

Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Víztudományi Kar
Területi Vízgazdálkodási Tanszék
Tudományos Diákköri Dolgozat

A Tisza folyó talajvíz-megcsapoló képességének vizsgálata a vezsenyi kanyarban numerikus modellezéssel

Konzulensek:

Dr. Keve Gábor

egyetemi docens, tanszékvezető

Váriné Szöllősi Irén

Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, nyugalmazott osztályvezető

Készítette:

Rózsa Helga



SZOLNOK

2023

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS, TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA	3
2. MINTATERÜLET BEMUTATÁSA.....	5
2.1. A Szolnoki-ártér kistáj bemutatása	6
2.2. A 2022-es év hidrometeorológiai jellemzése.....	9
2.2.1. Felszíni vizek	12
2.2.2. Felszíni vízhozamok.....	14
2.2.3. A terület talajvíz-tulajdonságai	17
2.2.4. Csapadékadatok Vezseny közelében.....	18
3, ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK, MÉRÉSEK.....	23
3.1. Talajvíz hozzáfolyások mérése	25
3.2. Vízmintha-vételezés felszíni hozzáfolyásból.....	27
3.3. Felszínközeli kutak vízállás-adatsorainak jellemzése	30
3.4. Felszínközeli kutak vízmintha-vizsgálata.....	36
3.5. Rétegtani megállapítások.....	38
4, PROCESSING MODFLOW BEMUTATÁSA, MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK	41
4.1. A modell felépítése.....	42
5, ÖSSZEGZÉS, KÖVETKEZTETÉSEK LEVONÁSA, JAVASLATTÉTEL	50
IRODALOMJEGYZÉK.....	51
INTERNETES HIVATKOZÁSOK JEGYZÉKE	52
ÁBRAJEGYZÉK	53
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	54

1. BEVEZETÉS, TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA

Dolgozatomban az utóbbi években egyre többször előforduló, a mezőgazdaságot és a vízgazdálkodást is komolyan érintő problémát dolgoztam fel. Kutatásaim során összefüggést keresek a csapadékhiány miatt bekövetkező tartósan alacsony felszíni vízállás, valamint a talajvíz kapcsolata között.

2015-ben az akkori kisvíznél megfigyeléseket végeztem a témával kapcsolatban. Ezt követően is folyamatosan figyelemmel kísértem a Tisza vízállása, és a környező területek talajvízállásának kapcsolatát. 2022 nyarán több héten keresztül a Tisza folyón rekord alacsony vízállás volt tapasztalható, melynek köszönhetően 12 centiméterrel megdőlt a szolnoki vízmércén addig mért legalacsonyabb vízszint értéke. Ez a 2022. évi nyári időszakig -279 cm volt, melyet 2003. 08. 21. óta tarthattunk számon.

Szolnoki lakos lévén közelről tanulmányozhatom a folyó életében végbemenő jelenségeket, változásokat (pl. cianid-szennyezés, rekord árvizek levonulása), majd „viziges” munkámnak köszönhetően első kézből figyelhetem, segíthetem ilyen helyzetekben a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság (KÖTIVIZIG) dolgozóinak munkáját. Az Igazgatóság Vízházi Osztályának munkatársaként többször is lehetőségem nyílt a kisvízes időszakban, csónakból a Tiszán helyszíni bejárásokat, terepi méréseket végezni.

Dolgozatomban az aszály idején bekövetkező jelenségek összefüggéseit vizsgálom terepi tapasztalatok alapján, illetve számítógépes program segítségével, felhasználva a rendelkezésre álló adatsorokat, - mint például a csapadék, a folyó vízállása, vagy a talajvízszintek alakulása, - melyek segítségével további, mélyebb vizsgálatokat végzek.

A terepi bejárásra két hónap alatt összesen négy alkalommal került sor, melyek során többek között fényképeket készítettem a felszín alatti, Tiszát tápláló hozzáfolyásokról (1. ábra), melyek helyszínét GPS műszer segítségével be is mértem. A nagyobb hozzáfolyásoknál vízhozamméréseket, valamint vízminta-vételeket végeztem, melyeket laboratóriumi elemzésekhez továbbítottam.

A bejárások alkalmával mért adatokat, valamint a rendelkezésre álló észlelési adatsorokat betöltöttem az ingyenesen használható, bárki számára elérhető Processing MODFLOW programba. A modellfuttatások eredményeképpen szemléletes ábrákat kaptam, melyekkel igazolni tudtam a Tisza folyó felszíni vízállása, illetve a környező talajvíz dinamikus kapcsolatát, a folyó talajvíz-megcsapoló képességét.



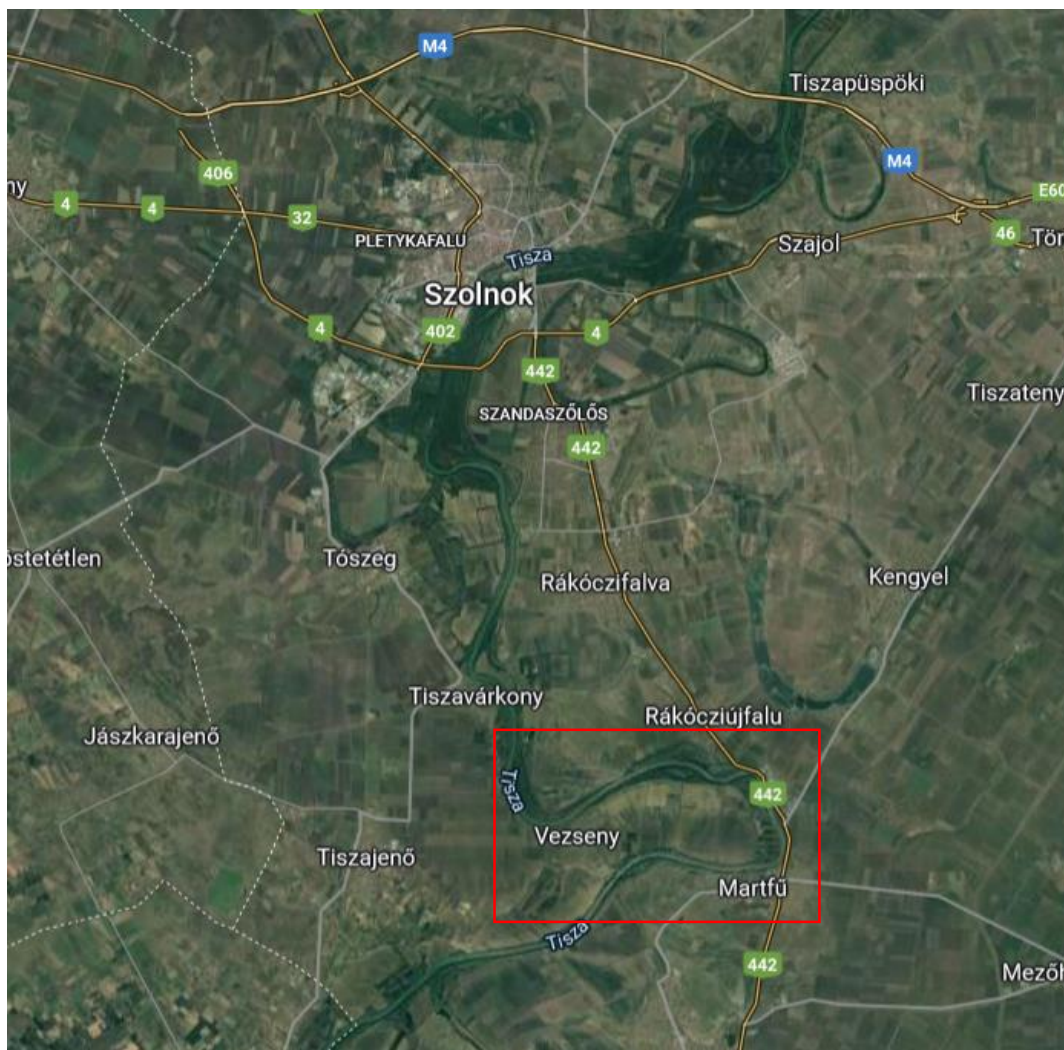
1. ábra: Talajvíz hozzáfolyás a Tisza 311,6 fkm-es szelvényében (Saját felvétel, 2022. 07. 05.)

2. MINTATERÜLET BEMUTATÁSA

A vizsgálatok megkezdése előtt, a mintaterület kijelölésénél fontos szempont volt, hogy a választott folyószakasz könnyen bejárható legyen, és legyenek a közelben olyan talajvízkutak, melyek a KÖTIVIZIG kezelésébe tartoznak, üzemelnek, vagyis rendelkeznek megfelelő adatsorral, nemcsak az adott időszakra vonatkozóan, hanem azon kívül is.

Erre azért volt szükség, hogy fel lehessen rajzolni a talajvízkutak és a Tisza vízállásának grafikonját, következtetéseket lehessen levonni egymásra gyakorolt hatásaikról. A terepi vizsgálatokat 2022. július 5. és augusztus 31. között végeztem el.

A vizsgált terület elhelyezkedését az alábbi, 2. számú ábrán látható térkép mutatja be, melyen a modellezett részt piros keret szegélyezi:

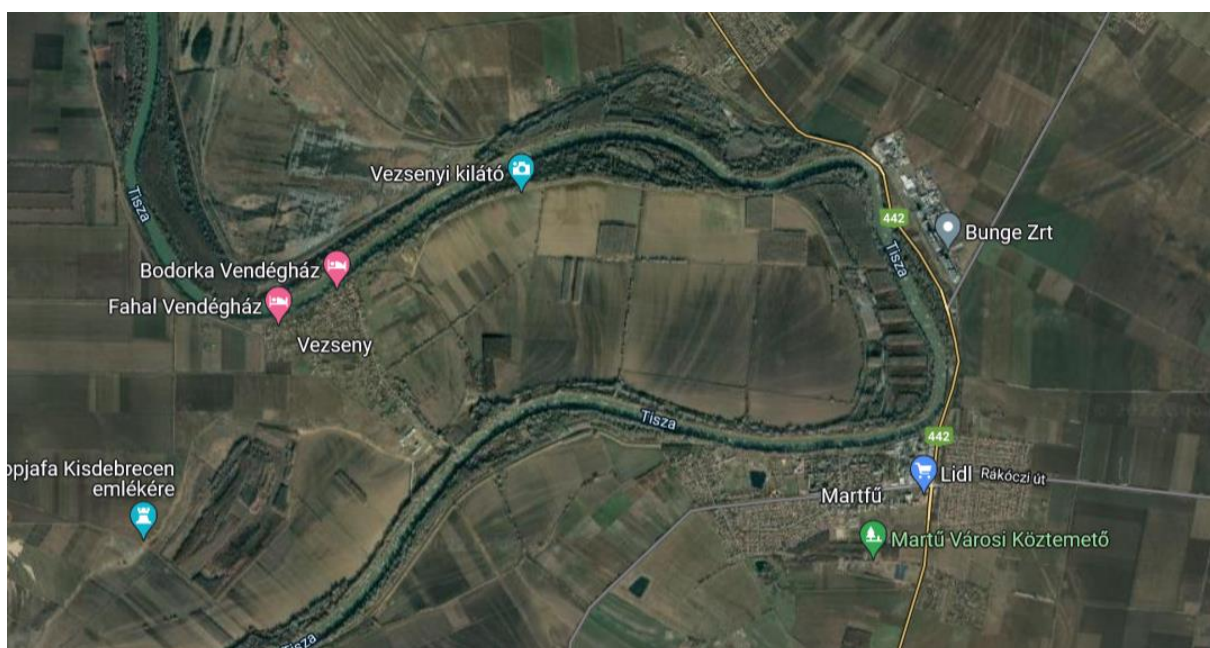


2. ábra: Kiválasztott mintaterület (Forrás: Google Térkép, 2022. november 04.)

A mintaterület a Tisza 320,0 – 295,0 folyamkilométerei között helyezkedik el, mely Szolnoktól (335,2 fkm) 15 fkm-el „lentebb” található. A terület kisvizes időszakban is könnyen megközelíthető volt.

A kanyarulat közvetlen környezetében (3. számú ábra) Vezseny és Martfű települések fekszenek. A Tisza partjától nem messze, szintén itt található a Martfű településhez tartozó Bunge Zrt, mely a térség legjelentősebb vízkivétellel rendelkező üzeme.

A Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság adatai alapján, árvízvédelmi szempontból a kanyarulat belső oldala a 10.01/4. árvízvédelmi szakaszt érinti, külső része, vagyis a Tisza bal partja pedig a 10.06/1 és 10.06/2 számú szakaszokhoz tartozik.



3. ábra: A Vezsenyi kanyarulat és közvetlen környezete (Forrás: Google Térkép, 2022. 11. 04.)

2.1. A Szolnoki-ártér kistáj bemutatása

A vezsenyi kanyarulat területe a Szolnoki-ártér kistájhoz tartozik, mely az Alföldi nagytájon belül a Közép-Tisza-vidéki középtáj részeként található meg (4. ábra). A kistáj területe 709 km², mely Jász-Nagykun-Szolnok megyében található, a középtáj 9,7%-án (Dövényi, 2010).



4. ábra: Szolnoki-ártér kistáj (Dövényi, 2010.)

Területhasználat szempontjából a legnagyobb kiterjedésű a szántó, melyet az erdős és a lakott területek követnek, egy százalékos eltéréssel. Az alábbi, 1. számú táblázatban látható a kistáj teljes területére vonatkozó hasznosítás 2010-es adatokra vonatkoztatva:

1. táblázat: A Szolnoki-ártér kistájának területhasználata (Dövényi, 2010.)

Típus	%
szántó	69,4
erdő	9,8
lakott terület	8,5
rét, legelő	6,3
vízfelszín	4,8
kert	1,1
szőlő	0,1

Domborzatát tekintve a terület tökéletes síkság, hiszen 84,5 és 91,2 tengerszint feletti magasságok jellemzik. A domborzat legnagyobb része (~70%) az ártéri szintű síkság orográfiai domborzattípusába sorolható, melyet a Tisza és a Zagyva alakított ki sok éven keresztül. A felszín továbbá elhagyott folyómedrek és morotvák színesítik (Dövényi, 2010).

Ha a kistáj **földtanát** nézzük, láthatjuk, hogy a dinamikusan süllyedő területet az Északi-középhegységből érkező folyók töltötték fel finom szemű iszapos és agyagos üledékkel. A felszín közeli üledékek döntő többsége már a Tisza és a Zagyva folyók felszínalakító tevékenységének köszönhető holocén öntésiszap, öntésagyag. A kistáj területe hasznosítható anyagokban igen szegény. A térség három nagy folyója a Tisza, a Zagyva, valamint a Tarna sűrű helyváltoztatásaival a felszínen lévő üledékek jelentős részét többször is átmozgatta. A terület jelenleg is az ország egyik legdinamikusabban süllyedő területei közé tartozik (Dövényi, 2010).

Éghajlat szempontjából a terület a déli részeken már igen száraznak tekinthető, az északi részek pedig a meleg-száraz és a mérsékelt meleg-száraz területek alá tartoznak. A déli részen a napsütéses órák száma több, ~2020 óra, míg Északon valamivel kevesebb, ~1980 óra körülre tehető. Az évi középhőmérséklet 10,4°C körül van, vegetációs időszakban 17,5 °C is lehet a középhőmérséklet. A napi középhőmérséklet április első hetétől haladja meg a 10°C-ot, mely nagyjából október második feléig tart. A legmelegebb nyári napok sokéves átlaga 34°C, a leghidegebb hónapokban pedig a hőmérséklet átlaga -17°C (Dövényi, 2010).

Mivel az ország legszárazabb területei közé tartozik a terület, így a déli részeken az évi csapadékösszeg nem éri el az 500 mm-t (~480-500 mm), míg az északi részeken nagyjából 510 mm az egy évben lehulló csapadék mennyisége. Vegetációs időszakban a déli területeken átlagosan 280 mm csapadék hullik (Dövényi, 2010).

