



11. ábra É-D-i irányú földtani szelvény a pleisztocén rétegösszlet felépítéséről (Virág, 1978)



12. ábra Ny-K-i irányú földtani szelvény a pleisztocén rétegösszlet felépítéséről (Virág, 1978)

4.3 A terület vízföldtani jellemzése

4.3.1 Vízbeszerzési adottságok

A mélységi vizek túlnyomórésze nem a medencealjazat kemény kőzeteiből, hanem a fölöttük elhelyezkedő szemcsés rétegekből származik. Ezen medenceüledék-összlet vastagsága a Nyírségben meghaladhatja a 2,5 km-t és több száz homok, kavicsos homok, iszapos homok, homokkő valamint iszap, agyag, agyagmárga réteg váltakozásából áll. A Bereg-Szatmári síkságon maximális vastagsága 1 km, de a peremek felé haladva elvékonyodik. Ezek a rétegek alulról felfelé haladva egyre inkább a folyóvízi üledékképződés jegyeit mutatják, s az üledékképződés ciklusainak megfelelően durvább és finomabb szemű üledéksorok különíthetők el.

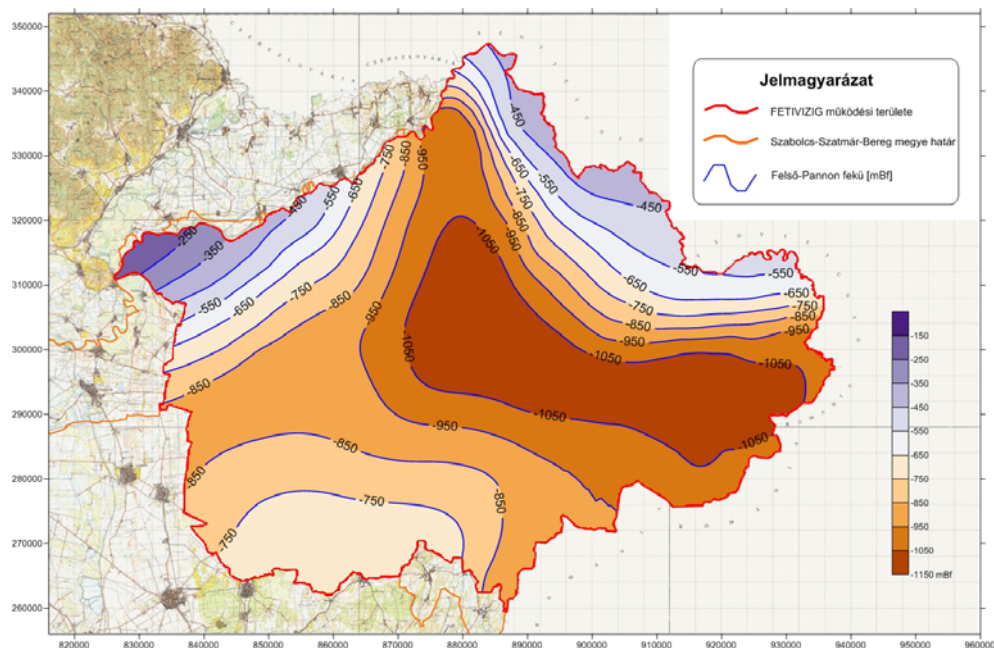
Víznyerési szempontból a legidősebb paleozoós és triász rétegeknek nincs gyakorlati jelentőségük. A feltörekedő eocén és oligocén képződmények vízzáróak. A miocén összletnek azonban a triászból átszivárgó víz mellett a magasabb szinteken saját készlete is van, de kitermelését ebben az esetben is valószínűleg gazdaságtalanná teszi az utánpótlódás hiánya.

Fentiek alapján tehát a vízbeszerzés céljára a pliocén-pleisztocén korú törmelékes víztárolók jöhetnek számításba a területen. A hideg édesvíznyerés szempontjából a pleisztocén-, míg a sós meleg vizeket a pliocén törmelékes összlet tárolja.

A pliocén-pleisztocén üledékes összlet rétegzett kifejlődésű, mely vízadó homokos-kavicsos szintek és agyagos-iszapos rétegek váltakozásából épül fel. A rétegek térfogatának 10-30 %-át kitevő, a törmelék szemcséi között található hézagok (pórusok) terét a felső néhány méter (az aerációs zóna) kivételével összefüggő víz tölti ki, amelyet ipari és mezőgazdasági vízellátásra, ivóvízként, öntözésre (pleisztocén összlet), és balneológiai (pliocén törmelékes tározókból) célra hasznosítanak.

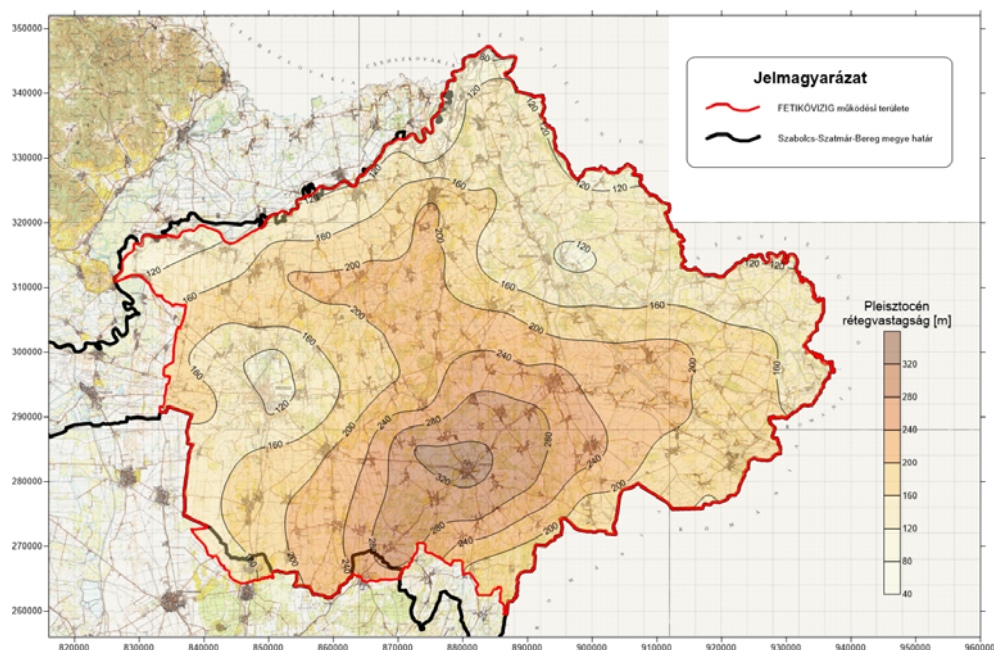
A pliocén-pleisztocén összletet nagy ellenállású agyagos iszapos felső-pliocén (levantei) képződmények választják el egymástól.

A kb. 1000-1300 m fekvéységű pliocén víztartó (felső-pannon) képződmények vize a magas hőmérséklet, só- és gáztartalom miatt ivóvízként nem használható, alkalmas viszont a felmerülő hévízigények kielégítésére. A hévízbeszerzés szempontjából jelentős felső-pannon összlet fekvéységi térképet a rendelkezésre álló adatokból jelen tanulmány keretében újraserkesztettem, melyet a 13. ábrán mutatok be.



13. ábra A Felső-Pannon rétegösszlet fekélmélysége(mBf.) a Felső-Tisza-vidék területén

Az ivó-, ipari- és mezőgazdasági célú vízkivételek a hideg édesvizeket tároló 60-320 m vastagságú pleisztocén alluviális összletből történnek. A pleisztocén összlet vastagsági térképe a 14. ábrán látható.



14. ábra A pleisztocén rétegösszlet vastagsági térképe (m)

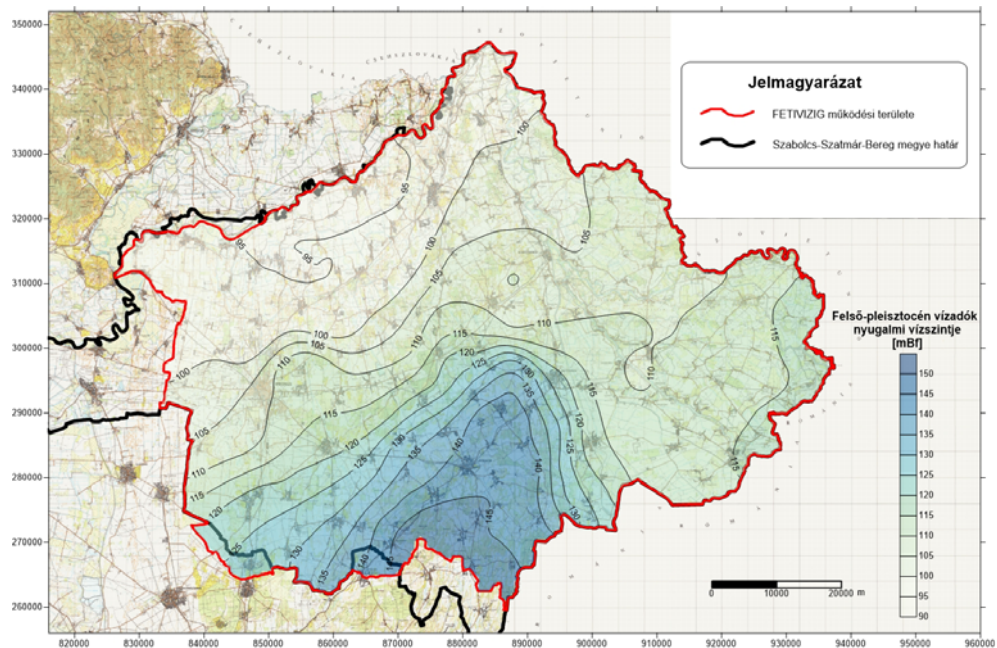
A közműves vízellátás alapjául elsősorban az alsó pleisztocén rétegvizek szolgálnak, melyek mind minőségi (kedvezőbb vízkémiai jellemzők, nagyobb természetes földtani védettség), mind pedig mennyiségi szempontból (nagy vastagságúak, regionális elterjedésben is nyomonozhatóak, kedvezőbb vízföldtani paraméterekkel jellemezhetők stb.).

A térség vízföldtani viszonyainak alakulásában az alsó pleisztocén vízadó összleten kívül nem elhanyagolandó jelentőségűek az 50-150 l/p/m fajlagos vízhozammal jellemzett középső- és felső pleisztocén rétegek, ill. a néhány méteres felszín közeli holocén összlet képződményei sem.

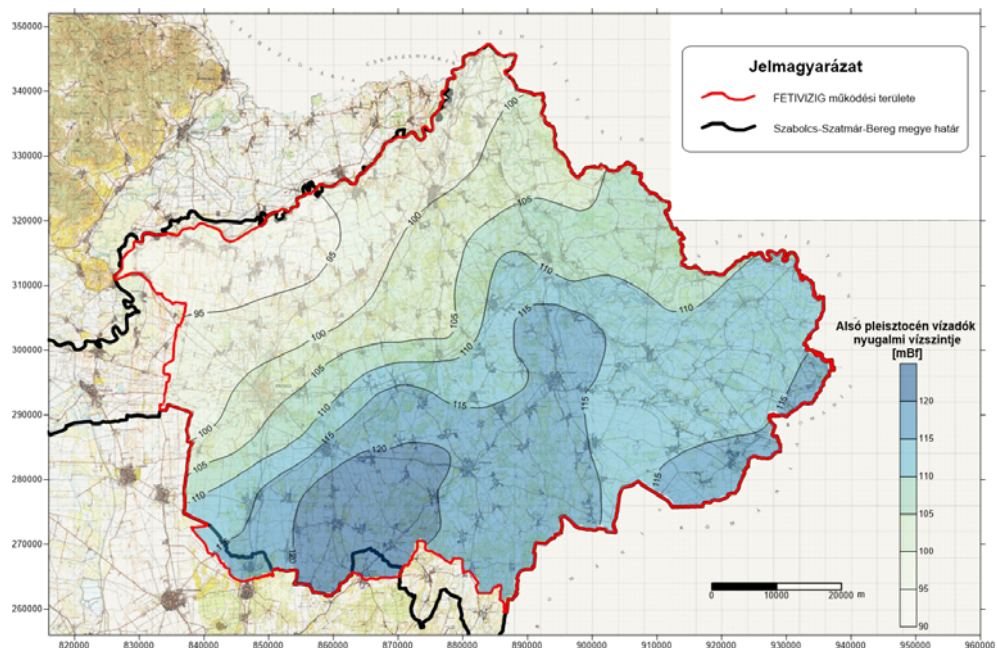
A talajvíztartó rétegek vízáadó képződményei általában kis vastagságúak és általában kedvezőtlenebb vízföldtani paraméterekkel bírnak. A talajvíz szerepe a felszín alatti készletek keletkezése szempontjából elsődleges.

4.3.2 A terület nyomás állapota, a felszín alatti vizek áramlási viszonyai

A felszín alatti vizek természetes állapotbeli (termelést megelőző időszakra vonatkozó) nyomás viszonyainak ábrázolását illetően azok további pontosítását 1976-ban Halász Béla irányításával végeztük. Ezek átszerkesztett változatait a 15. és 16. ábra mutatja.



15. ábra A felső-pleisztocén rétegösszlet hidroizohipszás térképe



16. ábra Az alsó-pleisztocén összlet hidroizohipszás térképe

A FETIVIZIG működési területére szerkesztett hidroizohipszás térképek a közműves termelést megelőző időszakban létesített és lehetőség szerint egyetlen rétegre szűrőzött mélyfúrású kutak vízszint adatainak figyelembevételével készültek. Ezeket az archív térképeket a tanulmány keretében átszerkesztettem.

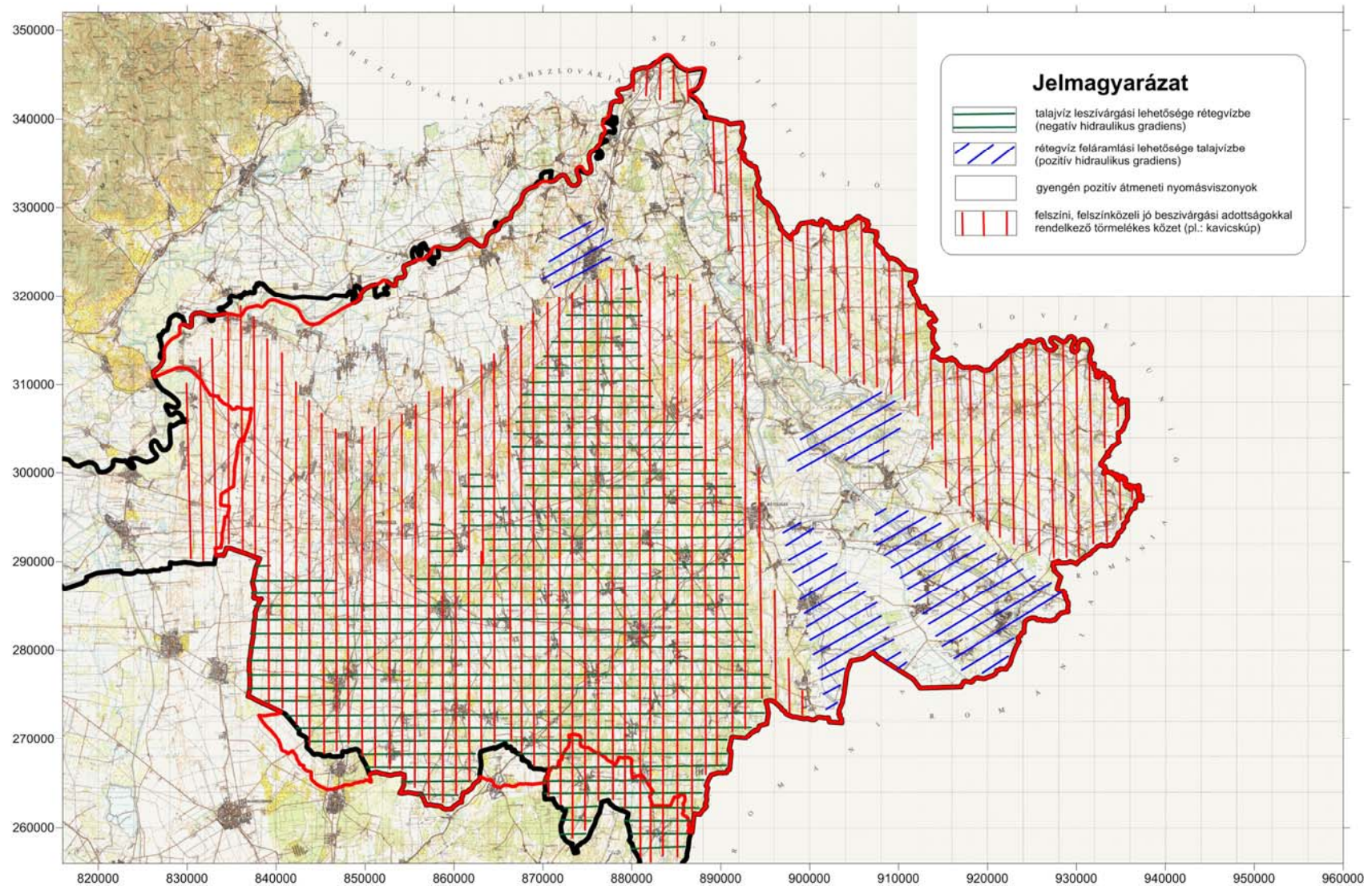
A természetes állapotbeli vízmozgást illusztráló térképekről is látható, hogy vizsgált térségben a Nyírségben beáramló vizek minden irányban ill. nagyobb intenzitással Keletre a mélyebb fekvésű Szatmár-Beregi síkság és északra a Rétközön keresztül a Tisza folyó felé távoznak a rendszerből (15. és 16. ábra).

A rendszer utánpótlódása Kelet felől a kárpáti előtér kavicsos üledékein keresztül is történik. Ezt támasztják alá a Szatmárcseke-Tizsakórod távlati vízbázis biztonságba helyezésének keretében megkutatott szatmári kavicsteraszról nyert információk is (Gáma-Geo Bt., 2003).

E két térkép alapján is előállítható az a nyomáskülönbség térkép, melyből megállapítható, hogy a természetes állapotbeli nyomásviszonyokat tekintve a Nyírség leáramlási terület, míg a Bereg-Szatmári síkság és a Rétköz feláramlási területekhez tartozik. Ez utóbbinál a rétegvíz nyomása nagyobb a talajvíz nyomásánál és a távolabb beszivárgott víz a folyókon keresztül lefolyik ill. elpárolog (Halász, 1995).

A természetes állapotbeli vízmozgást tekintve tehát a megye két nagy vízföldtani tájegysége közül a Nyírség a leszálló, míg a Rétköz és peremvidékei és a Szatmár-Beregi síkság a felszálló ill. a hidrosztatikus vízmozgás övezetéhez tartozik. A nyomásviszonyok ismerete alapvető jelentőséggel bír minden olyan beavatkozás vizsgálatánál, mely valamilyen formában kihatással lehet a felszín alatti vizek mennyiségi és minőségi állapotának alakulására.

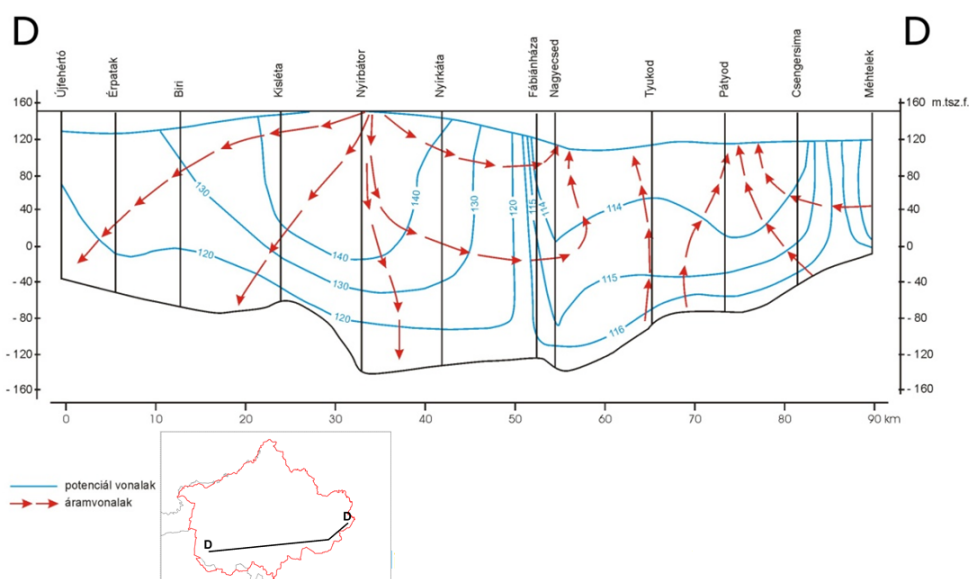
A nyomásviszonyok és a felszín közeli képződmények anyagának részletes illusztrálására szolgál a 17. ábrán bemutatott térkép. A 17. ábrán a negatív és pozitív hidraulikus gradiensű, illetőleg átmeneti nyomásállapotú területek, valamint a felszín közeli jó beszivárgási adottságú képződmények láthatók.



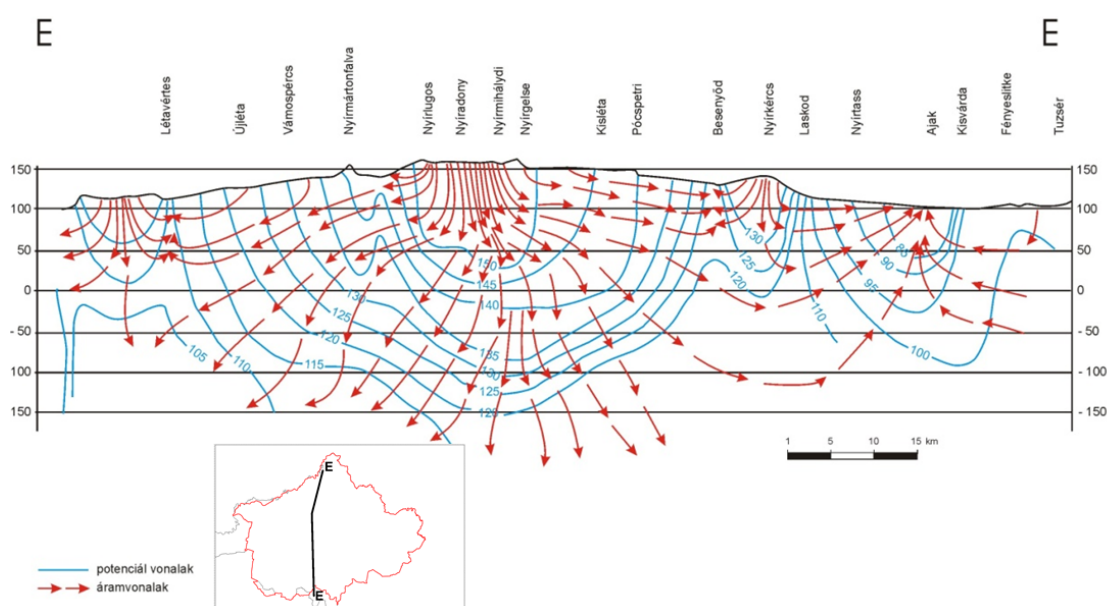
17. ábra A Felső-Tisza vidék felszín alatti vizeinek természetes állapotbeli nyomásállapota (MÁFI Debrecen, 1984. nyomán)

A jelenlegi helyzetet tekintve megállapítható, hogy a természetes állapotbeli vízmozgást más egyéb tényezők mellett elsősorban a lakossági vízművek vízkivételei befolyásolhatják. A termelést megelőző ún. nyugalmi nyomáseloszlás, a radioaktív izotópok segítségével végzett vízkor meghatározások és a kitermelés vízháztartási vizsgálatai egyértelműen bizonyítják, hogy a termelést megelőző nyugalmi állapotban is már voltak rétegzettségre merőleges áramlások, amelyeknek csupán intenzitásán változtatott a vízkitermelés. Így pl. a Nyírség magasabb részein – amelyek a térség tápterületét alkotják – beszivárgó (lefelé irányuló) áramlás figyelhető meg, és így a rétegnyomás felülről lefelé csökken. Mindez az agyagos képződmények átteresztő képességére utal.

Az előbbiek bemutatott áramlási térképek alapján is megállapítható, hogy a tápterületen beszivárgó vizek a termelést megelőzően a kiürülési zónában feláramlottak és a talajvíz párolgása (Juhász, 2002), valamint a felszíni vizekbe való lefolyás útján távoztak a rendszerből. Mindezek illusztrálására szolgál egy a területet Ny-K-i irányban átszelő (18. ábra), valamint egy D-É-i irányú (19. ábra) hidrodinamikai hossz- szelvény.



18. ábra Hidrodinamikai hossz-szelvény (Halász, 1988)



19. ábra Hidrodinamikai hossz-szelvény (Marton, 1970)

A szivárgó víz mozgása egy lassú körforgás része. A kiemelt homokterületeken beszivárgó víz a vízvezető rétegek segítségével a mélybe nyomul és a mélyből a nagy nyomás hatására a vízvezető és vízzáró rétegeken át lépcsőről lépcsőre haladva, felfelé szivárog és a talajvízen át visszajut az atmoszférába. A Nyírségben az - és felső-pleisztocén rétegvizek piezometrikus szintkülönbsége 20-30 m közötti. A felfelé mozgás vezérlője egyfelől a párolgás, másfelől a mélység felé emelkedő nyomás. A talajból és talajvízből történő párolgás pótlására indul meg alulról a felfelé szivárgás a következő rétegből és abba az alatta levőből.

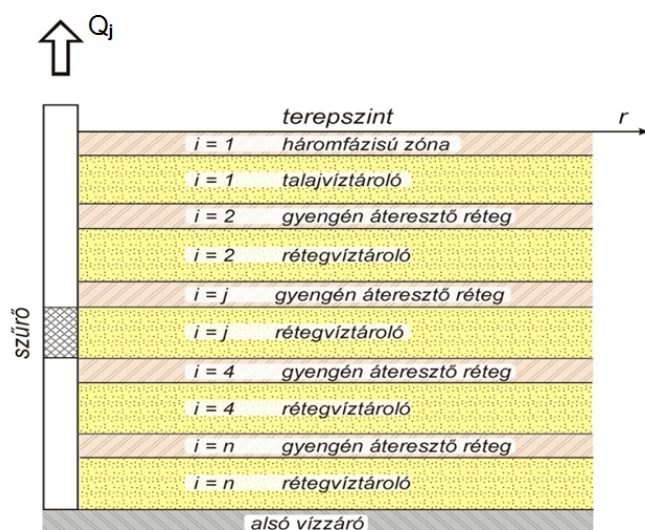
4.3.3 Rétegzett rendszerek sajátosságai, vízföldtani paraméterek

A klasszikus értelemben vett talajvíztartó (felső 20 m) vízáadó képződményei általában gyenge kifejlődésűek, kis vastagságuk révén jelentősebb vízigények kielégítésére nem alkalmasak. Nagy jelentőségűek azonban a felszín alatti készletek keletkezésének hatásmechanizmusában. A talajvíztartó összlet minél részletesebb ismerete vízminőségi szempontból nézve is fontos, hiszen ez az első fokmérője lehet a felszín alatti vizek esetleges elszennyeződésének is.

A rétegzett hidrogeológiai rendszer sajátosságaiból (Alföldi 1986, Erdélyi 1979., Halász 1975., Rónai 1985, Tóth J. 1963, 1995) következően a Pannon medencét kitöltő üledék teljes elterjedési területén és teljes vastagságában összefüggő és összetett hidraulikai rendszert alkot, amelyben bármilyen mélységből is termelünk vizet, a vízszállításban minden réteg részt vesz, a talajvíztől a legmélyebben fekvő hévíztartó réteggig. Ezt a megállapítást a rétegzett rendszerekre a szakmai hazai művelőin kívül már jóval korábban Tóth J.(1963) írta le, a nagy üledékes medencék áramlási rendszerének törvényszerűségeit. Tehát egymástól függetlenül megállapítást nyert a hidraulikai folytonosság (Tóth, 1995) elve.

A pleisztocén alluviális réteggösszlet egy olyan többszintes rétegzett víztároló, amelyben a vízvezető rétegeket ($k=10^{-5} - 10^{-3}$ m/s) nagyságrendekkel kisebb áteresztőképességű ($k=10^{-6} - 10^{-7}$ m/s) képződmények választják el egymástól és ezek függőlegesen sűrű váltakozása jellemző (Halász, 1975).

A vízvezető szintekben a víz horizontális áramlása a vízszintes irányú vízvezető képességtől, míg az azokat elválasztó félig áteresztő (semipermeabilis) rétegekben a vertikális áramlás (Szekely, 1978) pedig az átszivárgási tényezőtől függ. A rétegzett rendszer elvi modell sémáját (Halász, 2005.) a 20. ábra mutatja, ahol i ($i=1,2,\dots,n$) a vízáadó- és féligáteresztő rétegek száma, j a csapolt réteg ($i=j$), melyből a Q_j vízkivétel történik.



20. ábra A rétegzett tárolót megcsapoló kút sémája (Halász, 2005)

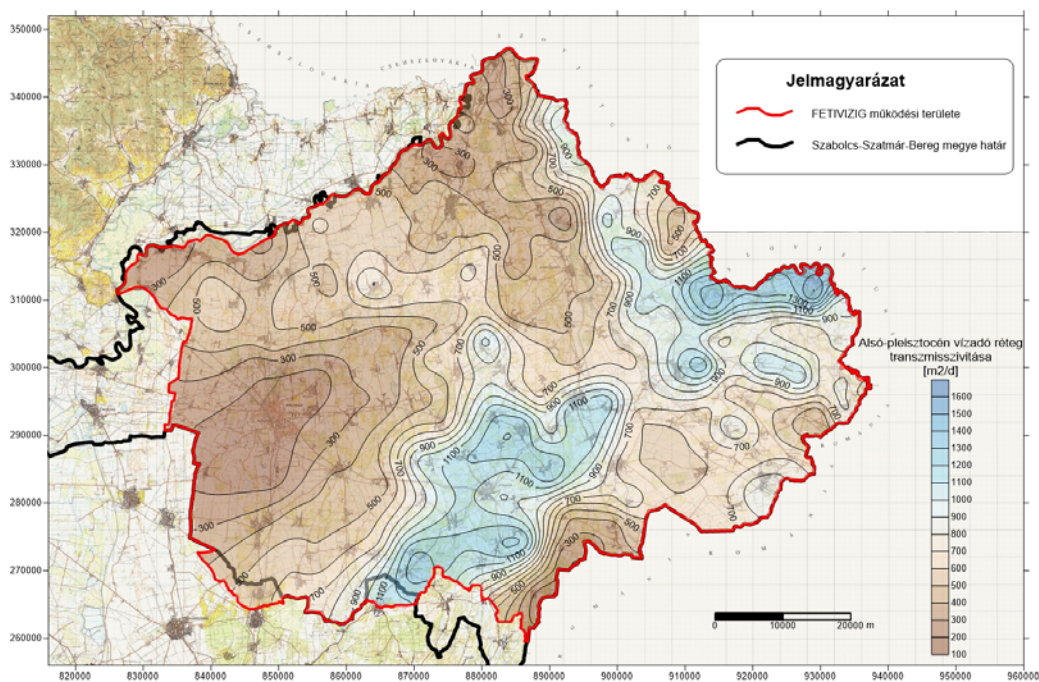
Rétegzett rendszerekben az ún. féligáteresztő rétegek közvetítésével az egész rendszer részt vesz a vízszállításban. Függőlegesen nyitott rendszerről lévén szó, a geológiai képződményekben tárolt vizeken kívül a felülről történő utánpótlódás a hasznosítható készletek elsődleges forrása.

A rendszer nyitottsága miatt azonban jelentékeny vízzáró (agyag) rétegek hiányában a felszíni eredetű szennyeződéseknek a közműves rétegekig a talajvíz közvetítésével való lejutása csupán csak idő kérdése lehet. Ezt erősen befolyásolja a vízkitermelés nagyságának alakulása a területen.

A hidraulikai paraméterek meghatározása történhet közvetlen és közvetett módon. Közvetlen módon tehát méréssel kaphatjuk a legpontosabb adatokat. Közvetett módon az ismert módszerek segítségével: kalibráció, karotázs-szelvényből, homokszázalékból, nyomjelzéssel és izotóphidrogeológiai módszerekkel juthatunk adatokhoz.

Az egyes rétegek vízföldtani paramétereit illetően, kiemelendő, hogy különösen az alsó pleisztocén rétegvízartó képződményeket sok helyen nagyon jó vízvezető képességű kavics, kavicsos-, murvás homok és homokos kavicsrétegek alkotják, melyek vízszintes irányú áteresztőképessége (transzmisszivitása) akár a 2.000-3.000 m²/d-t is elérheti. Ez különösen a Szatmár-Beregi síkság területére jellemző, mely az ország rétegvizekben egyik leggazdagabb területe.

A 21. ábrán a tanulmány keretében a területre szerkesztett transzmisszivitás térképet mutatom be.

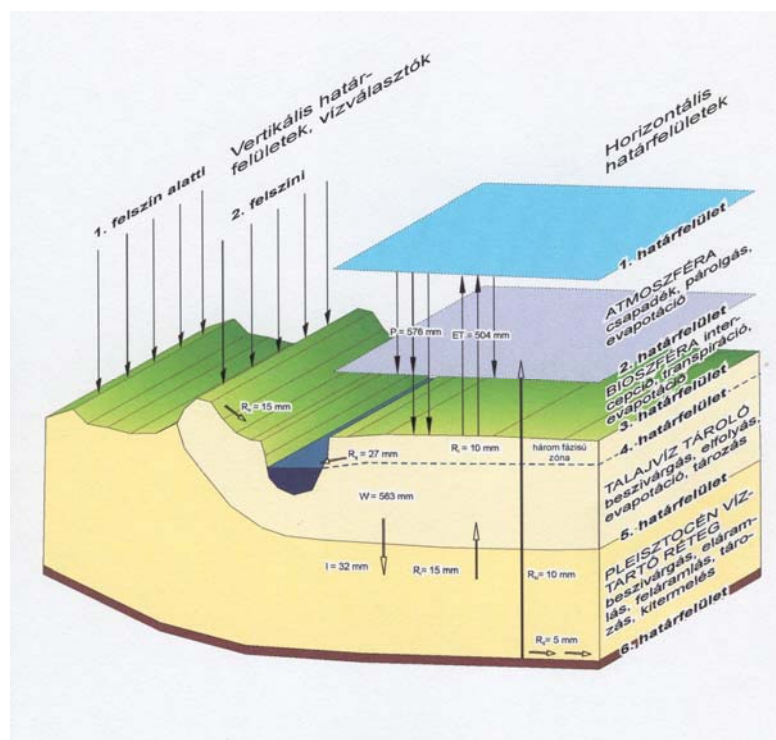


21. ábra Az alsó pleisztocén vízadó összlet transzmisszivitási térképe

A középső- ill. felső-pleisztocén rétegvízadó rétegei gyengébb kifejlődésűek, kedvezőtlenebb vízföldtani paraméterekkel rendelkeznek, alkalmasak viszont más kisebb ipari és mezőgazdasági jellegű vízigények kielégítésére. Az utóbbi 10 évben jelentősen megnőtt a felszíntől 50 m-ig terjedő holocén és felső pleisztocén összletek öntözési célú igénybevétele is.

4.3.4 Vízforgalmi vizsgálatok, modellezés

A vizsgált térségen belül 1996-ban „Value judgement” esettanulmányt készítettünk a Lónyay-főcsatorna vízgyűjtőjének vízforgalmáról és vízgazdálkodásáról (Illés, Virág, Konecsny, 1996., 1998.). Ebben a tanulmányban a vízgyűjtő terület lehatárolásánál új elemként szerepelt a felszín alatti vízgyűjtő területek figyelembe vétele is. A vizsgálat a teljes vízforgalom elemeinek számbavételével történt (22. ábra) meg.



22. ábra Modell séma a Lónyay-főcsatorna vízgyűjtő vízforgalmi vizsgálatához (Illés et al., 1998)

A tanulmányban megállapítottuk, hogy a „felszíni és a felszín alatti vízforgalom döntő módon a beszivárgáson keresztül függ össze egymással. A talajfelszínről beszivárgott víz egyrészt táplálja a mélyebb víztartókat, másrészt a folyóhálózaton keresztül távozik a felszín alatti rendszerből”. Az egyszerűsített felszíni vízmérlegből kapott és a talajvíztartóból számolt függőleges vízforgalom közel egyenlőséget mutatott (59 ill. 50 mm/év) a Lónyay-főcsatorna vízgyűjtő területén.

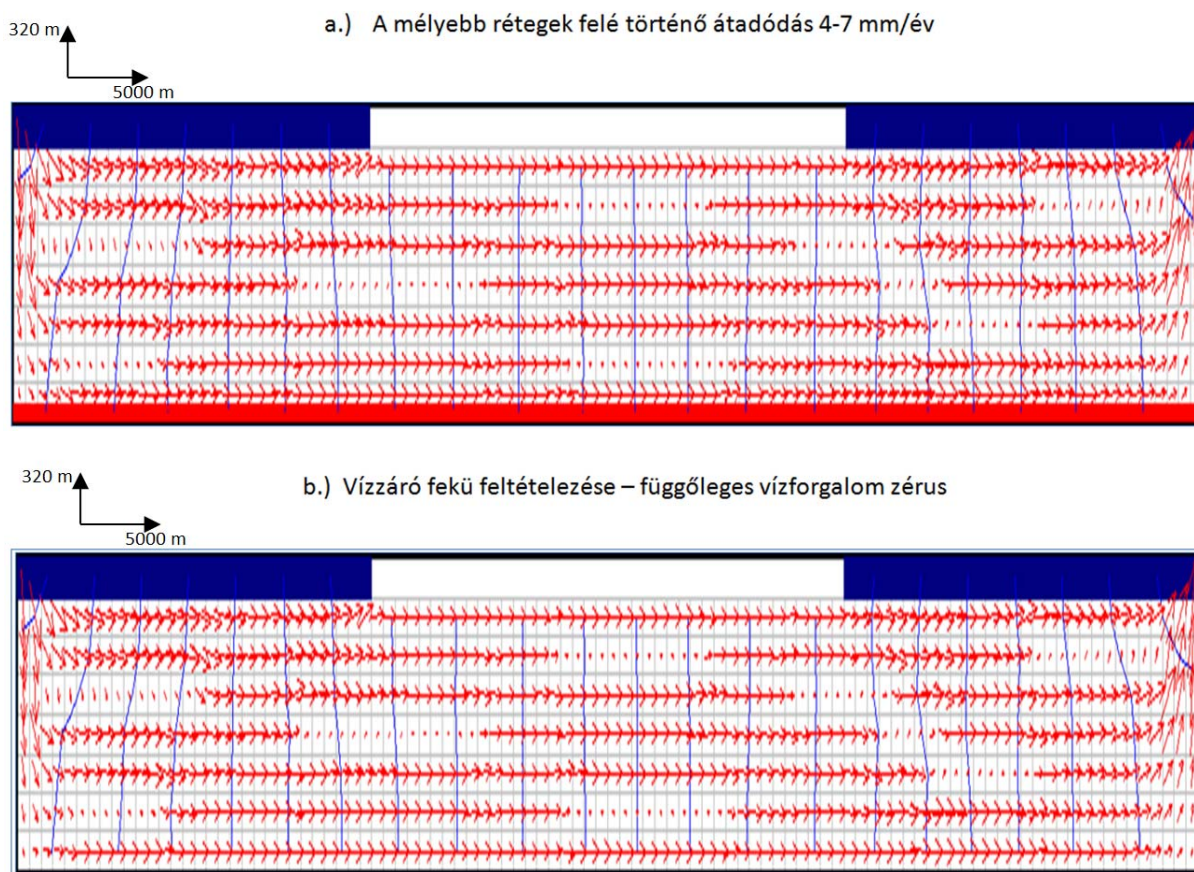
A vizsgált terület felszín alatti rendszerének vizsgálatával számos szerző foglalkozott (Alföldi 1986, Erdélyi 1975 és 1979, Halász 1975 és 1995, Marton 1979, Rónai 1985, Székely 2003 és 2006, Tóth 1963 és 1995, Völgyesi 2004). Jelentős eredmények születtek a Felső-Tisza vidék, s ezen belül a Nyírség, mint az Alföld legjelentősebb utánpótlódási területe vonatkozásában, kezdve a térképező, leíró jellegű kutató munkáktól a hidraulikai sajátosságok megismerésétől a hidrodinamikai modellezésig.

Az ivóvízbázisvédelmi diagnosztikai munkák kapcsán számos modell készült a területre. Ezek tekintettel az ivóvízbázisok földtani sérülékenysége nagyban a Nyírségre vonatkoztak. A modellezés során számos elhanyagolással és egyszerűsítéssel élünk, ami mind a modell paramétereiben (Szűcs et al., 2006), mind pedig a modell geometriájának (Szűcs, Virág, 2005) megalkotásában megmutatkozik. Így van ez a peremfeltételek meghatározásánál és az átlagosnak tekinthető réteghidraulikai jellemzők és rétegek számának figyelembevételénél is.