A terület ariditási indexe, vagyis a szárazságot kifejező mutatószám 1,45 a déli részeken, míg északon 1,40 az értéke (országos átlag: 1,1 [<http://www.gwpszotar.hu/>]). Mivel a terület déli része az ország egyik legszárazabb területe, a vízigényesebb kultúrnövények termesztése csak öntözéssel gazdaságos (Dövényi, 2010).

Vizek tekintetében a kistáj a Tisza ártere, mely egyben a terület legnagyobb folyója, széles hullámterét védgátak kísérik. Emellett több kisebb természetes és mesterséges vízfolyás is található, mint például: Zagyva, Millér, Körös-ér, Gerje-Perje csatorna. Emellett a területen található kilenc tiszai holtág is: az Alcsi-Holt-Tisza (mely a legnagyobb területtel rendelkezik a kistájon), vagy a Fegyverneki-Holt-Tisza. A mesterséges tározók (pl. Hanyi-Tisasülyi árapasztó tározó) is képviseltetik magukat, összesen 753 hektáron (Dövényi, 2010).

A **talajvíz** előfordulási mélysége Szolnoktól Északra helyenként a kettő métert sem éri el, a tágabb területet tekintve átlagosan 2 és 4 méter között ingadozik a talajvíz mélysége. A Szolnoktól Délre fekvő területeken, valamint a Tisza bal partján átlagosan 4 és 6 méter között találjuk meg a talaj felszíne alatt. A területen a kedvező geotermikus gradiens miatt sok termálkút található, mely az emberi fogyasztás mellett a gyógyászatnak is kedvező háttérrel biztosít (Dövényi, 2010).

A **növényzetet** vizsgálva láthatjuk, hogy az árvízvédelmi területeken erdőssztyepp, a hullámtéri területen pedig erdő-mocsár mozaik alakult ki, erdő túlsúllyal. Az egykori folyóhátakon jó állapotú löszfali növényzet található. Az árvízvédelmi töltés, valamint a folyómeder között fűz-nyár erdők vannak jelen, melyeknek gye- és cserjeszintje szegényes, de a területen nem ritkák a telepített keményfás ártéri erdők sem (Dövényi, 2010).

2.2. A 2022-es év hidrometeorológiai jellemzése

2022. évben a vízgyűjtő területekre esett, átlagosnál lényegesen kevesebb csapadék hatására a hazai folyókon, így a Tiszán is rendkívül alacsony vízállásokat figyelhettünk meg, különösen kevés csapadék hullott a vegetációs időszakban. A rendkívül kis csapadék eredményeképpen a feljegyzések kezdete óta Szolnokon észlelt legalacsonyabb vízállás (-279 cm, 2003. 08. 21.) új értékkel került regisztrálásra. A rekord kisvíz Szolnokon -291 cm lett 2022. augusztus 07-én.

A fenti jelenség bekövetkezését több negatív hatású környezeti tényező együttes érvényesülése alakította ki. A Tisza vízgyűjtőin a csapadékszegény időjárás eredményezte azt, hogy az előző évek sokéves átlagát tekintve, öt hónap kivételével a lehullott havi csapadékösszeg nem érte el a sokéves átlagot sem. Emiatt nem csak a felszíni vizek átlagos vízszintjei, hanem a felszín alatti készletek utánpótlódása is veszélybe került.

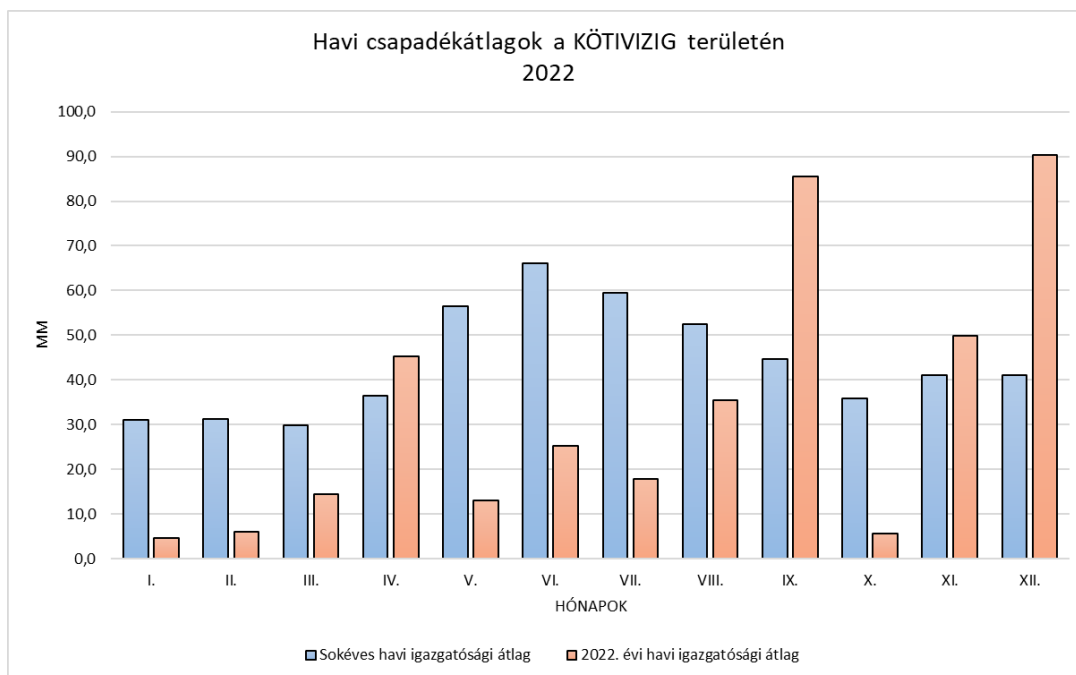
A 2. számú táblázatban látható a Felső-Tisza vízgyűjtőjére hullott csapadék a 2022. évben, valamint a sokéves csapadékatlag közötti százalékos eltérés havi bontásban. A teljes, 2022-es évet tekintve a vízgyűjtőre lehullott csapadék ugyan 142,5 mm-el meghaladta a sokéves lehullott csapadék mennyiségét, mégis vízszint-csökkenés következett be a Közép-Tisza területén is. Ennek oka, hogy a vízgyűjtőn a vizsgált évet tekintve kisebb hóvízkészlet halmozódott fel, valamint a lehullott csapadék formája, intenzitása és időbeli eloszlása is kedvezőtlenül alakult.

2. táblázat: Felső-Tisza vízgyűjtőjére hullott csapadék 2022. évben, és a sokéves átlaghoz viszonyított eltérés (Saját szerkesztés, forrás: KÖTIVIZIG Vízrajzi O.)

Felső-Tisza vízgyűjtő			
	Sokéves átlag	2022. évi összeg	Eltérés
	mm	mm	%
Január	66,2	138,9	210
Február	63,5	86,4	136
Március	66,5	25,1	38
Április	61,4	98,8	161
Május	90,8	41,7	46
Június	99,3	41,9	42
Július	99,9	82,0	82
Augusztus	73,1	66,5	91
Szeptember	76,5	216,2	283
Október	72,8	54,3	75
November	75,1	59,3	79
December	86,1	162,6	189

Emellett ha a szűkebb környezetünket vizsgáljuk, láthatjuk, hogy az Alföld, és egyben a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság területére hullott csapadék mennyisége is alulmaradt a sokéves átlaghoz képest. A 2022. január 1. –augusztus 31. közötti időszakot nézve 162,2 mm csapadék hullott, összehasonlítva ugyanezen időszak sokéves havi átlagcsapadékaival (363,2 mm) megállapítható, hogy annak csupán 45 %-a hullott le, mely azt jelenti, hogy augusztus végéig 201,0 mm csapadék hiányzott a területről (Váriné és társai, 2022).

A részletesebb, havi bontású adatokat figyelve január 1. és december 31. közötti időszakban csak április, szeptember, november és december hónapokban haladta meg az Igazgatóság 11 kiemelt csapadékmérő állomásán a lehullott mennyiség a sokéves értékeket. A csapadék mennyisége főleg a nyári hónapokban jelentősen alulmaradt a sokéves értékekhez képest, de év elején, április hónapot kivéve sem érte el az 50 %-ot sem az aktuális hónapban lehullott csapadék mennyisége (5. ábra).



5. ábra: Az Igazgatóság területére hullott havi csapadék, illetve a sokéves havi átlagot bemutató diagram (Saját szerkesztés, Forrás: KÖTIVIZIG Vízrajzi O.)

Ha nem csak egy évet, hanem az észlelések kezdete, vagyis 1963. óta vizsgáljuk az adatsorokat láthatjuk, hogy a januártól-augusztusig terjedő időszak tekintetében a 2022-es évet egyetlen év előzi meg a szárazságot illetően, ez az év pedig 1992. Ekkor 157,4 mm-el negatív rekordot állított fel az Igazgatóság, ezt követi a 2022. év az azonos időszakban lehullott 162,2 mm-es csapadékösszeggel. III. helyen 1993 év szerepel a nyolc hónap alatt leesett 183,9 mm csapadékkal (Váriné és társai, 2022).

A hőmérsékleti mutatókat vizsgálva szintén szembetűnő a 2022. év kiemelkedő mivolta. Az év első két hónapjában a havi átlaghőmérséklet a sokéves adott havi átlaghőmérséklet felett alakult. Míg januárban 2,0°C plusz volt az átlagtól való eltérés, addig februárban 4,3 °C, szintén pozitív irányba. Március és április hónapokat tekintve a sokéves átlaggal megegyező, illetve az alatti hőmérséklet értékek alakultak ki. Márciusban 5,7°C, áprilisban 1,5°C-al volt kevesebb a mért átlaghőmérséklet. Májustól-augusztusig azonban ismét a sokéves átlag felett volt minden hónapban 1,5 – 3,6 °C-al (Váriné és társai, 2022). Ezekből az adatokból is tisztán látható az a tény, hogy a kevés csapadék mellett a magasabb hőmérsékletű hónapok is nagyban hozzájárultak az aszály mértékének növeléséhez az év első felében.

A fent említett és elemzett tényezőkön kívül egy másik, szintén egyre gyakoribb jelenség is hozzájárul a rendkívüli vízhiányos időszakok létrejöttéhez, ez a „gördülő aszály” jelensége. A gördülő aszályt a legjobban az jellemzi, hogy az egymás után következő aszályos

évek egyre inkább „fokozzák” annak káros hatásait, azok következménye sokkal jobban érvényesül, ezáltal lényegesen nagyobb károkat is okoz nemcsak a természetben, de a mezőgazdaságban is (Vizi, 2020).

2.2.1. Felszíni vizek

A hőmérsékleti és a csapadékadatok elemzése után bemutatom, hogy milyen hatása volt az átlagtól magasabb hőmérsékletnek, illetve az átlagtól kevesebb csapadéknak a Tisza folyó vízjárására a 2022. évben. Ennek szemléltetésére diagramon ábrázoltam (6. ábra) a 2022. január 01. és december 31. közötti szolnoki vízállási idősort.

2022. év elején többször is tapasztalható volt olyan vízállás, mely az árvízvédelmi első fok közeli (Szolnok, I. fok: 650 cm) vízszintet megközelítette. Igaz, fokozat elrendelésére nem került sor, de vizsgálva az adatsort, párhuzamot tudunk vonni a kisebb vízszint-emelkedések, valamint a Felső-Tisza vízgyűjtőjére hullott csapadékösszegek (2. táblázat) között. Januárban, februárban, illetve áprilisban is volt kisebb-nagyobb vízszintemelkedés, a vízgyűjtőre hullott csapadék mennyisége pedig mindhárom hónapban meghaladta a sokéves átlagot.

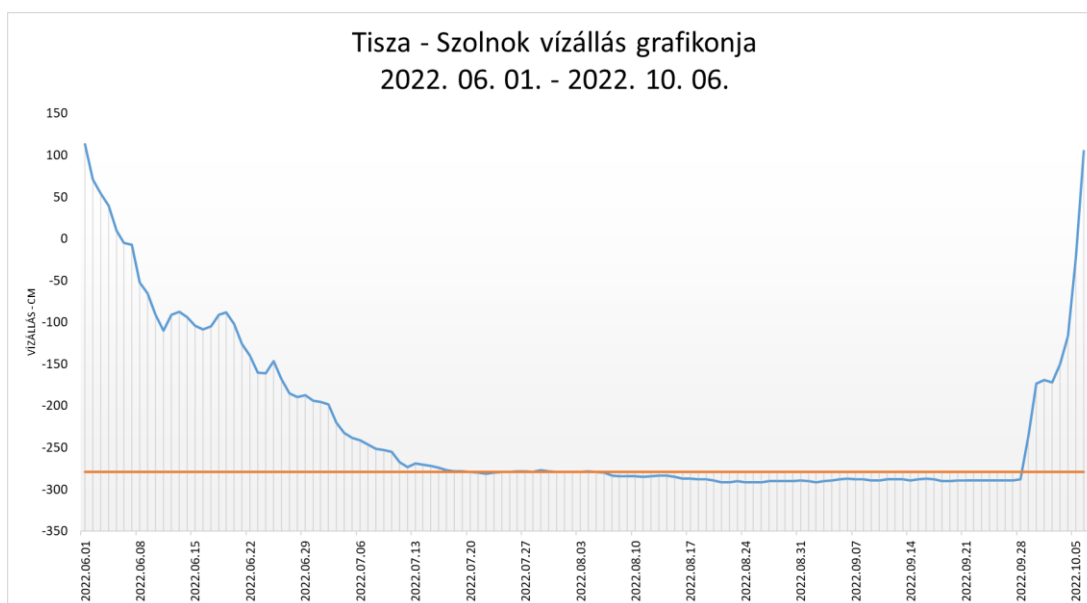
Májustól azonban egy folyamatosan csökkenő tendenciát figyelhetünk meg a felszíni vizek tekintetében. Ezt a tartósan alacsony vízszintet a vízgyűjtőn 2022 szeptemberében lehullott 216,2 mm csapadék fordította növekedő irányba. Ez azt jelentette, hogy a sokéves havi átlaghoz képest 283%-al több csapadék hullott, így szüntette meg a kisvizes időszakot és állítva helyre a megfelelő vízrajzi állapotot.

Ha a nyári hónapokat jobban szemügyre veszem, több következtetést is tudok tenni. Egyrészt ebben az időszakban jól látszik a legkisebb vízszint alatti tartós vízállás az egész évhez viszonyítva, melyet egy piros vonallal jelöltem a grafikonon. Jól látható, hogy a június végétől szeptember közepéig terjedő időszakban az LKV szint alatt volt folyamatosan a folyó vízszintje, különösen igaz ez augusztus hónapra. Ezekben a hónapokban a kialakult alacsony vízszintek következményei hatással voltak a mezőgazdasági öntözésre, valamint a szolnoki és környékbeli települések ivóvízellátására is.



6. ábra: Vízállások a Tisza Szolnoki szelvényében 2022. január 01 – 2022. december 31. között (Saját szerkesztés, Forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O.)

A 7. sz. ábra bemutatja a júniustól-októberig terjedő kisvizes időszakot, mely jobban szemlélteti, hogy a fentebb említett augusztusi, viszonylag egyenletesnek mondható alacsony vízállás értéket eredményező vízszint biztosítása a Kiskörei vízlépcső alvizének kvázi permanens szabályozásával, a tározóban lévő többletvíz-felhasználásával volt sikeres. Ennek eredménye az volt, hogy a szolnoki vízszintben nem voltak (és lehettek) nagy vízszint-ingadozások, hiszen azzal veszélybe került volna a felszíni vízmű működése, ez pedig a Szolnok város és a környező hét település ivóvízellátására is hatással lett volna.



7. ábra: Szolnoki szelvény vízállás grafikonja 2022. évi nyári időszakban (Saját szerkesztés, forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O.)

A vízkivétel biztosítását július közepétől úszóműves szivattyúzás segítségével oldották meg, közösen a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, valamint a Víz- és Csatornaművek Koncessziós Zrt. Szolnok munkatársai. Ennek lényege, hogy a mederpilléres vízkivételi mű szívókamráját zsilipekkel kiszakaszolták, melyekre rácsatlakozási lehetőséget biztosítottak.

Ezt követően csőcsatlakozást építettek ki az úszóművel, melyre három darab mobilszivattyú került elhelyezésre. Ennek köszönhetően a VCSM Zrt. akkor is tudott volna folyamatosan ivóvizet szolgáltatni a lakosság számára, ha erre a természetes módon már nem lett volna lehetőség a kritikus vízszint elérését követően [<https://www.kotivizig.hu/>].

2.2.2. Felszíni vízhozamok

A Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság területén, mind a kisebb, mind a nagyobb vízfolyásokat tekintve egész évben rendszeres vízhozammérések történnek. Ezen vízhozammérések jellemző számát rendkívüli esetekben (pl. árvíz vagy aszály) lényegesen növeljük, így követve nyomon a vízfolyások paraméterein keresztül a változásokat.

A 2022. évi rendkívüli nyári időszakban a szintén a vízhozammérések sűrítésével nyílt lehetőség nyomon követni a felszíni vízhozamokat, melyek segítettek többek között a mezőgazdasági vízkivételek szabályozásában, vagy a már említett felszíni vízmű úszóművének működésében is. A vízhozamméréseket Kisköre és Tiszaug között végezte el több mérőcsapat, melyben nemcsak a KÖTIVIZIG-es, de más Vízügyi Igazgatóságtól érkezett kollégák is közreműködtek.

A több mérőcsapat bevonására azért volt szükség, mert így nem csak a Tiszán, hanem a kisebb folyókon, illetve csatornákon is méréseket tudtunk végrehajtani, információval segítve nemcsak az Igazgatóság, de a felettes szervezetek munkatársait is. Az eredményeket tekintve megfigyelhető, hogy Martfű térségében jelentősebb vízhozam-növekedés volt, melyet okozhattak a területen előforduló, kisebb-nagyobb felszín alatti hozzáfolyások is (Váriné és társai, 2022).

Az aszályos időszak alatt, a vízhozammérési helyek és eredmények gyűjteményét a 3. számú táblázat tartalmazza az általam vizsgált, Szolnok és Vezseny között elhelyezkedő mintaterületre vonatkoztatva:

3. táblázat: Vízhozammérési eredmények a Tisza Szolnok-Martfű közötti szelvényekben 2022. 07.06-08.30. között (Forrás: KÖTIVIZIG Vízrajzi O., Saját szerkesztés)

Dátum	Szelvény	fkm	Q
2022.07.06	Szolnok	335,0	74,8
2022.07.06	Vezseny	302,0	71,8
2022.07.08	Szolnok	335,0	72,1
2022.07.08	Vezseny	302,0	71,0
2022.07.11	Szolnok	335,0	74,7
2022.07.11	Vezseny	302,0	72,7
2022.07.13	Szolnok	335,0	72,9
2022.07.13	Vezseny	302,0	72,9
2022.07.15	Szolnok	335,4	75,8
2022.07.15	Vezseny	302,0	74,6
2022.07.19	Szolnok	335,0	74,3
2022.07.19	Vezseny	302,0	72,1
2022.07.21	Szolnok	335,0	71,0
2022.07.21	Vezseny	302,0	74,8
2022.07.25	Szolnok	339,9	68,2
2022.07.25	Vezseny	302,0	67,5
2022.07.28	Szolnok	335,0	70,8
2022.07.28	Vezseny	302,0	70,2
2022.08.01	Szolnok	335,0	69,1
2022.08.01	Vezseny	302,0	66,1
2022.08.02	Szolnok	335,0	65,5
2022.08.08	Szolnok	340,3	62,3
2022.08.08	Tiszavárkony	320,2	63,5
2022.08.08	Martfű	306,9	62,60
2022.08.08	Vezseny	302,0	63,3
2022.08.09	Szolnok	335,4	65,6
2022.08.15	Szolnok	335,4	64,9
2022.08.15	Vezseny	302,0	63,90
2022.08.17	Szolnok	335,0	63,9
2022.08.17	Vezseny	302,0	65,00
2022.08.22	Szolnok	335,6	65,0
2022.08.22	Vezseny	302,0	63,90
2022.08.24	Szolnok	335,0	64,8
2022.08.24	Vezseny	302,0	63,50
2022.08.30	Szolnok	335,4	64,1
2022.08.30	Vezseny	302,0	64,80

A fenti táblázatban az egy napon mért értékeket egymás alá helyeztem a jobb összehasonlíthatóság érdekében, folyamkilométer szerint csökkenő sorrendben. A legtöbb mérési napon csak két szelvényben, a szolnokiban (~335,0 fkm), illetve a vezsenyiben (302,0 fkm) volt vízhozammérés. Augusztus 8-án azonban hosszmenti vízhozammérés lett elrendelve, így ezen a napon több időpontban és több helyen végeztek méréseket a mérőcsapatok.

Ennek eredményét a 8. sz. ábra jól szemlélteti:



8. ábra: Vízhozammérési eredmények a Tisza 401,1 - 267,6 fkm között 2022. 08.08-án (Saját szerkesztés, forrás: KÖTIVIZIG Vízrajzi O.)

Az ábra vízszintes tengelyén a folyamkilométereket ábrázoltam, balról jobbra, folyásirány szerint csökkenő sorrendbe, míg a függőleges tengelyre a kimért vízhozam értékek kerültek feltüntetésre. Látható, hogy a Közép-Tisza térségében a vízhozamok közel azonos tartományban mozognak.

A Kisköre-felső szelvénytől egészen a nagykörűi szelvényig csökkenő a tendencia, vagyis $65,3 \text{ m}^3/\text{s}$ – $59,7 \text{ m}^3/\text{s}$ volt a kimért vízhozam. Ezután Szolnok térségében kismértékben emelkedett az értéke, melyet a 340,3 fkm és a 331,4 fkm közötti, három mérési eredmény is alátámaszt. Ezekben a szelvényekben $62,3 \text{ m}^3/\text{s}$; $64,4 \text{ m}^3/\text{s}$ és $62,9 \text{ m}^3/\text{s}$ értékeket mértek a kollégák. Szolnok alatt, Tiszavárkony, Vezseny és Martfű hármánál a hozamok közel együtt mozogtak, vagyis $\sim 1 \text{ m}^3/\text{s}$ -nál nem volt nagyobb eltérés a három szelvényben ($63,5 \text{ m}^3/\text{s}$; $63,3 \text{ m}^3/\text{s}$, valamint $62,6 \text{ m}^3/\text{s}$). A martfűi szakasz után is megfigyelhetünk egy jelentősebb vízhozam-emelkedést, melyet eredményezhetett az ezen a területen előforduló, több és sűrűbb talajvíz-hozzáfolyás is ($66,0 \text{ m}^3/\text{s}$).

Megjegyzendő, hogy a vízhozammérések, mint minden más mérés rendelkeznek bizonyos mértékű pontatlansággal. Ha a $60 \text{ m}^3/\text{s}$ vízhozamérték esetén 3%-os pontosságot feltételezünk, akkor a $\pm 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ toleranciával tudunk számolni. Ezen elenyésző különbség esetén azonban komolyabb következtetéseket levonni nem lehetséges.

2.2.3. A terület talajvíz-tulajdonságai

A talajvízre, amely a felszín alatti legfelső víztároló rétegben található, nagymértékben hatnak a meteorológiai tényezők, úgymint a párolgás, hőmérséklet-változás, illetve az evapotranspiráció. Elsődleges és legfontosabb forrása a csapadék. A talajvíz mélysége átlagosan 2-6 méter között változik az Alföld legnagyobb részén a felszíntől számítva. Ezen kívül ciklikusság is megfigyelhető a változásában: tavasztól ősziig csökkenés, "kiürülés" tapasztalható a nyári szárazabb időszaknak köszönhetően, míg ősztől tavaszig a „feltöltődés” fázisa a jellemző, vagyis a növekedése (Dankó és Mészárosné, 2022).

A csapadék mellett egy nagyobb vízfolyás is (folyó vagy akár egy csatorna) nagy mértékben befolyásolni tudja a talajvízszintek alakulását. A Tisza mentén, így az Alföld területére is jellemző az, hogy a folyó vízgyűjtőjéhez közvetlenül csatlakozik a felszín alatti hozzáfolyás is, vagyis a talajvíz. Ha a folyó szintje magasabban van, mint a talajvíz, akkor annak irányából a talajvíz felé áramlik a víz, ellenkező esetben, vagyis ha a folyó szintje a talajvíz szintje alatt található, akkor a folyó leszívó hatása érvényesül, tehát a talajvíz irányából folyik a víz a folyó felé (Dankó és Mészárosné, 2022). Utóbbira láttam rengeteg példát a felmérés során is a Tisza-menti parti sávban.

A természetes folyamatokon túl az ember is tudja befolyásolni a talajvizek alakulását, például egy mesterségesen létrehozott öntözőcsatorna képében. A Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság területén az öntözőcsatornák legnagyobb részben mesterségesen kialakított vízfolyások. Ezek fő feladata aszályos időszakban a vizek szétosztása, elvezetése a vízhiányos területek felé. A kettős-működésű csatornáknak többek között a belvíz tározásáról-, visszatartásáról, vagy elvezetéséről is gondoskodniuk kell. Emiatt az öntözési idényben, a csatornák környezetében is talajvízszint-változások tapasztalhatóak, mivel ezek a vízzel teli csatornák is utánpótlódást jelentenek a talajvizeknek. Ez a felszíni beszivárogtató módszernek, vagyis a MAR-rendszernek (Managed Aquifer Recharge) is megfelel, mely a célzott felszín alatti vizek pótlásáért felel (Dankó és Mészárosné 2022).

Becslések szerint 2022. évben a Kiskörétől Csongrádig terjedő szakaszon a folyó alacsony vízállásának köszönhetően nagyjából 210 – 220 millió köbméterrel csökkent a térség talajvíztároló képessége (Láng, 2022).

Eddig is tapasztalhattuk, hogy az egyes tényezők külön-külön is fontos szerepet játszanak a felszíni és a felszín alatti vizek alakulásában egyaránt. Ha az eddig említett meteorológiai tényezők (csapadék, hőmérséklet, párolgás) hatásai együtt érvényesülnek, annak

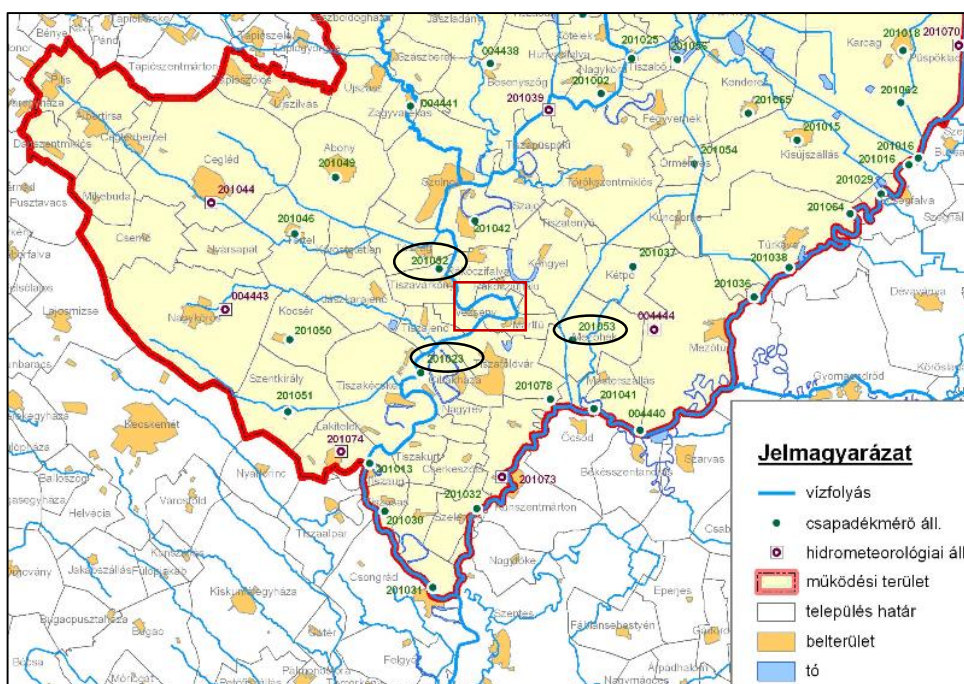
halmozott következményei lehetnek, lásd legkisebb vízszinteket megdöntő aszály, vagy töltések tetejét elérő árvizek kialakulása.

Habár egyáltalán nem nevezhető ideális helyzetnek a 2022 nyarán kialakult és tartósan fennálló állapot a természet és a gazdaság, valamint az társadalom szempontjából, a területen töltött néhány napom után igazán szerencsésnek éreztem magam, hogy ebben a jövőre nézve igen fontos és meghatározó kutatásban részt vehettem, és a jövőben segíthetem az ezzel kapcsolatos eredmények feltárását is.

2.2.4. Csapadékadatok Vezseny közelében

Dolgozatomban eddig a probléma átfogóbb bemutatására helyeztem a hangsúlyt, távolabbi területről indítva az ok-okozati összefüggés feltárását. A következőkben azonban az általam vizsgált terület, vagyis a Vezsenyi-kanyar nem túl távoli környezetére szűkítem le az elemzési területemet, bemutatva az itt kialakult, illetve a terepi vizsgálat elvégzése közben fennálló viszonyokat egyaránt.

Sajnos a kanyarulat közvetlen közelében nem található egyetlen hidrometeorológiai állomás sem, így csapadékadatok csak a távolabbi területekről állnak rendelkezésre. Három csapadékmérő állomás veszi körbe a kanyarulatot, ezek a Tószeg – Cibakháza – Mezőhék háromszög mentén határolják a vizsgált területet, melyek elhelyezkedését a 9. ábrán látható térképen az ovális körök mutatnak meg.

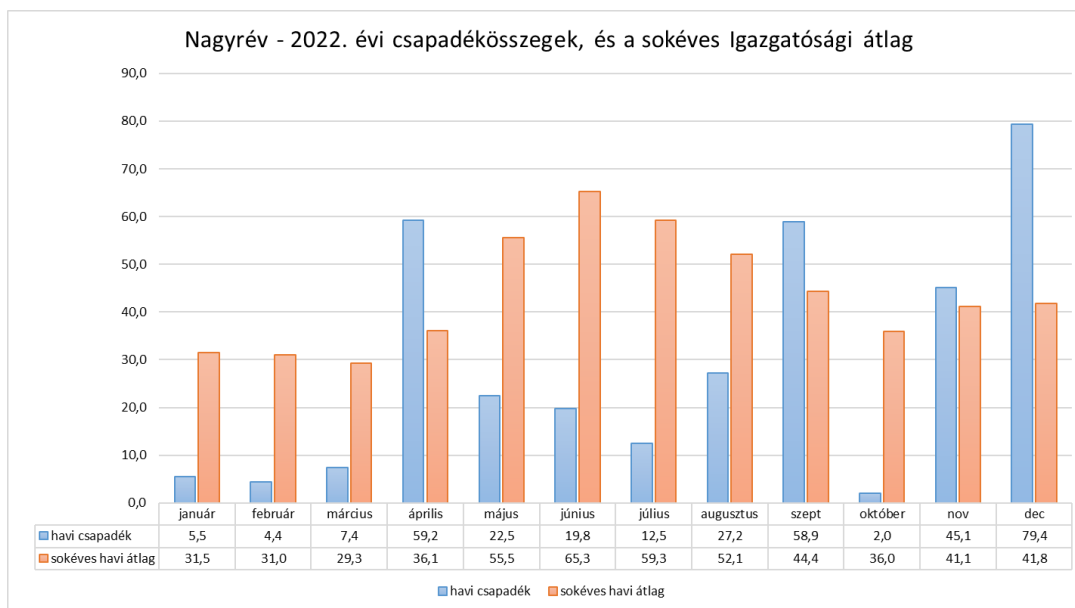


9. ábra: Áttekintő helyszínrajz a hidrometeorológiai és csapadékmérő állomások elhelyezkedéséről a KÖTIVÍZIG területén, 1:165 000 (Forrás: Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság Adatgyűjteménye, I. kötet, Vízrajzi Adatok, 2021.)