A vízforgalmi vizsgálatoknál és általában a pleisztocén ivóvízadó összlet modellezésénél a területen a pliocén-pleisztocén képződmények határán levő kis áteresztőképességű agyagos rétegek (levantei) jelenléte miatt – kvázi vízzáró fekvést feltételezve - a pleisztocén összletet önálló rendszerként kezeljük. A mélyebb rétegek felé történő függőleges vízforgalom mm/év nagyságrendű (VITUKI, 1991).

Az előbbieket helyességének igazolását a 11. ábrán bemutatott 2D-s földtani szelvényt felhasználva Nyírbátor térségére Processing MODFLOW segítségével készült egyszerű modellel is bemutatom.

A területre jellemző átlagos szivárgási paraméterek $k_h = 0,3-30,0$ m/d, $k_v = 0,01-0,5$ m/d. A modell vizsgálateredményeit a 23. ábrán mutatom be, melyből látszik, hogy az áramkép alakulásában jelentős eltérés nincs.



23. ábra A pleisztocén fekvé keresztül történő függőleges vízforgalom vizsgálta Nyírbátor térségében

Vizsgálataimmal megerősítettem azt a megállapítást, hogy a pliocén összletben a pleisztocéntól különböző, annál sokkal kisebb intenzitású szivárgás alakult ki. hidrogeológiai szempontból különösen fontos a pliocén-pleisztocén határ kimutatása.

4.3.5 Vízkészletek, vízkivételek

4.3.5.1 Hideg édesvízkészlet

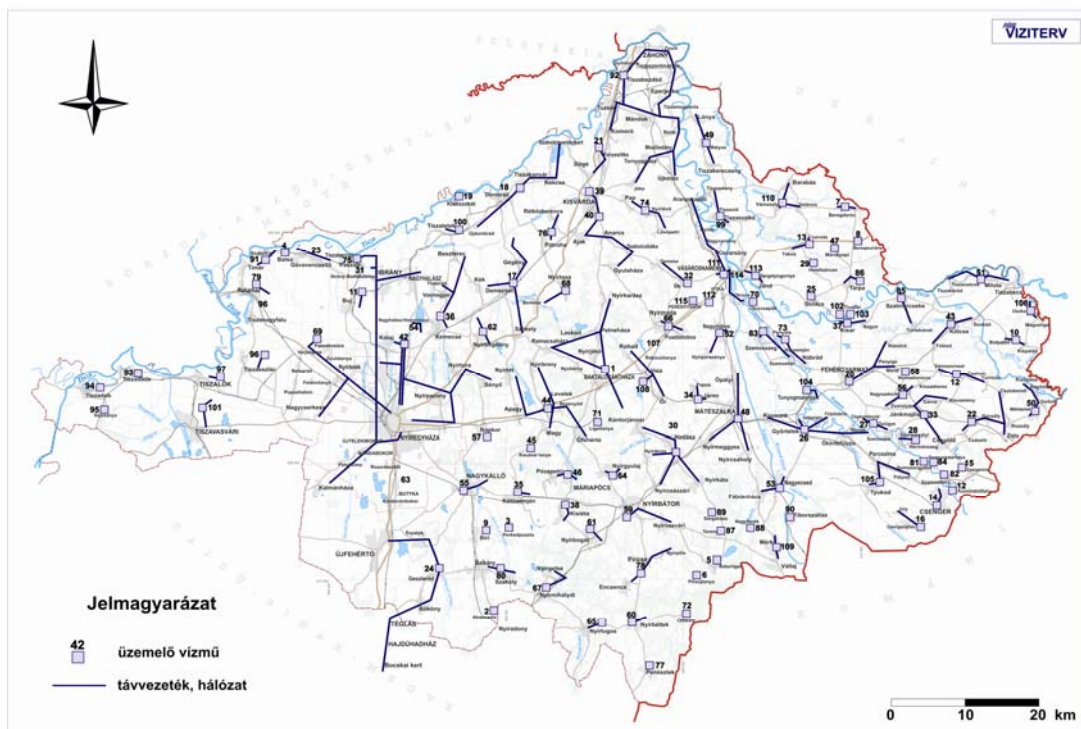
A Felső-Tisza-vidék lakossági ivóvízműveinek vízkivétele 100 %-os mértékben felszín alatti vizekből történik. A felszín alatti vízhasználat többszöröse a felszíni vízhasználatoknak.

Felszín alatti vízkivételek

A vizsgált területen előforduló felszín alatt vízkészlet-típusok közül kitermelhető parti szűrésű vízkészletekkel a Tisza folyó partjak mentén és csak a keleti országhatárral szomszédos részekben számolhatunk. A talajvízkészletek a talajvíztartó rétegek kis vastagsága és gyenge vízvezető adottságai miatt nem számottevőek. Mindezekből kifolyólag a felszín alatti vízkivételek elsősorban a

réteg- és termálvizeket érintik. A hideg édesvízkészletet tároló pleisztocén vízáadó összletből történő rétegvíz kitermelés lefedi a teljes területet, a termálvíz kitermelés elsősorban a nagyobb városokra korlátozódik és többnyire szezonális jellegű.

A terület legjelentősebb felszín alatti vízhasználói a lakossági ivóvízművek (24. ábra). A lakossági ivóvízművek vízbázisai zömében az alsó pleisztocén vízáadó szintre települtek.



24. ábra Ivóvízbázisok és vízellátó rendszerek a Felső-Tisza vidék területén (Virág in VIZITERV, 2005)

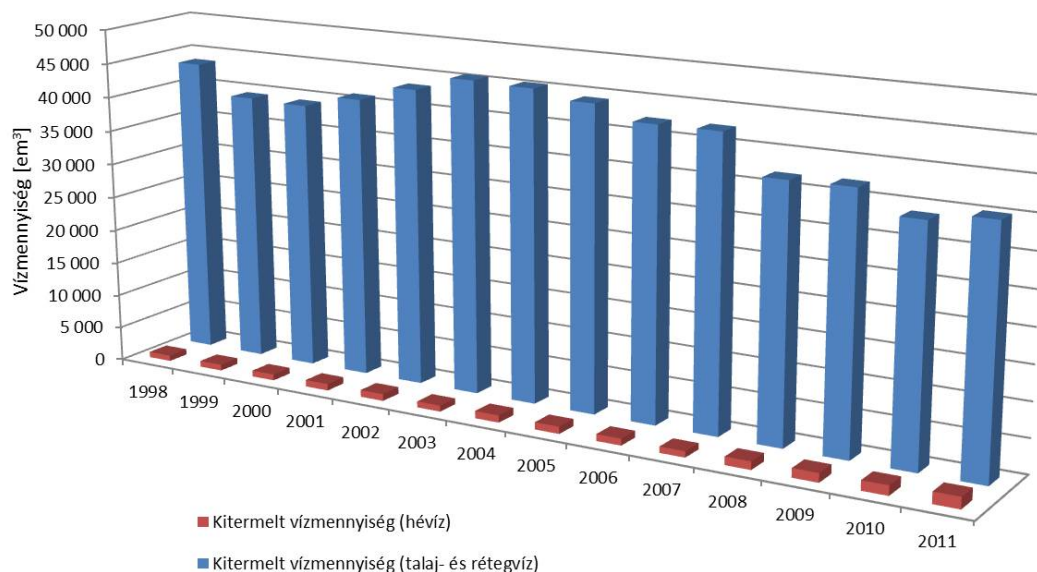
Kis mértékben ipari és mezőgazdasági jellegű vízkivételek is jellemzőek. Jellemzőek a kiskertek, családi házas ingatlanok kis mélységű fúrt kútjai is.

1993. év tájékán az öntözéses dohánytermesztési program kapcsán új jelentős öntöző víz igények léptek fel a területen. Ezek a vízkivételek a talajvíztartó gyenge kifejlődése miatt az ún. sekély rétegvíz tartó rétegekre települtek. A dohány ültetvények öntözését a későbbiek folyamán szántóföldi növény kultúrák és a gyümölcsösök váltották fel. A szezonális jellegű öntözési vízigények nagyobb mértékben a kedvezőtlenebb vízföldtani adottságú Nyírség területén jelentkeztek.

Az öntözési vízigény nagysága az utóbbi években jelentős mértékben csökkent. A megszigorodott jogszabályi előírások miatt jelenleg a víztakarékos öntözési technológiák (mikro-szórófejes, csepegtető öntözési mód) vízigénye engedélyezett.

A vizsgált időszak (2000-2010.) alatti felszín alatt vízkitermelést a 25. ábra szemlélteti. Megállapítható, hogy a vízkitermelés nagyságában a 2003-2005. évi enyhe növekvő csúcstól eltekintve csökkenés illetőleg stagnálás tapasztalható. Jelen tanulmányban vizsgált időszakot követő 2011-es esztendő vízkivételei is hasonlóképpen alakultak.

A korábbi évekhez viszonyítva a termelés növekedése nem tapasztalható. Jelenleg kb. 40 millió m³/év $\approx$ 110000 m³/d körüli regisztrált vízkitermeléssel számolhatunk a területen.



25. ábra A Felső-Tisza vidék víztermelési adatai

A FETIVIZIG által rendelkezésre bocsátott termelés adatokból szerkesztett ábrán látható, hogy az ivóvíz kitermelésben 2001. évtől kezdődően növekedett, majd 2005. ill. 2007. után csökkent a víztermelés a területen. A hévízkitermelés csekély hányadot képvisel.

Kitermelhető felszín alatti vízkészletek

Országos adatok

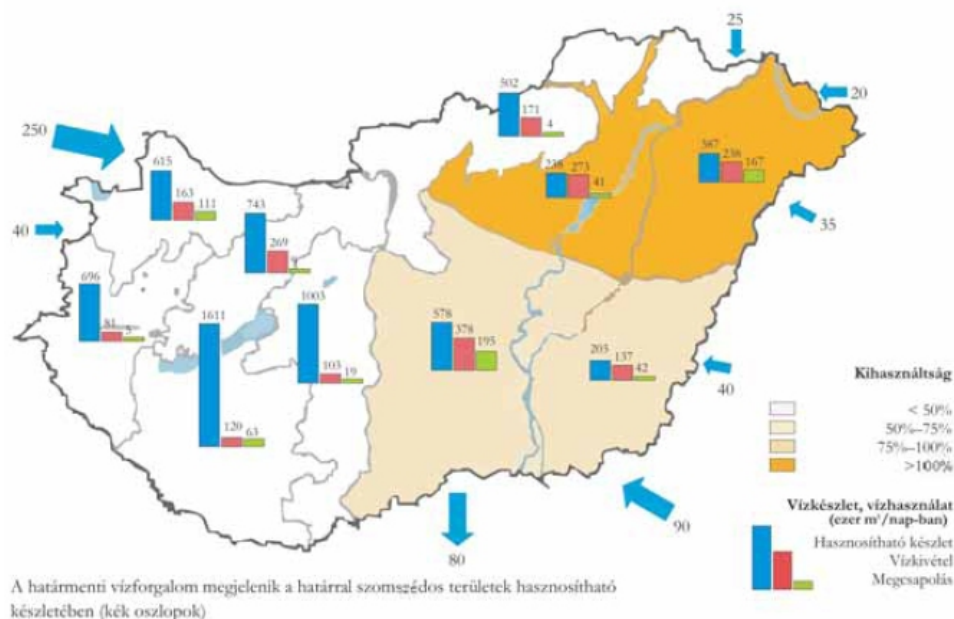
A felszín alatti készletekből termelhető vízmennyiség nagyságáról a múltban sokféle vélemény született, változtak a becslési eljárások, a fenntarthatósággal kapcsolatos kritériumok. A kitermelhető készletek meghatározásánál újabban megjelent a FAVÖKO vízigénye is.

A korábbi évekből egész országra vonatkozóan a következő adatok közismertek:

OVH, Orsz. Vízgazd. Keretterv	1965:	17,9	millió m ³ /d
OVH, Orsz. Vízgazd. Keretterv	1984:	15,0	millió m ³ /d
Somlyódy, Vízügyi Közlemények	2000/3-4:	9,6	millió m ³ /d

Legújabbban a „Köztisztületi Stratégiai Programok. Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest, 2011.” c. kiadvány foglalt állást ebben a kérdésben.

Az ország hasznosítható felszín alatti vízkészlete a Vízyűjtő-gazdálkodási Terv (VGT) alapján 6,6 millió m³/d.



26. ábra Kitermelhető felszín alatti vízkészletek, országos adatok (MTA, 2011)

Helyi adatok

Az országos értékeket részterületekre lebontva a fentiekben hivatkozott 26. ábra szerint a Felső-Tisza környezetében a felszín alatti készletek kihasználtsága 100 % feletti, tehát a vízkivétel nagyobb, mint a hasznosítható készlet. Az anyag szerint „az ökoszisztémák károsodása jelzi is ezt”.

Az általam vizsgált területen valóban előfordultak károsodások - az ország más részeihez hasonlóan - aszályos időszakokban (kb. 1970-1995 között, majd később is, rövidebb időkre), de tartós károsodási tendencia nem figyelhető meg. Ha volna ilyen - a felszín alatti vizek túlermelése következtében - akkor az a talajvízszintek süllyedésében is megnyilvánulna, de ezt se tapasztalhattuk.

Aszályos években süllyedés, nedvesebb időkben (főleg 1999-ben és 2010-ben) emelkedés zajlott. A vízkitermelések és hatások részletes elemzésére és a kapott eredmények ismertetésére jelen tanulmány 5. fejezetében kerül sor.

A szűkebb területre vonatkozóan a rétegzett hidrogeológiai rendszerek elméletét kidolgozó Halász Béla munkásságához fűződik többek között a terület kitermelhető felszín alatti vízkészleteinek vizsgálata is. A Halász B. által kidolgozott potenciál elméleti módszer (Halász, 1972) a kitermelhető készlet fogalmát a megengedhető mértékű vízszintsüllyedés (potenciálcsökkenés) mértékével határozza meg.

A vízkészlet gazdálkodási és vízminőség-védelmi feladatok leghatékonyabb megoldási módjának a hidrodinamikai módszerek alkalmazását tartja. Szerinte „... a készlet mind fogalmilag (és ezzel együtt) mind számszakilag nehezen definiálható, és könnyebb megadott, konkrét kitermelések összességének negatív hatásait megítélve a legújabb (tervezett) megvalósíthatóságát eldönteni.” (Halász 1995.) A kitermelés növelését akadályozó korlátokat három pontban foglalja össze: műszaki-gazdaságossági-, földtani- és környezetvédelmi korlátok.

Mindezen megállapítások előremutatóak voltak és harmonizáltak a későbbiek folyamán bevezetett EU VKI Keretirányelv (2000.) szempont rendszerével is.

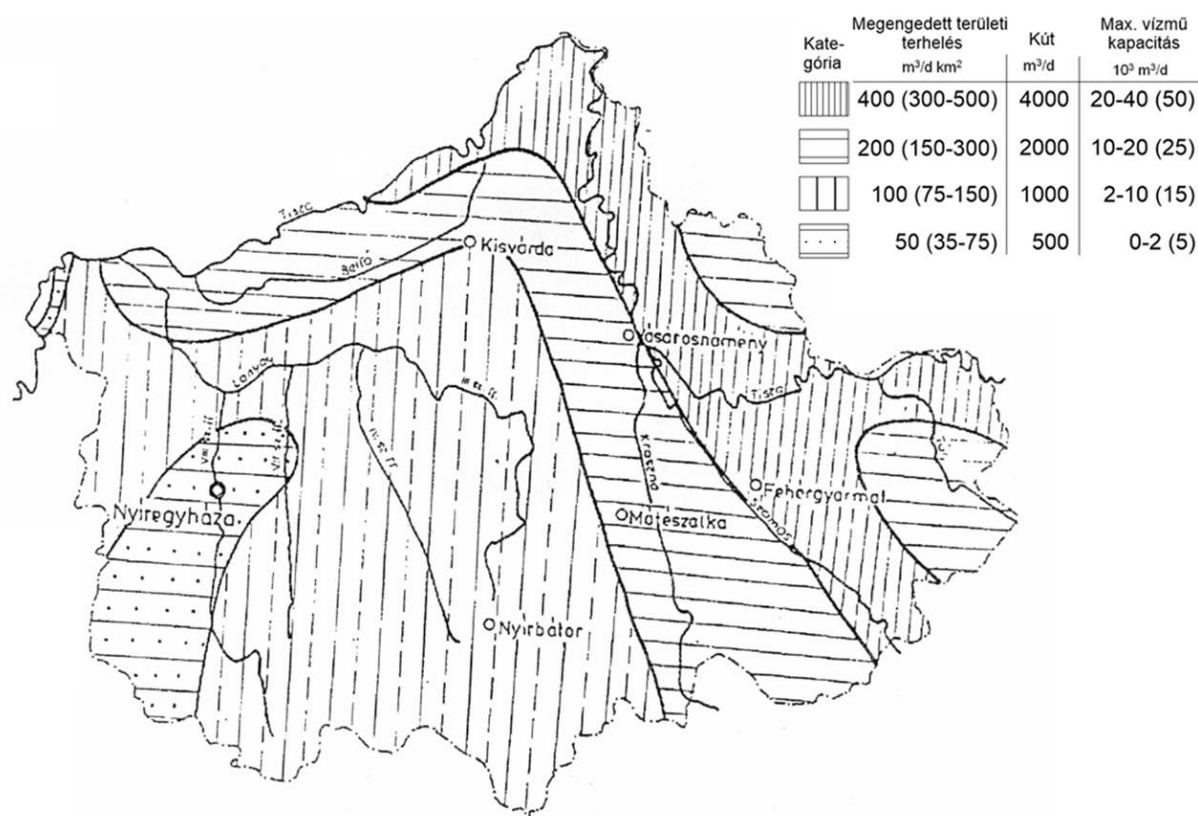
A kitermelhető vízkészletek környezetvédelmi szempontú megközelítése szerint a készletek mennyiségi védelme érdekében - a víztermelést olyan szinten kell tartani, hogy az általa kiváltott

talajvízszint-süllyedés környezeti károkat (növények transzspirációjának, folyók hozamának csökkenését, talajsüllyedést és épület károkat) ne okozzon.

A környezeti szempontból megengedhető vízszintsüllyedést a növényzet adaptációs készségében mutatkozó biztonság alapján Halász Béla 50 cm-ben állapította meg (mivel az akkoriban illetékes szaktárcától nem kaptak választ a feltett kérdésre).

Előbbi megállapítások azzal a kiegészítéssel tette, hogy a vizes élőhelyek közelében a megengedhető vízszintsüllyedés ökológiai szempontú korlátja ettől jóval kisebb akár 5-10 cm is lehet.

A kitermelhető ivóvízkészletet illetően Halász B. 1990-ben számításokkal alátámasztott becsléseket végzett a területre, melynek végeredménye a 27. ábrán látható (Halász, 1990).



27. ábra Kitermelhető felszín alatti vízkészletek a FETIKÖVIZIG területén (Halász, 1990)

A 27. ábrán is látható, hogy a vízbeszerzési lehetőségek Nyugatról Kelet felé haladva javulnak. Az itt bemutatott eredmények alapján, melyek később kerültek publikálásra (Göőz, 1999) a Felső-Tisza-vidék területének kitermelhető rétegvíz készlete 910 000 m³/d, partiszűrészű vízkészlete pedig 130 000 m³/d.

Fenti becsült értékeket a biztonság javára Halász tovább pontosította és 760 000 m³/d-ben állapította meg a Felső-Tisza-vidék becsült édesvíz készletét (Halász in FETIKÖFE, 1996).

A lakossági, ipari és mezőgazdasági jellegű együttes vízfogyasztási adatok 1985-ig növekedtek Göőz (1999), ezt kiegészítettem a közelmúlt adataival, melyet az 1. táblázatban láthatunk.

1. táblázat Szabolcs-Szatmár-Bereg megye vízfogyasztási adatai

Év	vízfogyasztás [m ³ /nap]	vízfogyasztás [millió m ³ /év]
1960	27400	10,0
1965	38300	14,0
1970	49500	18,1
1975	74800	27,3
1980	110000	40,5
1985	140000	51,0
2000	107350	39,2
2005	121211	44,2
2010	92986	33,9
2011	96252	35,1

A vízkitermelés tendenciáját tekintve jelenleg is csökkenés mutatkozik. A vizsgált terület legtöbb településén az egy főre eső fajlagos lakossági vízfogyasztás jelenleg sem éri el a 100 l/fő/napot, szemben azzal, hogy a korábbi (20-25 évvel ezelőtti) szakvéleményező munkáink folyamán az ezredfordulóra 150-200 l/fő/nap fajlagos vízigénnyel számoltunk. Az Országos Vízminőség-javító Program keretében végzett területi munka tapasztalatai – a vízminőség-javító technológiai fejlesztések kapcsán végzett vízfogyasztási adatok számbavétele, szakterületi feltételezések és távlati vízigény számítások, valamint az ebből levonható következtetések is ezt erősítik meg (Virág, Szűcs 2011.).

Összességében megállapítható, hogy a hasznosítható vagy kitermelhető készlet meghatározásának alapja Magyarországon mindmostanáig - a VGT-ben is - a megújuló készlet. Részletesebben: becsülik a csapadékeszívárgásból származó utánpótlódást, ennek értékéből levonják az élő vízkivételeket (köztük a gyakorlatilag megbecsülhetetlen ökológiai talajvíz-igényt – a VGT-ben FAVÖKO vízigény), majd a maradékot minősítik „hasznosítható” vagy „felhasználható” készletnek.

Éppen az elfogadhatatlan bizonytalanságok miatt manapság más megközelítés válik uralkodóvá - a nemzetközi és egyre inkább a magyar szakirodalomból is jól látszik ez. Ma a károkozást tekintik a hasznosíthatóság korlátjaként, és nem hasznosítható vagy felhasználható készletekről beszélnek, hanem fenntarthatóan termelhető hozamról (sustainable yield). Ennek kinyerése nemkívánatos hatások nélkül lehetséges (without causing any undesired effects). (Bear – Cheng 2010, Szűcs et. al., 2009, V. M. Ponce, 2007)

Területünkön a fenntarthatóan termelhető hozam meghatározására még nem került sor, csupán Völgyesi (2004) próbálkozott egy ökológiai kritérium alapján, modellezéssel történő számításokkal. Ez a tanulmány a Nyírség (mely az általam vizsgált terület egy részét fedi le) és a Hajdúság területét együttesen vizsgálta. Völgyesi az 50 cm-nél nagyobb talajvízszint-süllyedést tekintett olyan

nemkívánatos (ökológiai) hatásnak, ami korlátot jelent. Ennek alapján megállapította, hogy Debrecennél valóban túltermelés vélelmezhető. Megállapította továbbá, hogy a teljes terület terhelhetősége kb. 0,3 millió m³/d. Ebből kb. 0,2 millió m³/d jut a Felső-Tisza vidék Nyírségi részterületére.

4.3.5.2 Hévizek

A hévíz kutak száma kevés a területen (28., 29. ábra), a kitermelés sem jelentős. A terület peremi helyzeténél fogva a medence sekélysége következtében a legmélyebb szintből termelt víz hőmérséklete sem éri el a 60 °C-t. A hévizek jelentősége mégsem elhanyagolható.

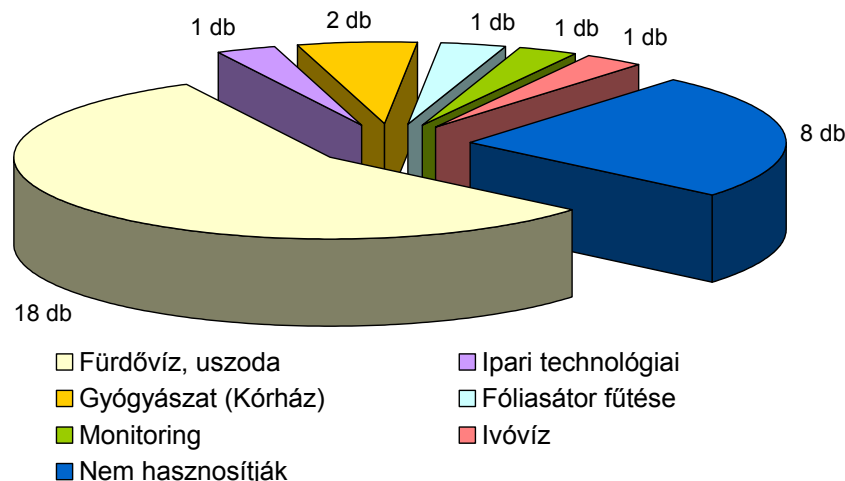
Az utánpótlódó hévízkészletek forrása – hasonlóan a hidegvizekéhez – a talaj- ill. a partiszűrűsű víz. A hévíztárolók mélysége és a földtani felépítés miatt azonban az utánpótlódás mértéke igen kicsi, ezért jelentős depressziók alakultak ki, mind helyi mind pedig regionális szinten egyaránt, ami környezetvédelmi szempontból nézve nem kívánatos.



28. ábra A hévízkutak területi elhelyezkedése a kifolyóvíz hőmérsékletének feltüntetésével (FETIKÖVIZIG, 2011.)

A hévizek felhasználása területünkön elsősorban balneológiai és gyógyászati célokra korlátozódik. A 30. ábrán láthatjuk a vizsgált területen létesített kutak területi eloszlását, az ábrán a kutak kifolyóvizének hőmérséklete is fel van tüntetve. Itt látható, hogy Tiszavasvári település kivételével (mely nem tartozik a FETIVIZIG) működési területéhez mindenütt alacsonyabb a kifolyóvíz hőmérséklete maximum 57 °C. Az 500-1300 m mélységűre kiképezhető kutakban (Virág et al., 2007) mért talphőmérséklet 37-73 °C, a geotermikus lépcső pedig 16-20 m/°C.

A Felső-Tisza vidék hévízhasznosításának a hévízkutak számára vetített megoszlását a 29. ábra mutatja.



29. ábra Hévízhasznosítás a Felső-Tisza vidék területén (FETIKÖVIZIG, 2011.)

A korábbiakban mezőgazdasági jellegű felhasználás - fóliasátor fűtése - egyetlen egy volt a területen, ipari technológiai célokra is mindössze egy-két esetben használnak hévizet. A magas Na (és metabórsav) tartalom miatt palackozásra csak egy helyen kerül sor.

A hévíz hasznosítás általános alapelvei szerint a hévíz gyógyászati célú felhasználásának prioritást kell biztosítani. A hévizek hőtartalmának értékesítése céljából pedig törekedni kell a komplex hasznosításra: gyógyászat-balneológia - fűtés - ásványvíz szolgáltatási stb. felhasználási mód. Ez a szemlélet nem igen honosodott meg hazánkban, aminek elsősorban gazdasági okai (pl. rentabilitás hiánya stb.) vannak.

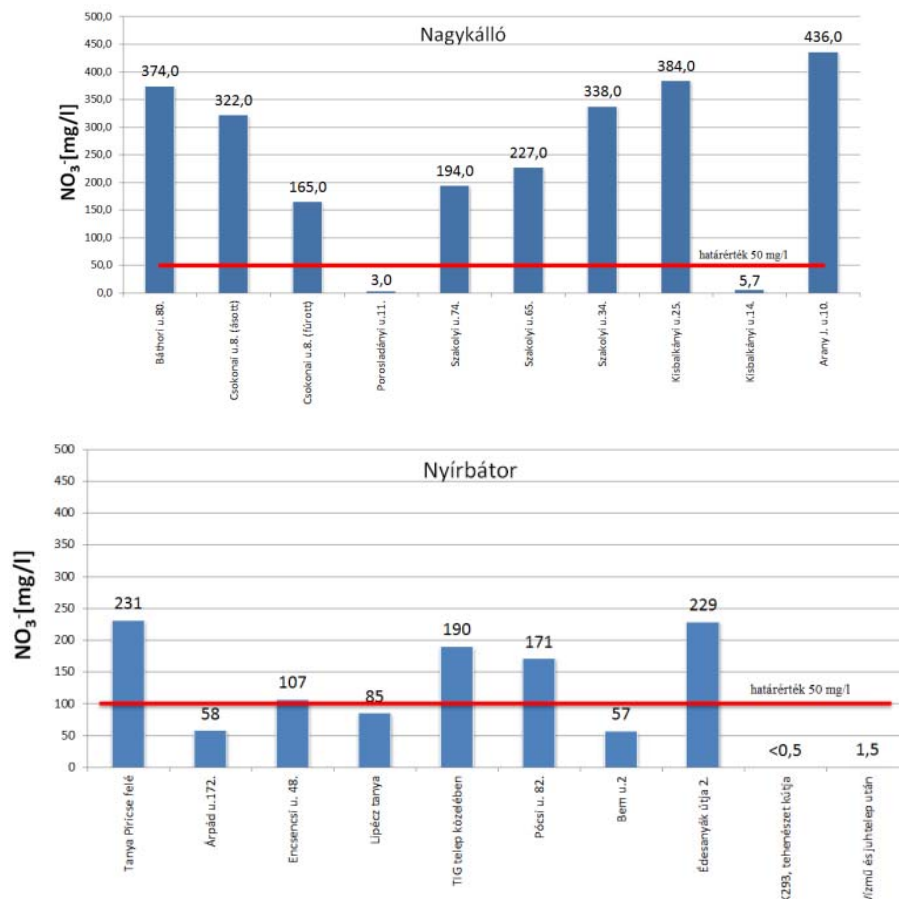
4.3.6 A felszín alatti vizek minősége

Hideg édesvízkészlet

A felszín alatti vizeinkről összességében elmondható, hogy sokkal jobb minőségűek, mint a felszíni vizek, azonban a készletek megújulása és adott esetben egy szennyező forrás felszámolását követő vízminőség javulás nagyságrendekkel lassúbb folyamat a felszínitől. Vízminőségi szempontból nem lehet a felszín alatti vizeket egységesen kezelni, hiszen minőségüket meghatározza a vízáadó réteg/rétegek kémiai paraméterei, valamint mélysége, ami a vízáadó réteg és a benne tárolódó víz felszíni szennyeződésekkel szembeni védettséget befolyásolja.

A *talajvizek* minősége különösen beszívargó területen, de jelentős termeltetés következtében a feláramló területeken is meghatározó jelleggel bír/bírhat a vízműves rétegek minőségének alakulásában.

Az ásott kutak vizében az ammónium, nitrit, nitrát értéke helyenként magas, amely egyértelműen antropogén eredetűnek, a település hatásának tudható be. A magas nitrát koncentráció régebbi kommunális és mezőgazdasági szennyeződés végterméke, míg az ammónium és nitrit koncentrációk permanens mezőgazdasági és egyéb szennyező forrásokra utalnak. A kismélységű ásott vagy fúrt kutak ún. lakossági kiskutak vizének vízminőségi jellemzői a korábbiak folyamán nem voltak ismertek. Számos vízbázisvédelmi diagnosztikai munkánál lehetőségünk volt ilyen vizsgálatok elvégzésére is. Megállapítható, hogy problémák elsősorban az összes keménység, fajlagos vezetőképesség és a nitrát tartalom vonatkozásában merültek fel. A 30. ábrán Nagykálló és Nyírbátor város vízbázisvédelmi diagnosztikai munkái kapcsán mért vízminőségi adatok közül a nitrát tartalom alakulását mutatom be (Virág in VIZITERV 2005, 2006).



30. ábra A nitrát koncentráció alakulása Nagykálló és Nyírbátor települések lakossági kiskútjaiban

A 30. ábrán bemutatott két különböző település belterületi kismélységű kútjaiban mért nitrát koncentrációk között jelentős különbségek vannak. Ez többek között arra utal, hogy a települések eltérő földtani és vízföldtani jellegén kívül az antropogén hatások is különbözőek lehetnek.

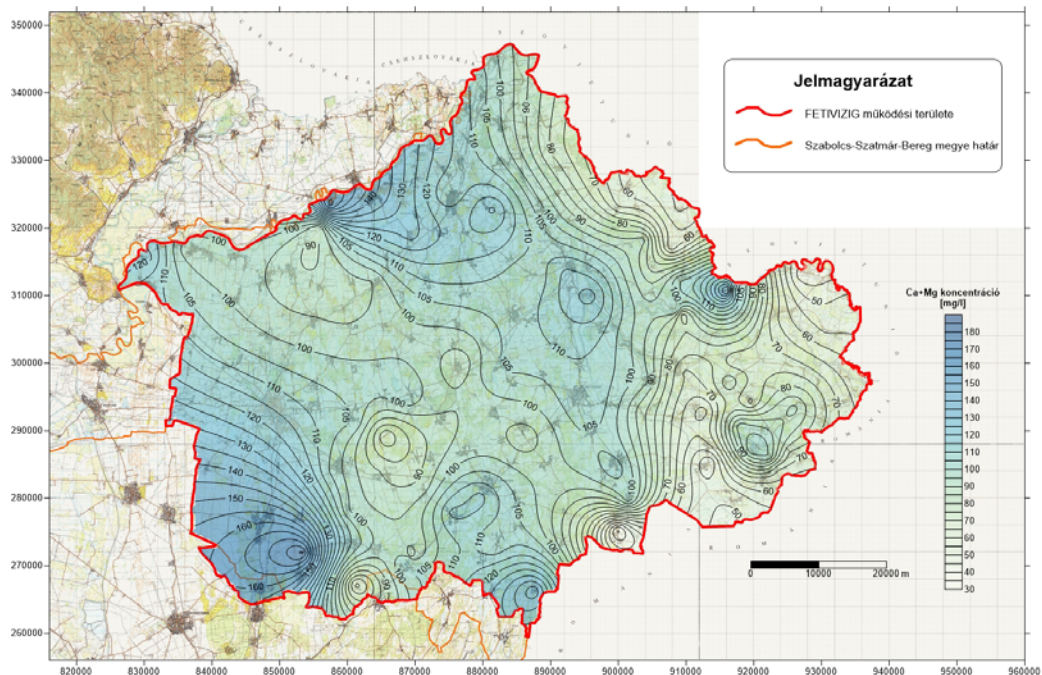
A talajvízben mért klorid- és szulfát-ion koncentrációkat illetően kiugróan magas értékek szerencsés módon csak pontszerűen mérhetők. Lokális szennyező források közelében határérték feletti lehet a talajvíz UV olaj, klorid, szulfid és nehézfém tartalma (Szűcs et al., 2009), továbbá bakteriológiai szempontból is kifogásolható.

A területen végzett vízbázisvédelmi munkák tapasztalatai alapján megállapítható, hogy számos településen a felhagyott ázott kutakba szennyvizet vezetnek, ami nemcsak helyi hanem országos problémaként is kezelendő.

A negyedkori vízáadó összlet *rétegvizeinek*, mint a közüzemi ivóvízellátás bázisának vízminőségi jellemzőit tekintve a következők emelendők ki: Ivóvizeink keménysége általában 50 - 150 CaO mg/l, lúgossága pedig 5 - 8 lúgossági fok körüli. A terület néhány közüzemi ivóvízbázisa esetében az összes keménység értékei kismértékben meghaladják ezt a határt, viszont megfelelnek a 201/2001.(X. 25.) Kormányrendeletben rögzített 50-350 CaO mg/l -nek határértéknek. A vállalati lakossági vízmű kutak vizében mért keménységi értékek 11-64 CaO mg/l közöttiek, ez a vízminőségi adat azonban arra utal, hogy a jelzett kutak már nem a pleisztocén alluviális összlet vízáadó rétegeire települtek.

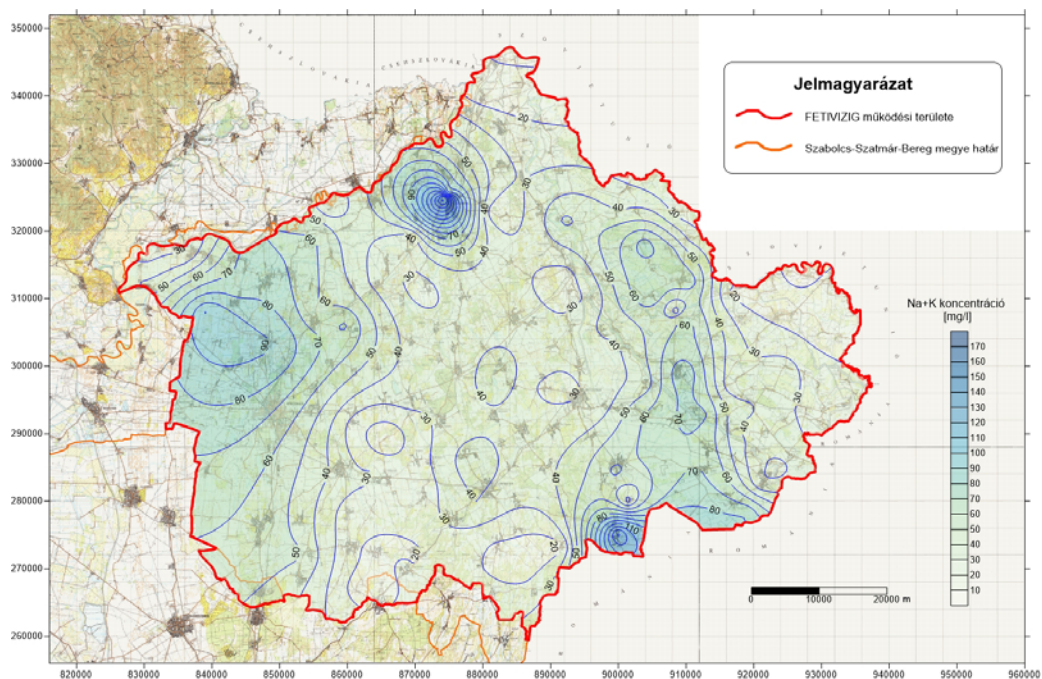
A terület vízminőségi jellemzőit bemutató térképek alapadatai az Ivóvízminőség Javító Program Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területére vonatkozó előkészítő szakaszában (Virág in VIZITERV, 2005) keletkezett, közel egyidejű vízminőségi mérések adatbázisából származnak.

A vízművek által kitermelt felszín alatti vizek általános vízkémiai jellegüket tekintve a leáramlási területeken *Ca-Mg hidrogén-karbonátos* rétegvizek. A legmagasabb értékek a leszivárgási területeken tapasztalhatók. A Ca+Mg koncentráció területi eloszlását a 31. ábrán mutatok be.



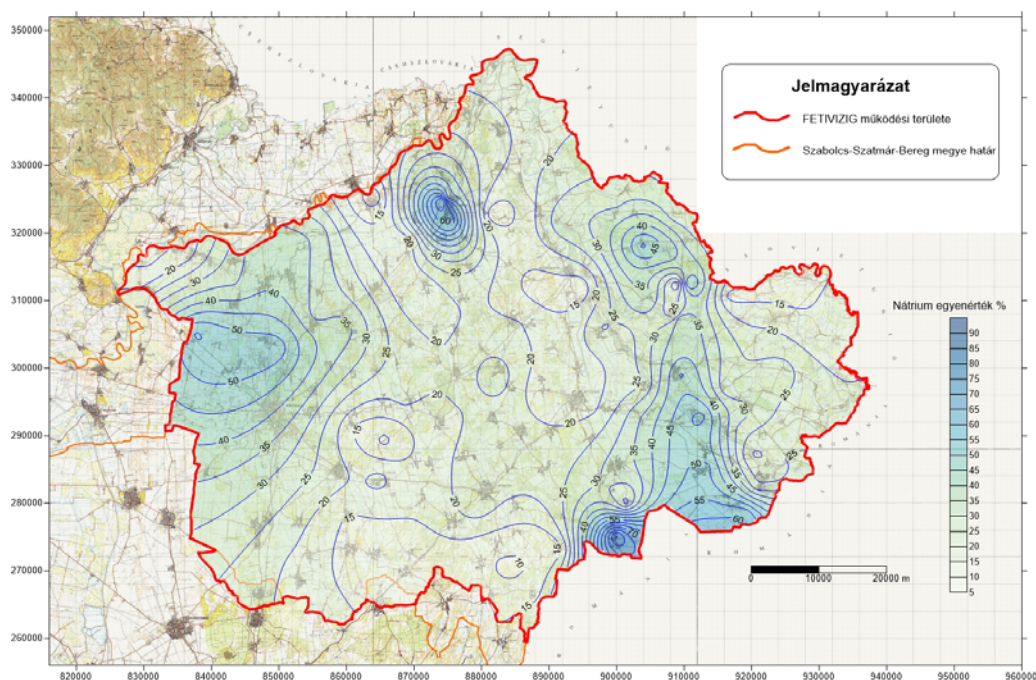
31. ábra A Ca+Mg koncentráció alakulása a vizsgált terület pleisztocén korú rétegvizeiben (mg/l)

A neutrális zónára ill. a feláramlási területekre pedig a kevert típusú *Ca-Mg* ill. *alkáli (Na, K) hidrogén-karbonátos* jellegű rétegvizek a jellemzők. A Na+K koncentráció eloszlás térképe a 32. ábrán látható.