A három állomás közül a legrégebben telepített a tiszavárkonyi, melyet 1981-ben létesítettek. Ezt követi 1997-es telepítéssel nagyrévi, majd a mezőhéki, melyet 2000-ben hoztak létre. Ha az állomások 2022. évi adatsorát vizsgáljuk láthatjuk, hogy nem volt számottevő csapadék ezeken a területeken sem, így nem volt lehetősége a talajvizeknek a visszapótlódásra sem. Ehhez hozzátartozik az is, hogy már az előző, 2021. év is csapadékszegény év volt, emiatt a talajvizek kiürülési folyamata nem 2022-ben, hanem már az azt megelőző évben elkezdődött.

Az általam készített csapadékösszeg-grafikonokon (10. – 12. ábra) mindhárom esetben a vízszintes tengelyeken ábrázoltam az adott hónapban hullott csapadék összegét, melyet az azonos hónap sokéves átlagához viszonyítottam. A bal oldalon látható függőleges tengelyen az aktuális havi csapadékmennyiség értékét lehet leolvasni, a jobb oldali függőleges tengelyen pedig a sokéves havi átlag csapadék értéke került feltüntetésre.

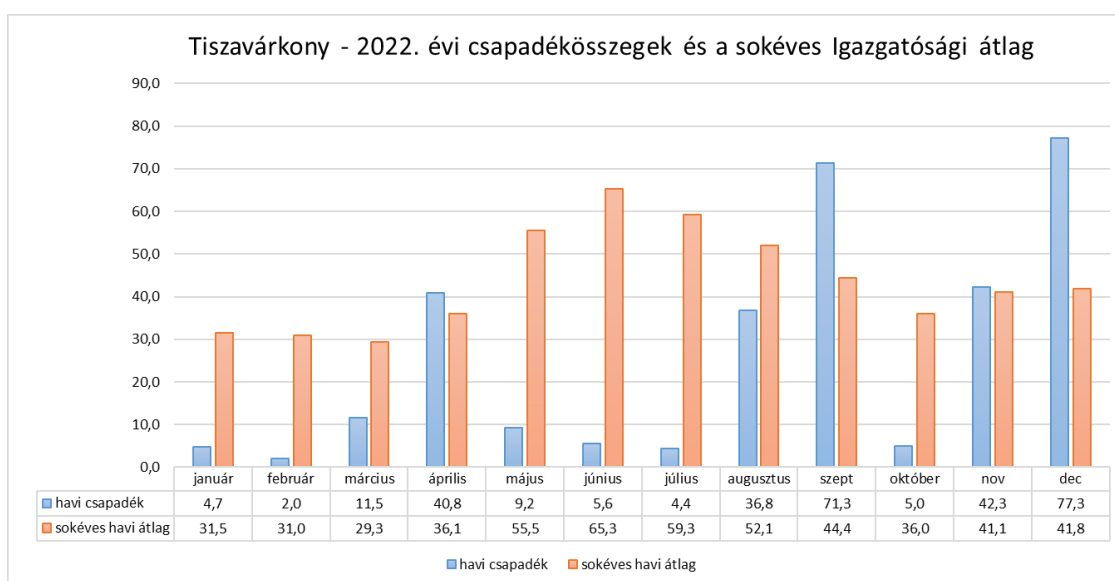
Nagyrév esetében április, szeptember, november és december hónapokban haladta meg a havi csapadékösszeg a sokéves Igazgatósági átlagot, a többi hónapban jóval az alatt maradt. Sőt, ezen hónapok kivételével a sokéves havi átlag felét sem érte el a csapadék lehullott mennyisége, kivéve augusztus hónapot, ahol 52%-a hullott le a sokéves átlagnak. A legkevesebb csapadék október hónapban hullott, akkor a sokéves havi átlag 5,5 %-a. Nagyrév 2022. évi csapadékdigramját a 10. számú ábrán mutatom be.



10. ábra: Nagyrév 2022. évi csapadékdíagramja a sokéves havi átlaghoz viszonyítva. (Saját szerkesztés, forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O.)

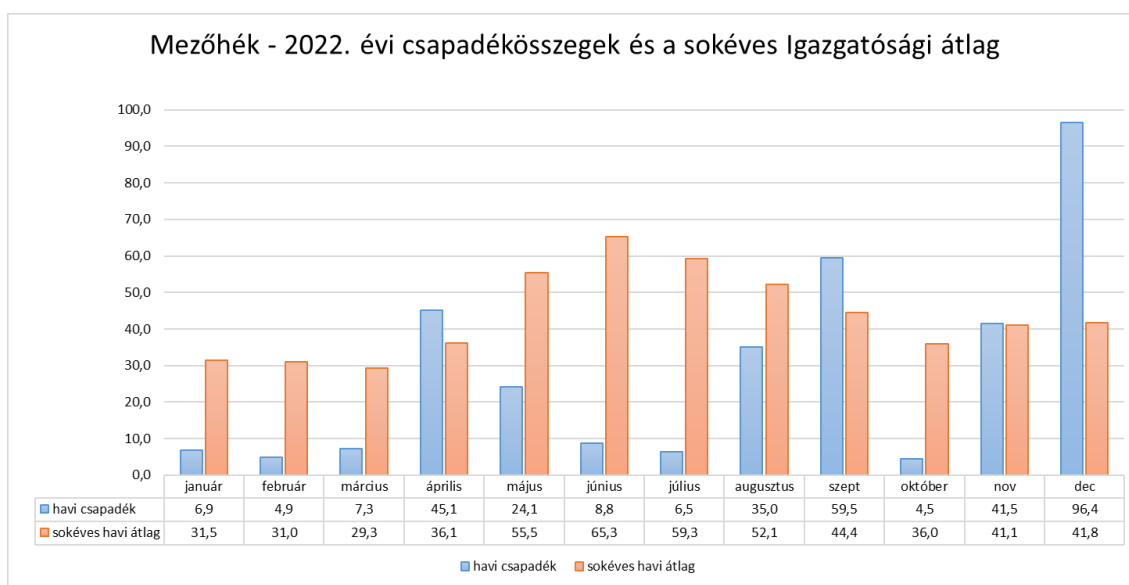
A tiszavárkonyi állomás esetében szintén négy hónapban, áprilisban, szeptemberben, novemberben és decemberben haladta meg jelentősen a lehullott csapadék a sokéves havi átlag alapján számolt értékeket. Áprilisban és novemberben a sokéves havi átlaggal közel megegyező mennyiség hullott, míg a többi nyolc hónapban egyetlen esetben sem érte el a sokéves átlag felét sem a regisztrált csapadékok mennyisége. A legkevesebb csapadékot február hónapban regisztráltuk ezen az állomáson, amikor is a sokéves februári átlag 6,5%-a hullott le összesen a területen.

Ezen állomás adatait a lenti, 11. számú ábrán szemléltetem.



11. ábra: Tiszavárkony 2022. évi csapadékdíagramja a sokéves havi átlaghoz viszonyítva. (Saját szerkesztés, forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O.)

A vizsgált terület közelében lévő harmadik csapadékmérő állomás a mezőhéki, mely adatainak grafikus megjelenítése a 12. számú ábrán látható. Ennek az állomásnak a grafikonján is megfigyelhetjük, hogy az áprilisi, szeptemberi és decemberi hónapokban meghaladta az adott hónap sokéves átlagát a lehullott mennyiség, illetve november hónapban is meghaladta azt, de csak 0,4 mm-el. A legkevesebb csapadék a nagyrévi állomáshoz hasonlóan szintén október hónapban esett ezen a csapadékmérő állomáson is, ekkor a sokéves átlag 12,5 %-a hullott. A többi hónapban szintén alulmarad a csapadék mennyisége az előző két diagramon bemutatott állomáshoz hasonlóan.



12. ábra: Mezőhék 2022. évi csapadékdíagramja a sokéves havi átlaghoz viszonyítva. (Saját szerkesztés, forrás: KÖTIVIZIG Vízhajzi O.)

Ha a három csapadékmérő adatait egymással vetem össze kiderül, hogy mind a három mérőhelyen az április, a szeptember, a november és a december hónapok voltak a legcsapadékosabbak. Ezen felül pedig a grafikonok összehasonlításánál az is látható, hogy a november volt mindhárom állomáson az a hónap, amikor ugyan meghaladta a sokéves átlagot a regisztrált csapadék mennyisége, de annak összege nem volt számottevő, illetve a december volt mindhárom csapadékmérő környezetében a legcsapadékosabb hónap.

Ezen három csapadékmérő állomás adataiból is láthatjuk, hogy a közép-tiszai területek is csapadékszegény évet zártak, csakúgy, mint az ettől a területtől távolabb eső Felső-Tisza vízgyűjtője is. Emiatt a lokális csapadékhiány is igen jelentős volt a tavalyi évben, vagyis nemcsak a felső területeknél érzékelt csapadékhiány volt számottevő, hanem a helyi csapadékmentes időszakok sem tudták legalább a helyi vízhiányos időszakokat mérsékelni.

A vegetációs időszakban, az áprilistól októberig terjedő hónapokban a csapadékszegény időszak a mezőgazdasági folyamatokra is rányomta bélyegét. A termés hozamok csökkenése, valamint a termények minőségének romlása mind-mind az aszályos időszak miatt következtek be.

Dolgozatom következő fejezeteit a területen –vízen és szárazföldön- elvégzett vizsgálatok, valamint ezen adatokkal kiegészített modellfuttatási eredmények elemzése, és az ezekből levont következtetések képezik.

3, ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK, MÉRÉSEK

Az általam vizsgált terület a Szolnoktól 15 folyamkilométerre lévő Vezsenyi-kanyar volt. A területbejárásokat, valamint az állapotörögzítéseket 2022. július 5. és augusztus 31. között végeztem el. Már a legelső alkalommal is több tucat hozzáfolyást láttam, nemcsak az általam meghatározott kezdeti- és végszelvények között, hanem már Szolnoktól indulva mind a jobb-, mind pedig a balparton egyaránt. Ezek a hozzáfolyások néhol kisebbek, alig észrevehetőek, néhol pedig nagyobbak, igazán jellegzetes befolyások voltak.

A koncepcióm az volt, hogy első alkalommal a vizsgált területen bemérjek annyi hozzáfolyást, amennyit csak tudok. A hozzáfolyások elhelyezkedésének szemléltetésére készítettem el ArcGIS-ben a 13. számú ábrán látható térképet.



13. ábra: Mérési helyek a 309,4 és a 296,0 fkm-ek között (Forrás: saját szerkesztés, ArcMap, 2022. 11. 04. Alaptárkép: 2019. MADOP.)

Mint ahogy a fenti térképrészleten is látható, összesen 22 mintavételi pontot regisztráltam, melyeket GPS segítségével mértem be. Ennek koordinátáit vittem fel a programba, majd a következő három terepbejárás alkalmával a megjelölt pontokat próbáltam újra beazonosítani először több, majd az idő előrehaladtával és a természet területhódító

tulajdonságának köszönhetően egyre kevesebb sikerrel. A felmérések során csónakkal közlekedtünk a folyón lefelé, és a markáns hozzáfolyások mellett „kikötve” jegyzeteltem le az ott tapasztaltakat, majd ahol a kifolyás is lehetővé tette további vizsgálatokat végeztem el. Ilyen vizsgálat volt többek között a vízhozammérés köbözeses módszerrel, vagy a kifolyó vízből való mintavétel gyűjtése laboratóriumi vizsgálatok elvégzéséhez. Emellett néhány helyen, főként a nagyobb kifolyásoknál a helyszínen meg tudtam vizsgálni az apadás következtében felszínre bukkanó talaj állagát is.

A folyón lefelé haladva a jobb és a bal parton is rögzítettem kifolyásokat, a térképen megjelenített számozás azok regisztrálási sorrendjét követi, ugyanis először inkább a bal parton láttunk több felszín alatti hozzáfolyást, majd visszafordulva a jobb parthoz közelebb csónakázva is rögzítettünk több ilyen helyszínt.

Az első alkalommal bemért helyeket a későbbi bejárások alkalmával újra felkerestük, az ott észlelt változásokat szintén lejegyeztem. A felméréssorozat végén volt olyan pont, amelyet az első alkalom óta eltelt majd két hónap után is sikeresen azonosítottam, de voltak olyan helyek, amelyeket sajnos már egyáltalán nem sikerült megtalálni a GPS koordináták segítségével sem, feltehetően az ezek által „megcsapolt” felszín alatti készlet kimerülése miatt.

Szerencsére sikerült három olyan vízhozammérési helyet is találni, amelyek az első vizsgálatok elvégzése után még közel nyolc hét elteltével is folytak. A már fentebb említett, természet általi terület-visszahódításra az alábbi, 14. és 15. számú képeken láthatunk nagyon szemléletes példát. Ez is az egyik vízhozammérési pont volt, de sajnos a sűrű növényzet miatt már nem volt augusztus végén lehetőség a negyedik vízhozammérésre.



**14. ábra: Ötös számú mintavételi pont
2022. 07. 05.-én (Saját felvétel)**



**15. ábra: Ötös számú mintavételi pont 2022.
08. 31.-én (Saját felvétel)**

3.1. Talajvíz hozzáfolyások mérése

Összesen négy alkalommal, július 05-én, július 14-én, július 27-én és augusztus 31-én sikerült terület-bejáráson nyomon követni az egyes pontokon bekövetkezett változásokat, ezen bejárások alkalmával pedig köbözős vízhozammérést alkalmaztam négy nagyobb kifolyású pontnál is.

A mérés elvégzése előtt a kifolyási „mederben” próbáltam egy olyan keskenyebb árkot keresni (ha ez nem volt, akkor kialakítani), amelybe a köbözésre használt edényt bele tudtam helyezni olyan módon, hogy az tökéletesen illeszkedjen a talajhoz, vagyis se mellette, sem pedig alatta ne tudjon a kifolyó víz elszökni. Egy ilyen pillanatot ábrázol a 16. ábra is.



16. ábra: Vízhozam mérése (Saját felvétel, 2022. 07. 05.)

Miután megtaláltam a legalkalmasabb helyet a mérés végrehajtására, stopperóra segítségével figyeltem a mérés kezdete óta eltelt időt. Három pontnál 20 mp volt a mérési határ, egy pontnál pedig 10 mp. Ennél a pontnál azért volt elég a kevesebb idő is, mert ezen a helyen a köböző edény sokkal gyorsabban megtelt, mivel sokkal nagyobb volt a felszín alól kifolyó víz hozama, mint a másik három mérési helyen.

Ezen mérések számszerű adatait az alábbi, 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat: 5., 8. és 12. mintavételi pontban mért vízhozamok (Saját szerkesztés)

Időpont	5. pont	8. pont	12. pont
2022. 07. 05.	~ 1,92 l/min	~ 5,34 l/min	~ 0,54 l/min
2022. 07. 14.	~ 1,32 l/min	~ 6,6 l/min	~ 0,69 l/min
2022. 07. 27.	~ 0,99 l/min	~ 4,98 l/min	~ 0,63 l/min
2022. 08. 31.	Nincs vízhozam, nem mérhető	~ 3,24 l/min	~ 1,89 l/min

A fenti táblázatból látható, hogy a hozzáfolyások a legtöbb esetben csökkentek ugyan az idő előre haladtával, de azok nem szűntek meg teljesen még két hónap száraz időszakot követően sem, tehát feltételezhető volt, hogy távolabbi felszín alatti rétegekből is folyamatos talajvíz-utánpótlást kaptak. A 12. pontnál a hozzáfolyás növekedése volt tapasztalható. Ennek oka lehetett az, hogy a kifolyást tápláló rétegek

3.2. Vízminta-vételezés felszíni hozzáfolyásból

Egy másik fontos terepi feladat a vízminta gyűjtése volt, melyet két alkalommal, július 5-én és 27-én gyűjtöttem. A KÖTIVIZIG szolnoki telephelyű Regionális Laboratóriumából kapott műanyag ballonokba vételeztem megfelelő mennyiségű kifolyó vizet, melyet még aznap felcímkézve adtam át a laboratóriumi vizsgálatok elvégzéséhez.