32. ábra A pleisztocén rétegvizek Na+K koncentrációjának eloszlása (mg/l)

A vízminőségi jellemzőket tekintve, indokoltnak mutatkozott a *Na* *eé* % ábrázolása is, mely összevetve az izotóphidrogeológiai mérések adataival különösen alkalmas az áramlási rendszerek jellegének elkülönítésére. A 33. ábrán láthatjuk, hogy a *Na* *eé* %, a Nyírségi tápterület centrumában a legkisebb 10 % körüli érték, ez is mutatja a terület leáramlási jellegét.



33. ábra A *Na* *eé* % alakulása a Felső-Tisza vidék pleisztocén rétegvizeiben

A negyedidőszaki rétegvizeinkben *klorid-iont* csak jelentéktelen mennyiségben találunk. *Szulfát* az alföldi mélységi vizekben és így a vizsgált területen is 1000 m körüli mélységig nagyobb arányban csak kivételesen fordul elő.

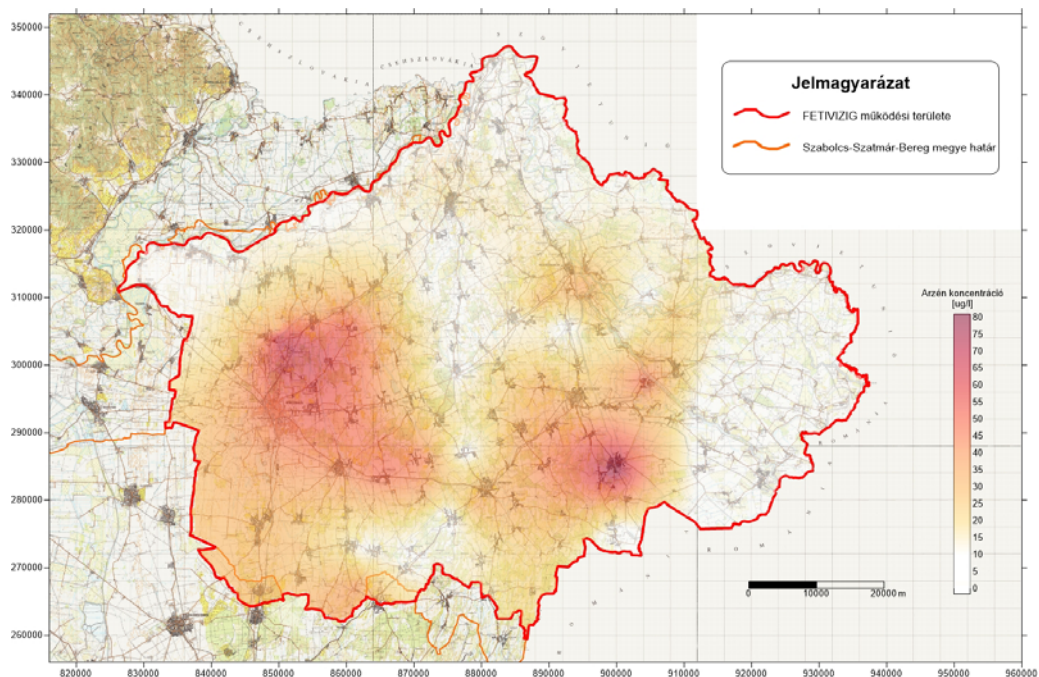
ivóvíz szempontjából nagyon fontos a víz *vas-* és *mangán* tartalma. A Felső-Tisza vidék peremi helyzetéből kifolyólag az alsó-pleisztocén vizek szinte az egész Felső-Tisza vidéken tartalmazznak kifogásolható mennyiségben vasat. A felső- illetve a középső-pleisztocén vizek is magas *vas-* és *mangán tartalmúak*, mely rétegeredetű, s az egész térségre jellemző. Kivételt képez ez alól a vizsgált terület K-i peremén levő Milota és térsége, ahol a készletek jelentős hányadban parti szűrésűek.

Szintén rétegeredetű a korábban kevesebb problémát okozó *arzén* jelenléte. Az EU jogharmonizáció eredményeképpen a hálózaton szolgáltatott ivóvíz As tartalmának határértéke ötödére csökkent.

A vizsgált területen az As koncentráció mérésére az 1980-as évek közepén került sor első ízben. A dél-alföldi tapasztalatok alapján először csak a mélyebb vízmű kutakban voltak mérések. Az As tartalom eredetét tekintve többféle szakirodalmi feltételezés létezik, ezek közül legvalószínűbb, hogy az Erdélyi Érchegységből származik.

Az Erdélyi Érchegység primer magmás és utómagmás arzénszulfid és arzenid érceinek oxidációs mállásából vízdoldható arzenát lesz. Ebben az alakban az arzén mobilitása igen megnő (Földváriné, 1975). A transzport után a medence euxin, anoxikus környezetében kicsapódik. Az akkumulációt a vas és szerves anyag elősegíti, ugyanis az arzenátok oldataiból a vashidroxid gélek az arzént megkötik. (Tulajdonképpen ezen az elven alapul a vizsgált terület ivóvizeinek arzénmentesítése is.)

Az arzén koncentráció alakulását a 34. ábrán mutatom be, mely „foltszerűen” jelenik meg a terület eloszlás térképén.



34. ábra A pleisztocén rétegvizek As tartalma a Felső-Tisza vidék területén

Természetes eredetű magas As koncentráció a Nyírségben (Kótaj, Nagyálló, Máriapócs, Hodász) valamint a Nyírség és a Szatmár-Beregi síkság határán levő Nagyecsed ivóvízbázisának vizében mérhető kiugróan magas értékben.

Gázosság vonatkozásában megállapítható, hogy a jelentkező gázok egy része helyben képződik, agyagokból, mocsarakból, másik része a mélyből szivárog felfelé.

A helyben képződés 0 - 130 m mélységig valószínű. Ez alatt egy kevésbé gázos rétegsor következik (130 - 230 m), majd 300 m alatt kisebb foltokban erős gázosság, amely már szoros kapcsolatot mutat a szénhidrogén mezőkkel.

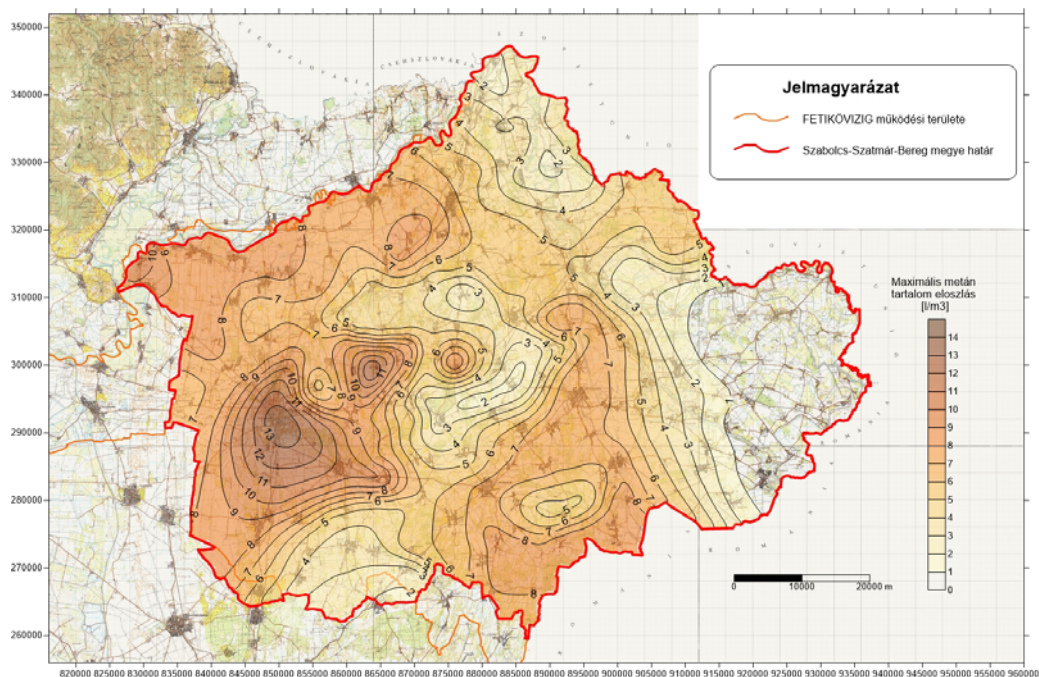
A magas metántartalom az ivóvíz minőségét nem befolyásolja, mentesítése a felhalmozódásából fakadó tűz és robbanásveszély miatt szükséges.

Területünkön a pleisztocén vízáadó összletre telepített kutak vizében mért metán tartalom értéke 0-10 l/m³ közé esik, néhány esetben haladja csak meg ezt az értéket.

A két nagy vízföldtani tájegység gázosság vonatkozásában is jelentősen eltér egymástól. A Szatmár-Beregi síkság területe a kevésbé gázveszélyes területek közé tartozik.

Az OVH-VIKÖZ gondozásában korábban megjelent térképen is a Szatmár-Beregi síkság területét a kevésbé gázveszélyes területek közé sorolták.

A területen rendelkezésre álló mérési eredmények részletes feldolgozása során vizsgáltam és megszerkesztettem az előforduló maximális és átlagos értékek eloszlás térképeit. A 35. ábrán a mértékadónak tekinthető maximális CH₄ eloszlás területi alakulását mutatom.



35. ábra A pleisztocén rétegvizek metán tartalmának maximális értékei (l/m³)

A metántartalom eloszlás térképéből látható, hogy magasabb koncentrációk a Nyírségre jellemzőek.

A 10 l/m³-t meghaladó eloszlások kis számban ugyan, de a Nyírség Ny-i részén, a Nyugat-Nyírségi Pannónia hátság illetőleg a Közép-Nyírség területén fordulnak elő. Ezek a területek a különböző üledékképződési ciklusokban az egykori tavi, mocsaras nagy szerves anyag tartalmú üledék lerakódásokkal jellemezhetők.

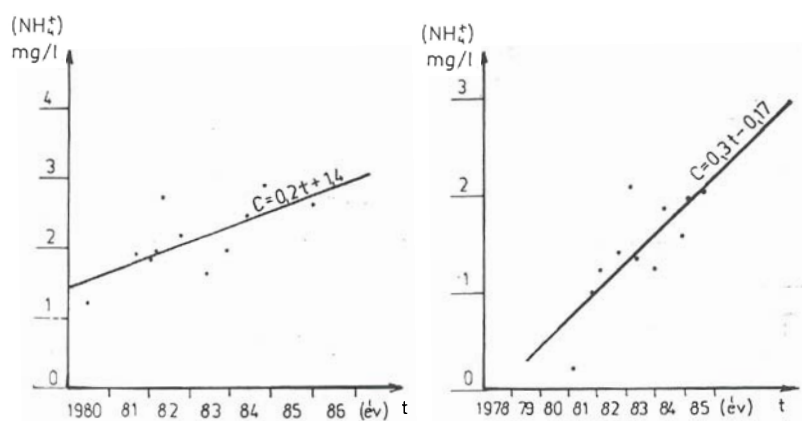
A kiugróan magas értékek elsősorban a felső illetőleg a középső pleisztocénre vonatkoznak. Ezzel szemben a Bereg-Szatmári süllyedékhez tartozó Szatmári síkság keleti részén a mért maximális értékek 0-1 l/m³ közé esnek.

Az elsősorban felszíni szennyezésre utaló *nitrát-, nitrit és ammónium-ion* mennyisége a mélység növekedésével csökken. Kivételt képeznek ez alól különösen a Nyírség területén elhelyezkedő vízmű kutak vizében mért magas ammónium koncentrációk. A mért koncentrációk zömében 1-2 mg/l közötti értékek voltak.

Az 1980-as évek közepén végzett vízmű rekonstrukciós vizsgálatok (Virág in FETIVIZIG munkacsoport, 1986) során a vízminőség-védelmi szempontból sérülékeny nyírségi területeken számos a Nyírség területéhez tartozó rétegvízbázisra települt vízművünk kútjainak vizében (Nyíregyháza II., Geszterédi Regionális Vízmű, Nyírbátor, Nagykálló stb.) az ammónium-, nitrát-, nitrit-ion mennyiségének növekedési tendenciája volt kimutatható (Virág, 1989).

A kiemelt vízminőségi komponensek közül legfőképpen az ammónium-ion koncentrációjának voltak kiugróan magas értékei (1-2 mg/l). Spearman-féle rangkorrelációs módszerrel feldolgoztam a vízminőségi adatokat, köztük más komponenseket is figyelembe véve. Az akkori ismeretek és a kapott eredmények birtokában feltételezhető volt, hogy ezek a káros koncentrációk az üzemelési idő előrehaladtával fokozatosan növekedni fognak.

Joggal vetődött fel a kérdés a rétegvizek ammónium tartalmának eredetét illetően. Az akkori ismereteink birtokában a felszíni eredetet sem zártuk ki. Egy-egy jellemző vizsgálati eredményt a 36. ábrán mutatok be. Az üzemeltetési idő és az ammónium-ion koncentráció növekedésének szignifikáns kapcsolata felülről történő elszennyeződés tényét valószínűsítette. Néhány esetben a nitrit-ion vonatkozásában is találtunk kapcsolatot.



36. ábra Az ammónium- ion koncentráció időbeni alakulása a Nyíregyháza II. Vízmű (Nyírtelek) 14. sz. és a Geszteréd Regionális vízmű 10. sz. kútjának vizében (Virág 1989, 1986)

Az így felvetett szakmai problémára választ az 1997-ben elkezdődött Vízbázisvédelmi Célprogram keretében előírányzott és ténylegesen elvégzett vízbázisvédelmi diagnosztikai munkák eredményei adhatták meg.

A vízbázisvédelmi diagnosztikai munkák keretén belül ugyanis számos esetben volt lehetőség speciális mérések és vizsgálatok elvégzésére. Így történt ez a nyírteleki vízbázis (Virág in VIZITERV, 2009) esetében is, ahol az előírányzott részletes szedimentológiai vizsgálat maganyagain nitrogén izotóp vizsgálatot is végeztettünk az ammónium tartalom eredetének eldöntésére.

Az újonnan létesített F4 figyelő kútcsoport legmélyebb tagjának lemélyítését folyamatos magminta vétellel végeztük. Nitrogén tartalom vizsgálatokat végeztünk (60 darab minta) a szerves, szervetlen és összes nitrogén, ammónium-N, Nitrit-N és Nitrát-N előfordulásának és mennyiségének megállapítása érdekében. A mintákon nitrogén izotóp mérések is történtek.

A vizsgálatból megállapítható volt, hogy a fúrás felső 60 méterében a ^{15}N értékek a talajokra jellemző +5‰ - +15‰ intervallumba esnek, míg ez alatt az üledékes kőzetekre jellemző értékek dominálnak. A 92 m-nél mért értékek már reduktív környezetre utalnak. Mindezekből megállapítható vált, hogy az ammónium a kutak vizében tehát kizárólag geológiai eredetű, nem külső szennyeződésként került a rétegbe (MTA Atommagkutató Intézete, 2009).

Az EU-hoz való csatlakozásunk után megszigorodott vízminőségi határértékek további tennivalókat eredményeztek a közüzemi ivóvízellátás terén (Virág, Szűcs, 2011).

Területünk számos vízművének hálózatán a szolgáltatott víz egészségügyileg kifogásolt komponensei az ammónium és az arzén. Az Ivóvízminőség-javító fejlesztések tervezési munkái során az egyes vízbázisok kútjainak elegyvizére vonatkoztatva együtt kell értékelni a mértékadó vas, mangán, ammónium, arzén, KOI és metángáz tartalom adatokat. A többi alkotórész tekintetében az ivóvíz kedvező összetételűnek minősíthető. Az ivóvízminőség javítás terén is több vízmű érintett a Nyírség területén, mint a Bereg-Szatmári süllyedék területéhez tartozó vízműveknél.

Hévízek

A kifolyó vizek hőmérséklete 32-57 °C. Hévízeink általában magas só- és gáztartalmúak. Minősítésük a kis sótartalmú egyszerű hévíztől kezdve széles skálán mozog. A mért sótartalom 430-10420 mg/l. Alkáli-hidrogénkarbonátos, alkáli kloridos ásványvizekkel, jodidos, bromidos gyógyvizekkel találkozhatunk.

4.3.7 Izotóphidrogeológiai jellemzők

A felszín alatti vízkészletek származása, a készletek és az utánpótlódás vizsgálata szempontjából nagy jelentőséggel bíró izotóphidrogeológiai vizsgálatok első kezdeményezése hazánkban Deák József (1978) nevéhez fűződik. MÁFI megbízás alapján a VITUKI 1978-1983. között a rétegvízszint-észlelő hálózat kútjaiban a felszín alatti vizek kormeghatározására ^{14}C , trícium és stabil izotóparány méréseket és értékeléseket végzett. Ezek a kutatások jelentős új ismeretanyagot eredményeztek az Alföld vonatkozásában (felszín alatti vizek áramlási iránya, szivárgási tényezők meghatározása stb.).

A Felső-Tisza-vidék pleisztocén képződményeit Marton és tsai 1979-ben már vizsgálták (Marton, 1979). A kapott eredmények alapján meg lehetett határozni a csapadébeszivárgás mértékét, s egyéb vízföldtani paramétereket, melyek megfeleltek a többszintes rétegzett rendszer hidraulikai hosszszelvényéből levonható következtetéseknek is. A radiokarbon vizsgálatok alapján megállapítást nyert, a Nyírség közepén közel tízezer (7000-9000) éves, a peremek felé pedig egyre idősebb (20000-27000 éves) vizeket kapunk (Marton-Mikó, 1990.).

A Vízbázisvédelmi Célprogram végrehajtásának előkészítő munkái kapcsán a terület számos vízmű kútjának vizében végeztünk trícium méréseket. A trícium, mint ismeretes, az első atomrobbantáskor került a föld légterébe. A felhők szinte mindenhová elszállították, és az esővel lekerült a föld felszínére, ill. bekerült a talajba. A talajból a csapadék bemosta a talajvízbe, és a sérülékeny vízbázisokon jelenleg már egy-egy mélyfúrású kút vizében is kimutatható a trícium izotóp, mint nyomjelző. A vízbázisvédelmi program keretében végrehajtott trícium vizsgálatok eredménye több vízbázis esetében mutatott ki 50 évesnél fiatalabb víz jelenlétét, ami az adott vízbázisa sérülékenysége utal. A területen vizsgált összesen 54 vízbázis több mint felénél 28 vízbázisnál volt a trícium izotóp értéke 1 TU-nál nagyobb. A 39. ábrán azokat a vizsgálati pontokat (melyek egy-egy lakossági ivóvízmű kútját jelentik) mutatom be, ahol ezeket az értékeket mérték.



37. ábra Trícium vizsgálati pontok a vizsgált térségben

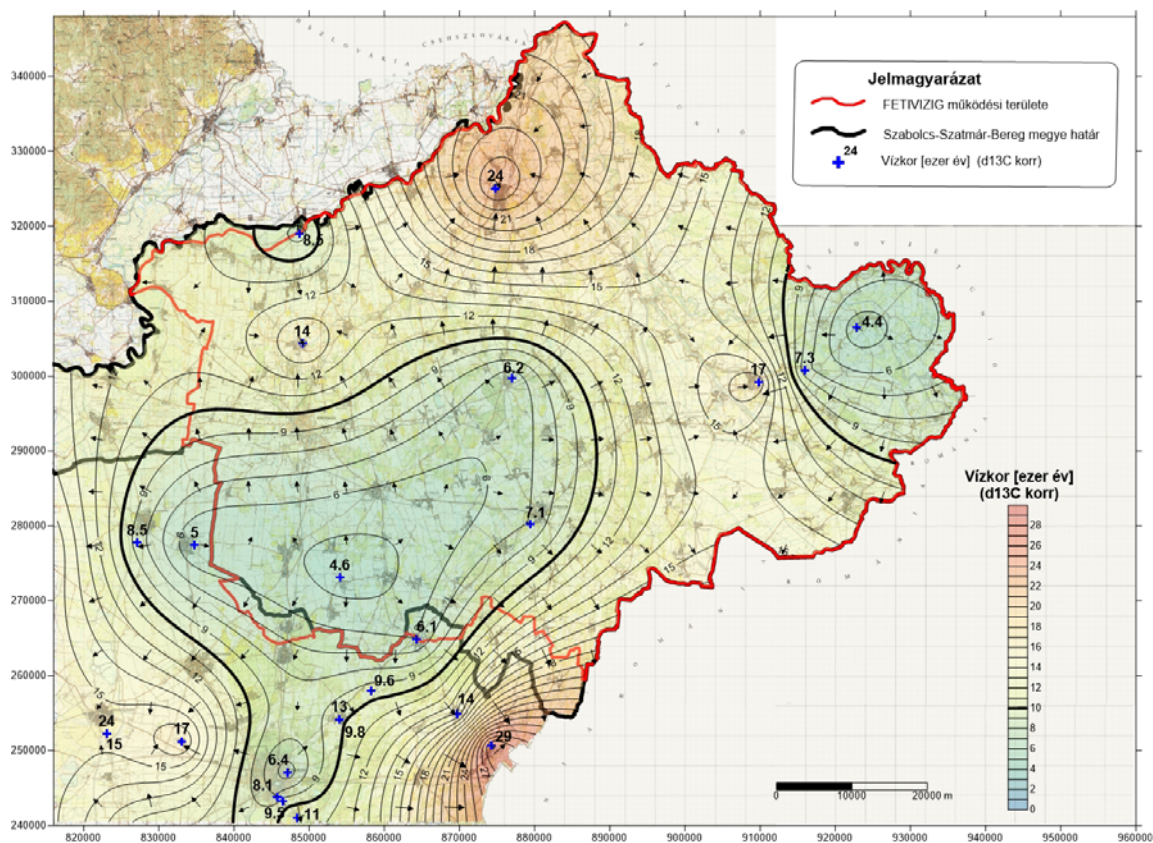
A 37. ábrán látható, hogy a nyírségi beszivárogtató területen magasabb az 1 TU-t meghaladó mérési pontok száma.

Vitatott kérdés volt a Nyíregyháza II. Vízmű közigazgatásilag Nyírtelek és Gávavencsellő-Rózás tanya területéhez tartozó vízbázisának kútjaiban mért ammóniumion koncentrációk eredete, erre a kérdésre többek között az izotóphidrogeológiai vizsgálatok adták meg a végső a választ.

Nitrogén izotóp vizsgálatokat végeztünk és elemzéseket végeztünk a nyírteleki vízbázison. A vizsgált paraméter fúrás felső 60 méterében a $\delta^{15}\text{N}$ értékek a talajokra jellemző +5‰ - +15‰

intervallumba esnek, míg ez alatt az üledékes kőzetekre jellemző értékek dominálnak. A 92 m-nél mért érték reduktív környezetre utal (MTA ATOMKI, 2009). A kutak vizének magas ammónium-ion koncentrációja tehát kizárólag geológiai eredetű, nem külső szennyeződésként került a rétegbe.

A terület áramlási rendszerének jellemzésére jelen dolgozat keretében a különböző helyeken (ATOMKI, Heidelberg, VITUKI) mért és publikált izotópvizsgálati adatokat felhasználva megszerkesztettem az alsó pleisztocén rétegvizek radiokarbon kor térképét (38., 39. ábra). A szerkesztéshez felhasználtam az alsó pleisztocén nyomásállapot (16. ábra) térképét, valamint a vizsgálati területet kiterjesztettem a Dél-Nyírségre is.



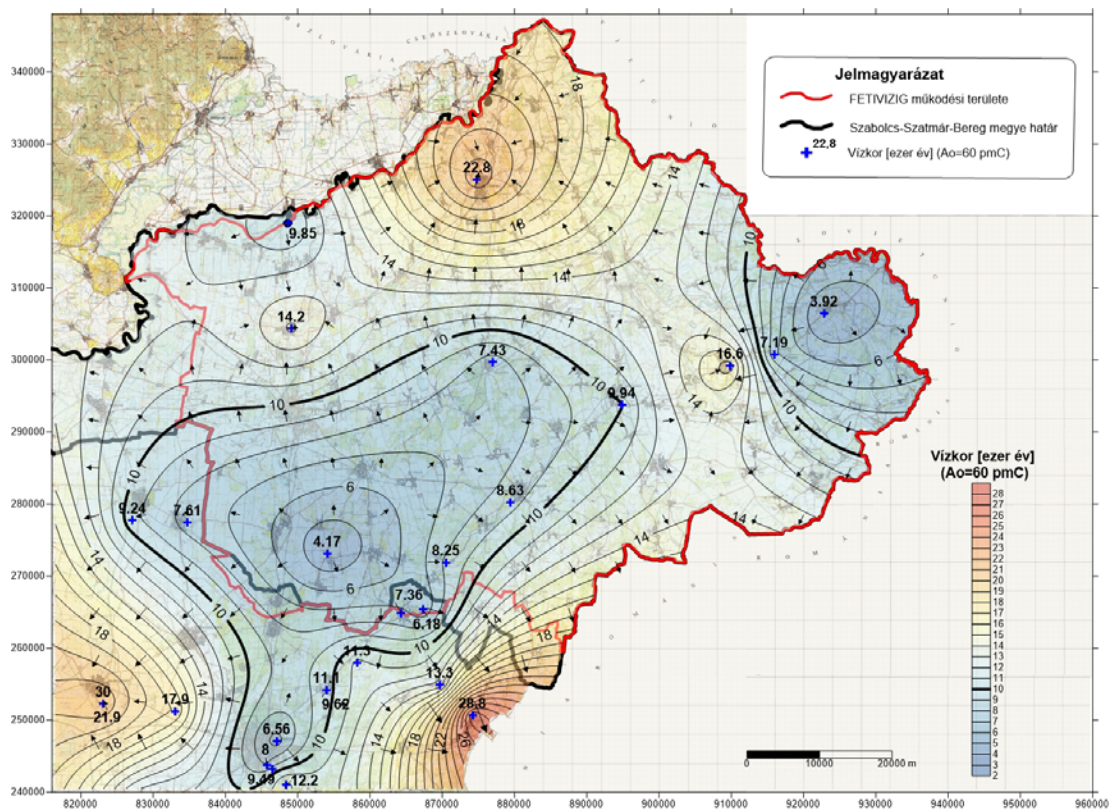
38. ábra Alsó pleisztocén rétegvizek radiokarbon kora (ezer év)

A C14 vízkorok ($\delta C13$ korrigált vízkor) ábrázolásával a 38. ábrán látható, hogy a Nyírségi tápterület centrumában beszivárgó vizek a legfiatalabbak, a peremek felé egyre idősebbek. A 10 ezer évnél fiatalabb vizek a nyírségi beszivárgó területre jellemzőek. A bemutatott térképen a 10 ezer éves izovonalakat vastagon kiemeltem.

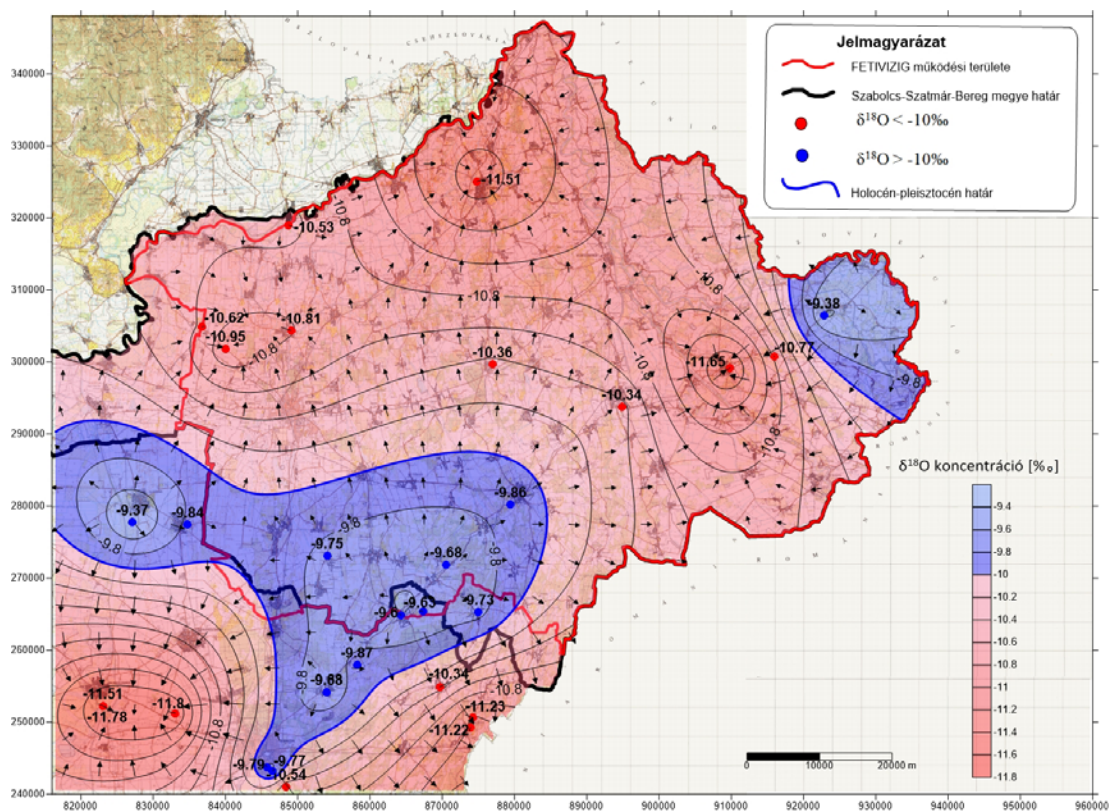
A nyírségi tápterület centrumától É-felé Nyírbátor-Kisvárdra irányába haladva látható a vízkorok időződése.

Megállapítható, hogy Kelet felé haladva a Kölcse és Fehérgyarmat között mért adatok a különböző irányból érkező vizek keveredését jelzik (Kárpátok előtéri utánpótlódás). Hasonló eredmények adódtak $A_0=60\text{pmC}$ korrekcióval elvégzett radiokarbon vízkor elemzésnél is (39. ábra).

További vizsgálatokat végeztem a $\delta^{18}\text{O}$ és δD stabil izotóp mérési eredmények felhasználásával is, melynek alapjául szolgál, hogy a sokévi átlagtól pozitív irányban eltérő $\delta^{18}\text{O}$ és δD értékek melegebb klímát jeleznek (Deák, 1988).



39. ábra Alsó pleisztocén rétegvízek radiokarbon kora (ezer év)



40. ábra Alsó pleisztocén vizek $\delta^{18}\text{O}$ stabil izotóp összetétele

Az előzőekben foglalt megállapításokat igazolja a 40. ábrán bemutatott $\delta^{18}\text{O}$ adatok alapján megszerkesztett térkép. Az eltérő lila színnel jelzett területekre jellemző $\delta^{18}\text{O}$ (-9) – (-10) ezrelék közé eső értékei a jelenlegivel megegyező klímában beszivárgott vizeket jelez. A 40. ábrán jól lekövethető

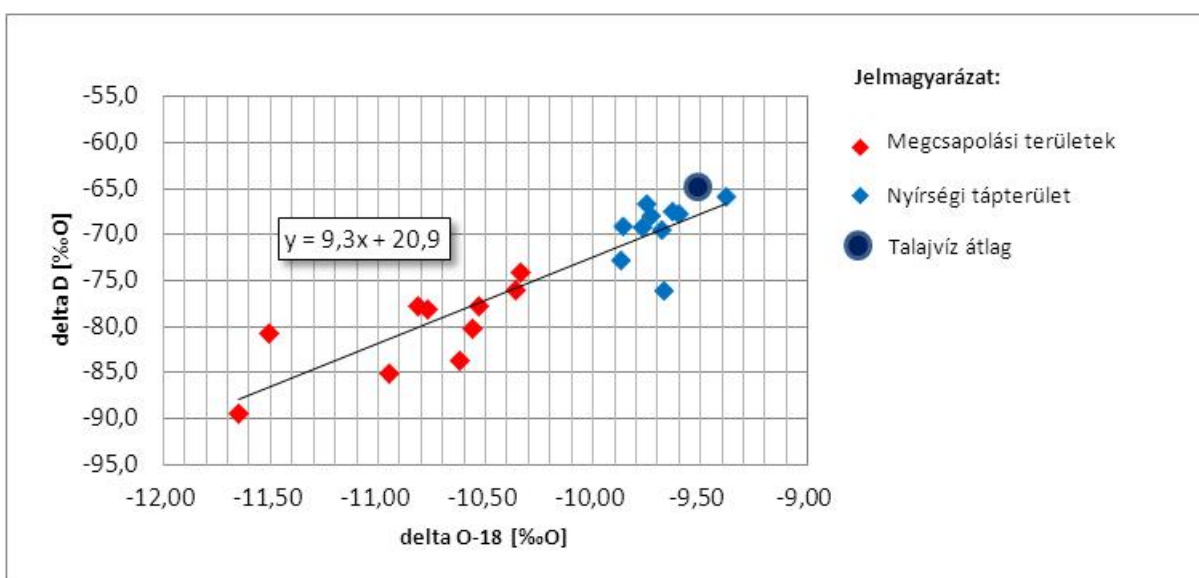
tehát a holocén-pleisztocén határ, a nyírségi tápterület, valamint a vizsgált terület K-i peremén fellelhető fiatalabb vizek is. Mindezek összhangban vannak a területre készített Na eé % térképpel (Varsányiné, 2000) is (33. ábra).

További vizsgálatokat végeztem a $\delta^{18}\text{O}$ és δD stabil izotóp mérési eredmények felhasználásával is, melynek alapjául szolgál, hogy a sokévi átlagtól pozitív irányban eltérő $\delta^{18}\text{O}$ és δD értékek melegebb klímát jeleznek (Deák, 1988.).

A hazai csapadékvizek és a tízezer évnél fiatalabb felszínalatti vizek esetében a sokévi súlyozott átlag:

δD	= -65	- -68	ezrelék
$\delta^{18}\text{O}$	= -9,3	- -9,8	ezrelék

A 41. ábra alapján megállapítható, hogy az értékelt mintákból kapott eredmények is jól követik a Magyarországra jellemző összefüggést, a friss vizekre jellemző talajvíz átlagot (Local Meteoric Water Line), a Nyírségi tápterületen beszivárgó vizek tehát meteorikus eredetűek.



41. ábra Az alsó pleisztocén rétegvizek stabil izotóp összetétele a Felső-Tisza-vidék területén

Összegzésül megállapítható, hogy a kapott különböző mérési forrásokból származó és különböző mérési idejű adatok között van néhány mérési adat, melyek túl fiatal vízkort jeleznek. Ezek az adatok lehetnek rossz mintavétel következményei, de nem zárható ki a túltermelés hatása sem.

Az ATOMKI-s minták sokkal későbbiek, így esetlegesen volt ideje a túltermelés miatt mobilizálódott fiatalabb sekély rétegvizeknek leáramlani és hozzákeveredni az idősebb alsó-pleisztocén korú vizekhez. Ezeket a mintákat ill. mérési eredményeket érdemes lenne a későbbiek folyamán az érdekelt laboroknak közös méréssel ellenőrizniük. Továbbá nagyon fontos lenne a mérési adatok számának növelése a Nyírségre illetve a megcsapolási területekre is.

4.3.8 Országhatárral osztott vízbázisok

A vizsgált terület peremi helyzetéből kifolyólag kiemelt jelentőségű az országhatárral osztott vízbázisok modellezése.

Az országhatárral osztott vízbázisok kérdéskörével, a határvízi vízügyi együttműködés felszín alatti vizekre való kiterjesztésével országos szintű összefoglaló tanulmány készítettünk (Virág in FETIVIZIG munkacsoport, 1992).

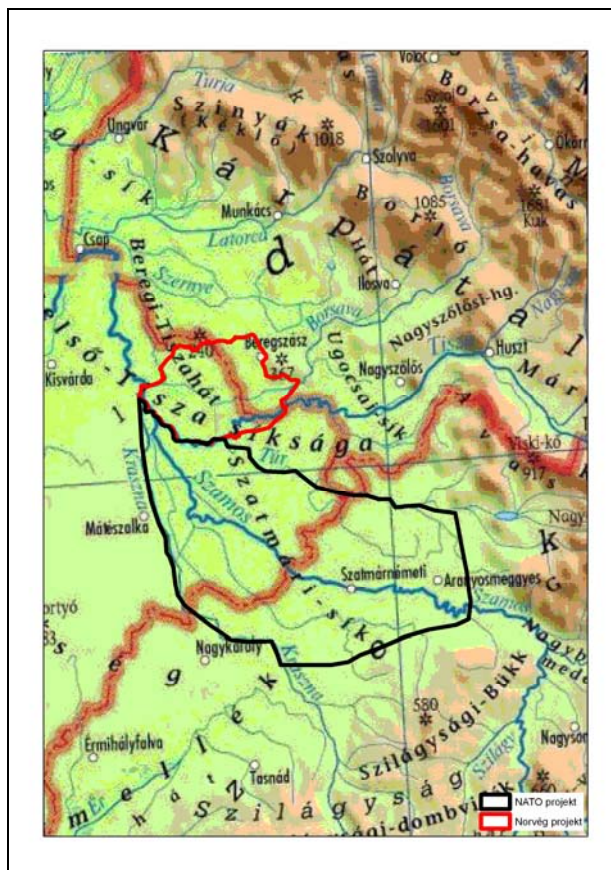
A szomszédos határ menti relációkban Szlovákia kis mértékben érintett az országhatárral osztott vízbázisokat illetően. Legfőképpen *Ukrajnával* és *Romániával* (J. Virág M., 1998) vannak határ menti kapcsolódásaink a vizsgált területen. Az ukrán határ menti rész a Kárpátaljai alluviális síksághoz sorolható, a Románia felőli oldalon pedig a Szatmári síkság folytatása jellemző. Földtani helyzetünkben kifolyólag ezen vízbázisok a fedőrétegek anyaga, vastagsága miatt sérülékenyek, azaz emberi beavatkozással könnyen elszennyezhetők. A szennyezőanyag terjedése így veszélyeztetheti mind a hazai, mind pedig a szomszédos határon túli területek felszín alatti vízkivételeit. Mivel hazánk területének medence jellege adott, a természetes áramlási irányok miatt leginkább a hazai vízkivételek a veszélyeztetettebbek.

Magyar-ukrán relációban fenti időpontot megelőzően készült egy a felszín alatti vizekkel foglalkozó tanulmány (Virág in FETIVIZIG munkacsoport, 1986) Ez a komplex elemző és értékelő munka a Beregi belvíz öblözet – mint az egykori földrajzilag, vízrajzilag és geológiailag egységes Bereg megye része – vízgazdálkodási vizsgálatának keretén belül történt. A K+F keretből finanszírozott vízgazdálkodási vizsgálatot a FETIVIZIG Vízgazdálkodási Osztálya kezdeményezte, melynek indítékai a rendkívüli méretet öltő aszály és aszályjelenségek okozta vízgazdálkodási anomáliák voltak. A munka lényegi részét a felszín alatti vizek kérdésköre képezte. A magyar és ukrán oldalról beszerzett földtani- és talajvízszint adatok feldolgozásai pregnánsan bizonyították a két szomszédos terület földtani és hidraulikai egységességét. Felmerült az igény a szakmai kérdések tisztázásának továbbvitelére. Az elvégzett munka konklúziójaként javaslatként felmerült a közös modellezéshez szükséges adatbázis létrehozásának kérdésköre.

Ezt követően NEFE pályázat (2007.) keretében (pályázó: VIZITERV Consult Kft.) történtek előkészületek a közös határ menti szakasz vizsgálatának előkészítésére, mely a Norvég Finanszírozási Mechanizmus támogatásával került tovább folytatásra ill. megvalósításra. 2009-ben az EGT és Norvég Finanszírozási Mechanizmus által támogatott „Határon átnyúló együttműködés fejlesztése a magyar-ukrán határtérségben” című program keretében végeztük a „Vízbázisvédelmi feladatok a magyar-ukrán határtérségben – szivárgáshidraulikai modellezés, védőterület-meghatározás” c. tervezési munkát (Virág in VIZITERV, 2009), melynek keretei között sor került a térség földtani és vízföldtani ismereteinek összegzésére és közös regionális modell elkészítésére.

A földtanilag egybefüggő, hidraulikailag egységes rendszert alkotó vizsgálati terület a magyar-ukrán határ mentén magyar oldalon a Szatmár-Beregi síkság Beregi-sík tájegységéhez, ukrán oldalon pedig a Kárpátaljai alluviális síksághoz tartozik, nagysága 550 km². A vizsgált vízbázis kb. 100000 lakos vízellátását szolgálja a határ két oldalán (Szűcs, Virág 2009). A terület D-i határán (a Szatmári-sík legészakibb részén) a Tisza folyó Szatmárcseke – Tiszabecs közötti partszakaszán jelentős partiszűrésű készletekkel is számolhatunk (Gáma Geo, 2003).

A modellezéssel érintett projektterületet a 42. ábrán mutatom be.