A vízminta gyűjtését megpróbáltam összekötni a vízhozammérési helyekkel, hiszen itt volt a legegyszerűbb tiszta, viszonylag üledékmentes minta begyűjtésére lehetőségem. Első alkalommal a három jelentősebb vízhozammérési helyet kiegészítettem két további mérési ponttal is. Mivel itt nem mértünk vízhozamot, de igen feltűnő megjelenésű volt a felszín alóli kifolyás, így mindenképp szerettem volna az itt felbukkanó vizet is laboratóriumi vizsgálatra küldeni, ezért ezen a két helyen egy kis munkával sikerült szabaddá tennem a kifolyást, így tudtam használható mennyiségű mintát begyűjteni (17. ábra).

Az első alkalommal öt, a második alkalommal már csak három ilyen mintát adtam le laboratóriumi vizsgálatra. Ennél a három helynél már nem alakítottam ki külön mintavételi helyet, hanem azokat az első alkalommal is megmintáztam, ismert és látogatott jelentősebb kifolyásokból vettem. A laboratórium rövid időn belül rendelkezésemre bocsájtotta az eredményeket.



17. ábra: Vízmintavételezés egy felszíni alatti hozzáfolyásból (Saját felvétel, 2022. 07. 05.)

A vizsgálatokat elvégző laboratórium NAH-1-1327/2016. számon akkreditált, a minősítéseket a Víz Keretirányelv szerint kiadott minősítés szerint dolgozták fel [http://www.labor.koroserfejlesztese.hu/at_vki.html]. Az 5. számú táblázatban láthatóak az első alkalommal, 2022. 07. 05-én, a felszín alatti hozzáfolyásból származó minták adatai.

5. táblázat: 2022. 07. 05-én vett felszín alatti hozzáfolyásokból nyert laboratóriumi elemzésének eredményei (Saját szerkesztés, KÖTIVIZIG Regionális Laboratórium elemzés)

Minta száma	Hozzáfolyás helye	pH	Ca	Mg	HCO ₃ ⁻	Cl	SO ₄ ⁻	Na	Fe	Mn
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L
1	3. pont	7,2	333	75	651	106	500	65	714	60222
2	4. pont	7,9	234	45	750	64	161	45	22 542	3860
3	5. pont	7,4	157	30	518	33	108	29	18 894	2233
4	8. pont	7,1	229	44	810	40	98	31	6 271	3612
5	12. pont	8,4	119	23	426	33	60	42	9 211	548

A fenti táblázatból is kitűnik a kettes és a hármas mintavételi pontnál felszínre kerülő víz magas vastartalma. A kettes számú mintát a négyes hozzáfolyásnál, a hármas számút pedig az ötös hozzáfolyásnál gyűjtöttem (melyek elhelyezkedését a fentebbi, 13. számú ábrán lehet megtekinteni). Már a mintavétel közben is látszott, hogy rendkívül vasas a kifolyás környezete

is, így a kapott érték nagysága nem meglepő. A négyes (6 271 µg/L), valamint az ötös (9 211 µg/L) mintaszámú helyeken a vastartalom alacsonyabb, de az első vízminta (714 µg/L) értékéhez képest is tízszer több. Az első minta alacsonyabb vastartalmának oka lehet még az, hogy ezt a mintát nem a már említett nagyobb hozamú kifolyásból, hanem felszín alól felbukkanó, „csordogáló” kifolyásból nyertem. Emiatt lehetséges, hogy ez a kifolyás nem érintett olyan rétegeket, melyek eredményezték volna a magasabb vasas tartalmat.

Két héttel a legelső vizsgálat elvégzése után, 2022. 07. 27-én, szám szerint a harmadik bejárás alkalmával három helyen ismét vízminta begyűjtés történt, melynek adatait a 6. számú táblázat tartalmazza. Az első alkalomhoz képest kettővel kevesebb mintát gyűjtöttem be, ennek pedig az volt az oka, hogy az első alkalommal vizsgált kifolyásokból kettő már nem volt alkalmas vízminta gyűjtésére.

Ez egyrészt az intenzív növényzet-növekedés, másrészt a kevés kifolyó víz miatt volt. A kevés felszínre bukkanó és elfolyó víz nagyon sok üledéket hozott magával, így csak olyan mintát tudtam volna begyűjteni, mely nagyobb mennyiségben tartalmaz üledéket, mint vizet, ez pedig a laboratóriumi elemzések szempontjából nem lett volna ideális.

6. táblázat: 2022. 07. 27-én vett felszín alatti hozzáfolyások eredményei (Saját szerkesztés, KÖTIVIZIG Regionális Laboratóriumi elemzés)

Minta száma	Hozzáfolyás helye	pH	Ca	Mg	HCO ₃ ⁻	Cl	SO ₄ ⁻	Na	Fe	Mn
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L
1	5. pont	8,1	149	27	511	34	99	30	41 070	2 502
2	8. pont	7,3	233	47	851	44	83	32	23 147	3 639
3	12. pont	8,2	110	22	448	31	52	40	68 714	1 363

A két táblázat értékeit összehasonlítva azonban megállapítható, hogy az idő előre haladtával a kifolyások vastartalma növekedett. Legszembetűnőbb növekedése a 12. pontban mért kifolyásnak volt, ugyanis ezen a helyen 9 211 µg/L-ről 68 714 µg/L-re, összesen 745 %-al nőtt a kifolyó víz vastartalma az első mérés óta. Ennek oka lehet az, hogy a csökkenő vízhozam miatt a víz kémiai paraméterei nem hígultak fel olyan mértékben, mint az első alkalommal, illetve a másik ok, hogy egy másik, vasasabb réteg is idő közben bekapcsolódott a felszín alatti kifolyás táplálásába.

3.3. Felszínközeli kutak vízállás-adatsorainak jellemzése

A közel 120 éve vezetett feljegyzések kezdete óta a 2022-es évben volt tapasztalható a leghosszabb, közel 7 hónapig tartó egybefüggő száraz időszak hazánkban (Pálfalvi, 2022). Emiatt a nem túl jó statisztikai adat miatt tartom szükségesnek megvizsgálni a felszínközeli kutak adatsorát is, melyek segítségével képet kaphatunk a talajvíz felszín alatti mozgásáról.

A vezsenyi kanyarban összesen 5 db talajvízszint-figyelő kút van, a kanyarulattól Délre, vagyis a Tisza bal partján további két kút található a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság kezelésében (18. ábra). Ezen kutak elemzését végeztem el a 2022. évre vonatkoztatva.

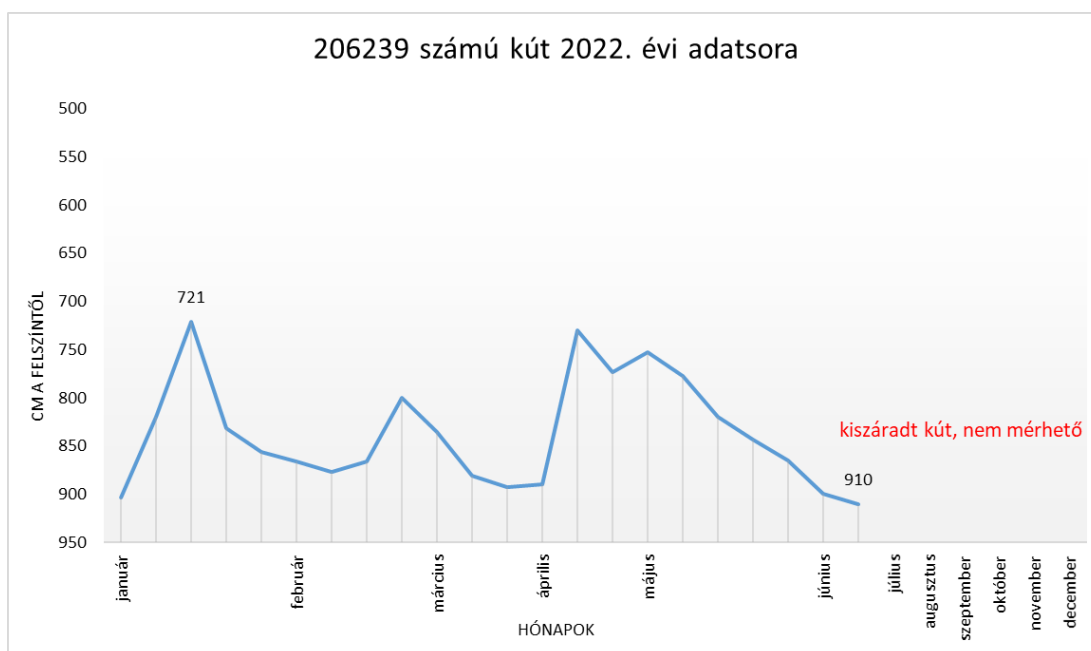


18. ábra: A vizsgált talajvízkutak elhelyezkedése (Forrás: Vízrajzi Adatrögzítő és Feldolgozó Modul, 2022. november)

Igazgatóságunk kezelésében lévő, vízrajzi vonatkozású kutak észlelése többféle módon történhet. Ezen hét állomás mindegyike kézi észlelésű, ami azt jelenti, hogy a területileg illetékes szakaszmérnökség észlelője az egy évre előre megjelölt napokon végzi el a kút vízállás-rögzítését sípos mérőszalag segítségével. A fent említett 7 állomás közül a kanyarban lévő öt kút a Szolnoki Szakaszmérnökségéhez, kettő pedig a Mezőtúri Szakaszmérnökséghez tartozik. A heti egy alkalommal végzett mérés grafikus ábrázolásának segítségével képet kaptam a kutak vízállásának alakulásáról a kritikus időszakban.

A Tiszához legközelebb eső, a kanyarulat belsejében lévő 206239 törzsszámú kút az év első felében még mérhető volt, bár már akkor is igen ingadozó vízszintet produkált (19. ábra).

A csapadékmentes időjárás tartóssá válásának köszönhetően egy idő után ki is száradt, abban nem tudott vízállást mérni a kút kezelésével foglalkozó gátőr az év hátralévő részében.

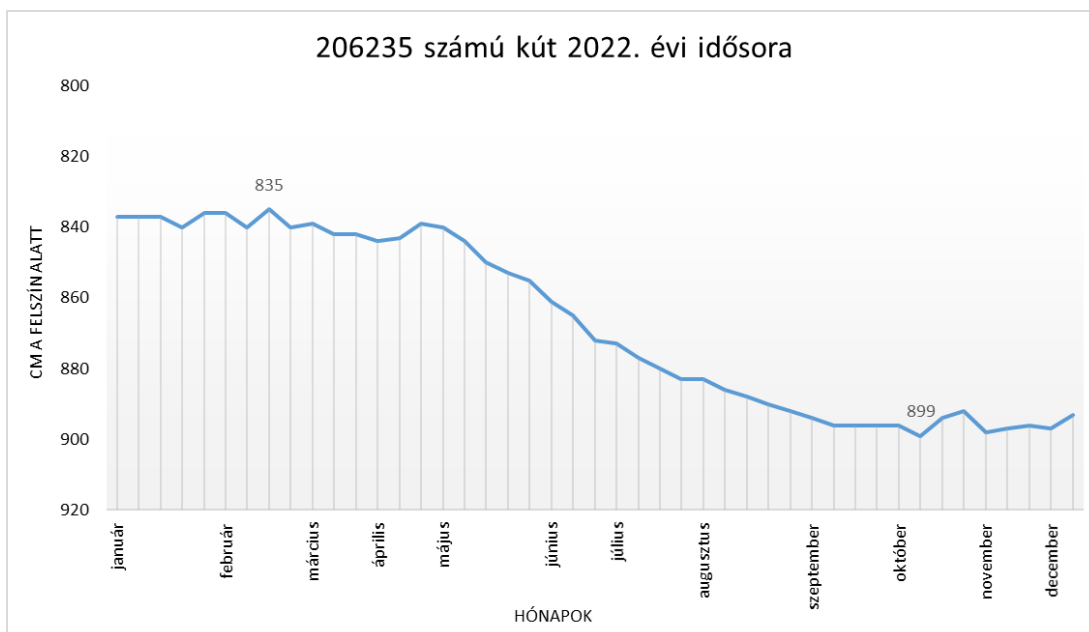


19. ábra: Vezseny 206239 számú üzemi állomás adatsora (Forrás: KÖTIVIZIG Vízrajzi O., saját szerkesztés)

Látható, hogy június közepétől nincs mérhető adat, de a mérhető időszakban a kútban lévő talajvíz -721 cm és -910 cm között ingadozott, amely majdnem két méteres vízszintcsökkenést jelent. A kút távolsága a folyótól légvonalban ~20 méter. Feltételezhető tehát az, hogy a kút kiszáradásához hozzájárult az is, hogy itt érvényesült legjobban a már említett talajvízmegcsapoló-képessége a Tiszának, így eltűnt a kútból a víz is.

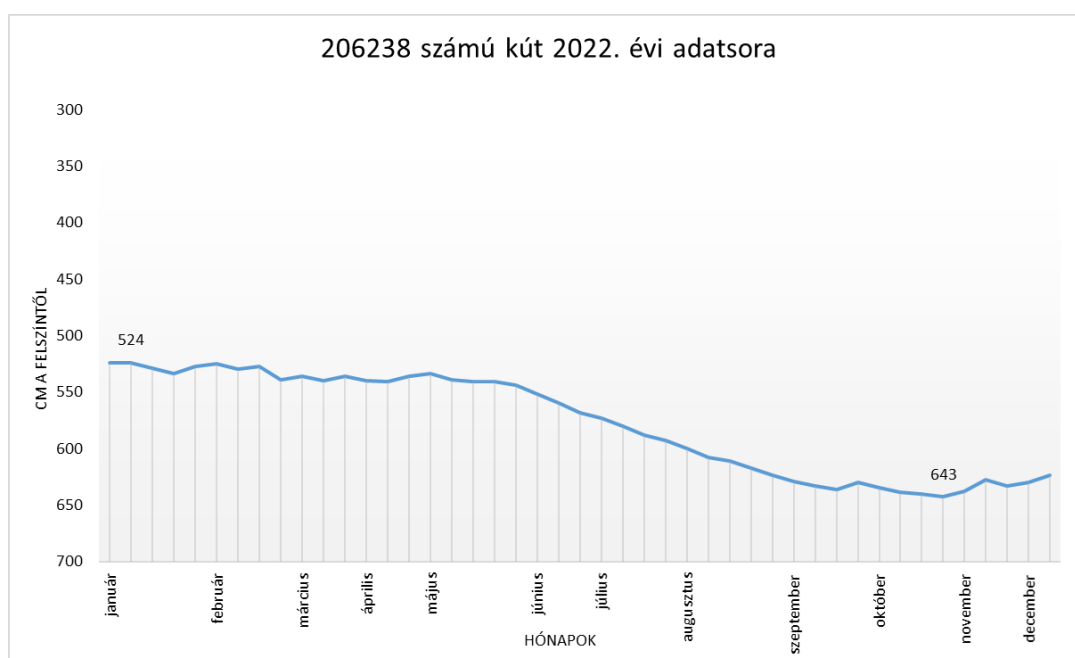
A kanyarulatnak köszönhetően a Tisza jobb partjához legközelebb eső, de még a kanyarulat belsejében található másik kút a 206235 számú állomás. Ezen kút vízjátékában nem lehet megfigyelni jelentős különbségeket, hiszen itt a vízszint -835 cm és -899 cm közötti értékek között változott. Meg kell azonban jegyezni, hogy ez az állomás az előző kúthoz képest valamivel távolabb helyezkedik el a folyótól, légvonalban ~225 méterre a térképes adatok szerint. Igaz, az előző, 206239-es kút markáns vízszintingadozásaihoz képest 2022 májusáig ebben a kútban a vízszintek nem változtak olyan feltűnően, mint az egész évet tekintve (20. ábra).

Január eleje és május vége között a legnagyobb vízszintkülönbség a kútban mindössze 20 cm volt, melyet júniustól egy szemmel is jól látható, intenzívebb csökkenés követett.