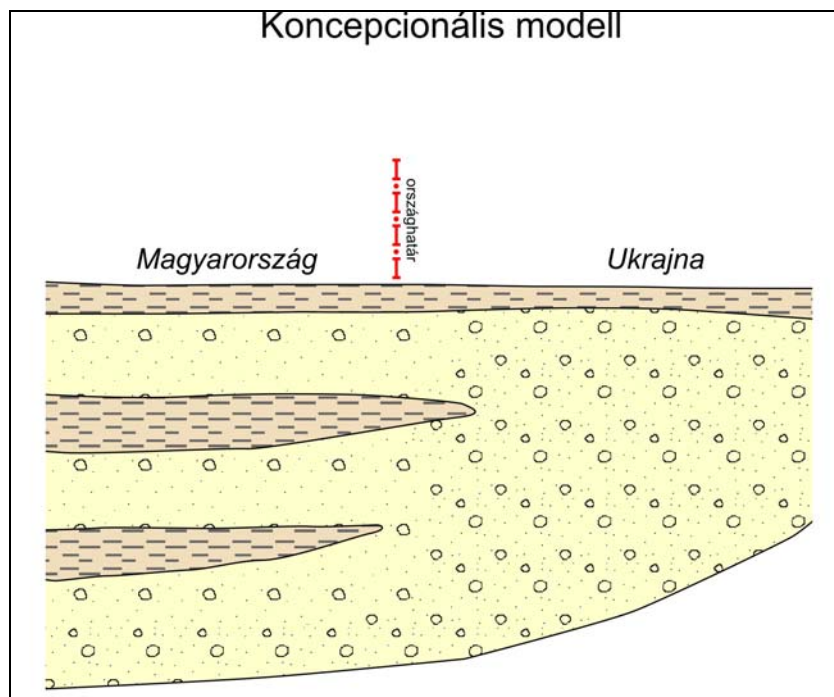


42. ábra Országhatárral osztott felszín alatti víztestek modell területei

A projekt fő célkitűzései többek között a következők voltak:

- A magyar ukrán országhatárral osztott felszín alatti vízbázis ökológiai és környezetvédelmi vizsgálata;
- Az országhatárral osztott Szatmárcseke távlati ivóvízbázis hidrogeológiai védőidomának felülvizsgálata (ukrán oldali hatások figyelembevétele);
- A vizsgált területen előálló vízkészlet-gazdálkodási és vízminőségi kérdések és problémák közös kezelése.

A koncepcionális modell 43. ábrán látható elvi sémája hasonló képet mutat a NATO SQUASH projektnél alkalmazottal, kelet felé haladva az ivóvízellátás alapjául szolgáló pleisztocén alluviális összlet fokozatosan kivékonyodik a felszíni, felszín közeli vízzáró rétegek hiánya miatt egyveretűvé válik.



43. ábra A magyar-ukrán határ menti terület elvi modell sémája (Virág in VIZITERV, 2009)

A projekt végeredményeképpen számos közös érdekeltségű vízgazdálkodási és környezetvédelmi kérdést válaszoltunk meg. Az ukrán kollégákkal közösen vizsgáltuk (Szűcs et al., 2009) a felszíni és felszín alatti vízháztartási tényezőket, becsültük a határ alatti vízforgalom nagyságát. $75 \text{ em}^3/\text{d}$ -ben állapítottuk meg azon hasznosítható vízkészlet nagyságát, mely nem okoz 50 cm-nél nagyobb depressziót (Szűcs et al., 2010). Közös monitoring rendszer kialakítására is történt javaslatétel.

Magyar-román relációban „A Szamos folyó határon átnyúló alluviális összetételének hidrogeológiai vizsgálata” (NATO Science for Peace – rövidítve SQUASH – Project, Miskolci Egyetem, Műszaki Egyetem Bukarest (Románia), Liege-i Egyetem (Belgium)) c. projekt előkészítő munkáin túl végig részt vettem a projekt végrehajtásában is (Virág in Miskolci Egyetem, 2004).

A Szamos-folyó alluviális üledék összelete a magyar-román határ mindkét oldalán helyezkedik el. Ez a víztároló allúvium mintegy 395000 romániai és 50000 magyar lakos számára biztosítja a mindennapos vízellátást. Az alsó-pleisztocén fekv. felett található vízbázis sekély elhelyezkedése miatt sérülékeny vízbázisnak tekinthető. A projekt fő célja - a határ két oldalán elhelyezkedő régió felszín alatti vízbázisának hosszú távú mennyiségi és minőségi fenntarthatóságának és az Ecsedi-láp és a területen található egyéb vizes élőhelyek ökológiai vízigényének biztosítása volt. A megválaszolandó kérdések közé tartozott az utánpótlódó készlet nagysága, a beszivárgási és feláramlási területek elkülönülése, a felszín alatti és a felszíni vizek hidraulikai kapcsolatának alakulása.

A NATO SQUASH Projekt keretében, először mint a helyi vízügyi igazgatóság képviselője segítettem a három egyetem által elkezdett kutató munka beindulását, a későbbiek során a VIZITERV Consult Kft., mint nevesített „end user” képviseltem a területi munkák végrehajtását és irányítását. Részt vettem a Liege-i egyetem által szervezett kutató szemináriumon (2002 júniusában), az adatgyűjtés – rendszerezés – elemzés - modell építés munkálataiban. A projekt keretében elkészült az országhatárral osztott vízbázis adatgyűjtésre, mérésekre és vizsgálatokra alapozott közös kalibrált modellje. A modell eredménye: a szomszédos Románia felől történő utánpótlódás nagyságának, az országhatáron átjutható vízkészletnek a meghatározása melyből számos publikáció is született (Drobot et al., 2004, Szűcs et al., 2004).

4.3.9 Szekvencia-sztratigráfiai vizsgálatok kutatási eredményeinek alkalmazása a vizsgált területen

A vizsgált területre eső Nyíregyháza II. Vízmű nyírteleki vízbázisának diagnosztikai munkái (Virág in VIZITERV, 2009) kapcsán szedimentológiai-fáciestani (szekvencia-sztratigráfiai) vizsgálatok végzésére is sor került a vízbázis komplex vizsgálatánál.

Pleisztocén fekü kijelölése a Nyírteleki vízbázis területén

A szekvencia-sztratigráfia segítségével a mélyfúrási geofizikai gyakorlat kibővítése a szedimentológia számára releváns adatokat szolgáltató görbékkel, perspektivikus javaslatként fogalmazható meg a hazai hidrogeológiai mélyfúrási gyakorlat irányába.

A regionális léptékben is nyomonozható és mind mennyiségi, mind pedig minőségi szempontból jelentős alsó-pleisztocén rétegösszlet fekü mélységének kimutatása mint ismeretes a Felső-Tisza vidék hidrogeológiájának legvitatottabb kérdései közé tartozott. A Nyírteleki vízbázisnál a pleisztocén talp alatt számolni lehet homokos levantei, ill. Felső Pannon képződményekkel (Nagyalföldi Tarkaagyag Formáció). A Nyírtelek-f-4/5 paraméterfúrásban végzett mágneses szuszceptibilitás karotázs-szelvényezéssel a pleisztocén talp jól kijelölhető volt a legalsó, a még nagy mágneses szuszceptibilitás maximumokat mutató homoktest bázisán (Kozák, Püspöki 2009).

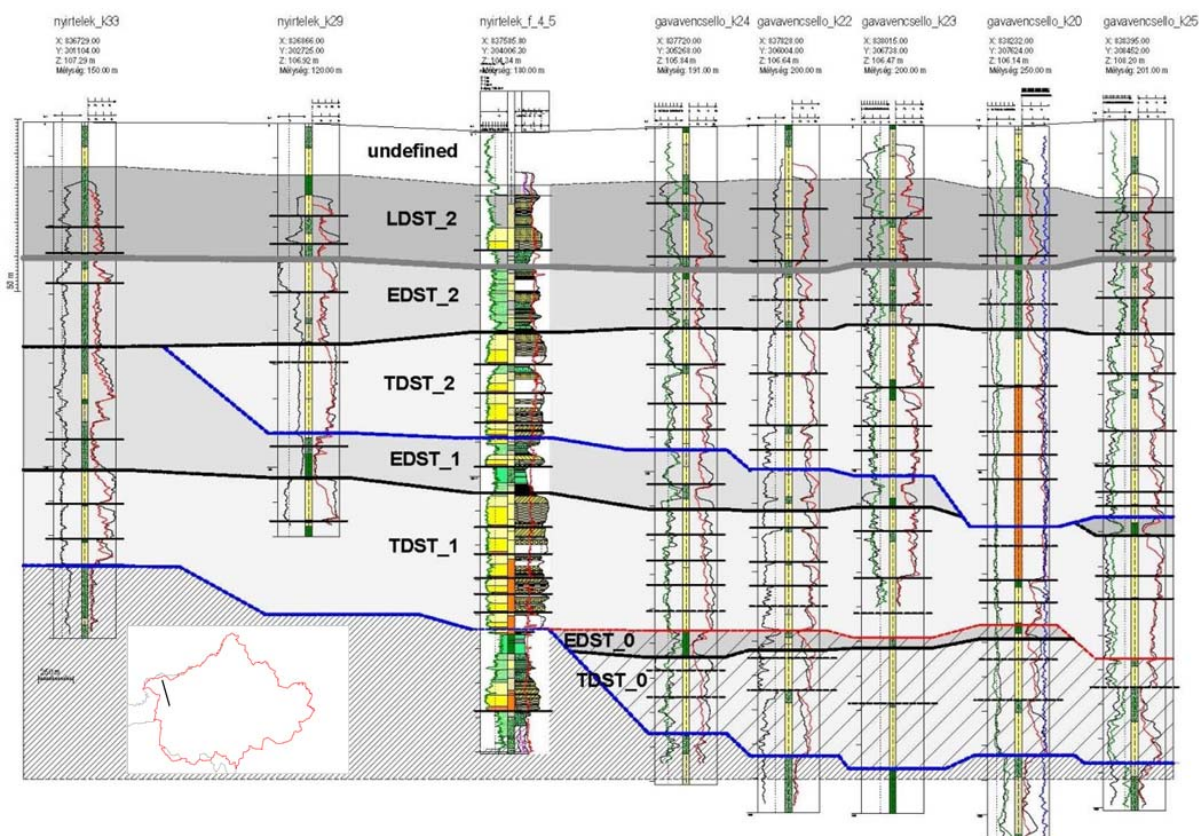
A mágneses szuszceptibilitás karotázs bevonása a hidrogeológiai kútszelvényezésbe, új eredményeket (Püspöki et. al., 2013.) hozott mind a felsőpannon – negyedidőszaki folyóvízi rétegsorok szétválasztását, mind pedig a negyedidőszaki csatornahomokok rétegtani korrelációját illetően. A 44. ábrán bemutatott szelvény mentén egyenlőtlen tagolt pleisztocén feküt lehetett fúrástól fúrásig kimutatni.

A lefelé eltűnő nagy mágneses értékeken kívül két további jellemzőt sikerült megállapítani:

A megállapított pleisztocén fekü alatt expanziós fejlődésű zátony következik ártéri üledékbe ágyazottan és az átlagosnál jóval vastagabb, m-es nagyságrendű fosszilis talaj jelentkezik az ártéri képződményekben. Ezek az eredmények a Levelek é-1 paraméterfúrás eredményeivel is összevethetők voltak (Demeter et al., 2010).

Ennek megfelelően a Pleisztocén feküt a Nyírségben olyan fluviális szekvenciahatárnak tekinthetjük, ahol a vízfolyások üledékszállító tevékenysége regionálisan jelentősen megváltozott: expanziós zátonyfejlődésű, kanyarogva feltöltő vízfolyásrendszerből transzlációs zátonyfejlődésű, kanyarogva bevágó rendszerbe vált.

A Nyírteleki vízbázis vizsgált paraméter fúrását és az azt átszelő karotázs-korrelációs szelvényt a 44. ábrán mutatom be.



44. ábra Karotázs-korrelációs szelvény a Nyírteleki vízbázisnál (Kozák, Püspöki 2009)

A hidrogeológiai modellezés során alkalmazott modell geometria finomítása

Az ősföldrajzi környezet lokális rekonstrukciója, a pleisztocén rétegsor vertikális finomítása révén a szekvencia-sztratigráfiai kutatás (Demeter et. al, 2010) során létrehozott modellszelvények a hidrogeológiai modellezés során is hasznosíthatók.

A hagyományos hidrogeológiai gyakorlat, valamint a statisztikus, ill. sztochasztikus alapú 3D rekonstrukciók többsége intervallum adatként rendszerint a homok – kőzetliszt – agyag változókat, egyéb esetben a homok – agyag változókat veszi figyelembe.

Paraméterfúrások maganyagának felhasználásával a modellezéshez általában felhasznált litológiai egységekhez a rétegzés és egyéb anyagvizsgálatok révén, ill. a mélyfúrési geofizikai görbékhez a görbealak részletes elemzésével fáciestani tartalom rendelhető.

* * *

Vizsgálataimban kimutattam, hogy a Felső-Tisza vidék áramlási rendszerének kialakításában a tradicionális hidrogeológiai környezeti elemek mellett a terület összetett rétegzettségi viszonyainak kiemelkedő szerepe van. Tovább árnyalják a képet a földtani felépítés inhomogenitásai, a vízminőségi anomáliák és a térségben levő felszín alatti víztestek országhatárral osztott volta.

5 A hidrogeológiai célú vizsgálatok ismertetése és értékelése

Davis (1973) és Steiner (1990) munkáiban irt ajánlások alapján végeztem a vizsgálataimat, az OpenStat és SPSS szoftverekkel. (Utóbbinak használata több egyetemi tanszéken is elérhető.)

5.1 A rétegződés matematikai statisztikai vizsgálata klaszteranalízissel

A rétegződésre vonatkozó vizsgálat a már említett klaszteranalízissel történt, és a cél az egymáshoz hasonló – vagy egymástól különböző - rétegösszletek elkülönítése volt. Az egyes kutak rétegződését leíró karotázs-értékek szerepelnek a számítás alapadataiként, mindegyik kút egy-egy adattömbként - oszlopmátrixként - jelenik meg a vizsgálat számára.

A klaszteranalízis sokváltozós matematikai statisztikai eljárása ezeket az adattömböket hasonlítja össze. Két tömb kisebb vagy nagyobb mértékben hasonlíthat egymáshoz, valamilyen kritérium alapján. Többféle kritérium vehető figyelembe, magam a korrelációs tényezőt választottam kritériumként. Ha két adattömb között nagy korreláció számítható, akkor ezek nagymértékben hasonlítanak egymáshoz, vagy – a klaszteranalízis másik szóhasználata szerint – kis távolságra vannak egymástól.

A klaszteranalízis olyan adatmátrixokat kíván, amelyekben annyi oszlop van, ahány kúttal foglalkozunk, és mindegyik oszlopban ugyanannyi adat. Az adatmennyiségnek ugyanazt a mélységközt kell átfognia. Így a vizsgálatba bevont mélyfúrású kutak körének kiválasztásakor meghatározó volt, hogy a kiválasztott mélységközben minden egyes pontban rendelkezünk mérési adattal.

A számítás elvégzésére többféle szoftver is elérhető, ezek első lépésben páronként számítják az egyes kutakhoz tartozó adatsorok korrelációs tényezőit. Ezután az egymáshoz leginkább hasonlókat összevonják, majd ezt a – most már kéttagú csoportot - hasonlítják össze további kutak adatával, és végeznek további összevonásokat mindaddig, amíg az összes adat be nem kerül két, most már soktagú klaszterbe.

A vizsgálatba bevont mélyfúrású kutak köre

A vizsgált terület rétegződésének részletesebb megismerése, illetve a terület litológiai szempontból különböző tulajdonságú részterületeinek elkülönítése céljából a Debreceni Egyetem által előállított adatbázisban szereplő rendelkezésre bocsátott digitalizált geofizikai (karotázs) szelvényeket használtam fel. A karotázs-szelvények a vízvezető és vízzáró rétegek szétválasztására alkalmasak, emiatt várható volt, hogy a litológiai szempontból különböző tulajdonságú részterületek a szelvények különbözőségében is megjelennek.

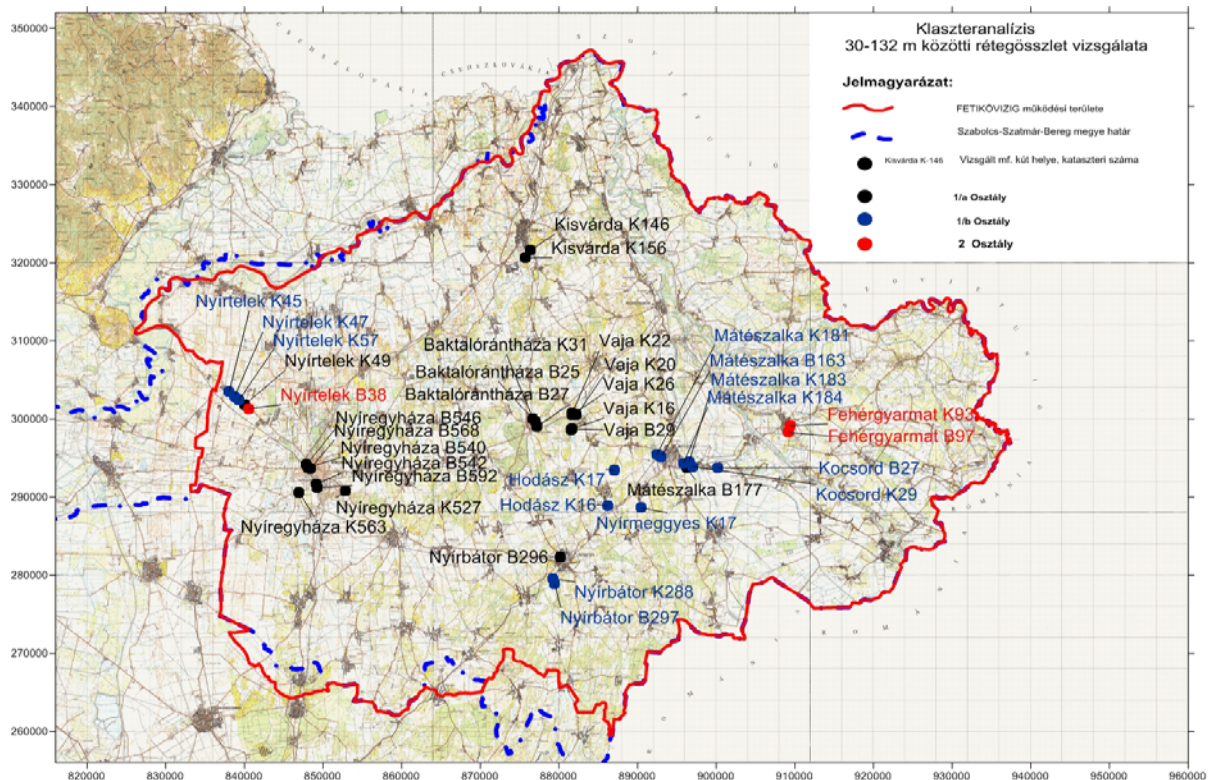
A rendelkezésre álló adatállományból olyan mélyfúrású kutak kerültek kiválasztásra, amelyek azonos mélységközökben rendelkeztek fajlagos elektromos ellenállás és természetes gamma szelvényekkel egyaránt.

A rendelkezésre álló digitalizált mélyfúrási geofizikai szelvények ellenállás és természetes gamma profiljait vizsgáltam összesen 38 termelőkútban. Ezek mindegyikében a 30 és 132 m közötti rétegződés került vizsgálatra. Ez a mélységköz a víztermelés szempontjából egyik fontos tartományt fogja közre.

A karotázs-szelvényekből nyert adatokat 10 cm-enként átlagoltam, tehát 30 m-től 132 m-ig összesen 38 ponton 1020 adattal jellemeztem a vizsgált mélységközt. Adatmátrixunk tehát 38x1020-as méretű lett. Az elvégzett vizsgálatokból értékelhető eredmény a természetes gamma szelvények vizsgálatával kaptam.

A kapott eredmények ismertetése

A vizsgálatba bevont kutak elhelyezkedése és klaszterosztályok szerint besorolása a 45. ábrán, a vizsgált rétegsorok dendrogramja pedig a 46. ábrán kerül megjelenítésre.



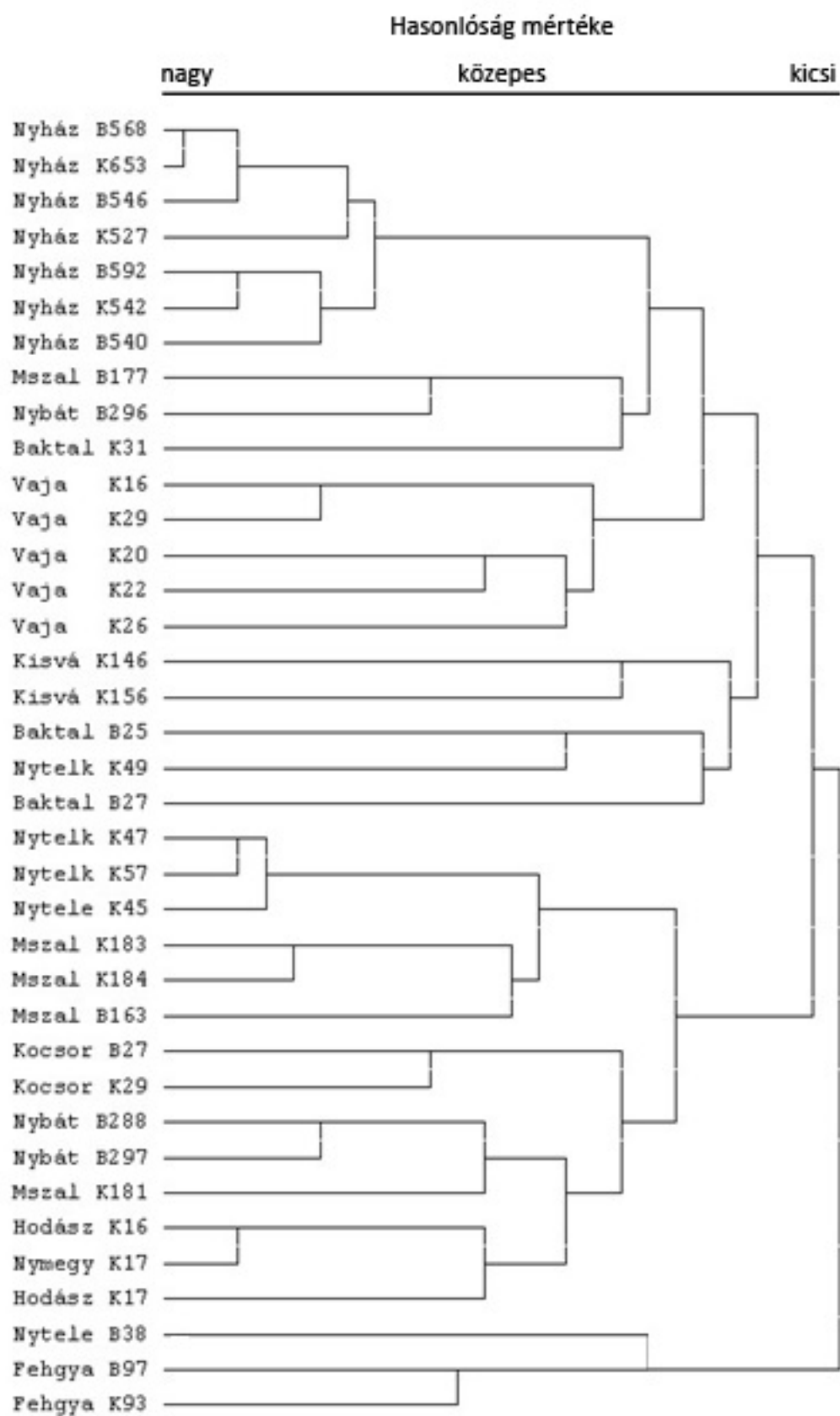
45. ábra A vizsgálatba bevont kutak elhelyezkedése és klaszterosztályok szerinti besorolása

A rétegződés klaszteranalízissel történő vizsgálatánál a hasonlóság mérőszáma a korrelációs tényező. A hasonlóság mértéke (nagy, közepes, kicsi) jeleníthető meg az egyes vizsgálati pontok adott mélységben elhelyezkedő rétegösszletén belül. Érzékelhetők az első összevonások (az egymáshoz legjobban hasonlító Nyíregyháza B568 és Nyíregyháza K563, illetve a Nyírtelek B38 jelű kútnál), majd a további összevonások, míg végül a 38 kút két klaszterre állt össze.

A 45. ábrán jól látható a centrális és peremi helyzetek elkülönülése.

A 46. ábrán lekövethető, hogy miként kapcsolódnak egymáshoz, és állnak össze különböző csoportokba az egyes kutak, majd pedig hogyan alakul ki egy kisebb hasonlósági szinten előbb három, majd még valamivel kisebb hasonlóság mellett már csak két klaszter.

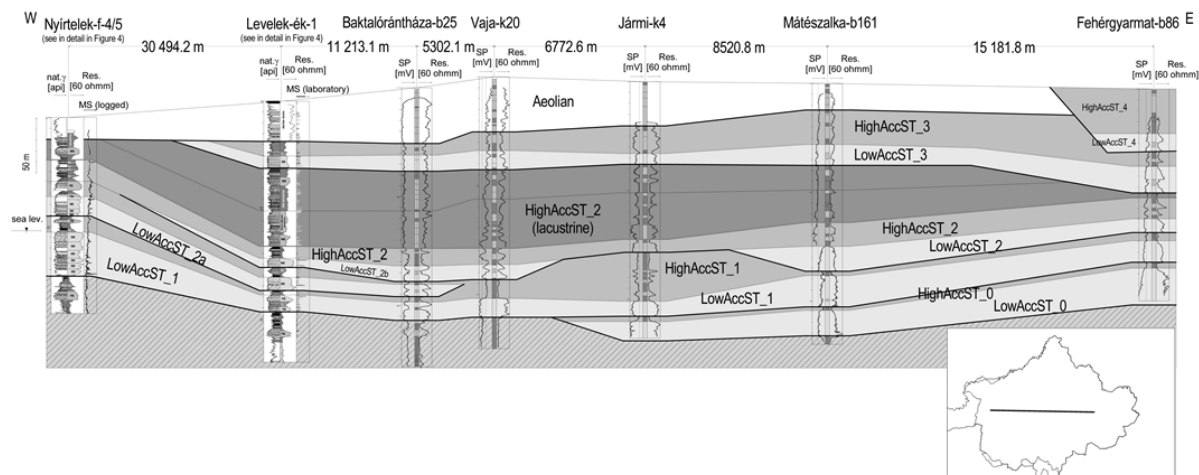
Az elkülönülő klaszterosztályokon belüli különbözőségek is szemléletesen lekövethetők. A két nagy klaszterosztály közül az egyikbe mindössze három kút került, ezek lényegesen más jellegűek, mint a többi 35 db kút (46. ábra felső része).



46. ábra A vizsgált rétegsorok dendogramja

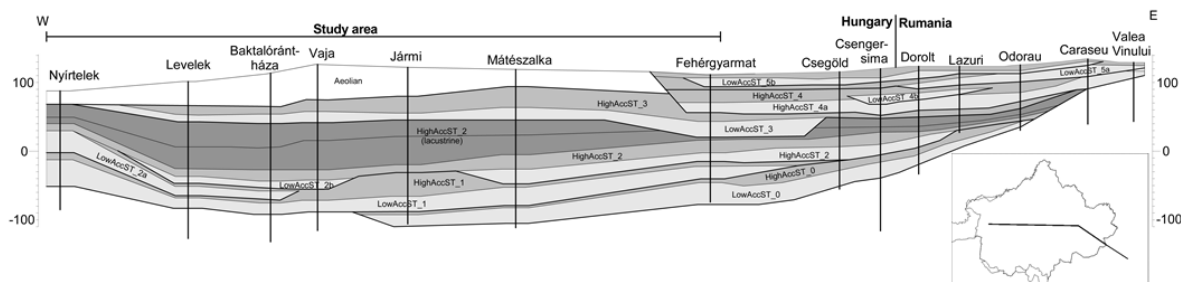
A vizsgált mélységközön belül bemutatott eltérő üledék-jellegének magyarázatául a terület jelentősebb ivóvízbázisain elvégzett szekvencia-sztratigráfiai vizsgálatok eredményeit hívhatjuk segítségül.

A regionális korrelációkat tekintve (47. ábra) Nyírtelek és Fehérgyarmat területe nem jelent átlagos nyírségi kifejlődéstípust. Nyírtelek a Nyírségi hordalékkúpot Nyugatról szegélyező pannon hát területére esik, s a regionális karotázis-korrelációs szelvényen jól látható, hogy itt a negyedidőszaki rétegsor középső, uralkodóan lakusztikus (tavi) üledéksorozata a meghatározó a felső 130 m-nyi szakaszon.



47. ábra Regionális korreláció Nyírtelek-Fehérgyarmat (Püspöki et al., 2013.)

Fehérgyarmat ezzel szemben a Felső-Tiszavidék fiatal üledékekkel borított területe, mely a regionális korreláción (47. ábra) is láthatóan, a határon túli területeket is figyelembe véve (48. ábra) különösen szembetűnően az Észak-Erdélyi lehordási terület hatása alatt kialakuló 4-5. ciklusok üledéksorával fedett.



48. ábra Országhatáron átnyúló szelvények sztratigráfiai interpretációja (Püspöki et al., 2013)

Ha a lokális szelvényeket tekintjük, a fenti állítások részletesebben is láthatók. Nyírtelek esetében a 4. fejezetben bemutatott 44. ábra mutatja, hogy uralkodó a lakusztikus kifejlődés jelenléte. Fehérgyarmatnál (47. ábra) a Tisza kanyarogva feltöltő üledéksorának ártéri képződményei dominálnak. A jellemző nyírségi rétegsorokban (Baktalórántháza, Vaja, Mátészalka) pedig az eolikus képződmények és a 3. ciklus uralkodóan mederfáciésekkal jellemezhető sorozata alkotja a felső 130 m-es szakasz túlnyomó részét (Püspöki et al., 2013).

* * *

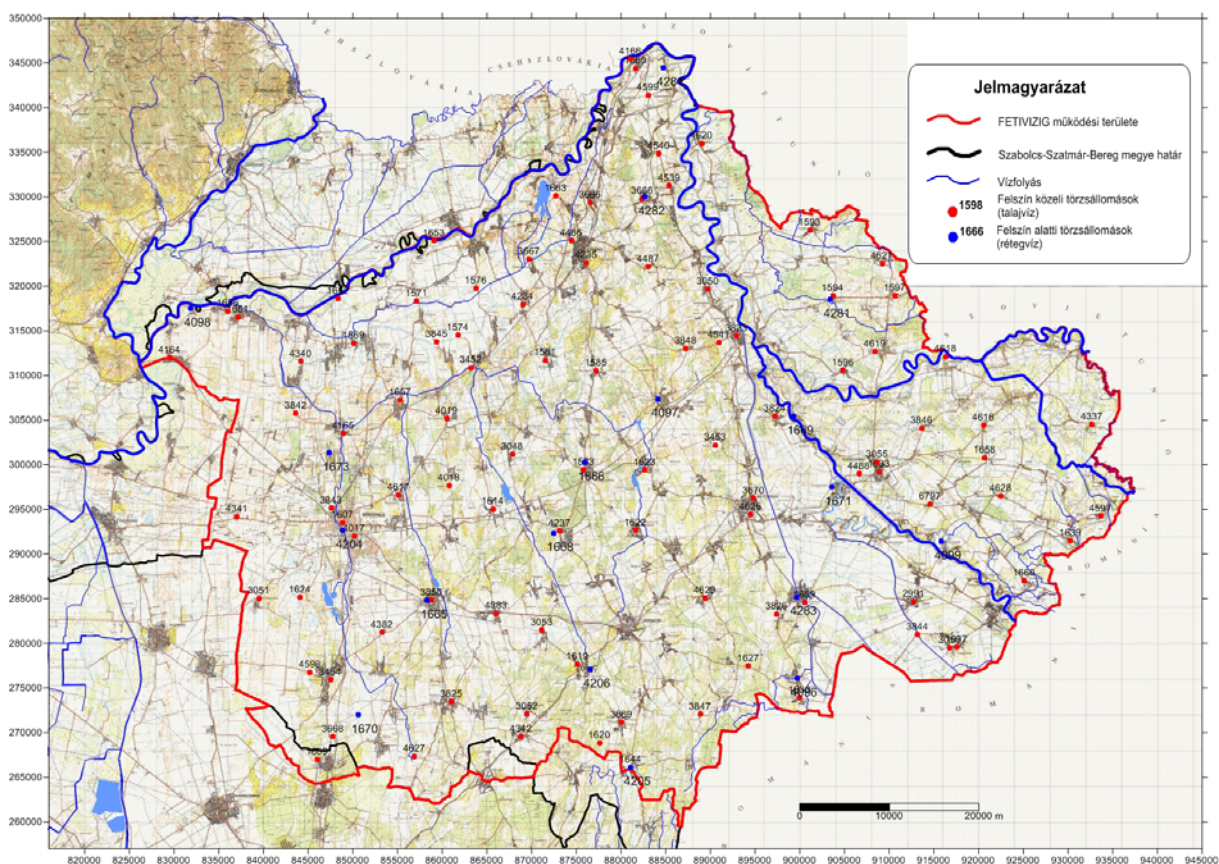
Vizsgálataim alapján a Felső-Tisza vidék vízellátása szempontjából kiemelkedő hármastagozódású (alsó-, középső- és felső) pleisztocén összleten belül az általam vizsgált mélységterület két ill. három elkülöníthető típusra bontható. A szekvencia-sztratigráfia eszközeivel bizonyítható volt, hogy ezek az elkülönülő egységek eltérő fáciesi csoportot képviselnek.

5.2 A talajvízszintek alakulásának statisztikai vizsgálata

5.2.1 A vizsgálatba bevont figyelő kutak köre

A Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság területén a felszín közeli megfigyelő hálózatot alkotó talajvízfigyelő kutak száma jelenleg 115 db. A vizsgált időintervallum 2000-től 2010-ig terjedt. A vizsgálati időszak kiválasztásánál nem volt érdektelen annak figyelembe vétele, hogy szélsőséges időjárási körülményekkel jellemzett éveket lehessen bevonni a vizsgálatba. A vizsgált periódusban a köztudottan csapadékos 1999-es évet követő 2000-es aszályos esztendő volt, míg 2010-ben a csapadék mennyisége bizonyult kiugróan magasnak. Ezért esett választásom erre az időintervallumra.

A vizsgált terület felszín közeli és felszín alatti észlelő kútjainak elhelyezkedését a 49. ábrán a vizsgált terület munkatérképén mutatom be.

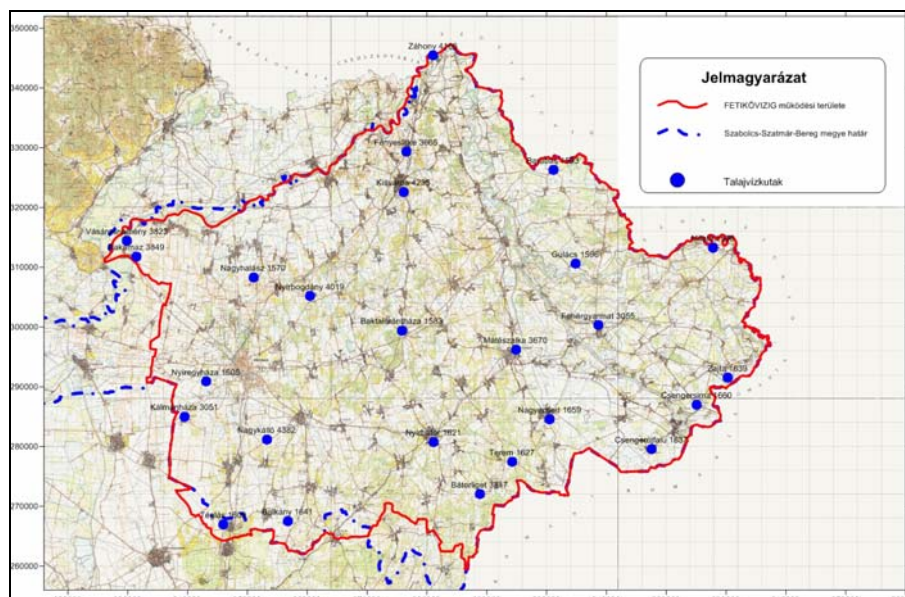


49. ábra Felszín közeli és felszín alatti észlelő kutak a FETIVIZIG működési területén

A vizsgálati területre vonatkozó mérési adatok megkérésénél elsődleges szempont az volt, hogy a kijelölésre kerülő kutak egyenletes eloszlásban helyezkedjenek el. A kellő mértékű lefedettség érdekében sikerült elérni, hogy az eredetileg rendelkezésre bocsátott 20 kút helyett 25 db kút adataival dolgozhassak (50. ábra).

Az elvégzett számításoknál a havi közepes talajvízállásokkal, illetőleg a 2010-es évről vonatkozóan napi adatokkal is dolgoztam.

A talajvízszint adatokon kívül rendelkezésre álltak még az egész területre vonatkozóan a talajvízháztartást befolyásoló legfontosabb tényezők mérési adatai: csapadék, párolgás, vízkitermelés stb.



50. ábra A vizsgálat első fázisában kiválasztott talajvíz figyelő kutak területi elhelyezkedése

2. táblázat A vizsgálatba bevont talajvízszint figyelő kutak adatai

Sor-szám	Megnevezés	Törzsszám	EOV X m	EOV Y m	Terep magasság mBf	Kút mélysége cm
1	Nagyhalász	1570	308308	851818	99.54	677
2	Baktalórántháza	1583	299428	875838	127.13	747
3	Barabás	1593	326275	901117	108.25	920
4	Gulács	1596	310572	904850	110.35	900
5	Milota	1598	313250	927845	115.60	9302
6	Nyíregyháza	1605	290863	843095	114.21	887
7	Téglás	1609	266961	846017	141.60	810
8	Nyírbátor	1621	280765	881161	151.08	730
9	Terem	1627	277440	894267	127.40	750
10	Csengerújfalu	1637	279541	917561	117.20	930
11	Zajta	1639	291492	930291	120.17	882
12	Balkány	1641	267514	856770	145.43	750
13	Nagyecsed	1659	284552	900559	113.08	650
14	Csengersima	1660	287006	925117	118.47	1760
15	Kálmánháza	3051	285022	839502	114.81	700
16	Fehérgyarmat	3055	300286	908663	110.93	750
17	Fényeslitke	3665	329328	876562	107.95	950
18	Mátészalka	3670	296214	894847	118.18	560
19	Vásárosnamény	3823	314409	892918	111.12	870
20	Bátorliget	3847	272026	888851	137.48	700
21	Rakamaz	3849	311810	831453	99.14	700
22	Nyírbogdány	4019	305155	860505	103.74	850
23	Záhony	4166	345429	881068	103.28	870
24	Kisvárd	4235	322612	876116	103.25	800
25	Nagykálló	4382	281197	853277	127.63	1200

A későbbiek folyamán - a kutatómunka előrehaladásával, a 25 megfigyelési pontból kapott eredmények és következtetések kontrolálása céljából, további egyeztetések eredményeképpen - a FETIVIZIG több állomás mérési adatait is rendelkezésre bocsátotta. Így a vizsgálatok két fázisban történtek.

Az első fázisban csak a legfontosabb 25 talajvízfigyelő kút észlelési adatai kerültek elemzésre, a második fázisban pedig összesen 71 kúté. (Az eredmények jelentősen nem változtak, ami arra utal, hogy 25 kúttal is jellemezni lehet a térség regionális talajvízmozgásának folyamatait.)

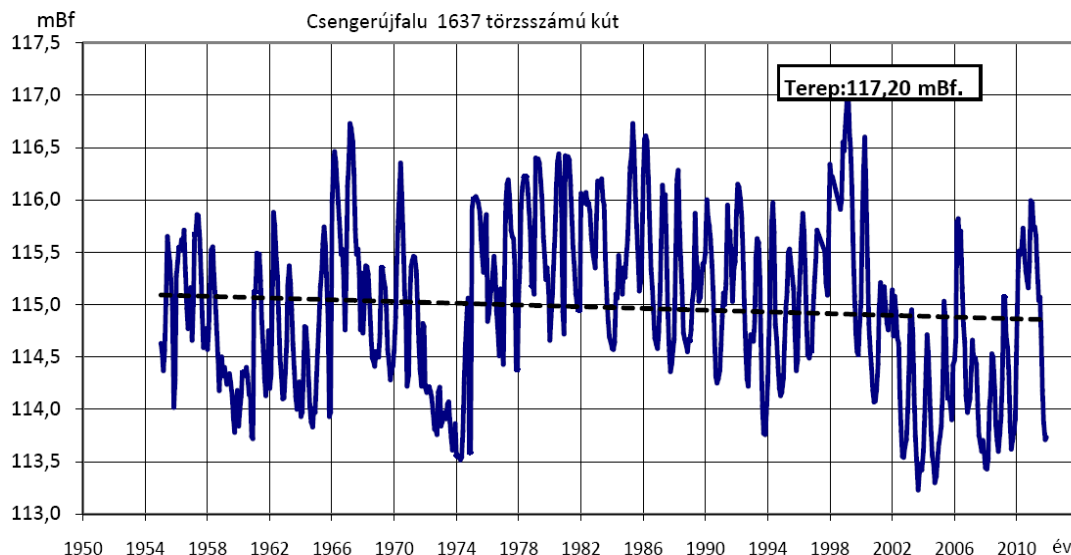
A szokásos jellemzők (átlagos szint, minimum, maximum) nem adnak elegendő információt, ezért - ezek meghatározása mellett - szükségesnek látszott a részletes leíró majd pedig a kapcsolat elemző statisztikai módszerek alkalmazása is a komplex hidrogeológiai vizsgálatok részére.

A részletes leíró vizsgálatok során – egyenként minden kútra - a szokásos jellemzők mellett a medián, a szórás, illetve a hisztogramok és esetenként a normál eloszlásfüggvények meghatározása is megtörtént. Négy hosszú adatsorral rendelkező kútnál pedig trendvizsgálatokat is végeztem.

Kapcsolat elemző statisztikai módszerekkel pedig két vagy több kút adatainak összehasonlítására került sor, két-két kút viszonylatában a lineáris korreláció meghatározására, az összes kútra együttesen pedig a faktoranalízis alkalmazására, a talajvízszint-változások okainak felderítése érdekében.

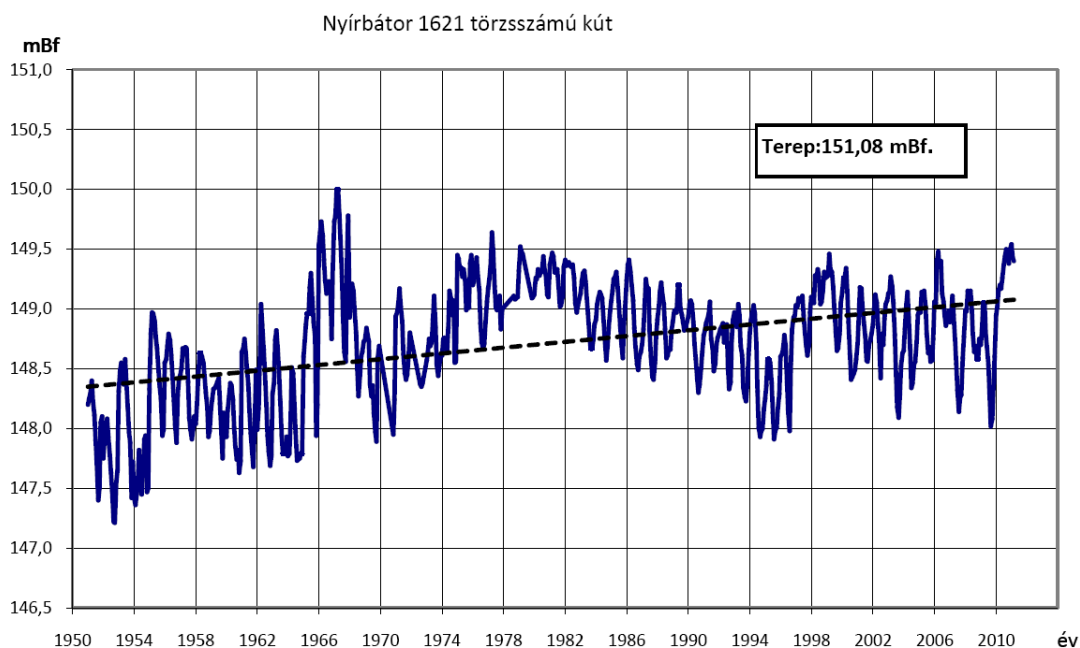
5.2.2 A talajvízszint adatsorok leíró jellegű statisztikai vizsgálata

A talajvízjárás menetgörbéi néhány kiválasztott kút esetében a teljes vizsgálati időszakra azaz 60 évre vonatkozóan kerülnek bemutatásra (51., 52., 53. ábra).

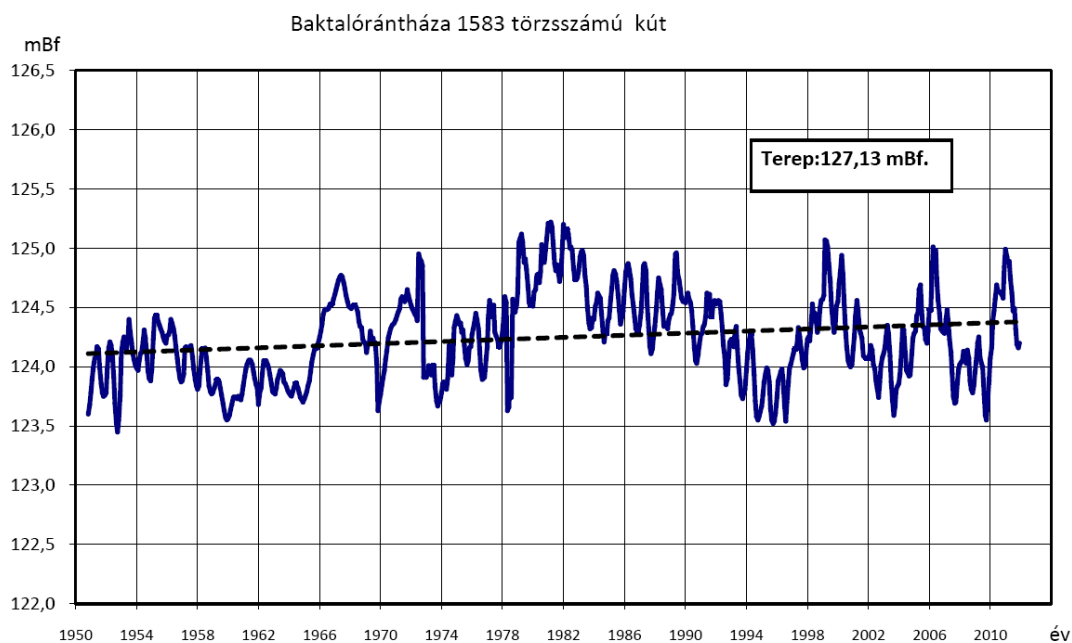


51. ábra Havi közepes talajvízszintek alakulása a Csengerújfalui 1637 tsz. kútban (1950-2011)

Az 51. ábrán látható süllyedő trend a Csengerújfalui 1637-es kútban volt követhető. Ráadásul ez a kút a Szatmári- síkság területén van, alacsony, 117,20 mBf. szinten.



52. ábra Havi közepes talajvízszintek alakulása a Nyírbátor1621 tsz. kútban (1950-2011.)



53. ábra Havi közepes talajvízszintek alakulása a Baktalórántháza 1583 tsz. kútban (1950-2011.)

Az 52. és 53. ábrán nagyon enyhe (kb. 60 év alatt 40-60 cm-es) emelkedő trend figyelhető meg. Ez is arra utal, hogy nem alakult ki kritikus helyzet a talajvízszintek alakulásában.

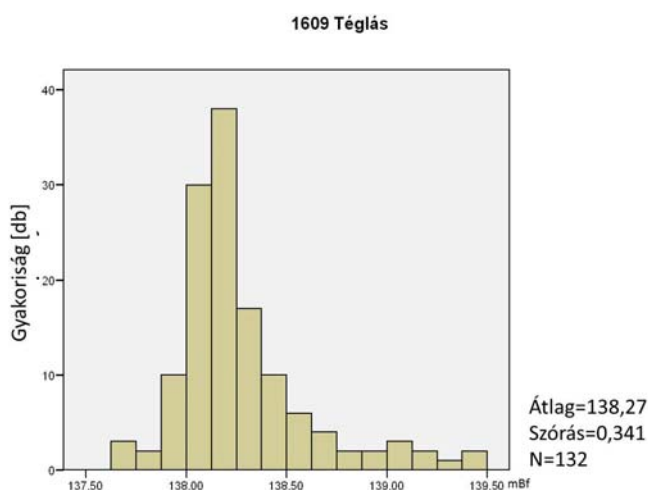
A legnagyobb mértékű emelkedés a Nyírbátor 1621-es kútban mutatkozott, amelyik az egyik legmagasabb terepszinten (151,08 mBf. szinten) levő kút.

A csapadékoság ebben az időszakban nem növekedett, a víztermelések is csak az utolsó 16-18 évben csökkentek, tehát az emelkedéseket nagy valószínűséggel az utánpótlódás növekedése okozta.

5.2.3 A talajvízszint adatsorok hisztogramokkal történő vizsgálata

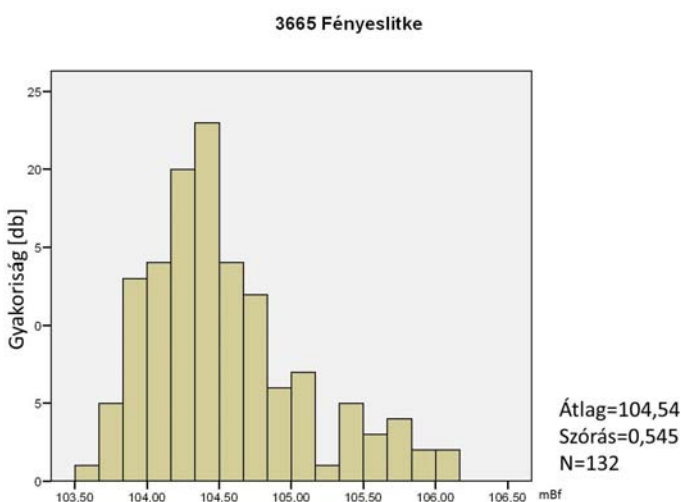
Havi átlagokkal végeztem a vizsgálatokat, a 2000-2010 közötti 11 évre, tehát kutanként összesen 132 db. adatra. A kutakban mért szinteket osztályközökre bontottam, és megszámláltam, hogy az egyes osztályközökbe hány érték esik. Az 54-57. ábrákon bemutatott hisztogramok jól szemléltetik az adat előfordulás gyakoriságát ez azért is fontos, mert az egyváltozós elemzési módszerek hozzásegítettek a többváltozós elemzési módszerekhez szükséges feltételek vizsgálatához (Virág et al., 2012).

Az 1609-es, téglási kútnál (54. ábra) például a havi átlagos vízszint 38 alkalommal alakult 138,125 – 138,250 mBf. között. A nagyobb illetve kisebb szintek kevesebbszer, de az megfigyelhető, hogy a sávokból álló hisztogram nem szimmetrikus, nem lehetne rá a normál eloszlás haranggörbét illeszteni.



54. ábra A Tégla 1609 tsz. talajvíz figyelő kút vízjárásának hisztogramja

Még inkább így van ez az 55. ábrán bemutatott 3665-ös fényeslitkei kútnál.

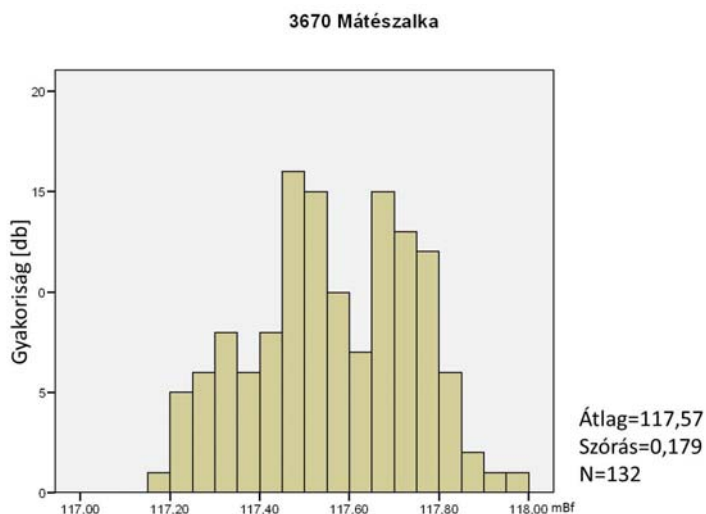


55. ábra A Fényeslitke 3665 tsz. kút vízszint változásának hisztogramja

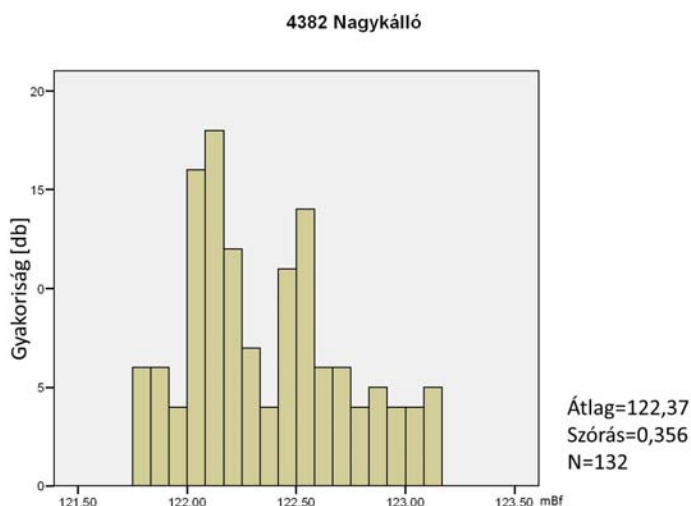
Normál esetben a hidrológiai adatok szimmetria szempontjából ferdeséget mutatnak, ami pozitív asszimetria (pozitív ferdeség) szokott lenni.

Az elvégzett elemzések alapján megállapítható, hogy néhány esetben két- maximumú eloszlásunk volt. Alapvetően ez a jelenség antropogén hatásra vezethető vissza. A vizsgált kutak közül találkozunk ilyen eloszlással, pl. kútnál 3670 – Mátészalka és 4382 – Nagykálló (56., 57. ábra). Ez például úgy alakulhat ki, hogy valamely vízkivétel hatását érzik a kutak. A 3670-es kút szintje nagy gyakorisággal

áll be a természetes állapot közepes szintjének megfelelő 117,50 körüli magasságba, ha viszont nincs termelés a közelében, akkor egy magasabb, 117,68-as szint is - közel hasonló gyakorisággal - úgyszintén kialakulhat.



56. ábra A Mátészalka 3670 törzsszámú kút vízállásának hisztogramja



57. ábra A Nagykálló 4382 tsz. kút vízállásának hisztogramja

A bemutatott hisztogramokban a vizsgált adatok száma 132, az oszlopok száma $n=16$, a köztük levő összefüggés alapján $2^n > 132$, ami túl finom osztásra utal.

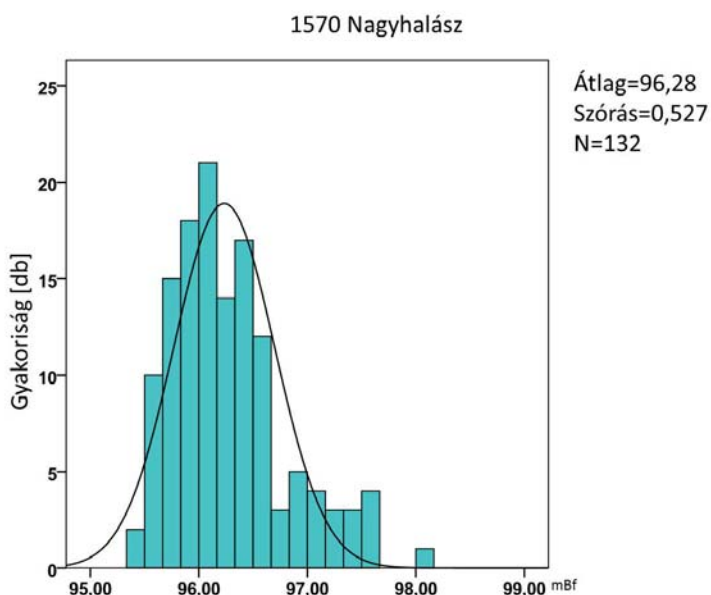
Kevesebb oszlopszámnál az esetek többségében nem biztos, hogy két maximum lenne. Valószínűsíthető, hogy a vizsgált kutaknál ez a két- maximumú eloszlás a termelés miatt állt elő.

Megállapítható, hogy a talajvíz kutak többségénél a talajvízszint eloszlások klasszikusan követik a ferde jelleget.

A további két hisztogramon a normál eloszlás haranggörbéjét is ábrázoltam (58., 59. ábra). Mindkettőnél jól látszik, hogy adataink egyáltalán nem normál eloszlásúak, Nagyhálsz 1570 ferde eloszlást mutat, a Nyírbátor 1621 pedig jellegzetesen két-maximumú.

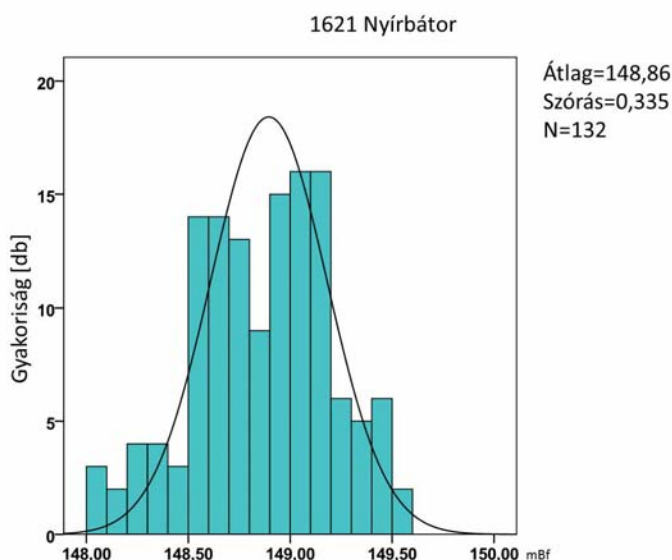
Ebben a két kútban alakult ki a vizsgált terület legalacsonyabb és legmagasabb talajvízszintje. Az 58. ábrán szereplő Nagyhalász 1570-es kútnál a minimum 95,35 mBf. volt 2009 októberében.

Az 1570-es kútnál a maximumot pedig, amit egyben kiugró értéknek is tekinthetünk, 2010 decemberében mérték (98,03 mBf.) Az átlag (mean) 96,28 mBf. volt, a szórás pedig 0,527.



58. ábra A Nagyhalász 1570 tsz. kút vízszintjeinek gyakorisági megoszlása és eloszlásgörbéje

A legmagasabb talajvízszintek pedig a Nyírbátor 1621 kútnál alakultak ki (59. ábra), 149,50 mBf. szintet kétszer is mérték, 2010 szeptemberében és 2010 decemberében. A minimum 148,02 mBf. volt 2009 szeptemberében. Az átlagérték 148,86 mBf., a szórás pedig 0,335, kisebb, mint a legalacsonyabb szinteket mutató, alacsony terepszinten lévő Nagyhalász 1570-esnél.



59. ábra A Nyírbátor 1621 tsz. kút vízszintjeinek gyakorisági megoszlása és eloszlásgörbéje

A 3. táblázat tartalmazza az összes vizsgált kútban mért értékek szórását. A legnagyobb szórásértéket a 4166 (Záhony) kútban kaptam (1,200), míg a legkisebb szórás (0,179) a 3670 (Mátészalka) kútban volt.

3. táblázat A szórás értékek alakulása a vizsgált kutakban

Kút törzsszáma	Szórás	Kút törzsszáma	Szórás
1570	0,527	1660	0,635
1583	0,319	3051	0,344
1593	0,438	3055	0,371
1596	0,481	3665	0,545
1598	0,388	3670	0,179
1605	0,354	3823	0,493
1609	0,341	3847	0,333
1621	0,335	3849	0,640
1627	0,309	4019	0,387
1637	0,686	4166	1,200
1639	0,595	4235	0,472
1641	0,495	4382	0,356
1659	0,511		

Az eltérő nyomásállapotú területek hisztogramjainak vizsgálata

A talajvízszintek vizsgálata során joggal merült fel a kérdés, vajon a különböző nyomásállapotú területek talajvízjárásának különbözőségét mennyire tükrözik vissza a talajvízszint figyelő kutak vízszint adatainak hisztogramjai. Ezért számos hisztogramot készítettem a rendelkezésre álló adatokból, melyek közül néhány jellemzőt térképi ábrázolásban is bemutatok az 1. Mellékletben.

A különböző alakú és különböző statisztikai adatokkal (átlagos szint, minimum, maximum) jellemezhető hisztogramokat területi elhelyezkedésüknél fogva három főcsoportra különítettem el.

A szakirodalom szerint a leáramlási területen nagyobb a talajvízjárás játéka, általában egy maximumúnak kellene lennie a hisztogramnak. A leáramlási terület utánpótlódását felülről, a csapadék beszivárgásból kapja. A talajvizet elérő beszivárgás csapadégmentes időszakban tehát elvileg zérus. Esetünkben a leáramlási terület hisztogramjainak talpai kevésbé szélesek, mint a feláramlási területeken levőké. Ez a látszólagos ellentmondás elsősorban azzal magyarázható, hogy a Nyírségi centrumában lévő tápterületen a talajvíz terep alatti mélysége tipikusan alacsony (1-2 m), ingadozás kevésbé jellemző.

Az átmeneti nyomásállapotú területhez sorolható 4166 Záhonyi kút esetében a talpszélesség kiugróan magas értékű, 7 m volt. Ez jelenség nem volt magyarázható, s elsősorban a figyelő kút körüli (megfigyelés szakszerűsége, kút szerkezeti probléma stb.) egyéb problémákra és hiányosságokra hívta fel a figyelmet (időközben ez a monitoring kút megszüntetésre is került).

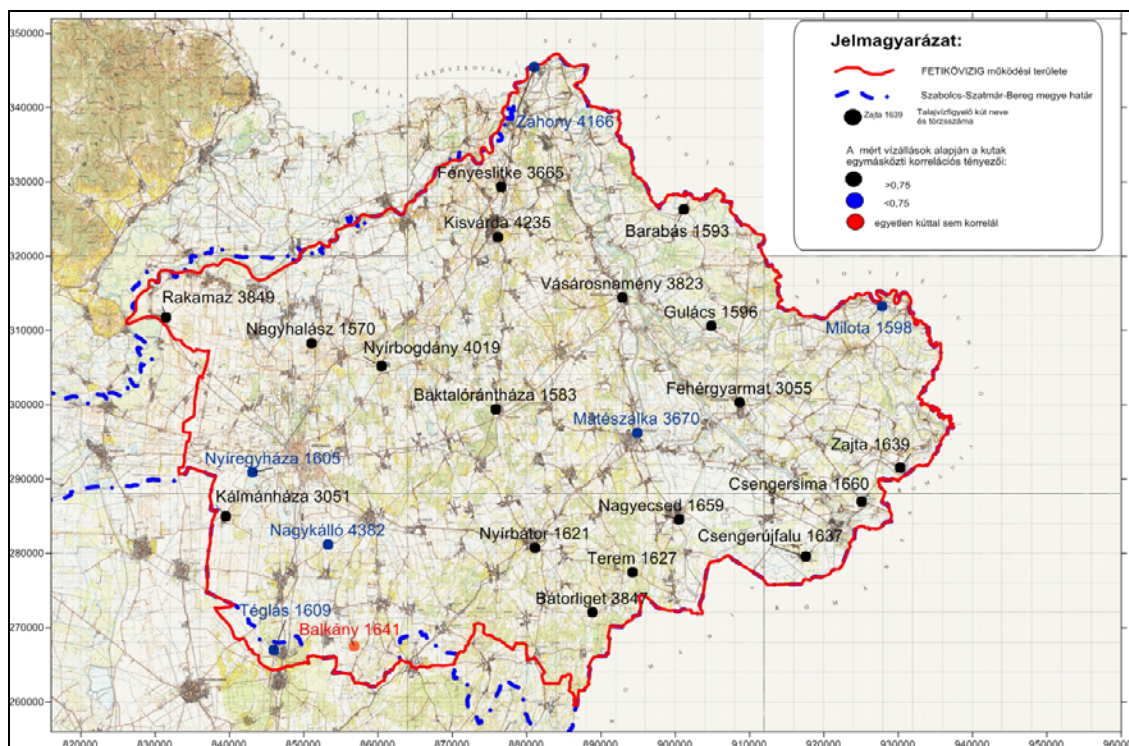
A Szatmár-Beregi síkság területén lévő 1594 törzsszámú Csaroda, valamint a 3824 törzsszámú Szamoszegi talajvíz figyelő kút hisztogramjai különböznek a legnagyobb mértékben az itt vizsgált összes többitől. Ezen két kút esetében szélesebb talp, ill. magas deviancia érték volt jellemző.

Mindezek az eredmények és megállapítások elsősorban csak arra hívják fel a figyelmet, hogy a monitoring adatok és a figyelő objektumok együttes ellenőrzése és felülvizsgálata bizonyos időközökben indokolt. Magának a hisztogramnak az alakja és szokásos jellemzői sok mindent elárulhatnak, nemcsak a hidrológiai, hanem a műszaki és egyéb megfigyelési problémákra is felhívhatják a figyelmet.

5.2.4 A mért talajvízszintek egymásközi korrelációja

Vizsgáltam a mért vízszintek egymásközi korrelációját is elvégeztem. A kapott eredményeket helyszínrajzi megjelenítésben (60. ábra) és táblázatos formában (4. táblázat) mutatom be.

Ezekből az eredményekből látható, hogy a terület talajvízfigyelő kútjaiban mért vízszintek között erős a korreláció, ez a kutakban beszűrőzött rétegek közötti szoros hidrodinamikai kapcsolatra utal, s egyben a víztároló összlet nyitottságát és sérülékenységét is jelzi. Az összlet vizeinek mennyiségi és minőségi jellemzői szoros összefüggésben vannak egymással.



60. ábra A vizsgálatba bevont talajvízszint figyelő kutak átlagos vízszintjeinek egymás közötti korrelációja

Az elvégzett vizsgálat alapján látszik, hogy a vizsgálatba bevont megfigyelési pontokon mért vízállások közötti korreláció az előzőekben ismertetett ellentmondások ellenére mégis erősnek mondható, mivel a korrelációs tényező a vizsgált észlelő kutak több mint felénél >0,75 (ld. még 4. táblázat). Csupán a Balkány 1641-es kútban mért vízszintek nem korrelálnak egyetlen vizsgált kúttal sem a területen.

A kérdéses figyelő kút 1955-ben létesült, melyet különböző okok, többek között észlelési problémák miatt 2010. 12. 31-el megszüntettek. Feltehetőleg a kútszerkezeti problémák mellett a területi befolyásoltság is közrejátszhatott a jelenség kialakulásában. Az üzemeltető (FETIKÖVIZIG) tehát helyesen járt el, mikor a kút megszüntetése és új figyelő kút létesítése mellett döntött.

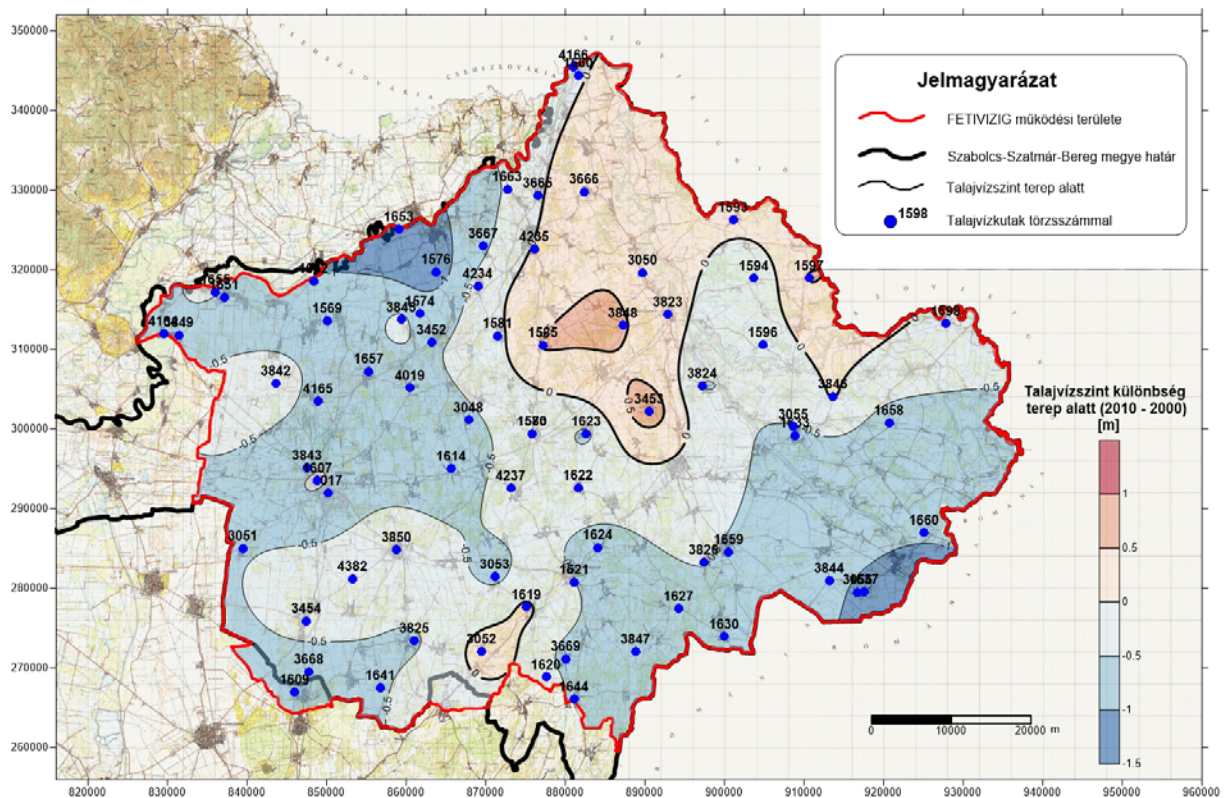
Ugyanezen megállapítás vonatkozik azokra a kutakra is, melyeknél a korrelációs tényező <0,75. Ezek a kutak többnyire külterületi település részen helyezkednek el (pl. Záhony Gátórház, Téglás Tsz. major, Nyíregyháza Polyák bokor stb.).

4. táblázat A vizsgált figyelő kutakban mért vízszintek egymásközi korrelációja

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Nagyhalász 1570		0,90	0,82	0,70	0,54	0,64	0,76	0,73	0,87	0,79	0,64	0,46	0,67	0,76	0,90	0,59	0,92	0,42	0,82	0,75	0,93	0,93	0,62	0,68	0,73
2	Baktalórántháza 1583	0,90		0,79	0,76	0,62	0,51	0,69	0,83	0,83	0,77	0,62	0,55	0,71	0,81	0,87	0,68	0,89	0,53	0,83	0,80	0,89	0,90	0,71	0,72	0,77
3	Barabás 1593	0,82	0,79		0,62	0,68	0,69	0,49	0,60	0,78	0,78	0,62	0,36	0,55	0,76	0,70	0,39	0,89	0,24	0,82	0,61	0,76	0,78	0,65	0,80	0,68
4	Gulács 1596	0,70	0,76	0,62		0,50	0,38	0,46	0,84	0,77	0,73	0,76	0,29	0,84	0,81	0,66	0,81	0,70	0,73	0,46	0,85	0,80	0,68	0,74	0,43	0,36
5	Milota 1598	0,54	0,62	0,68	0,50		0,37	0,35	0,54	0,61	0,58	0,48	0,31	0,47	0,61	0,52	0,39	0,63	0,20	0,68	0,55	0,50	0,54	0,83	0,63	0,50
6	Nyíregyháza 1605	0,64	0,51	0,69	0,38	0,37		0,36	0,46	0,47	0,52	0,41	0,04	0,34	0,51	0,67	0,23	0,74	0,08	0,68	0,41	0,63	0,55	0,31	0,76	0,65
7	Téglás 1609	0,76	0,69	0,49	0,46	0,35	0,36		0,56	0,66	0,59	0,37	0,54	0,49	0,51	0,77	0,54	0,63	0,34	0,60	0,57	0,72	0,73	0,40	0,34	0,61
8	Nyírbátor 1621	0,73	0,83	0,60	0,84	0,54	0,46	0,56		0,79	0,71	0,70	0,30	0,84	0,84	0,74	0,84	0,72	0,73	0,59	0,91	0,80	0,77	0,71	0,58	0,55
9	Terem 1627	0,87	0,83	0,78	0,77	0,61	0,47	0,66	0,79		0,83	0,71	0,45	0,76	0,80	0,80	0,67	0,82	0,50	0,68	0,80	0,85	0,84	0,72	0,57	0,60
10	Csengerújfalu 1637	0,79	0,77	0,78	0,73	0,58	0,52	0,59	0,71	0,83		0,84	0,47	0,82	0,91	0,68	0,68	0,83	0,57	0,66	0,79	0,82	0,75	0,70	0,51	0,52
11	Zajta 1639	0,64	0,62	0,62	0,76	0,48	0,41	0,37	0,70	0,71	0,84		0,30	0,82	0,86	0,54	0,70	0,71	0,62	0,48	0,73	0,72	0,59	0,67	0,42	0,32
12	Balkány 1641	0,46	0,55	0,36	0,29	0,31	0,04	0,54	0,30	0,45	0,47	0,30		0,22	0,31	0,42	0,25	0,42	0,16	0,51	0,26	0,39	0,45	0,32	0,12	0,59
13	Nagyecsed 1659	0,67	0,71	0,55	0,84	0,47	0,34	0,49	0,84	0,76	0,82	0,82	0,22		0,89	0,58	0,87	0,70	0,83	0,43	0,86	0,78	0,63	0,74	0,39	0,31
14	Csengersima 1660	0,76	0,81	0,76	0,81	0,61	0,51	0,51	0,84	0,80	0,91	0,86	0,31	0,89		0,68	0,81	0,81	0,69	0,63	0,87	0,83	0,77	0,76	0,61	0,48
15	Kálmánháza 3051	0,90	0,87	0,70	0,66	0,52	0,67	0,77	0,74	0,80	0,68	0,54	0,42	0,58	0,68		0,61	0,85	0,39	0,78	0,74	0,88	0,85	0,58	0,67	0,77
16	Fehérgyarmat 3055	0,59	0,68	0,39	0,81	0,39	0,23	0,54	0,84	0,67	0,68	0,70	0,25	0,87	0,81	0,61		0,55	0,85	0,31	0,86	0,71	0,62	0,67	0,27	0,25
17	Fényeslitke 3665	0,92	0,89	0,89	0,70	0,63	0,74	0,63	0,72	0,82	0,83	0,71	0,42	0,70	0,81	0,85	0,55		0,42	0,88	0,71	0,91	0,83	0,69	0,79	0,77
18	Mátészalka 3670	0,42	0,53	0,24	0,73	0,20	0,08	0,34	0,73	0,50	0,57	0,62	0,16	0,83	0,69	0,39	0,85	0,42		0,14	0,76	0,60	0,41	0,56	0,12	0,11
19	Vásárosnamény 3823	0,82	0,83	0,82	0,46	0,68	0,68	0,60	0,59	0,68	0,66	0,48	0,51	0,43	0,63	0,78	0,31	0,88	0,14		0,52	0,70	0,80	0,58	0,85	0,90
20	Bátorliget 3847	0,75	0,80	0,61	0,85	0,55	0,41	0,57	0,91	0,80	0,79	0,73	0,26	0,86	0,87	0,74	0,86	0,71	0,76	0,52		0,83	0,78	0,74	0,49	0,43
21	Rakamaz 3849	0,93	0,89	0,76	0,80	0,50	0,63	0,72	0,80	0,85	0,82	0,72	0,39	0,78	0,83	0,88	0,71	0,91	0,60	0,70	0,83		0,85	0,65	0,62	0,64
22	Nyírbogdány 4019	0,93	0,90	0,78	0,68	0,54	0,55	0,73	0,77	0,84	0,75	0,59	0,45	0,63	0,77	0,85	0,62	0,83	0,41	0,80	0,78	0,85		0,60	0,70	0,70
23	Záhony 4166	0,62	0,71	0,65	0,74	0,83	0,31	0,40	0,71	0,72	0,70	0,67	0,32	0,74	0,76	0,58	0,67	0,69	0,56	0,58	0,74	0,65	0,60		0,49	0,40
24	Kisvárdá 4235	0,68	0,72	0,80	0,43	0,63	0,76	0,34	0,58	0,57	0,51	0,42	0,12	0,39	0,61	0,67	0,27	0,79	0,12	0,85	0,49	0,62	0,70	0,49		0,76
25	Nagykálló 4382	0,73	0,77	0,68	0,36	0,50	0,65	0,61	0,55	0,60	0,52	0,32	0,59	0,31	0,48	0,77	0,25	0,77	0,11	0,90	0,43	0,64	0,70	0,40	0,76	

A következőkben bemutatom a talajvíz átlagos terep alatti mélységének alakulását:





63. ábra A talajvízszint terep alatti mélységének különbség térképe 2010. és 2000. között (m)

A különbség térképen látható, hogy a vizsgálati időszak végére a terület legnagyobb részén vízszintemelkedés (a negatív előjel az emelkedésre utal) történt. 0,5-1,0 m közötti süllyedés a terület északkeleti részére korlátozódik, a Nyírséget minimális mértékben érinti.

* * *

A vízháztartási ökológiai vizsgálatok alapján bebizonyítottam, hogy a vizsgált területen a felszín alatti vizek kihasználtsága még az ökológiai vízigények figyelembevételével is kisebb mint 100 %.

5.2.6 A talajvízszintre ható tényezők kapcsolatalemző statisztikai vizsgálata

A talajvízszintek változásának számos oka lehet, így például változhatnak a természeti tényezők hatására; ekkor a nyári-őszi szintek alacsonyabbak, télen-tavasszal pedig magasabban alakulnak. De változhatnak valamely közeli termelés hatására is, ilyenkor egy másik, az évszakoktól független eloszlás alakul ki: ha termelés zajlik, akkor alacsonyabb a szint, amikor pedig leáll, akkor emelkedés mérhető. Mindezekből látható, tehát hogy a talajvízszint-változásoknak számos oka lehet. Ilyenek lehetnek még többek között: léghőmérséklet alakulása, beszivárgás, vízművek termelése, egyéb vízkivételek, csatornák és vízfolyások leszívó/duzzasztó hatása, a telítetlen zónában lezajló folyamatok.

Célunk az, hogy a legfontosabb okokat megkeressük, ill. beazonosítsuk. Erre szolgál a sokváltozós matematikai statisztika faktoranalízis nevű eljárása. Matematikailag a faktoranalízis abból indul ki, hogy a megfigyelt változók (esetünkben talajvízszintek) felírhatók kisszámú faktorváltozó lineáris kombinációjaként. Ha ez sikerül, akkor az új faktorváltozók megmagyarázzák az egész talajvízes rendszer változékonyságának legnagyobb részét. A faktoranalízis eredményei a változók varianciájának mérésén és a korrelációs kapcsolat szorosságán alapul. A faktoranalízis egy

információtömörítő eljárás. A főkomponens elemzés alkalmazásával a nagyszámú megfigyelt változó (esetünkben talajvízszint) információtartalmának jelentős hányadát megőrizhetjük úgy, hogy azt kevés számú főkomponens változóba szűkítjük.

A faktoranalízis információelméleti alapja a közgazdaságtan területén a társadalmi vagyoneeloszlásra alkalmazott úgynevezett Pareto-törvény: 80/20-as szabály, miszerint bármely vizsgálandó dologban, 20 % részarányt képviselnek a lényeges elemek, míg 80 %-ban lényegtelen részek alkotják. *„Egy teljes információrendszer információtartalmának négyötödét az információhordozók egyötöde képviseli”* (Jánosa, 2000)

25 kút évi 12 adatát, 2000-2010. közötti összesen 132 adatát vizsgáltam. A főkomponenseket az eredeti változókból állítjuk tehát elő, egy arra alkalmas súlyrendszer segítségével. Az eredmények a következők:

Faktor	Faktorsúly	Összes magyarázó erő %
1	0.66056	66.056
2	0.11779	77.835
3	0.05549	
4	0.04224	
5	0.02738	

Az első faktor a talajvízszint változékonyságának 66 %-áért felelős, a másodikkal együtt már több mint 77 %-ot képviselnek. A harmadik faktor – és a többiek – már csak nagyon kis súllyal szerepelnek.

Ahhoz, hogy fenti megállapítások, megfelelően alátámaszthatóak legyenek a területre fontosnak tartottam még több adat, még több megfigyelési pont bevonását a vizsgálatba - bár a területi lefedettség a 25 kúttal elegendőnek bizonyult. Így került sor további adatkérésre és elemzésre.

Elvégeztem ugyanezt a vizsgálatot egy bővített adatbázisra, 71 kútra, kutanként szintén 132 havi adatra:

Faktor	Faktorsúly	Összes magyarázó erő %
1	0.66480	66.480
2	0.12158	78.637
3	0.03345	
4	0.02176	
5	0.02037	

Ezen kibővített adatbázis használata esetében az eredmények meglehetősen hasonlóak. Az első faktor a változékonyság 66 %-áért felelős, a másodikkal együtt már több, mint 78 %-ot képviselnek. A harmadik faktor –és a többiek – már csak nagyon kis súllyal szerepelnek. Ebben az esetben az első két faktor nagyobb, a harmadik valamivel kisebb súlyú lett.

Megállapítható tehát, hogy több kutat vizsgálva még határozottabban rajzolódik ki, hogy a változásokat lényegében csak két fontos faktor vezényli.

* * *

Faktor analízis alkalmazásával bebizonyítottam, hogy a területen a talajvízszintek változékonyságának mintegy 80 %-át két fő tényező határozza meg. Nem volt tehát szükség nagyszámú ható ok keresésére, hatásának ellenőrzésére.