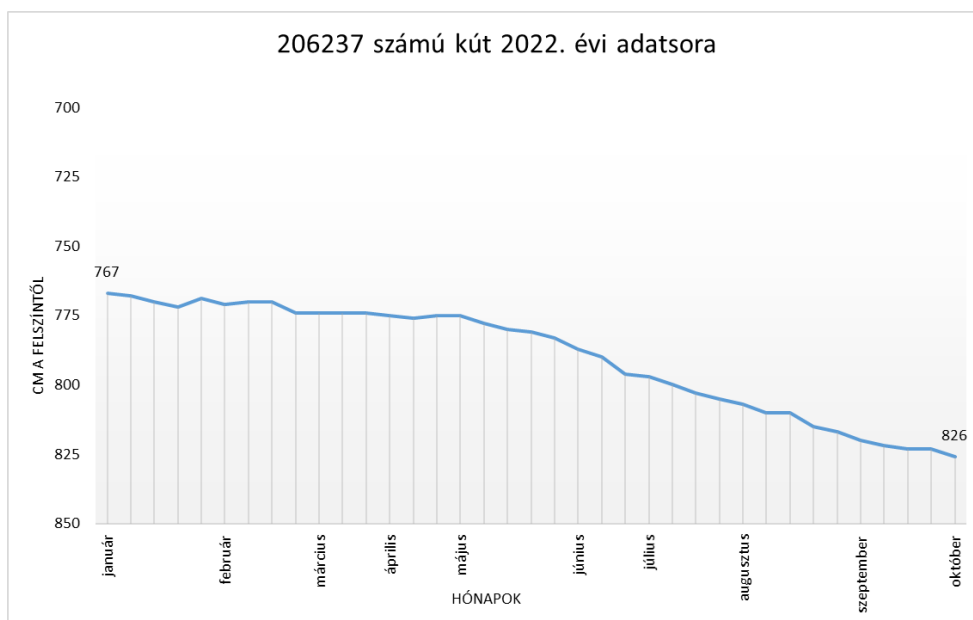
20. ábra: Vezseny 206235 számú üzemi állomás adatsora (Forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O., saját szerkesztés)

Ahogy haladunk a kanyarulat közepe felé, és távolodunk mind a két oldalon a Tiszától, úgy figyelhető meg az egyre kisebb vízszíntingadozás a belső részen található három kútban. A Tiszához legközelebbi, 206239 számú kút melletti 206238 törzsszámú állomásnál a legnagyobb a vízszintkülönbség (21. ábra), majd a folyótól távolodva ez fokozatosan csökken. A mért legnagyobb és legkisebb vízszint -524 cm és -643 cm között alakult 2022. évben.



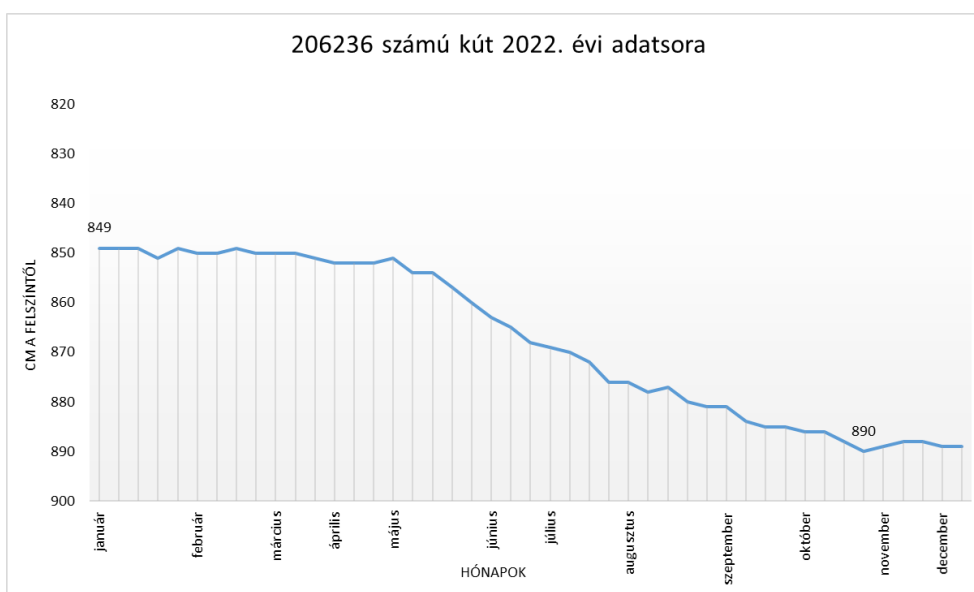
21. ábra: Vezseny 206238 számú üzemi állomás adatsora (Forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O., saját szerkesztés)

A 206237-es törzsszámú állomás adatait a 22. számú diagram mutatja be. A vízszintcsökkenés itt is megfigyelhető, de a két szélsőérték között már nincs akkora különbség, mint az előző esetekben. Itt mindössze 59 cm különbség van a mért legkisebb és legnagyobb vízállások között (-826 cm; -767 cm).



22. ábra: Vezseny 206238 számú üzemi állomás adatsora (Forrás: KÖTIVIZIG Vízrajzi O., saját szerkesztés)

A kanyar belső részén található öt kút közül a legkisebb vízszintingadozással a 206236 számú állomás büszkélkedhet (23. ábra). Itt csupán 41 cm különbség volt az év elején mért -849 cm-es, valamint az év végi -890 cm-es vízszintek között.



23. ábra: Vezseny 206236 számú üzemi állomás adatsora (Forrás: KÖTIVIZIG Vízrajzi O., saját szerkesztés)

Az 1930-as évek óta követhetjük nyomon az Alföld talajvízjárását, melyhez a területen lévő, hozzávetőlegesen 1131 észlelőkút adatai állnak rendelkezésre (Szalai, 2011). A KÖTIVIZIG területén változatos elhelyezkedéssel közel 400 db felszín közeli és felszín alatti állomás adatai találhatóak meg.

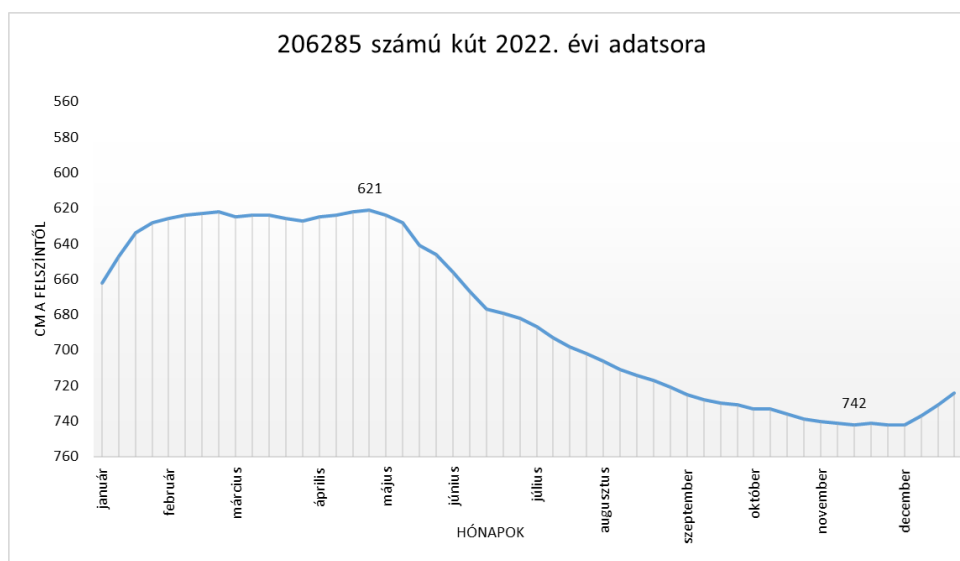
A fenti diagramok összehasonlító számadatait az alábbi (7. számú) táblázat szemlélteti:

7. táblázat: A vezsenyi kanyarban található kutak vízszintkülönbségei (Forrás: KÖTIVIZIG Vízhajzó O., saját szerkesztés)

	Kútperem magassága	Legalacsonyabb vízállás- kútperemtől	Legmagasabb vízállás- kútperemtől	Különbség
Vezseny - 206239	89,20 mBf	721 cm	910 cm	KISZÁRADT
Vezseny - 206238	88,15 mBf	643 cm	524 cm	119 cm
Vezseny - 206235	89,16 mBf	899 cm	835 cm	64 cm
Vezseny - 206237	89,07 mBf	826 cm	767 cm	59 cm
Vezseny - 206236	89,46 mBf	890 cm	849 cm	41 cm

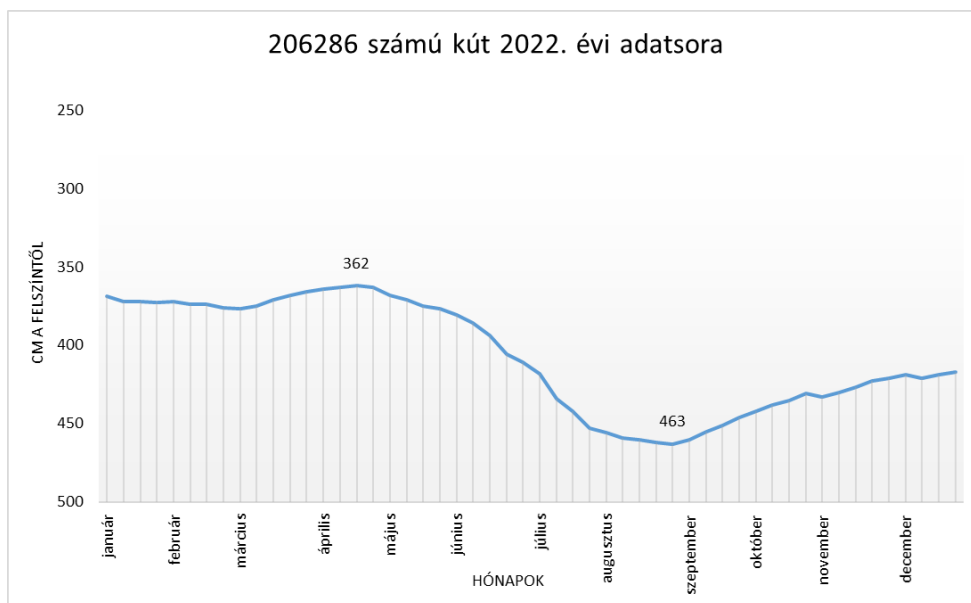
Az eddig bemutatott öt kút, vagyis a vezsenyi kútsor folytatódik a Tisza „túlsó oldalán”, a martfői részen. Ezen két kút a Tiszától nagyobb távolságra helyezkedik el, így ezeken a távolabbi állomásokon a vízfolyás leszívó hatása kevésbé érvényesült.

A Tiszához közelebbi, 206285 számú kút vízjátéka a 2022. évben észlelt minimum (-742 cm) és maximum (-621 cm) vízszintek közötti 121 cm-es különbség az év végén, december hónaptól már kezdett emelkedést mutatni (24. ábra), ami a talajvízszint feltöltődésére, utánpótlódás megindulására enged következtetni, mely a december havi nagyobb csapadékmennyiségnek is lehet köszönhető.



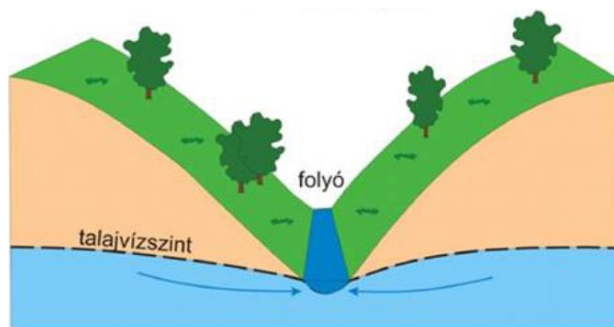
24. ábra: Martfű 206285 számú üzemi állomás adatai (Forrás: KÖTIVIZIG Vízhajzó O., saját szerkesztés)

A távolabbi 206286-os számú állomás vízszintje -362 cm és -463 cm között változott (25. ábra), közel egy méteres vízszintkülönbséget produkálva. Itt szeptember hónaptól már emelkedést mutatott a vízszint, vagyis itt is megkezdődött az előző állomáshoz hasonlóan a talajvízszint feltöltődése. Azt is megfigyelhetjük a grafikon segítségével, hogy a kútban a felszínhez közelebb helyezkedik el a vízszint, magasabban van a talajhoz az előzőekben vizsgált bármelyik kút adatához képest.



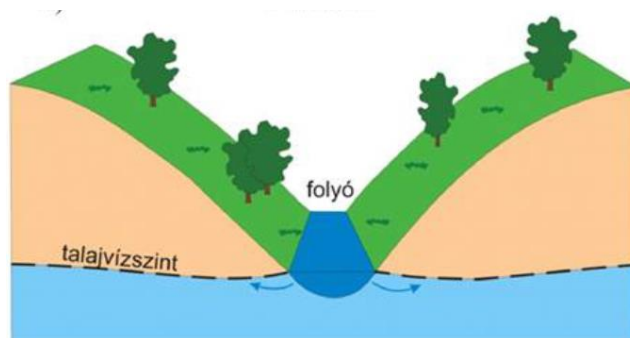
25. ábra: Martfű 206285 számú üzemi állomás 2022. évi adatsora (Forrás: KÖTIVIZIG Vízzrajzi O., saját szerkesztés)

Dr. Rónai András vizsgálatai során arra a következtetésre jutott, hogy a talajvizek ÉNy-DK irányú áramlási iránnyal rendelkeznek. Ha bármely nagyobb folyó vízállása közepesnek, vagy alacsonynak mondható, akkor a folyó felé mutatnak a talajvizek áramlási irányai (26. ábra), vagyis a rétegekből származó talajvizek táplálják a folyót (Rónai, 1987). A felszín alól a folyóba kerülő vízhozam a felszín lejtésével egyenesen arányos, tehát minél nagyobb egy felszín esése, annál nagyobb lesz a hidraulikus gradiens értéke is (Mádl és társai, 2013).



26. ábra: A folyó és a talajvíz kapcsolata (Mádlné és társai, 2013)

Ha azonban a folyónak magas a vízállása, akkor a talajvíz-tápláló tulajdonsága érvényesül (27. ábra). A folyó közelében, a folyóparti rétegekben a fentiek következtében a talajvíz ingadozása lehet akár 4 méter is, a távolabbi területeken az 1-2 méteres vízjáték a jellemző (Rónai, 1987).



27. ábra: A folyó és a talajvíz kapcsolata magasabb felszíni vízszintnél (Mádlné et. al., 2013)

3.4. Felszínközeli kutak vízminta-vizsgálata

A felszínre bukkanó, és a parti sávon lefolyó víz vizsgálatán túl, célom volt a közeli, felszín közeli kútsor vizének laboratóriumi vizsgálata is. Ezt egy alkalommal, július 05-én a fent részletesen bemutatott 7 db kútnál sikerült elvégezni. Mivel ezek vízszintjére hatással lehet a Tisza közelsége, hasonlóságot kerestem a Tiszába befolyó felszín alatti víz, illetve ezekből a kutakból kinyert víz tulajdonságai között.

A mintavétel során (28. ábra) mobil szivattyút engedtünk le a kútba, mely segítségével néhány perces üzemelést követően a felszíni vízminta gyűjtéséhez használt műanyag mintavevő flakonnal megegyező típusú edénybe került a kútból kitermelt víz is.



28. ábra: Vízmintavétel folyamata talajkútból (Saját felvétel, 2022. 07. 05.)

A helyszíni mérések alatt kiderült, hogy míg a kutak fajlagos vezetőképessége $\sim 7000 \mu\text{S/cm}$, addig a Tiszáé nagyságrenddel kisebb, $\sim 700 \mu\text{S/cm}$ volt. A mintázandó hét kút közül azonban nem minden kútból sikerült vizet kinyerni. Mint ahogy azt az előző, 3.3-as fejezetben bemutatam, a 206239 számú kút a vizsgálat elvégzésének idején, vagyis július 5-én már szárazon volt, így ebből a kútból egyáltalán nem tudtunk vizsgálatra szánt vizet kinyerni.