Melyek lehetnek ezek a faktorok – ható okok - a Felső-Tisza vidék talajvízeinek esetében?

5.2.7 A csapadék szerepe a talajvízszintek alakulásában

Elsőként a talajvizet alapvetően tápláló utánpótlódásra, tehát a csapadékeszivárgásra kell gyanakodni.

Ennek vizsgálata érdekében - kezdő lépésként - korrelációs számításokat végeztem 25 talajvízkút és a területre eső csapadékmérő állomások adatai alapján, a 2000-2010 közötti 11 évre vonatkozó havi közepes talajvízszintek és a havi összes csapadékmennyiségek figyelembevételével.

A korrelációs tényezőt (r) minden esetben két ($x_1, x_2...x_i...x_n$ és $y_1, y_2...y_i...y_n$) adatsorra számítottam a következők szerint:

$$r = \frac{\sum \Delta x_i \cdot \Delta y_i}{(n-1) \sigma_x \cdot \sigma_y}, \quad \text{ahol } \Delta x_i = x_i - \bar{x} \quad \text{és} \quad \Delta y_i = y_i - \bar{y},$$

$$\text{illetve } \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{és} \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

($\bar{x}$ és $\bar{y}$ a két adatsor átlagértékei)

A 25 vizsgált kút közül egyik sincs közvetlen kapcsolatban a nyíregyházi csapadékkal, még a legnagyobb tényező is csak 0,309. Ez a megállapítás tulajdonképpen nem meglepő, mivel első ható okként a csapadék kezelendő, de a lehulló csapadéokra nem rögtön reagál a rendszer. A talajvíz nem közvetlen esőzésből származik.

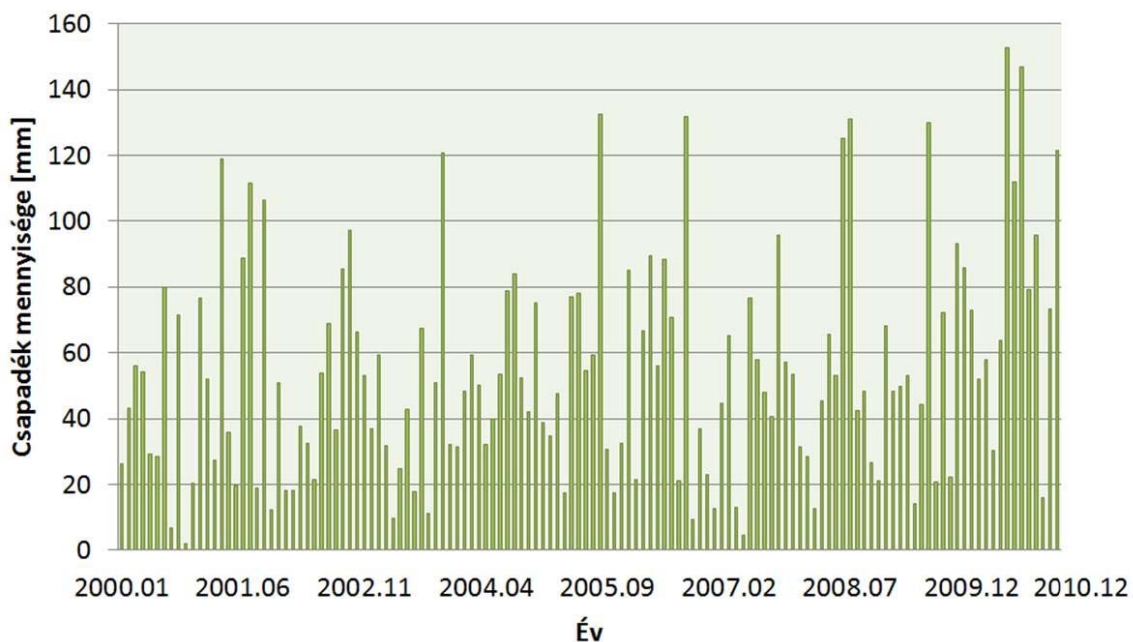
A csapadék és a talajvízszint kapcsolatnál tulajdonképpen a csapadék beszivárgást kellene vizsgálnunk. Megállapítható, tehát, hogy van kapcsolat, csak nem direkt módon, az eltolódás jelentős.

A nedvesség front átjutása a telítetlen zónán történő átjutásához hosszabb időre van szükség, statisztikailag nem lehet megfogni a havi átlagokkal. Ez alól természetesen vannak kivételek, különösen azon jelentős felszíni vízfolyások közelében ahol a talajvízszint észlelő kútban észlelt vízszint egyaránt érzékenyen reagál mind a folyóvízállásra, mind pedig a lehullott csapadék mennyiségére.

Tovább vizsgálva a problémát, mivel jellegében erősen különbözik a nyári csapadék és a téli csapadék, ezért a korrelációs számításhoz daraboltam az adatsort és megnéztem, hogy nagy csapadéknál van-e illeszkedés.

Ebből az eredményből arra a következtetésre jutottam, hogy a ható okok keresésénél nem foglalkozhatunk egyetlen csapadékmérő állomással, csak több állomás átlagolt adatai hozhatnak eredményt.

A havi összes csapadék mennyiséget a területen levő 21 meteorológiai állomás adatainak átlagolásával képeztem. A csapadéértékek a 64. ábrán szerepelnek.



64. ábra A havi összes csapadék átlaga 21 állomás adatai alapján

A 21 meteorológiai állomás havi összes csapadék átlagának figyelembevételével is hasonló eredményre jutottam, mint a nyíregyházi csapadékmérő állomás észlelési adatai esetében, azaz a havi átlagos talajvízszinteket a havi átlagos csapadék mennyiség nem befolyásolja direkt módon.

Meglepően kis korrelációs tényezők adódtak, a 25 kút talajvízállása és az átlagos csapadék intenzitás között nem lehetett korrelációt kimutatni. Ez csak azt mutatja, hogy nem lineáris a kapcsolat. Tehát a havi átlagos talajvízszinteket a havi átlagos csapadék mennyiség nem befolyásolja direkt módon.

Maximális érték az 1609-es kútnál (Téglás)	$r = 0,284,$
Minimális az 1641-es kútnál (Balkány)	$r = 0,010.$

Elképzelhető, hogy a talajvízszintek csak késéssel követik a csapadékosságot. Ezért elvégeztem a korrelációs számításokat az aktuális havi átlagos talajvízszint és a megelőző havi csapadékösszegek alapján is (keresztkorreláció). Az eredmények:

Maximális érték az 1609-es kútnál (Téglás)	$r = 0,259,$
Minimális az 1641-es kútnál (Balkány Csiffy tanya)	$r = 0,024.$

Téglásnál még romlott is a kapcsolat, Balkányánál valami javult, de így is jelentéktelen. A tárgyhavi csapadék és az 1 hónappal korábbi csapadék összevetése a 3849 törzsszámú Rakamazi kút esetében is hasonló eredmények adódtak, a kapott korrelációs tényezők értéke 0,242 illetve 0,251 volt, tehát jelentős különbséget ennél a kútnál sem lehet észlelni. Megvizsgáltam a téli csapadékosság hatását is, csak a novembertől áprilisig tartó hat hónap havi közepes értékeivel. Jobb és rosszabb eredmények is adódtak:

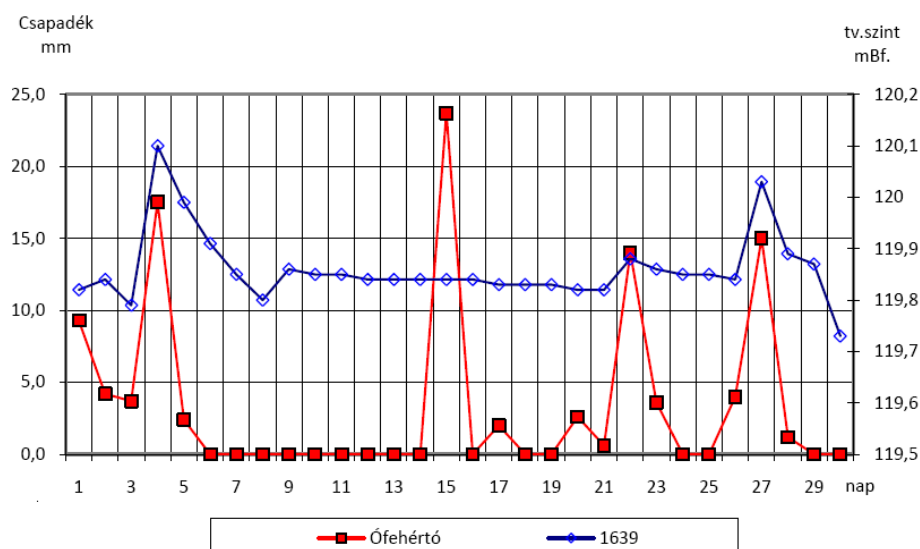
Maximális érték a 3670-es kútnál (Mátészalka)	$r = 0,454,$
Minimális a 4488 -as kútnál (Fehérgyarmat)	$r = - 0,115.$

Tehát az összes korrelációs vizsgálat eredménye az, hogy a tárgyhavi csapadékátlagok a tárgyhavi vízszint-átlagokkal csak gyenge kapcsolatot mutatnak.

5.2.7.1 A 2010. évi csapadékoság hatása a talajvízre

- *Napi csapadék adatok vizsgálata*

Felmerült, hogy a havi átlagok és a havi összes csapadék helyett napi értékeket is célszerű lenne vizsgálni. Ehhez a legcsapadékosabb év legkritikusabb időszakot vizsgáltam meg, a 2010. június havi eseményeket, 13 kútnál. Ebben a hónapban négy jelentős csapadékos nap volt, a köztes időkben pedig csak jelentéktelen mennyiségű csapadékok voltak jellemzők a területre.



65. ábra Az ófehértói csapadék adatok és az 1639 tsz. kút (Zajta) vízszintjének alakulása 2010 júniusában

A maximális korrelációs tényező: $r = 0,475$, ez az 1639-es kút (Zajta) és az Ófehértón mért csapadékok között volt számítható. A 65. ábrán láthatók a két mennyiség görbéi.

Feltűnő, hogy a négy csapadékos nap közül csak hármat követett a talajvízszint (minél nagyobb volt a csapadék, annál inkább), de éppen a június 16-i legnagyobb esőt nem érezte meg.

Mindazonáltal megjegyezendő, hogy a két egymástól meglehetősen távol levő objektum: az ófehértói csapadékmérő állomás (Nyírség) és a zajtai talajvízkút (Bereg-Szatmári síkság) analógiája talán félrevezető is lehetne, nem kizárt azonban annak az esélye, hogy a vizsgált napokon a terület számos pontján előfordultak hasonló esetleg nagyobb intenzitású csapadékok is.

Más aspektusból nézve a 65. ábrán az is látható, hogy extrém nagy csapadéknál nagy a lefolyás, kicsi a beszívargás, tehát a talajvízszint görbe nem reagál a hirtelen változásra.

Látható a jelentős, de kisebb intenzitású csapadékok szerepe is, a másik három csapadékos napon a talajvízszint követi a csapadékot, csak a korrelációs tényező nem mutatja ki.

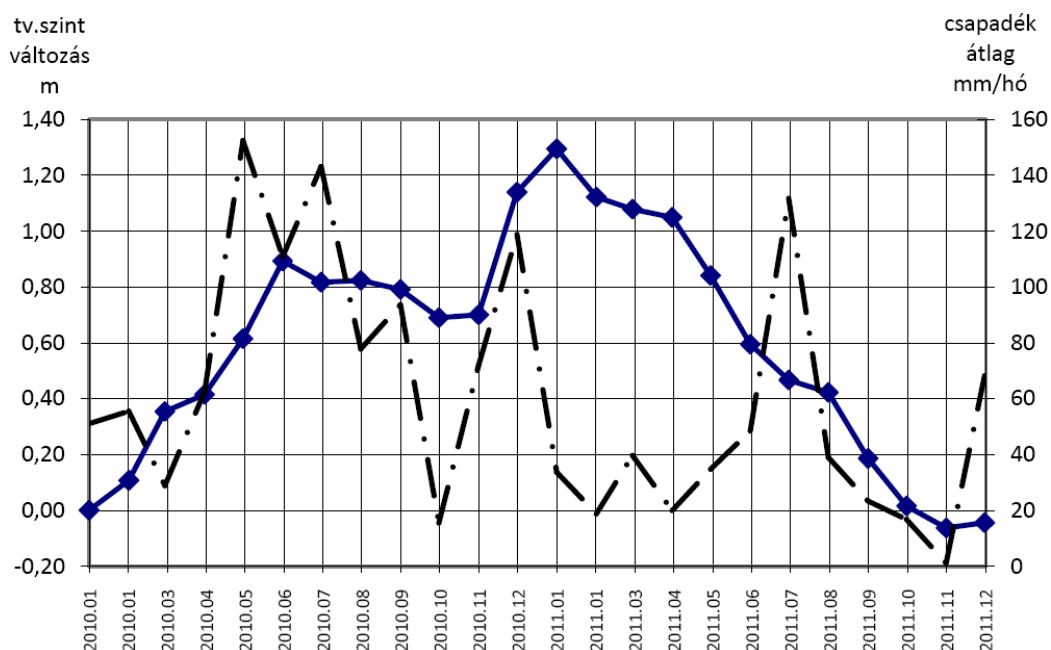
Azért nem szoros a kapcsolat, mert a hirtelen nagy csapadékokra nem közvetlenül reagál a talajvízes rendszer. Ezért a szélsőséges időjárási eseményeket nem lehet a korrelációs kapcsolat elemzéssel lekövetni.

A többi esetben lényegesen kisebb korrelációs tényezőket számítottam. Megállapítható tehát, hogy a csapadékkal való összefüggés kimutatásához a napi mért adatok alapján célszerű figyelembe venni a csapadék intenzitás nagyságát, valamint azt a körülményt is, hogy a talajvízes rendszer eltolódással reagál a lehullott csapadék mennyiségre.

- *Havi csapadék adatok vizsgálata*

Ahhoz, hogy a különböző terepszinteken lévő kutakban kialakult vízszintváltozásokat össze lehessen hasonlítani, az ún. standardizált vízszinteket számítottam. A 2010. évi januári szintet minden szintből levonva olyan görbéket raktam fel, amelyek csak a 2010 januártól számított változásokat mutatják (a 2010 januári állapot tehát minden kútnál nulla). Ezt 94 kútnál lehetett elvégezni. Ha a 94 kút átlagát számítom (66. ábra) akkor az látszik, hogy mi történt a térségben 2010 januárjához viszonyítva.

A standardizált vízszintek értékskálája m-ben került megadásra. Júniusig folyamatosan emelkedett az átlagos szint – 89 centit – aztán az év második felében 20 centi süllyedés következett, majd októbertől újra emelkedés, és 2011. januárjában már a 2010. januárhoz képest 1, 29 m-rel volt magasabb az átlagos talajvízszint. Ezután – ahogy egy száraz évben illik – folyamatosan süllyedtek a szintek, és 2011 novemberében már újra mélyebben jártak, mint 2010 januárjában.



66. ábra Átlagos standard talajvízállás és átlagos csapadék 2010-2011-ben

Az átlagos standardizált talajvízállás és az átlag csapadék közötti összefüggés alakulása a 66. ábrán követhető le. A csapadék mennyiségeket 21 állomás adatainak átlagolásából származtattam. A standardizált vízszintek értékskálája a baloldali tengelyen, m-ben a csapadékátlagok értékskálája pedig mm/hóban került megadásra.

A 66. ábrán jól látszik, hogy a csapadékokat csak a következő hónapban követik a talajvízszintek változásai (havi átlagokról lévén szó). Látszik továbbá az is, hogy a nyári csapadékok hatása milyen kicsi. A 2010. évi júliusi 143 mm csak egészen minimális emelkedést váltott ki, a 2011. júliusi 132 mm pedig csak arra volt elég, hogy némiképpen lefékezze a süllyedő trendet. Az a süllyedés, ami az év elején a januártól júniusig tartó szárazság miatt alakult ki az megmaradt.

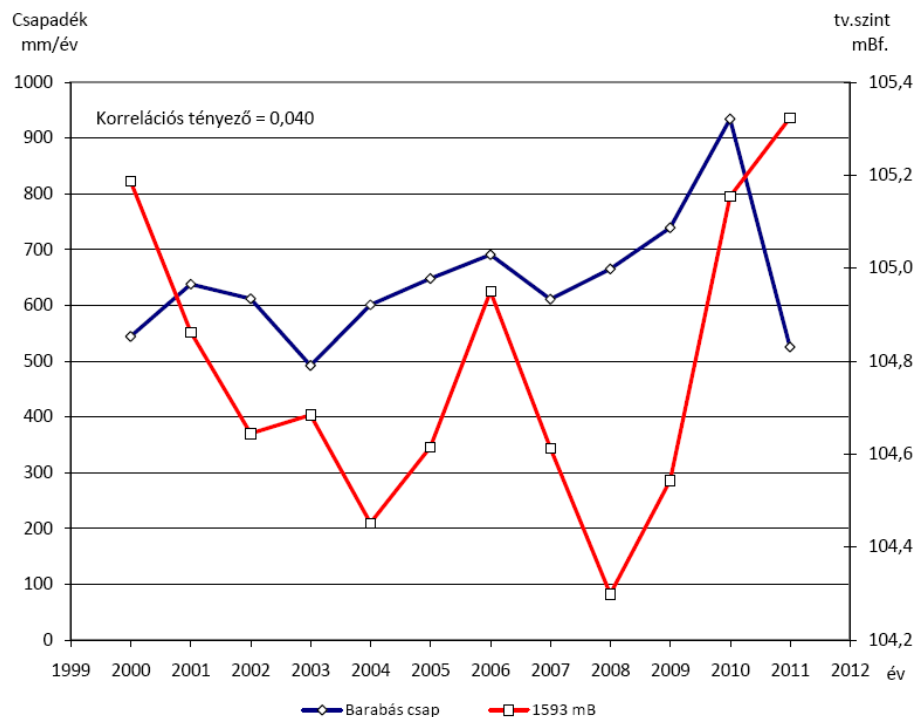
Nyilvánvaló, hogy a csapadékkal való kapcsolat létezik, de a talajvízszint-változásokat más tényezők is befolyásolják. E miatt a talajvízszint-csapadék kapcsolat szoros lineáris korrelációjára nem számíthatunk.

Megállapítható, hogy önmagában a lineáris és hagyományos korrelációs tényező nem alkalmas a területen a kapcsolat mértékének meghatározására. Hagyományos jellemzők nem tudják kimutatni a kapcsolatot.

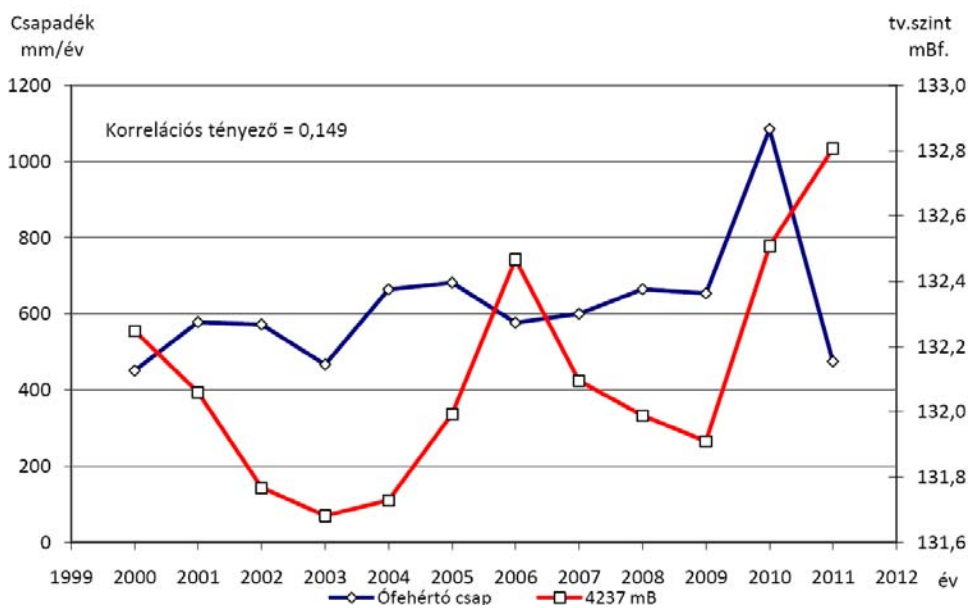
Nem paraméteres regressziós eljárás lehet alkalmas ezen probléma lekövetésére, ami azonban túllépi ezen tanulmány kereteit.

5.2.7.2 Évi átlagos csapadékadatok vizsgálata

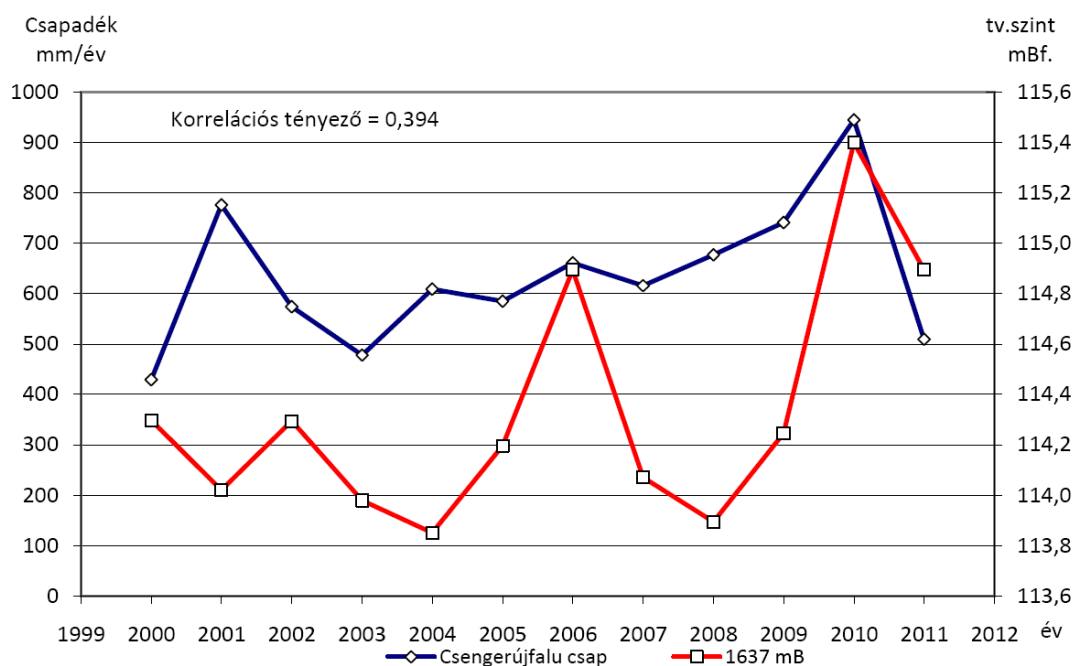
Tovább keresve a talajvízszintek és a csapadékoság összefüggéseit, a napi és havi értékek mellett megpróbálkoztam az évi átlagok vizsgálatával is. Csak olyan kutakat választottam, ahol a kút közelében volt csapadékmérő állomás is. A következőkben (67-71. ábra) látható eredményeket kaptam:



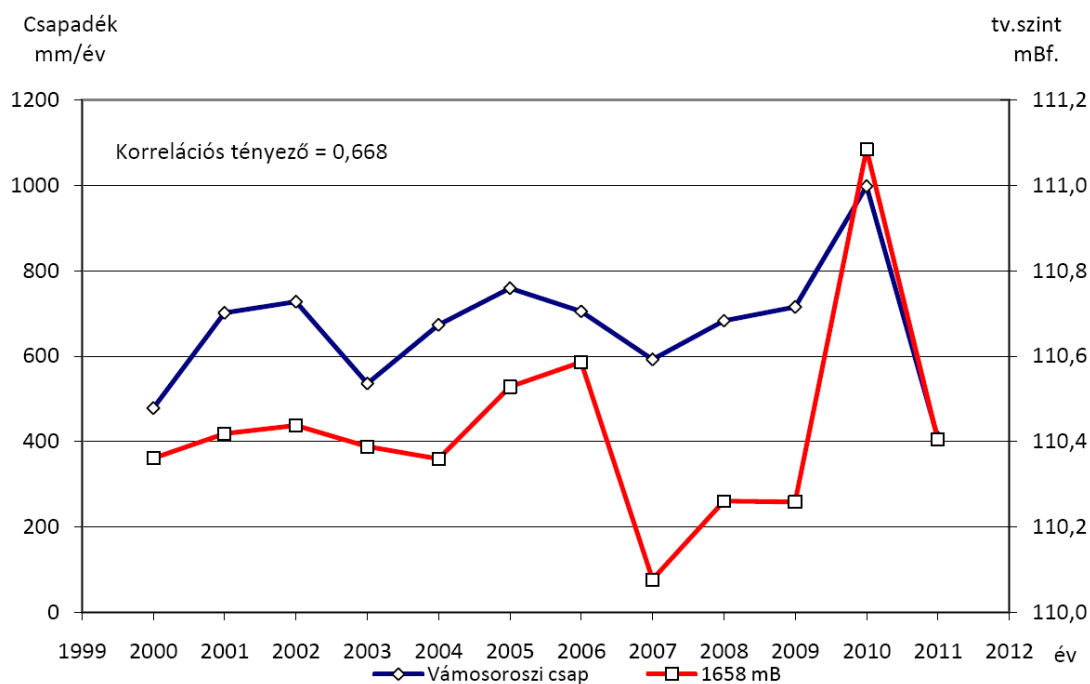
67. ábra A csapadékoság hatásának vizsgálata a Barabás 1593 tsz. talajvízszint észlelő kútnál



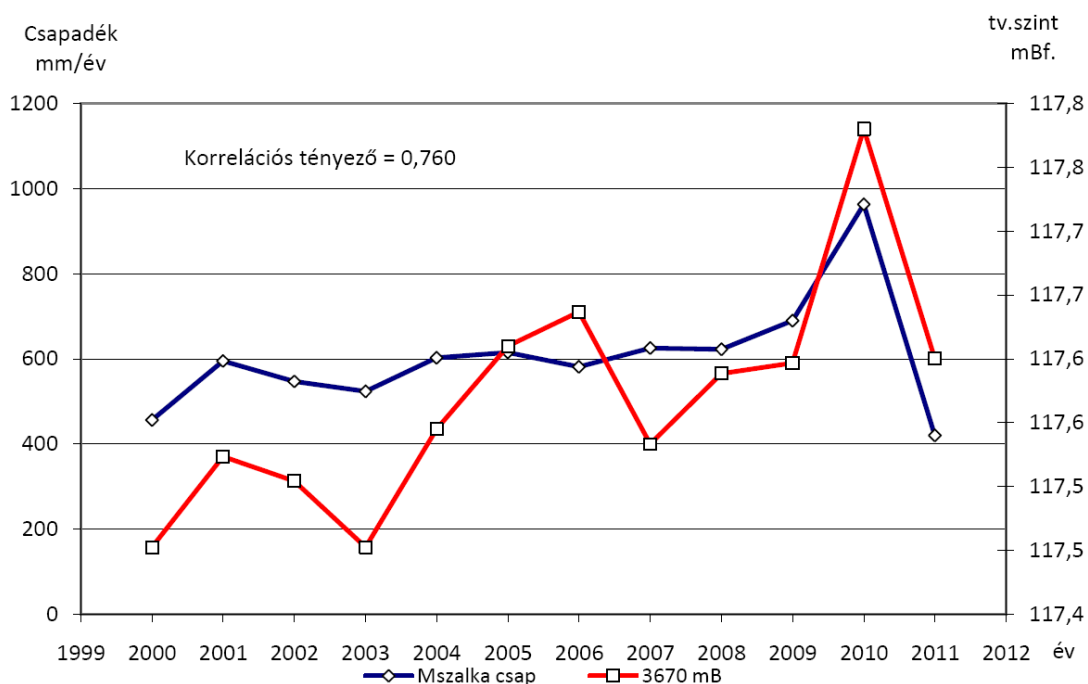
68. ábra A csapadékoság hatásának vizsgálata az Ófehértó 4237 tsz. talajvízszint észlelő kútnál



69. ábra A csapadékoság hatásának vizsgálata a Csengerújfalú 1637 tsz. talajvízszint észlelő kútnál



70. ábra A csapadékoság hatásának vizsgálata a Vámosoroszi 1658 tsz. talajvízszint észlelő kútnál



71. ábra A csapadékoság hatásának vizsgálata a Mátészalka 3670 tsz. talajvízszint észlelő kútnál

Két kútnál gyenge a kapcsolat - Barabásnál nagyon gyenge. Ezekben a kutakban a 2010-es emelkedések után a 2011-es száraz évben is tovább emelkedtek a vízszintek.

Két jelentős kapcsolat is adódott, 0,668-as és 0,760-as korrelációs tényezővel.

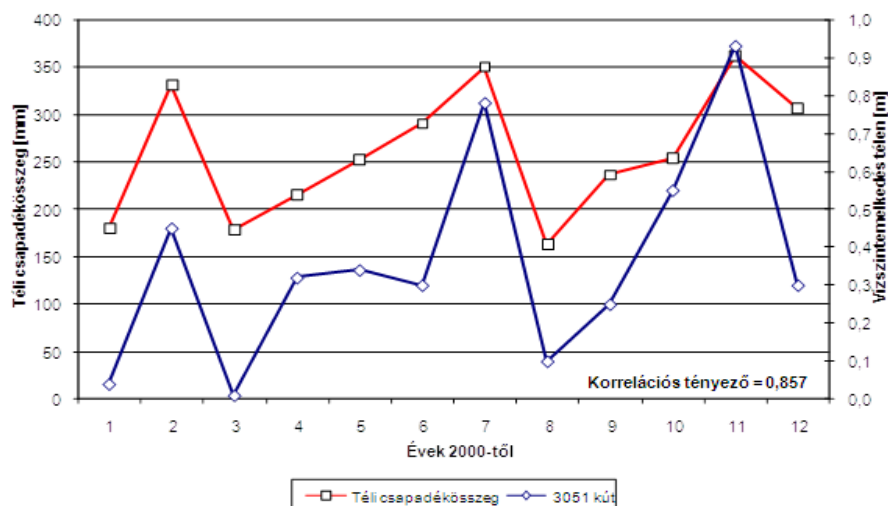
Meg kell jegyezni, hogy a mátészalkai kút az átlagos csapadékos még nagyobb, 0,809-es korrelációs tényezővel követte, tehát jobban megérezte a térség átlagos időjárási helyzetét, mint a közelben lévő csapadékosállomáson mért értékeket.

5.2.7.3 A hidrológiai félévek csapadékadatának vizsgálata

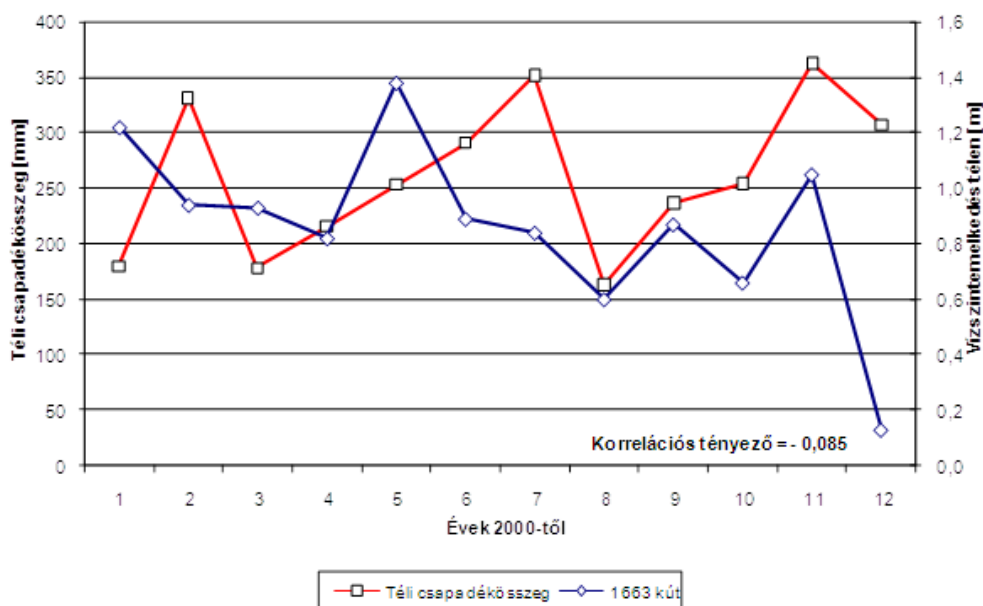
Végül pedig megvizsgáltam a féléves értékek kapcsolatait, konkrétan a téli fél éveket értékeltem a csapadékösszeg szempontjából.

A téli hónapok csapadékösszegét korreláltattam a téli hónapok alatt kialakult talajvízszint-változásokkal (általában emelkedésekkel). Így már elég jók a kapcsolatok, 0,6 feletti.

A maximális érték 0,857 volt a Kálmánháza 3051 tsz. kútnál, valamint adódott egy $-0,085$ a Szabolcsveresmart 1663 tsz. kútnál. (Előfordult, hogy - egyik-másik évben, néhány kútnál – a tél folyamán süllyedt a talajvízszint.) Mindkét állapotot bemutatom a következő két ábrán (72-73. ábra).



72. ábra Téli talajvízszint-emelkedés a Kálmánháza 3051 tsz. talajvízszint észlelő kútnál a téli csapadékösszeg függvényében



73. ábra Téli talajvízszint-emelkedés a Szabolcsveresmart 1663 tsz. talajvízszint észlelő kútnál a téli csapadékösszeg függvényében

5.2.8 A párolgás szerepe a talajvízszintek alakulásában

A következő lépésben a párolgás szerepét vizsgáltam. Főleg dombvidékeken ez a talajvizek megcsapolását okozó hatás talán nagyobb szerepet kap a szintek alakításánál.

Három hidrometeorológiai állomáson mérnek kádpárolgást a területen, a nyári félévben, májustól októberig. Tehát minden évben csak 7 adat állt rendelkezésre. A legjobb eredmények is nagyon gyengék:

3670-es kút (Mátészalka) és Vámosoroszi párolgások: $r = -0,154$,

3670-es kút (Mátészalka) és Szabolcsveresmart párolgások: $r = -0,212$,

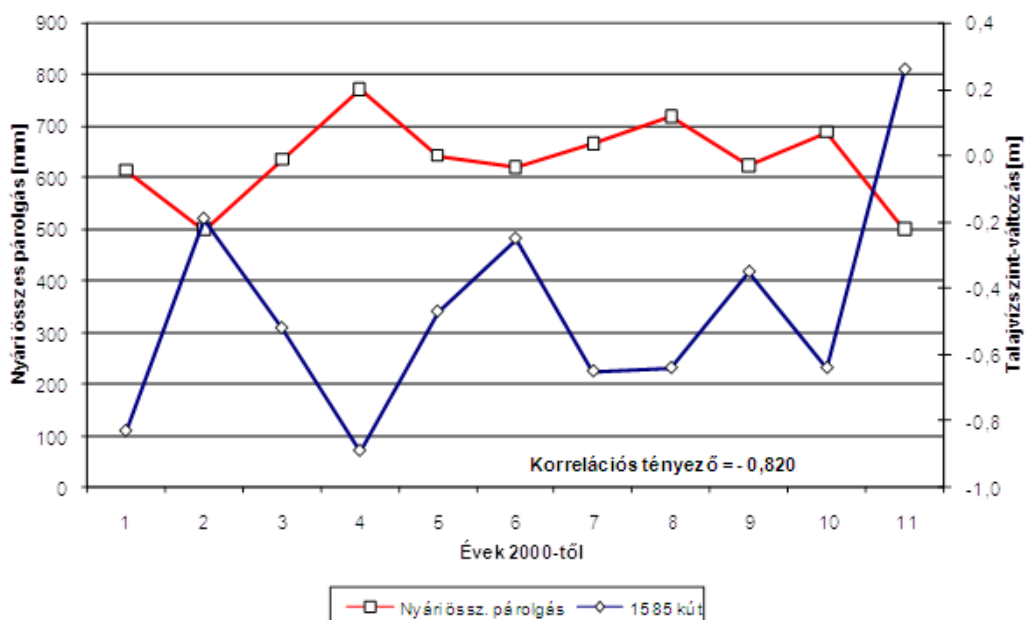
4235-ös kút (Kisvárd) és Császárszállás párolgások: $r = -0,153$.

Negatív korrelációs tényező volt várható, mert a párolgás nagyobb értékeihez alacsonyabb (kisebb) talajvízszinteknek kell tartozni.

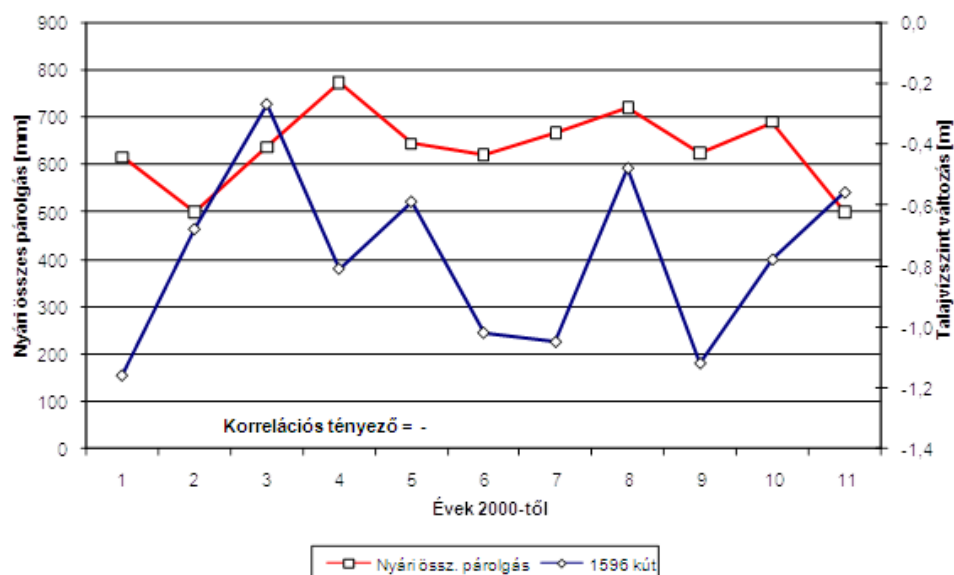
Megállapítható, hogy mivel a hatások a felszín alatt a telítetlen zónában eltolódnak, a felszínen direkt módon mért párolgás adatokból a talajvízszintek ill. a talajvízkészletek mennyiségi változásait egyszerűen nem lehet egyszerűen kimutatni.

Tovább vizsgálódva a nyári hónapok vizsgálata során a nyári összes párolgást vettem össze a nyáron kialakult talajvízszint-süllyedésekkel.

Itt is hasonlóan a hasonlóan az előző (5.2.7.3) pontban foglaltakkal általában 0,6 feletti korrelációs tényezőket számítottam, és most is volt kiugróan jó érték, a Nyírkáta 1585 tsz. kútnál $-0,820$ adódott (a negatív érték jelzi, hogy növekvő párolgáshoz csökkenő talajvízszintek tartoznak), illetve $-0,056$ -os korrelációval olyan kút Gulács 1596 tsz., ahol lényegében nem mutatkozott összefüggés a párolgás és a talajvízszint között. A következő ábrákon (74-75. ábra) ezen két kút megfelelő menetgörbéi láthatók.



74. ábra Talajvízszint-süllyedés a Nyírkáta 1585 tsz. talajvízszint észlelő kútnál a nyári összes párolgás függvényében



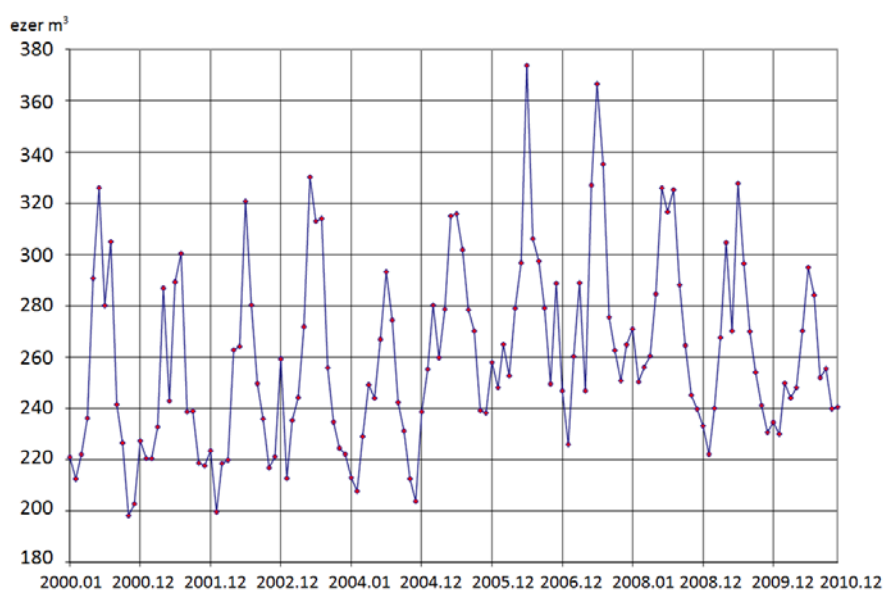
75. ábra Talajvízszint-süllyedés a Gulács 1596 tsz. talajvízszint észlelő kútnál a nyári összes párolgás függvényében

5.2.9 A víztermelés hatása a talajvízszintek alakulására

Természetesen – ahogy már többször említettem – a termelés is hatással lehet a talajvízszintekre. Az ismert termelések zöme ugyan 100-200 m-es mélységekből történik, mégis lehetséges, hogy a mélyben kialakult nyomáscsökkenés valamilyen mértékben magasabban, a talajvíz szintjén is megjelenik. Az ivóvíztermelésre legnagyobb mértékben igénybevett rétegek mellett léteznek kisebb, öntözési célú talajvíztermelések is.