A 206236 számú kútba is leengedtük a szivattyút, el is kezdődött a víz kinyerése, de nagyjából 10 l víz kitermelése után a kút erőteljesen homokolni kezdett, így innen sem sikerült vizsgálatra küldhető mennyiségű és minőségű vizet kinyerni. A többi kút, vagyis a három vezsenyi, illetve a két martfői állomás mintavételezése során ilyen jellegű probléma nem fordult elő, így azok adatait megvizsgálták a laboratóriumban.

„Az alföldi talajvizek kémiai tulajdonságai, elsősorban a víztartó réteg anyagától és vízcseréjének ütemétől függően, igen változatosak” (Lászlóffy, 1982). Az előző megállapítás kijelenti, hogy a felszín alatti vizek laboratóriumi összetételét a talajrétegek tulajdonságai erőteljesen befolyásolják. Nem csak a vizek kémiai összetételét, hanem annak periódusosságát is befolyásolják a meteorológiai tényezők. Mint már szó volt róla korábban, tavasszal a felhalmozódásé a főszerep, ősszel pedig a „leürülés” időszaka a jellemző.

Az ingadozó talajvízszint a felszín alatti rétegek kémiai tulajdonságaira is hatással van, hiszen a magasabb talajvízszintek az ásványi anyagok hígulását, a talajvízszint csökkenés pedig azok feldúsulását eredményezheti.

A felszín közeli talajkutak vízkémiai adatainak eredményeit a 8. számú táblázat tartalmazza. Látható, hogy a kutak vastartalma nagyon alacsony, nem éri el a $20 \mu\text{g/l}$ értéket

sem. Ebből arra lehet következtetni, hogy a felszín alatti kifolyások nem egyetlen vízáadó rétegből származnak, hanem egy nagyobb területről, amely több réteg vizét gyűjtik össze. Ezen rétegek között található vasasabb réteg is, melyből kimosódik az áramlással az adott réteg vastartalma, vagy esetleg azon a horizontálisan, több réteget is érintő felszín alatti úton szedi össze a kifolyás több rétegből a vastartalmat, amelyen keresztül a víz a felszínre ér.

8. táblázat: Felszínközeli kutak vízkémiai paraméterei (Saját szerkesztés, KÖTIVIZIG Regionális Laboratóriumi elemzés)

Kút száma	pH	Ca	Mg	HCO ₃ ⁻	Cl	SO ₄ ⁻	Na	Fe	Mn
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Vezseny 206238	6,86	600	219	703	569	2 472	1 168	<20	285
Vezseny 206237	6,92	182	51	668	260	80	152	<20	423
Vezseny 206235	6,97	161	333	788	461	633	140	<20	9,6
Martfű 206285	7,32	118	37	484	67	38	86	<20	268
Martfű 206286	6,44	126	52	32	189	486	72	<20	359

A táblázatból leolvasható, hogy a kutak pH értéke alacsonyabb a felszínre bukkanó hozzáfolyásokénál, inkább savasabb tartományba esik, viszont egy esetben a 7 feletti érték lúgosabb tulajdonságú felszín alatti vizet jelez. A 206238 számú kút kalcium, szulfát és nátrium értéke jóval magasabb a többi kúthoz képest is, de vannak kiugró értékei a többi vizsgált kútnak is. A 206235-ös állomáson vett vízmintának a legmagasabb a magnézium tartalma, viszont legkisebb a mangántartalma.

A legmagasabb pH értékkel rendelkező 206285-ös számú mintavételi kút magnézium szintje a legalacsonyabb, de emellett több paramétere is alacsonyabb a többi kúthoz képest, pl. a felszín alatti vízben található klór is itt a legkevesebb.

3.5. Rétegtani megállapítások

Talajtani szempontból vizsgálva a területet igen változatos képet mutat. A talajtakaró kialakulására ható tényezők közül különös szerepet kell tulajdonítani a vízrajzi tényezőknek, azon belül is az elöntéseknek. Ennek foka határozza meg a különböző talaj- és altalaj típusokat. A vezsenyi kanyarulatban, valamint az alatta elterülő kisebb területen réti öntéstalaj keletkezett, melynek öntés- illetve réti jellegét az adja meg, hogy a területet mennyire zavarták meg idő közbeni elöntések. (Rónai, 1967).

Azokon a területeken, ahogy a talajképződést nem módosították a folyóvíz általi elöntések, ott inkább a réti talaj a hangsúlyosabb, de ahol a zavartalan talajképződés fiatal múltra tekint vissza, ott az öntés-jelleg a hangsúlyosabb. A felszín közelében viszonylag magasan megtalálható sós talajvíz a különböző mélységű rétegekben is koncentrált, mely így a vezsenyi kanyarulat belső részében „sós réti csernozjom” talaj kialakulását eredményezte (Rónai, 1967).

Ha az eddig bemutatott 5 db vezsenyi kút fúrási naplóját vizsgáljuk megfigyelhetjük, hogy két, jól elkülöníthető csoportra oszthatjuk azokat. Az egyik részébe az a 3 kút tartozik, melyek a Tiszától távolabb eső 206237, 206236 és 206235 számú állomások. Ezek felső rétege egységesen a barna humusz réteg, mely 0,8 – 1,3 m közötti vastagsággal rendelkezik.

Lefelé haladva a homokos iszap réteg következik, mely színében, illetve az összetételében mutat különbséget a kutak között. Sárga, illetve szürkésárga iszapos homok, homokos iszap figyelhető meg nagyjából 7,1-8,3 m között a rétegekben. Mindhárom kút talpmélysége 20 méter, melyet szürke iszap – szürke homok – szürke homokos iszap zár a Tiszától távolodva. A homok szürke vagy sárga színe attól függ, hogy milyen körülmények között kerültek a felszínre, folyó általi lerakásból (szürke), vagy pedig szél által szállítva (sárga).

A Tiszához közelebb eső 206239- és 206238 számú állomások rétegsorát vizsgálva megfigyelhetjük, hogy változatosabb rétegleírás áll rendelkezésre, mint az előbb elemzett három kút esetében. Míg ott csupán maximum hat réteg került leírásra, ezen két kút esetében akár tíz, tizenkét réteget is meg lehet különböztetni a feltárások során készített fúrási naplók segítségével.

A Tiszához legközelebb eső kút legfelső rétege egy sárgásbarna feltöltés, mely a felső 20 centiméterben jelentkezik. Ezt követi a barna humusz a következő 60 cm-en keresztül. Ez a felső réteg a Tiszától távolabb eső kútnál nem figyelhető meg: ott egyből a barna humusz réteg kezdődik és tart 60 cm mélységig. Ennek oka az, hogy a közelebbi kút a fúrás elvégzése előtt kis idővel elöntés alatt lehetett.

Ebben a két fúrási naplóban olyan kőzetleírásokat is felfedezhetünk, melyeket az előző háromban nem. Ilyenek például az agyagban előforduló löszbabák (olyan kőzetté alakuló lösz, melynek létrejöttében a mész játszott kiemelkedő szerepet [<https://dunaiszigetek.blogspot.com>]), a rozsdáeres homokos iszap, vagy a vörös agyag, mely rétegek a vas oxidálódásának jeleit mutatják. Ennek egyik oka a vertikális beszivárgás is lehet, vagyis aminek hatására a mélyebb rétegekbe víz került. Ez a két fúrási szelvény szintén 20

méter mélyen tárja fel a különböző, igen változatos rétegeket, melyek sárga iszapos agyagban, illetve sárgás-szürke iszapban végződnek.

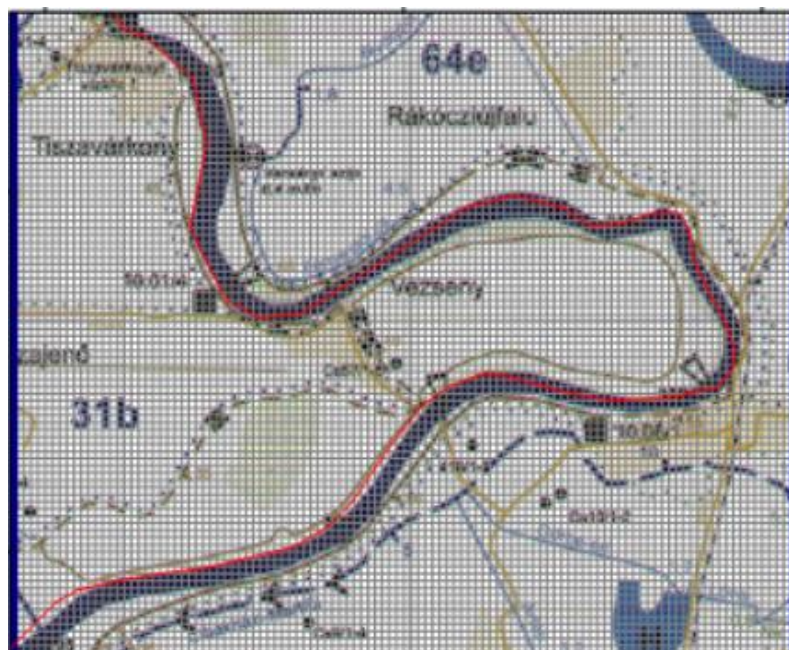
Sajnos a Martfűhöz közeli 206285 és 206286 számú két kút fúrási naplója nem állt rendelkezésemre, ezért ezek rétegtanát a fenti módon nem tudom bemutatni.

4, PROCESSING MODFLOW BEMUTATÁSA, MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

A Processing MODFLOW egy hatékony és sokoldalú számítógépes program, melyet előszeretettel használnak a vízügyi modellezésben. A program általában a felszíni és a felszín alatti vizek mozgásának, terjedésének és minőségének modellezésére alkalmazható (Kovács, 2004).

A program segít abban, hogy a felszíni és felszín alatti vízkészleteket egyszerűen vizsgálhassuk, valamint figyelemmel kísérhessük azok mozgását és minőségét egyaránt. A program előnye, hogy könnyen kezelhető és integrálható más szoftverekkel, például a GIS-szel vagy CAD-dal, ami lehetővé teszi a modellépítés során történő adatbevitelt és adatváltotatást. A modell segítségével a permanens, vagyis az időben állandó viszonyokat épp úgy ki lehet mutatni, mint a tranziens, vagyis az időben változókat. E két lehetőség mellett a transzport-modellezést is el tudja végezni a modell (Garamvölgyi-Dankó, 2016).

A területre kiosztott cellákat, rácshálót a 30. számú ábrán mutatom be.



29. ábra: A rácsháló kiosztása a vizsgált területre (Saját szerkesztés, Processing MODFLOW és Surfer 9)

A szoftver hátránya az, hogy a rácshálók kiosztása nem megfelelő sok esetben a differencia-módszer alkalmazása miatt, előnye pedig ebben a vizsgálati esetben az, hogy a vízmérleg-elv jobban érvényesül, mint a véges-elemes módszernél (Garamvölgyi-Dankó, 2016).

A MODFLOW kezelni tudja az anizotróp, heterogén szivárgási teret többretegű, valamint teljes háromdimenziós megközelítéssel, állandó és változó áramlási viszonyok mellett egyaránt. Figyelembe tudja venni azokat az állapotokat, melyek szabad felszínen, vagy nyomás alatt állnak, melyek térben és időben is egyaránt változnak. Ezen kívül kezelni tudja a különböző rétegek újra nedvesedését és azok leürülését. A modell alkalmazásának kiválasztásánál a fő szempont az volt számomra, hogy alkalmas legyen a felszín alatti, valamint a felszíni vizek közötti hidraulikai kapcsolat kezelésére. Az eredmények megjelenítését a szoftveren belül „2D Visualisation” paranccsal lehet megtenni (Garamvölgyi-Dankó, 2016).

4.1. A modell felépítése

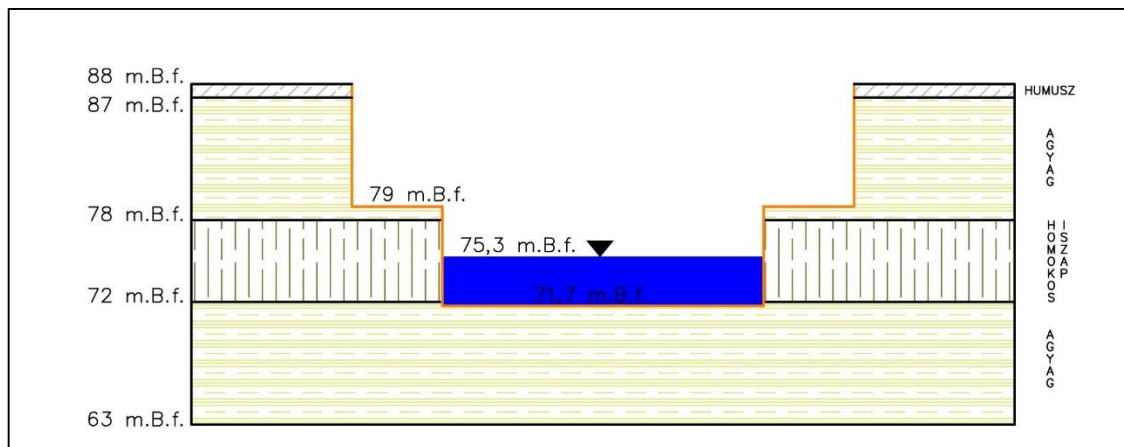
A modell felépítéséhez a Simcore Processing MODFLOW 8.0.47 számú verzióját használtam. Az általam körülhatárolt területet egy 9 km széles és 11 km hosszú téglalapra méreteztem, mely lefedi a folyó kanyarulatát, valamint a területen található 7 db talajvízkutat is. Az alap cellaméret a modell esetében 100x100-as beosztású. Az alap létrehozása után az EOVS koordináták megadásával helyeztem el megfelelő helyre a modellt. A modellterület kiválasztásánál ideális esetben úgy kell eljárni, hogy a modellezni kívánt hatás a modell peremén elenyésző legyen, ellenkező esetben peremfeltételt kell alkalmazni. A modellterület lehatárolása után megadtam a modellnek azokat a rétegeket, amelyek a vizsgált területen lévő talajkutat fúrásai szelvényeiből adódóan jellemzőek a területre, annak tulajdonságait hordozzák.

Ennek köszönhetően 4 réteget hoztam létre, melyeknek egymástól különböző peremfeltételeket adtam meg. A legfelső réteget humusz réteggé definiáltam, ez alatt agyagréteget, majd homokos iszap réteget, a rétegsor meghatározás legaljára pedig ismét agyagréteget állítottam be a modellbe. Az egyes rétegek tulajdonságait az alábbi, 9. táblázatban foglaltam össze.

9. táblázat: A modellben megadott rétegek paraméterei (Saját szerkesztés)

Réteg száma	Réteg típusa	Réteg		Szivárgási „k” - tényező értéke (m/d)
		teteje (m.Bf)	alja (m.Bf)	
1	humusz	88	87	-
2	agyag	87	78	0,43
3	homokos iszap	78	72	1,50
4	agyag	72	63	0,43

A szivárgási „k-tényező” megállapításában Freeze és Cherry 1979-es tanulmánya volt segítségemre. A 9. táblázatban leírt rétegeket tartalmazó keresztshelvényt az alábbi, 31. ábrán szemléltetem:



30. ábra: A 320,0 fkm keresztshelvényének ábrázolása (Saját szerkesztés, AutoCAD Civil 3D)

Ezután következett a modell peremfeltételének beállítása. Az áramlási viszonyok döntően ÉNy – DK irányúak, ezért a modell bal és jobb oldalán fix nyomású peremfeltételt alkalmaztam, ami állandó talajvízszintnek felel meg. Mivel a Tisza folyó vízszintje a vizsgált nyári időszakban igen alacsony volt, ezért annak mederfenekét a harmadik rétegbe, 72,00 mBf – 78,00 mBf-i magasságok közé helyeztem el.

A kisvízszint-rögzítések alkalmával kirajzolódott, hogy a Tisza ezen szakaszán az esés 3‰, így a martfői vízmérce rendelkezésemre álló adataiból számítottam ki a felső bementi, valamint az alsó, kimeneti szelvényekben érvényes vízszint-értékeket a meghatározott folyamkilométer szelvényekben. Erre azért volt szükség, mert ugyan Tiszavárkonynál található vízmérce, de a modellem felső pereme az alatt a szelvény alatt található. Cibakháza feletti szakaszon nincs rendelkezésre álló vízmérce, mely adatát használni tudtam volna a modellépítés során.