Összegyűjtöttem a fellelhető adatokat a már vizsgált 2000-2010 közti 11 évre. Ezek láthatók a 76. ábrán.

A 11 évi havi termelési (nyaranta nagyobb a vízkivétel nagysága) adatokkal összevetve a vízszintek alakulását semmilyen trend nem volt kimutatható. A vizsgált 25 db kút és a teljes termelés összevetésével nemcsak hogy alacsony, hanem negatív, kiugróan magas negatív korrelációs tényezők adódtak. Egyetlen kivételt képez az 1641-es (balkányi) kút, ahol ez az érték 0,456.



76. ábra Havi összes víztermelés (m^3) a vizsgált területen

Az összes talajvízkútra meghatározott korrelációs tényezők között a következő szélsőértékek adódtak:

Maximális érték az 1641-es kútnál (Balkány)	$r = 0,456,$
Minimális a 3670-es kútnál (Mátészalka)	$r = - 0,348.$

A Balkány 1641 törzsszámú kút ismét kivételt képez; a csapadékra ez volt a legkevésbé érzékeny, a termelésre viszont ez reagál leginkább. A korábbiakban taglalt okok miatt mindez egy véletlen egybeesés eredménye lehet.

Általánosságban megállapítható, hogy a korrelációk általában nagyon gyengék. A térség sok számos területileg szétszórt pontszerűen elhelyezkedő vízbázisainak helyzetéből kifolyólag szignifikáns kapcsolat nem mutatható ki a talajvízszint változás és a víztermelés között. (Itt kell megjegyeznünk azt is, hogy ezek a regisztrált víztermelési adatok nem tartalmazzák sem az engedély nélküli, sem pedig a lakossági ún. kis kutas vízkivételek nagyságát).

A víztermelés hatásának vizsgálatánál érdemesnek látszott még megvizsgálni külön a nagyobb vízbázisok környezetét, és a hozzájuk közel eső talajvíz kutakat. Megemlíthető, hogy a nagyobb vízkivételi művek vízbázisai és a vizsgált talajvízszint észlelő kutak pontszerű helyei nem esnek össze, így csak a vízbázisok tágabb környezetében vizsgálódhattunk. Három vízbázisnál az alábbi eredményeket kaptam:

<u>Vízbázis</u>	<u>Közei észlelőkút</u>	<u>Korrelációs tényező</u>
Kótaj	1570 Nagyhalász	$r = 0,024$
Kótaj	4019 Nyírbogdány	$r = 0,052$
Mátészalka	3670 Mátészalka	$r = - 0,459$!
Nyírbátor	1621 Nyírbátor	$r = - 0,094$

Feltűnő, hogy a 3670-es kút (Mátészalka) a hozzá közeli termelések hatására is ellentétes jelleggel mozog, tehát a termelés növekedésére a vízszint emelkedésével reagál. Kisebb mértékben, de ugyanez volt a helyzet a teljes nyírségi termelés esetében is.

A mélyebb rétegekből történő víztermelés folyamatos, a meglévő hidraulikai kapcsolat folytán vélhetőleg legalább néhány cm-es depressziós hatása van a talajvízre. A talajvíz évszakos változásai azonban nagyobb mértékűek, mint a termelés által kiváltott depressziós hatás.

A talajvíz csökkenésnek számos oka lehet. A KHVM 1999-es tanulmányában legfontosabb tényezőnek a csapadékhányt tartotta a Duna-Tisza közti hátság területén, Pálfai (1996) azonban fontos szerepet tulajdonít a rétegvíz termelés hatásának is. Ugyanakkor Deák József (2006) is osztja azon nézetét miszerint a rétegvíz termelésnél nagyobb terhelést jelent a talajvízre a regionális és lokális áramlási rendszerek működése.

Az ország más területein végzett a talajvízhez kapcsolódó vizsgálatok során az első faktort minden esetben a csapadék, pontosabban a csapadék éves összegének integrált eltéréseivel sikerült azonosítani (Kovács et al., 2002)

A Tiszántúl területén végzett vizsgálatok (Kovács et al., 2005) alapján a második faktor a „nem túl mélyen (150-200 m)” szűrőzött kutak vízkitermelésével azonosítható. A Felső-Tisza-vidék területére függetlenül attól, hogy a hivatkozott vizsgálat erre is kiterjedt véleményem szerint ez nem általánosítható.

Az általam vizsgált területtől délre Szanyi János (Szanyi, 2004) végzett vizsgálatokat a talajvízszint és a víztermelés összefüggéseire. Csak a debreceni II-es vízműnél tudott kimutatni hatást a talajvízre, 3-6 éves késleltetéssel (a hatás nagyságát nem említi). A többi – kisebb - vízműnél nem talált talajvíz-hatást. A Nyírség vízművei kisebbek, nincs olyan nagy koncentrált vízkivétel sehol sem, mint a Debrecen II. Vízműnél.

* * *

Összefoglalásul megállapítható, hogy a talajvízszint-változások okainak meghatározására a lineáris korrelációs számítások nem alkalmasak, mert csak két, egymással közel lineáris kapcsolatban álló mennyiség összehasonlítását teszik lehetővé, miközben itt több, bonyolultabb kölcsönhatás jelenik meg. Továbbá: a talajvízszintet nyilván nem közvetlenül a csapadék, hanem a csapadékból történő beszivárgás mozgatja, a csapadék és a csapadékbeszivárgás kapcsolata viszont nem egyértelmű, és semmiképpen sem lineáris. Még nagyobb ellentmondások képzelhetők el a hiányos kádpárolgási adatok és a tényleges evapotranszpiráció között.

* * *

A faktoranalízis szerint két alapvető ok lehet, ezek: a csapadékbeszivárgás és az evapotranszpiráció, illetve ezek valamiféle összhatása, kombinációja. Ha a víztermelés a harmadik faktor, akkor annak szerepe csak egészen minimális, mert regionális léptékben lehet érvényes.

* * *

Statisztikai vizsgálatokkal kimutattam, hogy a vizsgált regionális térségben a szokványosan alkalmazott lineáris korrelációs együttható nem alkalmas a talajvízszintek és a valószínűsíthető ható okok kapcsolatának kimutatására. A vizsgált időintervallumok célszerű változtatásával azonban kimutatható volt a téli csapadék és a nyári evapotranszpiráció elsődleges szerepe.

5.3 A vízminőségi adatsorok elemzése klaszteranalízissel

A vízminőség a két fő vízföldtani egységen belül vizsgált kutakban bizonyos komponensek tekintetében meglehetősen hasonló, más komponensek vonatkozásában különböző. A Nyírség területén alapvetően kalcium-hidrogénkarbonátos vizeket találunk, kivéve a lokális feláramlási jellegű pontokat, valamint a Nyírséghez kapcsolódó Rétköz területét, ahol közel hidrosztatikus illetve enyhén pozitív nyomásállapot jellemző.

A Szatmár-Beregi síkság esetében jellemzően alkáli (Na- K) hidrogén-karbonátos vagy kevert rétegvizeket találunk, természetesen azonban itt is vannak kivételek pl. a Szatmári-sík területéhez tartozó peremi helyzetű Milota, vagy a Beregi-sík területéhez tartozó települések egy része.

A vízkémiai eredmények tehát alkalmasak a vizsgált területünkön a felszín alatti vizek hidrodinamikai jellegének vizsgálatára (Erdélyi, 1979).

A vízminőségi adatok feldolgozásánál zömében a terület vízmű kútjaiban az Ivóvízminőség-javító Program előkészítő szakaszában végzett vízvizsgálatok eredményeit használtam (Virág in VIZITERV, 2005).

Az elemzésbe bevonandó adatok körének megvonásánál törekedtem arra, hogy a vízminták közel egy időből származzanak, s lehetőség szerint a vizsgáló labor is ugyanez legyen. A kutak nagy száma miatt két csoportban végeztem el a vizsgálatot. A nyírségi csoportnál összesen 42 vízműkút vizében mért 16 vízminőségi komponenst vizsgáltam.

A vizsgált komponensek a következők: fajlagos vezetőképesség, pH, Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, NH₄, Cl, SO₄, NO₃, NO₂, összes keménység, KOI, arzén.

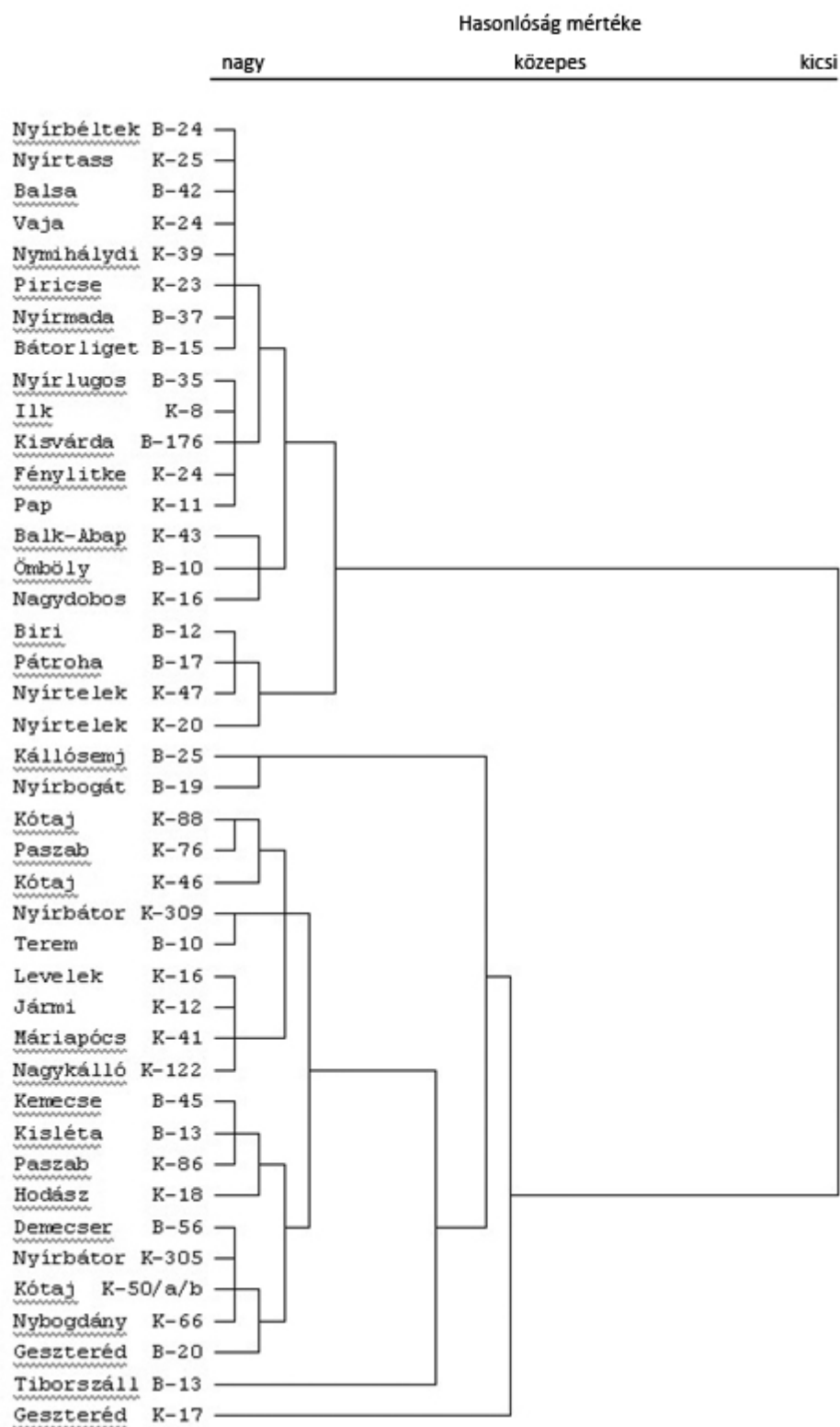
A klaszter analízis – mindkét vizsgált területen – két nagy osztályba sorolja a vizeket. A két osztály lényegében csak a nátrium, a vas és az arzéntartalom szempontjából különbözik.

5. táblázat A Nyírség vízminőségi klaszterosztályai

Nyírség, 1-es klaszter		Nyírség, 2-es klaszter	
1	Balkány-Abap. K-43	1	Demecser B-56
2	Balsa B-42	2	Geszteréd B-20
3	Biri B-12	3	Geszteréd K-17
4	Fényeslitke K-24	4	Hodász K-18
5	Kisvárdá B-176	5	Kállósemjén B-25
6	Nyírbéltek B-24	6	Kemecse B-45
7	Nyírlugos B-35	7	Kisléta B-13
8	Nyírmada B-37	8	Kótaj K-50/a/b
9	Nyírmihálydi K-39	9	Kótaj K-46
10	Nyírtass K-25	10	Kótaj K-88
11	Nyírtelek K-20	11	Levelek K-16
12	Nyírtelek K-47	12	Máriapócs K-41
13	Ömböly B-10	13	Nagykálló K-122
14	Pap K-11	14	Nyírbátor K-309
15	Pátroha B-17	15	Nyírbátor K-305
16	Piricse K-23	16	Nyírbogát B-19
17	Vaja K-24	17	Nyírbogdány K-66
18	Bátorliget B-15	18	Paszab K-76
19	Ilk K-8	19	Paszab K-86
20	Nagydobos K-16	20	Jármí K-12
		21	Terem B-10
		22	Tiborszállás B-13

A nyírségi terület vízminőségi dendogramját a 77. ábra. mutatja.

A Nyírség két klaszterének vízminőségi jellemzőit tekintve meglehetősen vegyes képet kapunk. A Dél-Nyírség peremén levő Tiborszállás és Terem ugyanabban a klaszterben található, mint pl. Kótaj illetőleg Demecser.



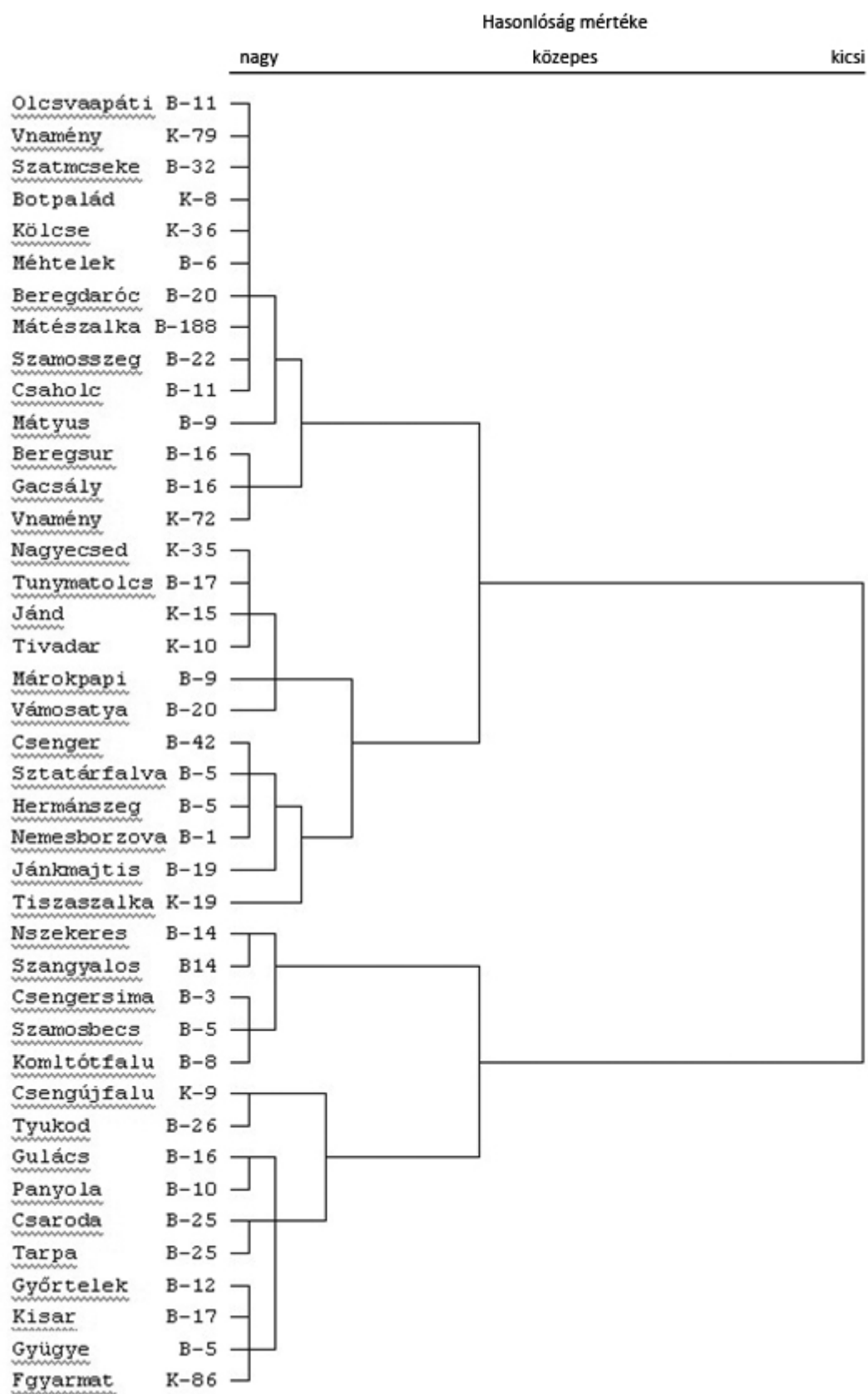
77. ábra Nyírségi vízműutak vízminőségi dendogramja

A beregi terület két klaszterének kútjai a 6. táblázatban szerepelnek, a dendogramot pedig a 78. ábrán láthatjuk. A 2-es klaszterosztály mind földrajzi helyzetét, mind pedig hidrogeológiai tájegység szerinti hovatartozását tekintve különül el a Szatmár-Beregi síkságon belül, Tarpa kivételével a szűkebb értelemben vett Szatmári-sík területéhez tartozik.

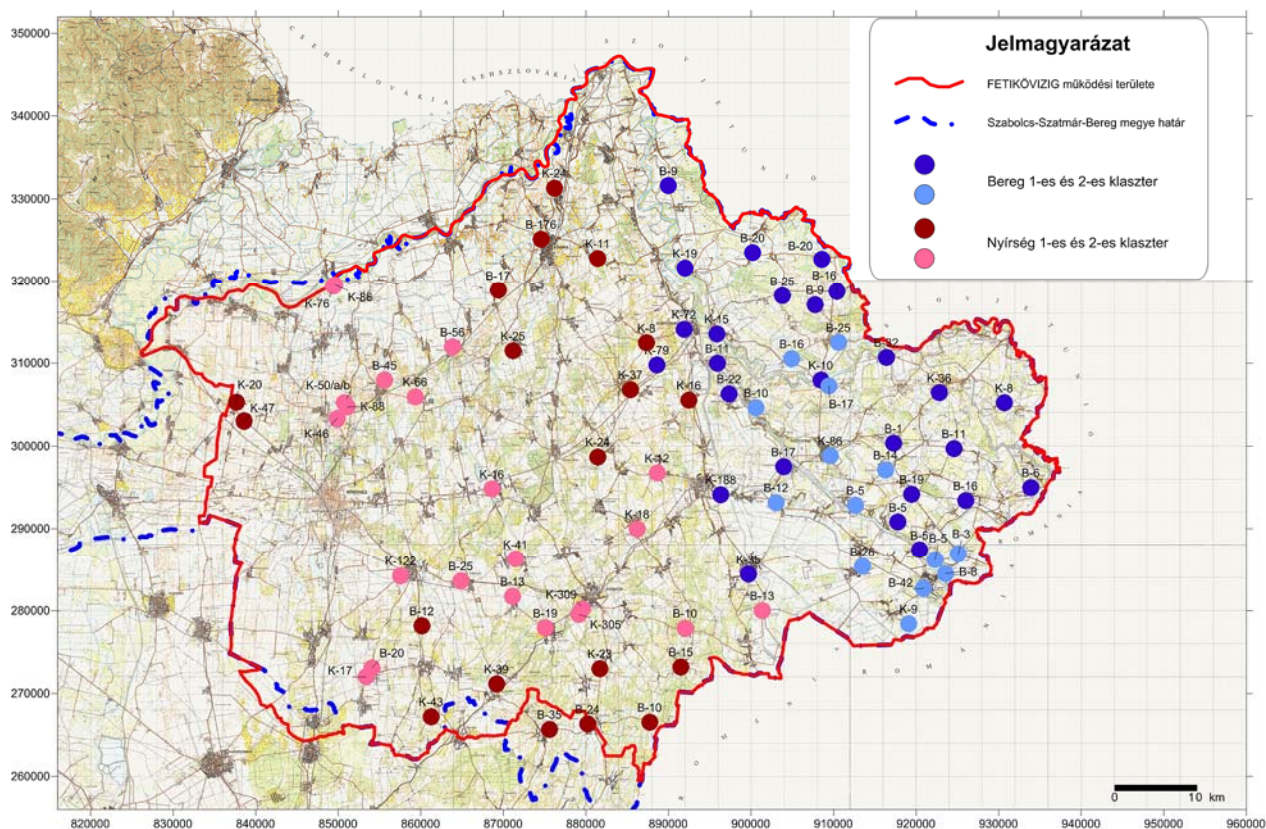
6. táblázat A Szatmár-Beregi síkság vízminőségi klaszterosztályai

Bereg, 1-es klaszter		Bereg, 2-es klaszter	
1	Bregdaróc B-20	1	Csenger B-42
2	Beregurány B-16	2	Csengersima B-3
3	Botpalád K-8	3	Csengerújfalu K-9
4	Csaholc B-11	4	Fehérgyarmat K-86
5	Csroda B-25	5	Gulács B-16
6	Gacsály B-16	6	Győrtelek B-12
7	Hermánszeg B-5	7	Gyügye B-5
8	Kölcse K-36	8	Kisar B-17
9	Márokpapi B-9	9	Komlódtótfalu B-8
10	Mátészalka B-188	10	Nagyszekeres B-14
11	Mátyus B-9	11	Panyola B-10
12	Méhtelek B-6	12	Szamosangyalos B14
13	Nagyecsed K-35	13	Szamosbecs B-5
14	Nemesborzova B-1	14	Tarpa B-25
15	Olcsvaapáti B-11	15	Tyukod B-26
16	Sztatárfalva B-5		
17	Szamoszeg B-22		
18	Szatmárcseke B-32		
19	Tiszaszalka K-19		
20	Tivadar K-10		
21	Tunyogmatolcs B-17		
22	Jánkmajtis B-19		
23	Vámosatya B-20		
24	Vnamény K-72		
25	Jánd K-15		
26	Vnamény K-79		

Az 1-es klaszter a Beregi-sík területének összes vizsgált kútját tartalmazza, mindemellett a Szatmári-sík számos kútja is szerepel a klaszterosztályban. Tulajdonképpen ez a klaszter az átmeneti enyhén pozitív nyomásállapotú területeken levő kutakat tartalmazza. A klaszterosztályok térképi megjelenítése a 79. ábrán látható.



78. ábra A Beregi terület vízminőségi dendogramjai



79. ábra A vízminőségi adatok klaszterosztályainak térképi megjelenítése

Össességében megállapítható, hogy a két osztály mindkét vizsgálati területrészen lényegében csak a nátrium, a vas és az arzéntartalom szempontjából különbözik. Ezek átlagértékeit az egyes részterületeken és klaszterekben a 7. táblázat tartalmazza.

7. táblázat A Na-, Fe- és As tartalom átlagértékei a vizsgált területen

Na		Fe		As	
1 klaszter	2 klaszter	1 klaszter	2 klaszter	1 klaszter	2 klaszter
Nyírség					
21,5 mg/l	43,2 mg/l	1,844 mg/l	0,478 mg/l	17,1 µg/l	28,1 µg/l
Bereg					
31,2 mg/l	48,7 mg/l	1,586 mg/l	0,365 mg/l	13,3 µg/l	5,2 µg/l

Az átlagérték (számtani közép) nem jellemzi elég jól a rendelkezésünkre álló adatrendszer (mintát), mert az átlagot már egyetlen extrém érték is jelentősen eltorzítja. Ezért a fenti hat mintát a matematikai statisztika „boxplot” módszerével is megjelenítettem. A boxplot-ok a minta mediánját, illetve az ahhoz közeli és távoli értékeket is ábrázolják.

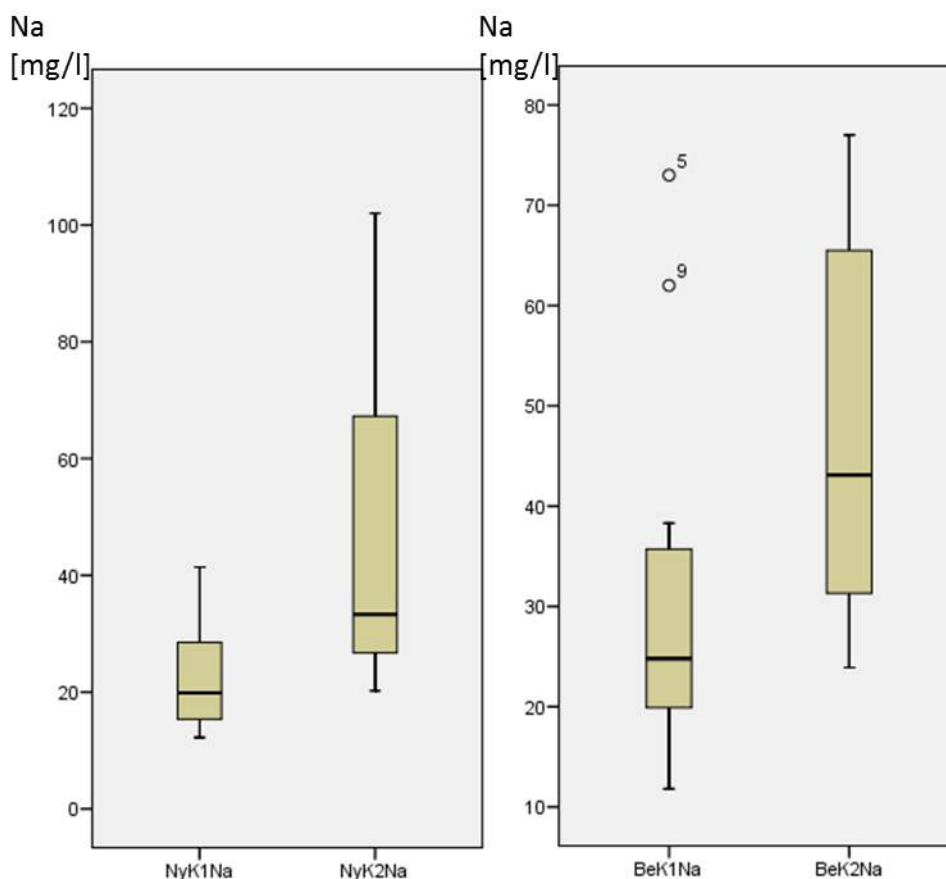
A medián olyan jellemző érték, amelynél nagyobb és kisebb elem is ugyanannyi van a mintában. A 80. és 81. ábrákon látható dobozokat megosztó vastag vonal a medián.

A dobozok magassága az adatok darabszám szerinti 50 %-át foglalja magában. Ha a medián nem a doboz középvonalában helyezkedik el, akkor a nála nagyobb (vagy kisebb) értékek a gyakoribbak az adatok 50 %-án belül.

A dobozokból alul és felül induló karok:

- vagy a minimális és maximális elemek értékéig nyúlnak,
- vagy a dobozok magasságának másfélszereséig.

Az utóbbi esetben nem minden adat esik a karok alja és teteje közé, hanem lesznek kieső, ún. outlier adatok is. A dobozmagasság 1,5-szörösén kívül eső értékek O-val, az extrém outlierok pedig *-gal vannak jelölve.

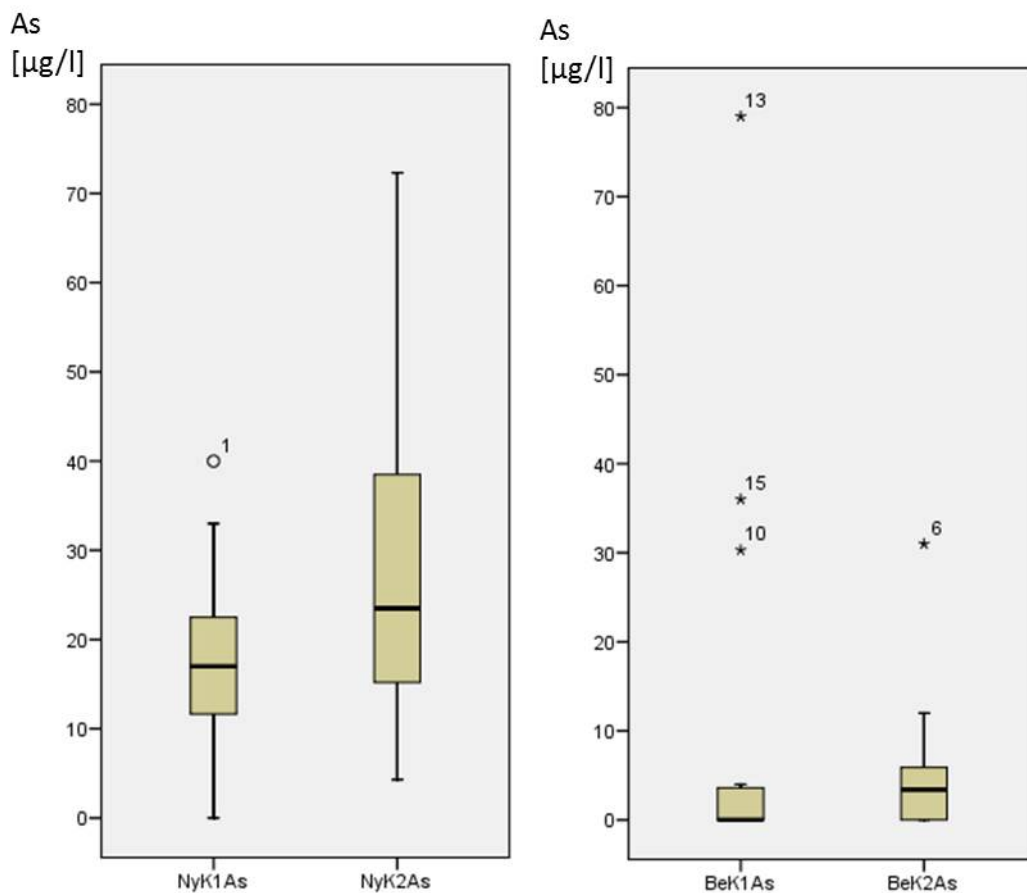


80. ábra A nátrium koncentráció alakulása a nyírségi és a beregi vízmintákban

Látható, hogy a Nyírség 2-es klaszterében lényegesen nagyobb és sokkal szórtabb Na értékek találhatók, Hasonló a helyzet a Bereg 2-es klaszterosztályában is.

Az As inkább a Na-hoz hasonlít, a 2-es klaszter értékei magasabbak, 70 $\mu\text{g/l}$ feletti érték is előfordul, miközben az 1-es klaszter kisebb arzénkoncentrációi között a Balkány-Abapusztai K-43-as kút 40 $\mu\text{g/l}$ adata már kieső értéként jelenik meg.

Az As koncentráció boxplotjai a 81. ábrán láthatók.



81. ábra Az As koncentráció alakulása a nyírségi és beregi vízmintákban

A Bereg-Szatmári süllyedék területén sokkal több a kieső, sőt az extrém kieső érték. Az 1-es klaszter 13. kútjában (Nagyecsed K-35) a 79 µg/l As koncentráció a környezethez képest annyira sok, hogy amennyiben nem ismernénk a területet, akár az adat hitelességében is kételkedhetnénk.

Az előzőek alapján megállapítható, hogy a vizsgálati terület vízföldtani szempontból eltérő két nagy tájegységre jellemző vízminőségi adatok klaszter analízissel történt vizsgálatával megállapíthatóvá vált, hogy különbségeket csak három komponens esetében sikerült kimutatni. A két nagy vízföldtani tájegység vízminőségének különbözősége mindhárom komponens esetében lekövethető.

* * *

A felszín alatti vizek áramlási jellege és a vízminőség közötti szoros kapcsolat a vizsgált területen is kimutatható, melyet e dolgozat keretein belül elvégzett klaszteranalízis eredményei is alátámasztanak.

6 Összefoglalás, tézisek

A dolgozat tárgya és fő célja a földtani felépítésnek és a felszín alatti vizek mozgásának összefüggés-vizsgálata volt a Felső-Tisza-vidék területén.

Szakmai tevékenységem során többször találkoztam olyan jelenségekkel, amelyek nem illettek az általában tapasztaltakhoz, a közismert szabályokhoz. Ezeket az anomáliákat szerettem volna tisztázni egy átfogó vizsgálat keretében. További célom volt, hogy a terület kitermelhető vízkészletéről megjelent adatokat ellenőrizsem. A kutatómunka folyamán foglalkoztam a terület hidrogeológiájával, a felszín alatti áramlási rendszerekkel, és a különböző áramlási rendszerekben eltérő jellegű vízminőségi paraméterekkel.

A talajvíztartó rétegek vízszintjeinek elemzéseiből láthattuk, hogy a bemutatott hidraulikailag összefüggő többszintes rétegzett rendszer felszín közeli első víztartó rétegében elhelyezkedő talajvíz szerepe a megújuló készletek keletkezése szempontjából minden kétséget kizáróan óriási jelentőséggel bír.

Az elvégzett kutató munka eredményeit a következőkben felsorolt tézisek tartalmazzák. A kapott eredmények a későbbiek folyamán mind a napi hidrogeológiai szakvéleményező és tervezési tevékenység során, mind pedig a vízgyűjtő-gazdálkodási tervek felülvizsgálata és korszerűsítéséhez is jól hasznosíthatók.

Tézis1

Vizsgálataimban kimutattam, hogy a Felső-Tisza vidék áramlási rendszerének kialakításában a tradicionális hidrogeológiai környezeti elemek mellett a terület összetett rétegzettségi viszonyainak kiemelkedő szerepe van. Tovább árnyalják a képet a földtani felépítés inhomogenitásai, a vízminőségi anomáliák és a térségben levő felszín alatti víztestek országhatárral osztott volta.

Komplex földtani, vízföldtani, hidrodinamikai, vízkémiai és izotóphidrológiai vizsgálatokkal igazoltam a vizsgált terület pleisztocén rétegösszletében feltételezett (Alföldi 1986, Erdélyi 1975 és 1979, Halász 1975 és 1995, Marton 1979, Rónai 1985, Székely 2003 és 2006, Tóth 1963 és 1995, Völgyesi 2004) regionális rétegvíz-áramlási rendszer működését.

Ezt a vízmozgást azonban a felszín alatti rétegződés jelentősen befolyásolhatja. Esetünkben a vízvezető és (kvázi) vízzáró rétegek váltakozásából álló többszintes rendszerről van szó. A terület az Alföld viszonylatában meghatározó két eltérő jellegű vízföldtani tájegységre tagolható.

Megállapítható volt, hogy a talajvíztartó képződményeken keresztül indulva a mélyebb vízvezető és féligáteresztő rétegek részvételével az egész összlet szerephez jut a vízszállításban. A vízmozgást akadályozó rétegek lényegesen nem befolyásolják az egész régió vízmozgását, mert az összlet lencsés kifejlődésű, és ez a megállapítás nem csak a féligáteresztő rétegekre, hanem a vízvezetőkre is igaz. Ezek a megállapítások elsősorban a felső- és középső pleisztocén rétegekre vonatkoznak.

Tézis2

Vizsgálataimmal megerősítettem azt a megállapítást, hogy a pliocén összletben a pleisztocéntól különböző, annál sokkal kisebb intenzitású szivárgás alakult ki. Ezért hidrogeológiai szempontból különösen fontos a pliocén-pleisztocén határ kimutatása.

A kút nyomásszintek és a vízminőségi adatok is azt mutatják, hogy a pliocén korú rétegek már csak nagyon kismértékben vesznek részt az 1. tézisben szereplő erők által vezérelt áramlási rendszerben. Némiképpen vizet kapnak a pleisztocénből, a mélység felé történő átadódás mértéke a területre végzett korábbi számítások (VITUKI, 1991) alapján mm/év nagyságrendű lehet.

Processing MODFLOW-al végzett egyszerű 2D-s modellel vizsgáltam a pleisztocén fekűn keresztül történő függőleges vízforgalom alakulását Nyírbátor térségében két változatra: a.) vízzáró fekű nélkül, a mélyebb rétegek felé történő átadódás 4-7 mm/év, b.) vízzáró fekű feltételezésével, a függőleges vízforgalom zérus. Megállapítható, hogy az áramkép alakulásában (23. ábra) jelentős eltérések nincsenek.

Ezek szellemében helyesen járunk el akkor, mikor a pleisztocén összletre telepített ivóvízbázisok vízbázisvédelmi célú modellezésénél a pliocén-pleisztocén képződmények határán levő kis áteresztőképességű agyagos rétegek (levantei) jelenléte miatt – kvázi vízzáró fekűt feltételezve - a pleisztocén összletet önálló rendszerként kezeljük.

A pleisztocén fekű meghatározását tovább kell pontosítani a területen. A Nyírteleki vízbázisvédelmi diagnosztikai munkák (Virág in VIZITERV, 2009) végrehajtása kapcsán meggyőződhattünk róla, hogy a szinte egymás mellett levő mélyfúrási rétegsorokon belül statisztikai alapon nem, de fáciestani alapon gyanítható volt, mágneses szuszceptibilitás alapján pedig egyértelműen meg lehetett állapítani a pleisztocén fekűt (Kozák, Püspöki 2009). **A pliocén-pleisztocén határ kimutatására a mágneses szuszceptibilitás mérés bevonása a karotázs-szelvényezésbe gyakorlatban kipróbált üzemszerű módszer, ezért a mélyfúrású kutak létesítése során – legalább az alsó-pleisztocénre települő fúrásoknál - javasolom ennek alkalmazását.**

Tézis3

Vizsgálataim alapján a Felső-Tisza vidék vízellátása szempontjából kiemelkedő hármastagozódású (alsó-, középső- és felső) pleisztocén összleten belül az általam vizsgált mélységterületileg két ill. három elkülöníthető típusra bontható. A szekvencia-sztratigráfia eszközeivel bizonyítható volt, hogy ezek az elkülönülő egységek eltérő fáciestani csoportot képviselnek.

A rétegtani felépítést matematikai statisztikai vizsgálata céljából a terület „vízműves” kútjainak rétegsorát a karotázsszelvények alapján klaszteranalízissel vizsgáltam. A karotázsszelvények a vízvezető és vízzáró rétegek szétválasztására alkalmasak, emiatt várható volt, hogy a vízföldtani szempontból különböző részek a szelvények különbözőségében is megjelennek. A természetes gamma szelvényeket elemeztem 38 mélyfúrású kútban (45. ábra). Ezek mindegyikében a 30 és 132 m közötti mélységekre vonatkozóan rendelkeztem adatokkal. Ez a mélységköz a víztermelés szempontjából egyik legfontosabb tartományt fogja közre. Két elkülönülő klaszterosztályt (1-2) sikerült megkülönböztetni. Az 1-es klaszterosztály további két alosztályra tagolódik.

A vizsgált mélységközön belül bemutatott eltérő üledék-jellegek magyarázatát a terület jelentősebb ivóvízbázisain elvégzett szekvencia-sztratigráfiai vizsgálatok eredményei (Demeter et. al, 2010) adják. A kiválasztott mélységterületen belül a kutakban feltárt rétegsort három nagy fáciestani csoportba lehet sorolni, ezek a következők: folyóvízi, ártéri és lakusztikus kifejlődésű képződmények.

A 2. klaszter osztályt illetően a regionális korrelációkat tekintve Nyírtelek és Fehérgyarmat területe nem jelent átlagos nyírségi kifejlődéstípust (1. klaszter). Nyírtelek a Nyírségi hordalékkúpot Ny-ról szegélyező pannon hát területére esik.

A regionális karotázs-korrelációs szelvényen (47. ábra) jól látható, hogy a Nyírteleki B-38 kataszteri számú kút földtani rétegsorában a negyedidőszaki rétegsor középső, uralkodóan lakusztikus (tavi) üledéksorozata a meghatározó a felső 130 m-nyi szakaszon. Fehérgyarmat ezzel szemben a Felső-Tiszavidék fiatal üledékekkel borított területe a határon túli területeket is figyelembe véve különösen szembetűnően az Észak-Erdélyi lehordási terület hatása alatt kialakuló 4-5. ciklusok üledéksorával fedett.

Lokális szelvényeken a fenti állítások részletesebben is láthatók. Nyírtelek esetében lakusztikus kifejlődés jelenléte, Fehérgyarmatnál pedig a Tisza kanyarogva feltöltő üledéksorának ártéri képződményei dominálnak (Püspöki et. al., 2013).

Az így kapott eredmények alapján – a földtani és geofizikai adatok egységes értelmezése révén - javaslom a szekvencia-sztratigráfia alkalmazását a vízbázisvédelmi modellezési gyakorlatban a modell geometriájának pontosítására.

Tézis4

A felszín alatti vizek áramlási jellege és a vízminőség között szoros kapcsolat a vizsgált területen is kimutatható, melyet e dolgozat keretein belül elvégzett klaszter analízis eredményei is alátámasztanak.

A vizsgált terület illetve a részterületek áramlási képét és a jellemző vízminőségi adatokat összevetve megállapítható, hogy a leszálló vízmozgás övezetéhez tartozó Nyírségben jóval több vízminőségi probléma adódik (nagyobb keménység, magasabb gáztartalom stb.), mint a természetes állapotbeli vízmozgás tekintetében feláramlási területhez tartozó Bereg-Szatmári síkságon. A kiemelt vízminőségi komponensek jellemzésére számos vízminőségi komponens koncentráció-eloszlás térképet szerkesztettem a területre, mely hiánypótlást jelent a Felső-Tisza vidék felszín alatti vizeinek vízminőségi jellemzőinek bemutatásában. Ezek közül a maximális metán tartalom eloszlás térképét a 35. ábrán mutatom be.

Egy részletesebb vizsgálat keretében a terület átfogó vízminőségi jellemzésére klaszteranalízist végeztem. A vizsgálat célja az egymáshoz hasonló – vagy egymástól különböző vízminőségű- alsó pleisztocén vízáradó rétegekre telepített mélyfúrású kutak elkülönítése volt. A vizsgálatot 16 vízminőségi komponensre terjesztettem ki: fajlagos vezetőképesség, pH, Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, NH₄, Cl, SO₄, NO₃, NO₂, összes keménység, KOI, arzén.

A klaszter analízis – mindkét rész-területen – két nagy osztályba sorolja a vizeket, melyet a 4. ábrán mutatok be. A két osztály lényegében a nátrium-, a vas- és az arzéntartalom szempontjából különbözik. Az As tartalmat illetően megállapítható, hogy az összesen négy klaszterből csak a Bereg-Szatmári süllyedék 2. klaszterében volt az átlagos As tartalom határérték alatti, 5,2 µg/l, máshol magasabb átlagértékek mutatkoztak. Meghatározó volt a Na koncentráció alakulása, mely kiugróan magas a felszálló vízmozgás területéhez tartozó Szatmári-sík területén.

A kapott eredményeket összevetve a dolgozat keretében szerkesztett vízminőségi és izotóphidrogeológiai vonatkozású térképekkel jól igazolhatók a vízmozgás és a vízkémiai jellemzők összefüggései (Varsányiné 2000, Deák 2006) vizsgálati területünkön is.

Tézis5

Faktor analízis alkalmazásával bebizonyítottam, hogy a területen a talajvízszintek változékonyságának mintegy 80 %-át két fő tényező határozza meg. Nem volt tehát szükség nagyszámú ható ok keresésére, hatásának ellenőrzésére.

Dolgozatomban kiemelt jelentőséget tulajdonítottam a talajvíznek, mint a terület legfontosabb készletfaktorának. A talajvízszint-változások okainak felderítése érdekében faktoranalízist alkalmaztam, mert a talajvízszint nem valamilyen egyirányú ok-okozati összefüggés végeredményeképpen változik, hanem a folyamatban több különböző mértékű kölcsönös függőség kap szerepet. Céлом a sokváltozós adatállomány jellemzése volt a változók számánál kisebb számú ún. faktorról úgy, hogy a faktorok az eredeti változók lehetőség szerinti legtöbb információját tartalmazzák. 71 kút évi 12 havi közepes vízszintjét, 2000-2010 között összesen 132 adatát vizsgáltam, illetve ugyanerre az időszakra 21 állomás csapadékadatait és 3 állomás kádpárolgási adatait használtam fel.

Két jelentős faktor adódott. Az első a változékonyság 66 %-áért felelős, a másodikkal együtt már több, mint 78 %-ot képviselnek. A harmadik faktor – és a többiek – már csak nagyon kis súllyal szerepelnek.

A faktoranalízis nem tudja megnevezni a ható okokat, erre külön korrelációs vizsgálatok elvégzésére volt szükség. Ennek eredményeit a következő tézisben mutatom be.

Tézis6

Statisztikai vizsgálatokkal kimutattam, hogy a vizsgált regionális térségben a szokványosan alkalmazott lineáris korrelációs együttható nem alkalmas a talajvízszintek és a valószínűsíthető ható okok kapcsolatának kimutatására. A vizsgált időintervallumok célszerű változtatásával azonban kimutatható volt a téli csapadék és a nyári evapotranszpiráció elsődleges szerepe.

Megállapítható, hogy a talajvízszint-változások okainak meghatározására a korrelációs számítások nem alkalmasak, mert csak két mennyiség összehasonlítását teszik lehetővé, miközben ebben a folyamatban egyszerre több kölcsönhatás jelenik meg. Az elvégzett kutatások szerint a Felső-Tisza térségében a talajvízszint-változások sokkal bonyolultabban zajlanak, mint ahogy azt általában gondolni szoktuk.

Továbbá: a talajvízszintet nyilván nem közvetlenül a csapadék, hanem a csapadékból történő beszivárgás mozgatja, a csapadék és a csapadékbeszivárgás kapcsolata viszont nem egyértelmű, és semmiképpen sem lineáris. Gondolni kell például arra, hogy amíg nyáron egy percek alatt lehulló 30 mm-es égszakadás szinte teljes egészében lefolyik, a nem túl nagy mélységbe beszivárgó része pedig még aznap az evapotranszpiráció áldozata lesz, addig a tél elején a hosszú órákig permetező 30 mm szinte teljes egészében a talajba, majd a talajvízbe juthat.

Még nagyobb ellentmondások képzelhetők el a hiányos kádpárolgási adatok és a tényleges evapotranszpiráció között. Akár azt is feltételezhetjük, hogy az evapotranszpiráció értéke ismeretlen.

Fentieknek megfelelően a napi csapadékok, illetve a havi csapadékatlagok alapján – a tárgynapi illetve a tárgyhavi átlagos talajvízszintekkel összevetve – csak nagyon gyenge korrelációkat számíthattam. A havi értékek maximuma $r = 0,284$ volt, a napi értékek alapján pedig $r = 0,475$ adódott, tehát nagyobb, mint a havi átlagokkal számítható érték. Ez arra utal, hogy a talajvízszintek a csapadékokhoz nem túl nagy (mindössze 1-2 napos) késéssel követik (65. ábra).

Ugyanakkor a 2010-2011-es évek ún. standardizált vízállásait vizsgálva (66. ábra). az látszik, hogy a havi átlagcsapadék hatása csak a következő hónap átlag-vízállásában jelenik meg.

Tekintettel arra, hogy a talajvízszinteket elsősorban a téli csapadék befolyásolhatja, számítottam a korrelációs tényezőket csak a téli félév hónapjaira. Így valóban adódtak nagyobb korrelációk is, $r = 0,393$ lett a maximum.

Végül pedig megvizsgáltam a féléves értékek kapcsolatait, konkrétan a téli és nyári féléveket értékeltem.

A téli hónapok csapadékösszegét korreláltattam a téli hónapok alatt kialakult talajvízszint-változásokkal (általában emelkedésekkel). Így már elég jók a kapcsolatok, 0,6 feletti. A maximális érték $r = 0,857$ volt.

A nyári hónapok vizsgálata során a nyári összes párolgást vettem össze a nyáron kialakult talajvízszint-süllyedésekkel. Így is általában 0,6 feletti korrelációs tényezőket számítottam, és most is volt kiugróan jó érték, $r = 0,820$.

A faktoranalízis szerint két alapvető ok lehet, ezek: a csapadékbeszivárgás és az evapotranszpiráció. Ha a víztermelés harmadik faktor, akkor annak szerepe sokkal kisebb az előző kettőnél.

Tézis7

A vízháztartási ökológiai vizsgálatok alapján bebizonyítottam, hogy a vizsgált területen a felszín alatti vizek kihasználtsága még az ökológiai vízigények figyelembevételével is kisebb mint 100 %.

Vizsgálataim szerint a Felső-Tisza-vidék területén nem tapasztalható túltermelés, vagyis a felszín alatti vizek kihasználtsága a korábbi mértékadó vizsgálatok alapján sem tekinthető kritikusnak a területen. Előfordultak ugyan károsodások egyes vizes élőhelyeken - az ország más részeihez hasonlóan - aszályos időszakokban (kb. 1970-1995 között, majd később is, rövidebb időkre), de tartós károsodási tendencia nem figyelhető meg. Ha volna ilyen - a felszín alatti vizek túltermelése következtében, akkor az a talajvízszintek tartós süllyedésében is megnyilvánulna, de ezt se tapasztalhattuk.

Semmiképpen nem elfogadható tehát az az állítás, ami az MTA (2011) anyagában olvasható: „A száraz időszakokban kialakuló talajvízszint-süllyedés, majd a nedves időszakban az emelkedés elmaradása a térség vízháztartási egyensúlyának felborulását jelzi. Feltételezhető, hogy a jelenleg fennálló emberi hatások miatt a talajvízszint regenerálódása a csapadékhiány tartós megszűnése esetén sem következne be.” Nem így történt, aszályos években süllyedés, nedvesebb időkben (főleg 1999-ben és 2010-ben) emelkedés zajlott. Az elmúlt 50-60 évre vonatkozó talajvíz-menetgörbék (51., 52., 53. ábra) többsége emelkedő trendet mutat.

Tézis8

A komplex hidrogeológiai vizsgálatok fényében megállapítottam, hogy a jelenlegi monitoring rendszert optimalizálni kell. Nagy súlyt kell fektetni az országhatárral osztott vízbázisok vizsgálatának keretein belül a közös monitoring rendszer fejlesztésére is.

Szükségesnek látszik a meglévő monitoring-rendszer fejlesztése, finomítása, optimalizálása. Az észlelő kutak mélységének, kiképzésének illetőleg horizontális elhelyezésének módszertani kérdéseit tovább kell pontosítani.

Különösen a rétegvízszint-észlelések fejlesztése volna kívánatos – a termelő telepektől nagyobb távolságra, zavartalannak tekinthető pontokon.

A talajvízforgalom jobb megismerése érdekében pedig a párolgásmérések sűrítésére volna szükség, illetve a párolgásmérések helyszínei mellett talajnedvesség-mérésekre, hogy a háromfázisú zónában zajló aerációs folyamatokat – nyáron, de télen is – követni lehessen.

7 Summary

The general goal of my dissertation is the examination of relationships between the water bearing geologocial formations and the groundwater flow system in the Upper-Tisza Region.

On the process of my work I met several times with those symptoms, which didn't mach to common experiences , the well known laws on the areas of hydrogeology in the Upper-Tisza Region.

The Upper-Tisza Region situated on the Northeast part of the Great Hungarian Plain. The geological formations storing the subsurface waters have a multilayered structure in this area. The water bearing layers (aquifers) separeted by semipervious ones (aquitards). The region devided in two large recharge and discharge groundwater flow system areas: the Nyirseg and the Bereg-Szatmar Plain. This position complicated by the several border areas where the boundary line crosses a geologically continuous, hydraulically unconfined system.

The drinking water supply based on the Pleistocene alluvial aquifers in 100 % rate. That's why subsurface waters play an important role in water management of the Upper-Tisza Region.

In the framework of a general examination I'd would like to explane the anomalies of water quantity and quality characteristics of this multilayered alluvial system with examination of hydrological regime and the geological and hydrogeologival characteristics of the area. The groundwater flow system, the water dependent ecosystems and the available water resources have a strong connection.

In order to obtain more knowledge of hydrogeological characteristics of the area and the transboundary aquifers I accounted and evaluated up to the present gathering working experiences and informations by using among others the new tools of sequence stratigraphy as well.

I evaluated the hydrological balance of the area and the main resource-growing factors and examined with mathematical statistics analyzing the water quantity and quality databases concerning the groundwater and the deep aquifers.

The maint results of this reserarching work and my suggestions I summarized in eight thesis.

#

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Megköszönöm témavezetőmnek Szűcs Péternek a lehetőséget, a segítséget és a szakmai konzultációkat, hogy ezt a disszertációt elkészíthessem.

Köszönöm Kovács Balázsnak, Madarász Tamásnak az építő kritikát és gondolatokat a disszertáció összeállításához.

Nagyon köszönöm Völgyesi Istvánnak és Csegény Józsefnek a szakmai és megjelenítésbeli ötleteket és a hathatós segítséget, kollégáimnak, Lakatos Attilának és volt VIZIG-es kollégáimnak az együttműködést.

Végezetül köszönöm családomnak a hozzáállást és támogatást. Különös szeretettel köszönöm Eszternek, Botondnak és Mártonnak a tőlük kapott sok- sok pozitív energiát.

Irodalomjegyzék

1. Borsy Z. (1969): A tiszai Alföld. Magyarország tájféldrajza. Akadémiai Kiadó, 1969.
2. Alföldi L. (1986): A felszín alatti vízáramlások szerepe a vízkészletek megújulásában, Földtani Kutatás, XXIX/4.
3. Davis, J.C.: Statistics and Data Analysis in Geology. John Wiley & Sons, New York, 1973.
4. Deák József – A környezeti izotópok hidrogeológiai alkalmazása, VITUKI Budapest, 1988.
5. J. Bear – A.H.-D. Cheng: Modeling Groundwater Flow and Contaminant Transport. Springer, 2010.
6. Csiki Gábor (1971): Földtani szelvény a magyar medencén keresztül Algyőnél Csapig, Kézirat 1971.
7. Demeter Gábor-Püspöki Zoltán-Lazányi János-Buday Tamás (2010): Szekvenciasztratigráfiai alapú földtani kutatás Nyíregyháza-Szatmárnémeti térségében, Debrecen (HURO/0801/121 projekt), 2010.
8. Deák József (2006): A Duna-Tisza köze rétegvíz áramlási rendszerének izotóp-hidrogeológiai vizsgálata. Doktori (PhD) értekezés, Budapest 2006.
9. Erdélyi M. (1975): A magyar medence hidrodinamikája (Hidrológiai Közlöny, 55. 4. pp. 147-156)
10. Erdélyi M. (1979): A magyar medence hidrodinamikája (VITUKI közlemények 18., Budapest)
11. FETIVIZIG munkacsoport (1992): Határvízi egyezmények kezdeményező pozíciójú felülvizsgálata, KHVM Vízgazdálkodási Főosztályának megbízása alapján, Nyíregyháza, 1992. Kézirat
12. FETIVIZIG munkacsoport (1986): Újfehértó-Hadháztéglás Regionális Vízmű (Geszteréd) vízbázisának rekonstrukciós terve, Kézirat, Nyíregyháza, 1986.
13. FETIVIZIG munkacsoport (1987, 1989): Nyírbátor, Mátészalka, Fehérgyarmat, Vásárosnamény Vízmű vízbázisának rekonstrukciós tervei, Kézirat, Nyíregyháza, 1987., 1989.
14. FETIKÖFE (1996) : A Felső-Tisza-vidék rétegvíz-gazdálkodása, Tájékoztató a Megyei Közgyűlésnek, Nyíregyháza, 1996. Kézirat
15. FETIKÖVIZIG (2011): Tájékoztató a Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei Közgyűlés részére, Nyíregyháza, 2011. Kézirat
16. Földváriné Vogl Mária (1975): A területi geokémiai kutatás elméleti és gyakorlati módszerei. A Magyar Állami Földtani Intézet alkalmi kiadványa, 2005.
17. Göőz L. : Szabolcs-Szatmár-Bereg megye természeti erőforrásai, Nyíregyháza, 1999.
18. GÁMA-GEO Bt. (2003): A szatmári kavics ösplet vízkészletének és a Szatmárcseke-Tisza-köröd távlati vízbázis hidrogeológiai védőidomának meghatározása. Miskolc, 2003.
19. Halász B. (1972). A kitermelhető vízkészletek meghatározása potenciálméleti módszerekkel. Hidrológiai Közlöny, 52 (10): 454-458
20. Halász B (1975). Rétegzett hidrogeológiai rendszerek sajátosságai. Hidrológiai Közlöny, 55 (11): 505-507
21. HALÁSZ B. (1990): „A 13/B TVK alegység felszín alatti vízkészletének vizsgálata” c. tanulmány. Kézirat, Nyíregyháza 1990.
22. Halász B (1995). Felszín alatti vizekkel való gazdálkodás rétegzett rendszerekben. BME doktori disszertáció, pp. 1-134.
23. Halász B (1995). A rétegzett hidrogeológiai rendszerek sajátosságai. Hidrológiai Közlöny, 75 (5): 318-320
24. Halász B (1996). Felszín alatti vizekkel való gazdálkodás rétegzett rendszerekben. Doktori disszertáció. Vízügyi Közlemények 1996/4. 440-443.
25. Jambrik Rozália (1993) Magyarország hidrogeológiája www.hidrotanszek.hu/hallgatoi-oldal/eladasanyagok
26. Jánosa A. (2000): Vállalkozások tevékenységének átfogó értékelése a pénzügyi számvitel információira támaszkodva többváltozós matematikai-statisztikai módszerekkel. Doktori (Ph.D.) értekezés. Miskolci Egyetem 2000. miskolc.hu/JaDoX.../document_5545_section_891.pdf
27. JUHÁSZ J. (2002): Hidrogeológia. Harmadik átdolgozott kiadás. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 1-1176

- 28.Kormány Gyula (2006): A Szatmár-Beregi síkság klimatikus és domborzati viszonyai, Az OTKA T/F 046821 sz. kutatási program keretében készült tanulmány.
- 29.Kovács J.- Szabó P. –Czéh R.-Szalai J. –Varga Gy. (2002): Dinamikus faktoranalízis alkalmazási lehetősége a Duna-Tisza közének talajvízállás idősorára. IX. Konferencia a felszín alatti vizekről, Balatonfüred, Abstract.
- 30.Kovács J. – Földeák D. – Márkus L. (2005): A talajvízjárást befolyásoló tényezők vizsgálata a Tiszántúlon. XI. Konferencia a felszín alatti vizekről, Abstract.
- 31.Marton Lajos (1979.): Izotóphidrogeológiai vizsgálatok a Nyírségben, MHT Országos Vándorgyűlés, Keszthely, 1979. május 17-18.
- 32.Marton Lajos-Mikó Lajos (1990.): Izotóphidrogeológiai kutatások az Alföldön, MÁFI évi jelentése az 1988. évről, I. rész (1990)
- 33.Mike Károly: Magyarország ősvízrajza és felszíni vizeinek története AQUA Bpest, 1991.
- 34.MÁFI Keletmagyarországi területi irodája (1984.): Nyomásállapot térkép, Kézirat
- 35.Miskolci Egyetem (2004.): A Szamos-folyó alluviális összetételének komplex hidrogeológiai vizsgálata. Zárójelentés. NATO Tudomány a Békéért Program.
- 36.MTA Atommagkutató Intézete: Ammónium tartalom eredetének meghatározása vizekben stabilizotóp-arány mérés alapján, Szakvélemény, Debrecen 2009.
- 37.MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest, 2010.: Magyarország kistájainak katasztere I. (Szerk.: Dövényi Zoltán)
- 38.Magyar Tudományos Akadémia. Budapest, 2011.: Köztisztviselési Stratégiai Programok. Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok.
- 39.Pálfi Imre (1996). A talajnedvesség és a talajvízállás változásai az Alföldön. VÍZÜGYI KÖZLEMÉNYEK LXXVIII. évfolyam 1996. év 2. füzet
- 40.Kozák, Püspöki (2009): Jelentés a Nyírtelek-f-4/5 sz. hidrogeológiai paraméterfúrás szedimentológiai vizsgálatáról és értékeléséről
- 41.Rónai A. (1985): Az Alföld negyedidőszaki földtana, Geologica Hungarica, Series Geologica Tomus 21.
- 42.Sümeghy J. (1944): A Tiszántúl. Magyar tájak leírása 6. MÁFI Budapest, 208.p.
- 43.Somogyi S. (1961): Hazánk folyóhálózatának fejlődéstörténeti vázlata,Földrajzi Közlemények 9.
- 44.Steiner F.: A geostatistika alapjai. Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.
- 45.Szanyi János: Felszín alatti víztermelés környezeti hatásai a Dél-Nyírség példáján. PhD értekezés, Szegedi Tudományegyetem, 2004.
- 46.Székely F. (1978): Kutak szivárgáshidraulikai méretezésének néhány kérdése (VITUKI Közlemények 9. sz.)
- 47.SZÉKELY F. (2003): Az ÉK – Alföld regionális modellje. VITUKI, Budapest, pp. 1-63.
- 48.Székely Ferenc (2006): Hidrogeológiai modellvizsgálatok eredményei az ÉK-Alföld porózus üledékeiben. Hidrológiai Közlöny. 86, 4, 23–28.
- 49.Szűcs P., Sallai, Zákányi, Madarász (szerkesztők): Vízkészletvédelem. A vízminőség védelem aktuális kérdései. Bíbor Kiadó, 2009., ISBN 978-963-9988-00-2, pp. 1-418
- 50.P. Szucs – T. Madarasz – F. Civan: Remediating Over-Produced and Contaminated Aquifers by Artificial Recharge from Surface Waters. Environ Model Assess (2009) 14:511–520
- 51.Tóth J. (1995): Hydraulic continuity in large sedimentary basins – Hydrogeolog Journal(3) No- 4, pp. 4-15
- 52.Tóth J. (1995): A nagy kiterjedésű üledékes medencék felszín alatti vizeinek hidraulikai folytonossága (Hidr. Közlöny 3. sz.)
- 53.Urbancsek János: Az Alföld negyedkori földtani képződményeinek mélyszerkezete. Hidrológiai Közlöny, 3. sz.1965.
- 54.Urbancsek János: Kútkataszter, 1977.
- 55.Varsányi Z-né (2000): Felszín alatti vízmozgási rendszerek elkülönítése a Dél-Alföldön – kémiai és izotópos vizsgálatok alapján (Hidrológiai Közlöny, 80, 3, 145-156)
- 56.Vízügyi Tervező Vállalat (1968): A Felső-Tisza-vidék regionális vízellátásának tanulmányterve, Budapest, 1968.
- 57.VITUKI (1991): Magyarország felszín alatti vízkészleteinek újraértékelésével kapcsolatos feladatok, A vízgazdálkodás kutatás fejlesztési eredményei 17. szám, Budapest, 1991.

- 58.VKKI, FETIKÖVIZIG (2010): 2-1 Felső-Tisza vízgyűjtő, 2-2 Szamos-Kraszna vízgyűjtő, 2-3 Lónyai-főcsatorna vízgyűjtő vízgyűjtő-gazdálkodási terve,
- 59.Völgyesi I.: A Nyírségi régió felszín alatti vízháztartása, kitermelhető vízkészlete. Kézirat, Budapest, 2004.
- 60.V. M. Ponce: Sustainable yield of groundwater. 2007
http://www.ponce.tv/groundwater_sustainable_yield.html

Az értekezésben hivatkozott saját publikációk

1. Földtani szelvények szerkesztése matematikai statisztikai módszerek felhasználásával, Alkotó Ifjúság Pályázat, 1978
2. : A Beregi – öblözet vízgazdálkodása, különös tekintettel az országhatárral megosztott vízbázisra. Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, Nyíregyháza, OVF K+F , FETIVIZIG munkacsoportja témafelelőseként (1986)
3. A vízminőségváltozás tendenciája üzemelő vízműveinknél, Alkotó Ifjúság Pályázat, 1989.
4. Juhászné Virág Margit: :Nyíregyháza II. Vízmű vízbázisának vízminőségi vizsgálata, a vizsgálati eredményekből levonható következtetések. Felső-Tisza Híradó 1989. évi különszáma
5. Illés Lajos, Konecsny Károly, Juhászné Virág Margit: A Lónyai főcsatorna vízgyűjtőjének vízforgalma és vízgazdálkodása. MHT XIII. Országos Vándorgyűlés, Baja 1995.
6. Illés Lajos, Juhászné Virág Margit, Konecsny Károly: „Vízgyűjtőterületek vízforgalmi feltárása és vízgazdálkodási jellemzése Esettanulmányok – A Lónyai-főcsatorna vízgyűjtőterülete, Nyíregyháza, 1996.
7. Illés Lajos-Konecsny Károly, Juhászné Virág Margit: A Lónyai Főcsatorna vízgyűjtőjének vízháztartása. Vízügyi Közlemények LXXX.évf. 1998.I. füzet. (lektorált).
8. Juhászné Virág Margit: A felszín alatti vizek védelmének néhány kérdése a Dél-Nyírség magyar-román határmenti térségében. III. rd HIDRO CONFERENCE Cluj Napoca, ROMANIA, Volume II. 24-26 September 1998 ISBN 973-9404-08-1, pp.203-211
9. VIZITERV Consult Kft. Virág M. témavezető (2005.): A Nyírbátor térségi vízmű vízbázisának vízbázisvédelmi diagnosztikai munkái, Zárójelentés, Kézirat, Budapest, 2005.
10. VIZITERV Consult Kft. Virág M. témavezető (2006.): A Nagykálló Városi Vízmű vízbázisának vízbázisvédelmi diagnosztikai munkái, Zárójelentés, Kézirat, Budapest, 2006.
- 11.R. DROBOT, M. JIANU, N. SIRBU, M.-N. MINCIUNA, A. FILIP, M. BRETOTEAN, S. BROUYÈRE, A. DASSARGUES, I.-C. POPESCU, P. SZŰCS, M. KARSAI, A. TÓTH, K. FAUR, M. VIRÁG (2004):Regional model of the Somes - Szamos aquifer (Ro - Hu). Hidrotechnica Journal, Bucharest, Special issue dedicated to NATO SfP Project No. 973684; Vol. 49. Nr. 9-10., 2004, pp. 58-66.
- 12.P. SZŰCS, A. TÓTH, T. MADARÁSZ, K. FAUR, M. VIRÁG:Local transport model: waste disposal of Fehérgyarmat. Hidrotechnica Journal, Bucharest, Special issue dedicated to NATO SfP Project No. 973684; Vol. 49. Nr. 9-10., 2004, pp. 67-72.
- 13.L. Lenart, P. Szucs, A. Toth, T. Madarasz, K. Faur, A. Szabo, M. Virag Juhaszne: Flow and transport modeling activities in the frame of the NATO SfP – SQUASH project., 18-19 microCAD 2004, International Scientific Conference March, 2004. Miskolc-Egyetemváros, A: Környezettudomány, Földtudomány szekció, pp. 113-118.
- 14.A. Dassargues, S. Brouyere, I. Popescu, L. Lenart, P. Szucs, T. Madarasz, A. Szabo, M. Bretotean, M. Minciuna, A. Filip, F. Nistea, A. Szendrei, S. Curtean, M. Virag, L. Miko: Common characterization of the transboundary aquifer of Some-Szamos river (Romania-Hungary).BALWOIS, Conference on Water Observation and Information Sytems for Decision Support, 25-29 May, 2004, Ohrid, Republic of Macedonia, pp. 1-11.
- 15.Lenart L., Szűcs P., Tóth A, Faur K., Madarasz T., Virag M.:The Hungarian aspects about the regional groundwater modeling of a transboundary aquifer.Intellectual Service for Oil and Gas Industry.

- Analysis, Solutionsm Perspectives, 3rd Volume, ISBN 5-98755-011-7. Ufa State Petroleum Technological University – Miskolc University. UFA 2004, pp. 233-240.
16. Szűcs P., Virág M.: Geostatistikai módszerek alkalmazása a vízbázisvédelmi program végrehajtásában. XXIII. Országos Vándorgyűlés, Magyar Hidrológiai Társaság, 2005. július 6-7, Nyíregyháza, Konferencia Kiadvány CD-én, pp. 1-17.
 17. Virág M., Szűcs P, Lakatos A, Mikó L.: A Felső-Tisza-vidék ásvány- és hévízfeltárási lehetőségei. A Miskolci Egyetem Közleménye, A sorozat, Bányászat, 72. kötet, „IV. Nemzetközi Tudományos Konferencia a Kárpát-medence Ásványvizeiről”, „Dr. Juhász József 80. születésnapjára”, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2007, pp. 139-149.
 18. VIZITERV Consult Kft. Területi Igazgatósága Nyíregyháza, Virág Margit témavezető: Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei Ivóvízminőség-javító Program (helyzetfeltáró tanulmány), Nyíregyháza, 2005. Kézirat
 19. P. Szucs, F. Civan, M. Virag: Applicability of the most frequent value method in groundwater modeling. Hydrogeology Journal (2006), 14: pp. 31-43. Springer-Verlag, DOI 10.1007/s10040-004-0426-1 Impact factor: 0.948
 20. Szűcs P., Tóth A., Virág M.: A leggyakoribb érték (MFV) módszerének alkalmazása a hidrogeológiai modellezésben. Hidrológiai Közöny, 86. évf., 4. szám, 2006. július- augusztus. pp. 29-36. (lektorált)
 21. Peter Szucs, Margit Virag: Regional Groundwater Flow Modeling of the Hungarian – Ukrainian Transboundary Aquifer, Hidrodinamikai modellezési munkák eredményeinek bemutatása. Szakmai előadás, Ukrajna, Makkosjánosi, 2009. november 11
 22. Virág Margit, Csegény József: Környezeti célkitűzések és intézkedések a Tisza részvízgyűjtő területén különös tekintettel a Felső-Tisza-vidék vízgyűjtő-gazdálkodási tervezési alegységeire. MHT XVII. Országos Vándorgyűlés Baja, Dolgozat, előadás, 2009. július 1-3., Konferencia kiadvány
 23. Virág M.; Szűcs P; Csegény J.: A felszín alatti vízhasználatokkal kapcsolatos környezeti célkitűzések és tervezett intézkedések a Felső-Tisza-vidék vízgyűjtő-gazdálkodási tervezési alegységein, különös tekintettel az ásvány- és gyógyvizekre. A Miskolci Egyetem Közleménye, A sorozat, Bányászat, 77. kötet, VI. Kárpát-medence Ásvány- és Gyógyvizei Konferencia, „Kutatás-felhasználás-védelem”, HU ISSN 1417-5398, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2009, pp. 121-136
 24. Szűcs Péter, Virág Margit (2009.): Hidrogeológiai modellezési vizsgálatok az Észak Alföldi Régióban, Műszaki Tudomány az Észak Alföldi Régióban, Mezőtúr, 2009. május 20.
 25. Vízgyűjtő gazdálkodás tervezési területi előadások – Vízfolyások, állóvizek és felszín alatti vizek állapotának javítása (a Sajó a Bódvával-, a Tarna-, a Tokaj-Hegyalja-, a Berettyó-, a Zagyva vízgyűjtő-gazdálkodási alegységet érintő intézkedésekre), "Vízgyűjtő-gazdálkodási tervek készítése" (KEOP-2.5.0/A), Tematikus fórumok: Miskolc, Gyöngyös, Sárospatak, Berettyóújfal, Hatvan, 2009. július 14-27.
 26. Az Európai Unió Víz Keretirányelvének alkalmazása a FETIKÖVIZIG-et érintő felszíni és felszín alatti víztestek állapotának javítására, MHT előadó ülés, Nyíregyháza, 2009. július 23.
 27. Szűcs P, Sallai F, Zákányi B, Madarász T (szerkesztők). Szerzők: Jolánkai G, Kovács G, Madarász T, Mádlné Szőnyi J, Mándoki Mónika, Muránszkiné Mojoróczki Mária, Sallai F, Szűcs P, Takács J, Virág M., Zákányi B. Vízkészletvédelem. A vízminőség-védelem aktuális kérdései. Bíbor Kiadó, 2009., ISBN 978-963-9988-00-2, pp. 1-418
 28. Virág Margit: Vízbázis védelmi feladatok a magyar-ukrán határtérségben” című projekt bemutatása, Szakmai előadás, Ukrajna, Makkosjánosi, 2009. november 11.
 29. Szűcs Péter, Virág Margit, Ivan Szascsenko: A magyar-ukrán határtérség ásványvíz termelési lehetőségei, VII. Nemzetközi Tudományos Konferencia a Kárpát-medence Ásványvizeiről. Csíkszereda, 2010. augusztus 27-29. Konferencia kiadvány
 30. Peter Szucs, Margit Virag and Ivan Szascsenko (2010): Hydrogeological Study of a Hungarian – Ukrainian Transboundary Aquifer, The Science for Peace and Security Programme, 6th meeting of NATO Pilot Study - Regional cooperation for solving transboundary issues East for UE , Előadás Kiev, 09-13 November, 2010.
 31. VIZITERV Environ Kft. Virág M. témavezető (2009.): A Nyíregyháza Regionális Vízmű Nyírteleki vízbázisának vízbázisvédelmi diagnosztikai munkái, Zárójelentés, Kézirat Nyíregyháza, 2009.
 32. Virág Margit: Vízbázisvédelmi feladatok a magyar-ukrán határtérségben (szivárgáshidraulikai modellezés, védőterület-meghatározás), Beregdaróc, 2010. március 02.

33. Vízbázisvédelmi feladatok a magyar-ukrán határtérségben c. projekt bemutatása, MHT előadóülés, Nyíregyháza, 2010. március 04
34. Virág Margit, Dr. Szűcs Péter (2011): Felszín alatti vízminőség és az ivóvízminőség-javító program összefüggései, 2011. július 6-8., MHT XXIX. Országos Vándorgyűlés Eger, Konferencia kiadvány
35. Virág Margit, Szűcs Péter, Lakatos Attila, Mikó Lajos: A Bereg-Szatmári süllyedék hévízbeszerzési adottságai, VIII. Kárpát-medence Ásvány- és Gyógyvizei Konferencia Egerszalók, 2011. augusztus 31.-szeptember 2., Konferencia kiadvány, konferencia kiadványban megjelent cikk
36. Virág Margit: Az ivóvízminőség-javító program Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei sajátosságai, Multidiszciplináris tudományok 2011. 315-325 o. . Miskolci Egyetemi Kiadó 2011, HU ISSN 2062-9737
37. Virág Margit, Siskáné Szilasi Beáta - Szűcs Péter, Völgyesi István A felszín alatti vizek mennyiségi és minőségi adatainak statisztikai elemzése a Felső-Tisza-vidék területén, MTEKMR2012
38. VIZITERV Environ Kft. Virág M. projektvezető (2009.): „Vízbázisvédelmi feladatok a magyar-ukrán határtérségben – szivárgáshidraulikai modellezés, védőterület-meghatározás” tanulmányterv. Záró dokumentáció, (EEA Norway Grants Project), Nyíregyháza, pp. 1-72.
39. Tectonically controlled Quaternary intracontinental fluvial sequence development in the Nyírség–Pannonian Basin, Hungary Z. Püspöki, G. Demeter, Á. Tóth-Makk, M. Kozák, Á. Dávid, M. Virág, P. Kovács-Pálffy, P. Kónya, Gy. Gyuricza, J. Kiss, R.W. McIntosh, Z. Forgács, T. Buday, Z. Kovács, T. Gombos, I. Kummer, Sedimentary Geology 283 (January 2013)

Az értekezésben témájához kapcsolódó nem hivatkozott saját publikációk:

1. A semipermeábilis rétegek eredő leakage faktorának meghatározása a Nyíregyháza II. Vízmű vízbázisánál, Kézirat, 1987.
2. Juhászné Virág Margit: Vízbázisvédelmi feladatok a Felső-Tisza vidékén. Felső-Tisza Híradó, XXXVI. évfolyam 1997. március
3. Halász Béla, Juhászné Virág Margit: A nempermanens fázis és a partiszűrés hatása a védőidomokra rétegzett hidrogeológiai rendszerekben. MHT VIII. Országos Vándorgyűlés, Nyíregyháza 1989.
4. P. Szucs, A. Toth, M. Virag, A. Fesus: A new geostatistical tool in groundwater modeling applications. Intellectual Service for Oil and Gas Industry. Analysis, Solutionsm Perspectives, 3rd Volume, ISBN 5-98755-011-7. Ufa State Petroleum Technological University – Miskolc University. UFA 2004, pp. 225-232.
5. Szűcs P., Lénárt L., Tóth A., Madarász T., Faur K., Virág M.: Transzport modellezés Fehérgyarmat térségében a Szamos vízminősége védelmében. Környezettudományi Konferencia, 2005. március 17-18, Kolozsvár, Románia, pp. 1-10.
6. Virág M., Szűcs P., Lakatos A.: Lokális vízföldtani modellek a Nyírség területén. XXIII. Országos Vándorgyűlés, Magyar Hidrológiai Társaság, 2005. július 6-7, Nyíregyháza, Konferencia Kiadvány CD-én, pp. 1-15
7. Virág Margit: Felszín alatti vízminőség és az Ivóvízminőség-javító Program összefüggései. MHT előadó ülés Nyíregyháza, 2007. április 25
8. Virág Margit: Drinking Water Quality Improvement Program within the North Great Plain Region of Hungary, Characteristics of Szabolcs-Szatmar-Bereg County. Component B: Infrastructure Policies and Practices, France NANCY, 21-22 May 2007 DEVELOPING INVESTMENT STRATEGIES IN THE PUBLIC WATER AND SANITATION SECTOR, “WATER IN THE CITY”
9. Virág M; Rózsa A; Szűcs P; Lakatos A: Vízbázisvédelmi diagnosztikai munkák tapasztalatai a Szob Hidegréti Vízmű területén. Magyar Hidrológiai Társaság, XVI. Országos Vándorgyűlés, Miskolc, 2008. július 2-4, Konferencia CD, ISBN 978-963-8172-21-1, pp. 1-25.

10. Szűcs P; Virág M: Hidrogeológiai modellezési vizsgálatok az Észak Alföldi Régióban. Műszaki Tudomány az Észak Alföldi Régióban 2009. május 20., Mezőtúr Konferencia. Elektronikus Műszaki Füzetek, VII. Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottsága. ISBN: 978-963-7064-22-07. Szerkesztette: Pokorádi László. Debrecen 2009. pp. 13-18.
11. Virág Margit, Szűcs Péter (2010): Hidrogeológiai modellezési vizsgálatok az Alföldi üledékes összetben. VI. Kárpát medencei Környezettudományi Konferencia, 2010. április 22-24. Nyíregyházi Főiskola
12. Szűcs Péter, Virág Margit, Csegény József, Szántó Judit (2010): Komplex hidrogeológiai vizsgálatok és modellezés a magyar-ukrán határtérségben, VI. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, Nyíregyháza, 2010. április 22-24
13. Szűcs Péter, Virág Margit, Csegény József, Szántó Judit: Komplex hidrogeológiai vizsgálatok és modellezés a magyar-ukrán határtérségben. Műszaki Tudomány az Észak Alföldi Régióban, 2010 Konferencia. Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági kar, 2010. május 19. ISBN 978-963-7064-23-4, pp. 95-100.
14. Üzemelő vízbázisok védelmével kapcsolatos feladatok, Településszolgáltatási Egyesület Vizes tagozatának rendezvénye, Poroszló, 2010. június 9.
15. Szűcs Péter- Virág Margit - Csegény József – Zákányi Balázs - Szántó Judit: Határral osztott felszín alatti vízáradó komplex hidrogeológiai vizsgálata a magyar-ukrán térségben. Szemelvények a geotermikus energia hasznosítás hidrogeológiai alkalmazásaiból, InnoGeo Kft. Szeged, 2010., ISBN 978-963-06-9622-7
16. Szűcs P., Virág M., Csegény J., Zákányi B. : Regionális hidrogeológiai modellezés a magyar-ukrán térségben, Mérnökgeológia-Kőzettechnika 2010, 29-34 o. Műegyetemi Kiadó 2010, ISBN 978-963-313-001-8, 2010.
17. Virág Margit, Dr. Szűcs Péter (2010): Országhatárokkal osztott vízbázisok modellezése, Szatmárcseke-Beregszász, XXVIII. MHT Országos Vándorgyűlés, Sopron, 2010. július 7-9.
18. Dr. Szűcs Péter, Virág Margit, Ivan Szascsenko, Zákányi Balázs A magyar-ukrán határtérség ásványvíz termelési lehetőségei, VII. Nemzetközi Tudományos Konferencia a Kárpát-medence Ásványvizeiről, Csíkszereda, 2010. aug. 27-29.
19. Peter Szucs, Margit Virag and Ivan Szascsenko (2010): Hydrogeological Study of a Hungarian – Ukrainian Transboundary Aquifer, The Science for Peace and Security Programme, 6th meeting of NATO Pilot Study - Regional cooperation for solving transboundary issues East for UE , Előadás Kiev, 09-13 November, 2010.