Az ismert esési érték, a martfői vízállás, a vízmérce nullpontja, valamint a martfői szelvényben korábban felmért medermélység adatainak segítségével számítottam ki a Tiszavárkony térségében azonos időszakban lehetséges vízszintet. Ezen számítás alapján a modellbe a tiszavárkonyi szelvényhez -330 cm-es vízszintet állítottam be. A Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság térképinformációs rendszeréből leolvasva az adott szelvény adatait megkaptam, hogy a Tisza fenékszintje Tiszavárkonynál 71,7 mBf magasságon helyezkedik el.

A 71,7 mBf-i értékhez hozzáadva a felette lévő vízállást megkaptam, hogy a szelvényben a vízszint 75,30 mBf-i érték lehetett. Ezt adtam meg kezdeti bemeneti értéknek a folyócsomag beállításakor.

Ugyanezen módszer segítségével határoztam meg az alsó, kimeneti értéket is. Ez azt jelenti, hogy az alsó 295,0 fkm-nél a térképinformációs rendszer szerint a meder 70,5 mBf-i szintjéhez adtam hozzá a fenti módszer szerint a martfői vízmérce adatából, valamint a két folyamkilométer közötti távolságból (-338 cm, 306,9 fkm) kiszámolt vízszintet, mely a 295,0 fkm-hez tartozott ugyan ebben az időszakban. Ez számításaim szerint -411 cm volt. Ez azt jelenti, hogy míg a szelvényben a mederfenék 70,5 mBf-i magasságon helyezkedik el, a felette lévő vízoszlop teteje 74,61 mBf-i szinten található. Ezt a két értéket használtam fel a modell kimeneti paraméterének beállításához.

Ezen kívül meg kellett adni a meder szivárgási tényezőjét, melynek 0,1 m/nap értéket vettem fel mindkét szelvényben. A folyó szélességét 100 méterben határoztam meg, valamint a kolmatált zóna, vagyis a folyó fenékszintje alatti iszapos réteg vastagságát 0,7 méterben jelöltem meg. A kolmatált zóna vastagsága azért is jelentős, mert ennek jelenléte, elhelyezkedése és mértéke befolyásolhatja azt a kapcsolatot, amely a talajvíz, illetve a folyó mederfeneke között jön létre (Völgyesi, 1992).

Mivel az üledékes talajokban a vertikális irányú vízmozgás lassabb, mint a horizontális, így az adatok megadásánál a vertikális irányú mozgási sebességét a horizontális sebesség tizedének vettem. Ez azt jelenti, hogy a legfelső humusz rétegben a befolyás mértéke 0,02 m/nap, míg a horizontális érték ugyan ennél a szintnél 0,2 m/nap. Ezen számítási módot követve a homokos iszap vertikális lefolyási értéke 0,15 m/nap értéket vesz fel.

A folyócsomag beállítását követően meg kellett adnom a kanyarulat vonalát. Ezt Surfer 9 program segítségével készítettem el úgy, hogy „blank” (.bln) formátumba bedigitalizáltam a kanyarulatot, majd ezt a Modflow programba hívtam be koordináta-helyesen. A modellt befoglaló EOVS sarokkoordináták a következők: bal alsó: 734 500 és 183 500; jobb felső: 745 500, illetve 192 500 lettek.

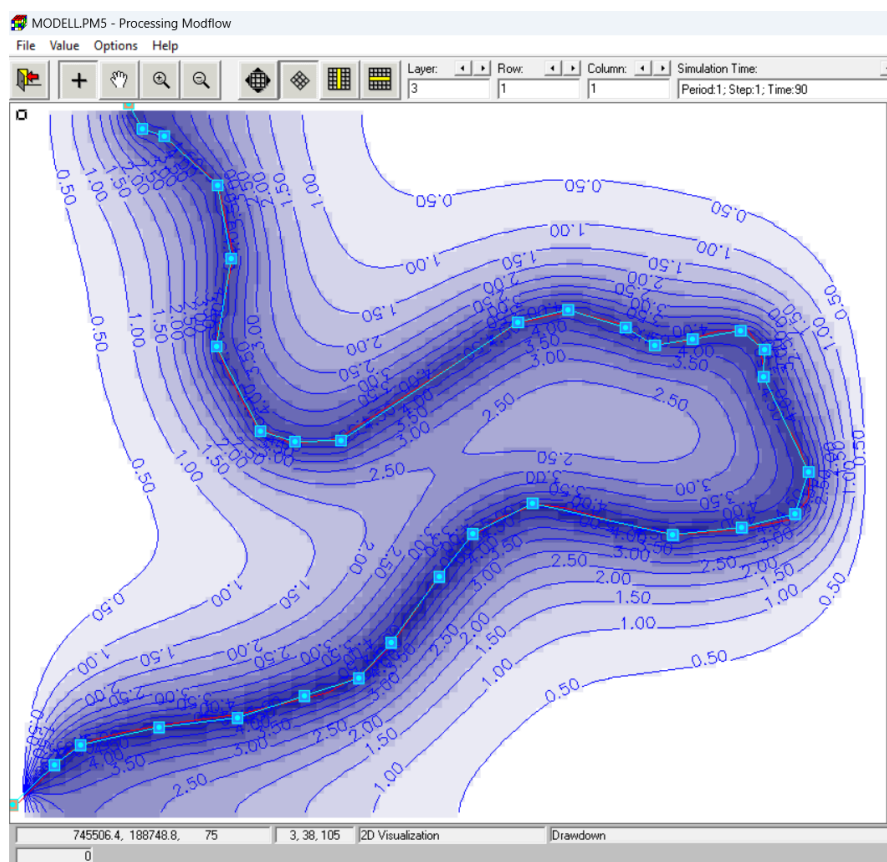
A talajrétegek effektív porozitását, vagyis azt a részt, ahol a pórustér összeköttetésben van egymással, és a kitöltő folyadék szabadon áramolhat [<https://ttk.elte.hu/>] a rétegek jellemző tulajdonságaiból állapítottam meg. Eszerint ezek az értékek a következők:

- a humuszé: 0,11
- az agyagé: 0,07
- a homokos iszapé: 0,15.

A fenti beállítások elvégzése után a modell időtartamát 90 napos tranzien্স értékre állítottam. Erre azért volt szükség, mivel az általam modellezni kívánt állapot csak egy bizonyos ideig állt fent a területen, így egy adott időintervallumra kellett vizsgálni a meghatározott paraméterekkel. A harmadik réteg felső szintjét ezután 79,9 mBf-i szintre állítottam be, a modell ehhez a szinthez viszonyítva jelenítette meg a folyó általi leszívás mértékét.

A modell futtatását követően a különböző tulajdonságokkal rendelkező rétegekre (humusz, agyag, homokos iszap) kirajzolódott a rétegtulajdonságoknak megfelelően beállított paraméterek szerinti leszívó hatás. Ennek eredményeiből többek között azt tapasztaltam, hogy az első rétegből a folyó irányába nem történt vízmozgás, mivel ennek a rétegnek a szintje magasabban található, mint a beállított talajvíztükör szintje. Az alacsonyabb folyóvízállás miatt ebben a rétegben a leszívó hatás nem érvényesült. A felső humusz réteg alatt lévő rétegekben azonban igen, ennek megjelenítésére használtam a „Drawdown” parancsot. Ez azt mutatja meg, hogy az adott rétegben a beállított hatásokat figyelembe véve mennyit csökken, vagy nő a talajvízszint.

Ennek eredménye az alábbi, 32. számú ábrán látható:

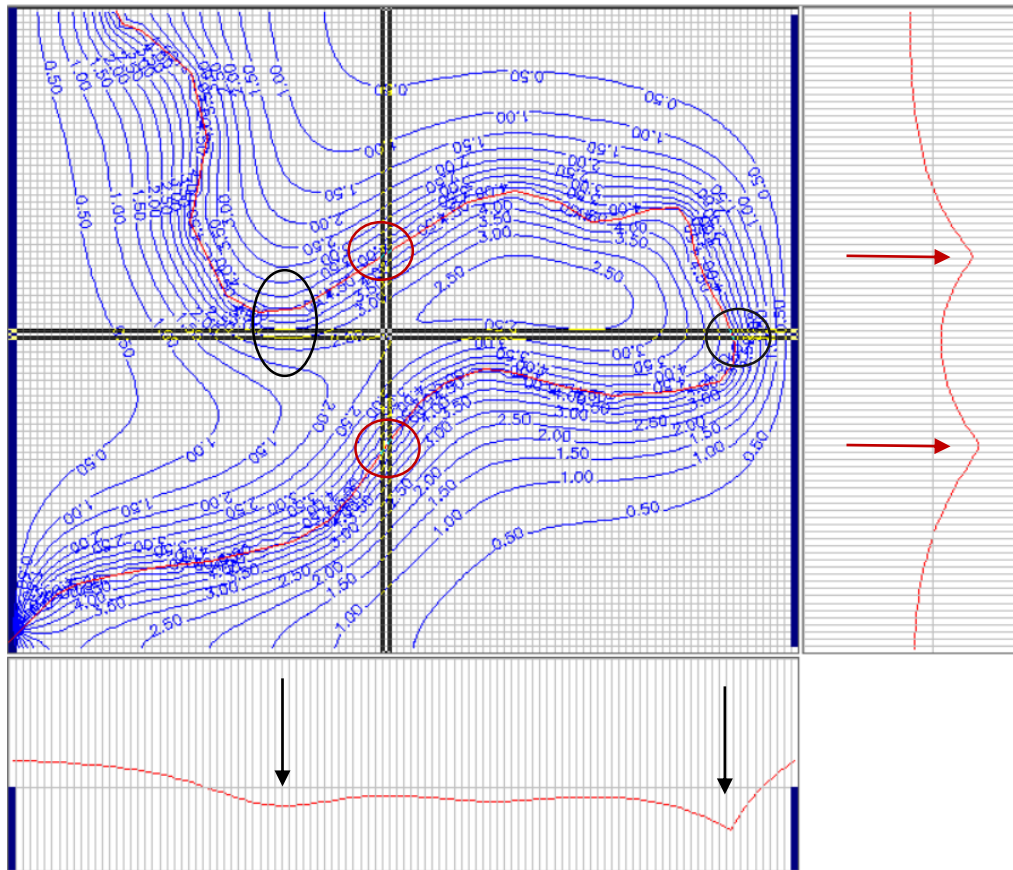


31. ábra: A folyó leszívó hatásának bemutatása Processing MODFLOW programban (saját szerkesztés)

Ezen az ábrán megfigyelhető, hogy az egyébként egységesen beállított 79,9 mBf-i értékhez képest a folyó leszívó hatása hogyan és milyen távolságban érvényesül a modellterületen. Az általam beállított és vizsgált 90 napos időtartam alatt a talajvíztükör kialakult felülete a 0,5 méteres osztásközzre beállított szintvonalak segítségével nyomon követhető, hogyan alakult a folyó közvetlen közelétől haladva a távolabb eső területek felé.

A folyó melletti közvetlen területeken a leszívás sűrűbb vonalakat eredményezett, így érvényesül az eddig feltételezett, a terepi bejárás során pedig tapasztalt leszívó-jelenség. A folyótól távolodva pedig egyre távolabb kerülnek egymástól a vonalak, vagyis a fél méteres leszívási értékek már nem olyan közel vannak egymáshoz, egyre távolabbról érkezik a víz a Tisza irányába. Ez a távolság azt is eredményezi, hogy távolabb már nem érvényesül olyan intenzíven a leszívó hatás, valamint a talajvíz a távolabbi területekről nem biztos, hogy csak a folyó irányába indul el.

A lenti, 33. számú ábrán látható helyen az eddig vizsgált harmadik rétegben felvettem egy pontot, melynek kijelölésénél figyelembe vettem a vezsenyi kutakat, valamint a kanyarulat elhelyezkedését is. A felvett pontból vízszintes és függőleges irányban is az egész területen áthalad egy vonal, amely keresztül szeli a réteget és az annak beállított tulajdonságokat is. Az ábra jobb oldalán a függőleges keresztmetszet képét láthatjuk. A nyíllal megjelölt pontokban a Tisza medre, míg a két meder közötti kiemelkedő területen látható a kanyarulat belseje. A vízszintes keresztmetszeten egy helyen történik a folyó elmetszése (fekete körök és nyilak), melyet szintén jelöltem. A metszet bal oldali részén látható a folyóhoz nagyon közeli partfal rajzolata, de így is látható, hogy itt nagyobb a réteg leszívó hatása.

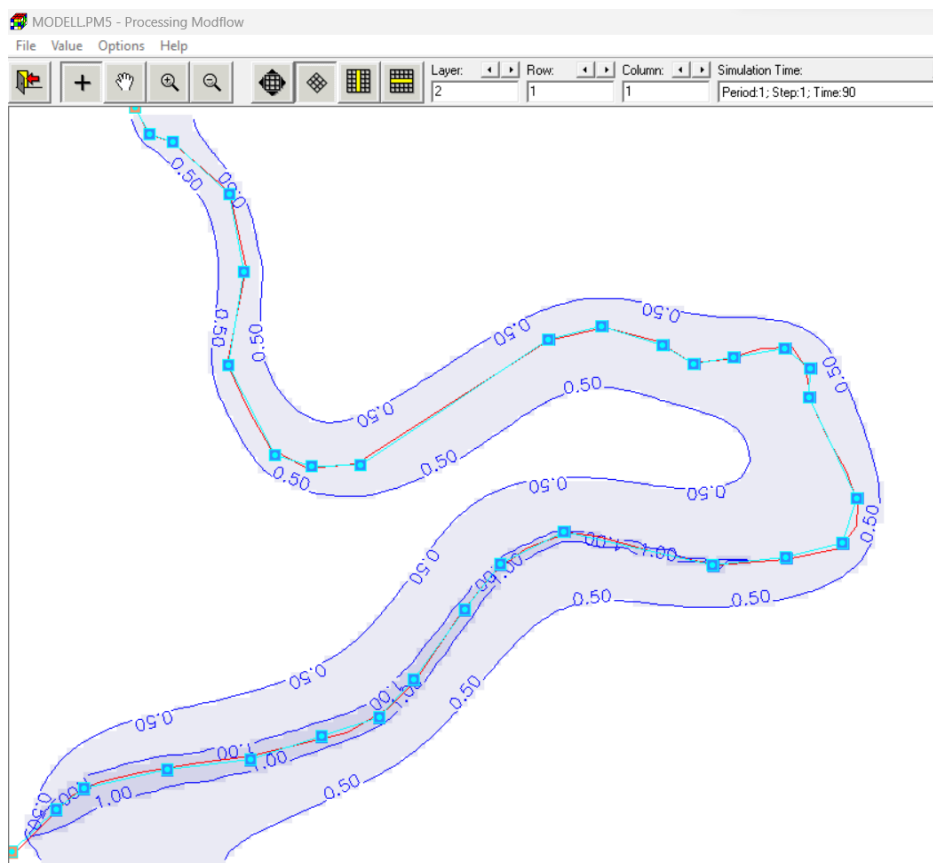


32. ábra: Leszívó hatást bemutató keresztmetszvény (Saját szerkesztés, Processing MODFLOW)

Az ábrával azt szemléltettem, hogy a már említett, általam beállított 90 nap időintervallumban és a meghatározott 50 cm-es leszívási értékeket figyelembe véve hogyan változnak a réteg tulajdonságai.

A fenti vizsgálat elvégzése után modelleztem azt a jelenséget is, hogy milyen módon változik a leszívó hatás akkor, ha a folyó vízszintje a sokéves átlag vízszinten található. Ennek érdekében ugyanezekkel a rétegtulajdonságokkal ismét lefuttattam a modellt azzal a különbséggel, hogy a bemeneti, illetve a kimeneti feltételeknél a vízszintet megnőveltem 400-400 cm-el, így a felső peremen a 71,5 mBf-i fenék értékhez 79,3 mBf-i vízszintet társítottam, az alsónál pedig a 70,5 mBf-i fenékszinthez 78,61 mBf értéket adtam. Ennél a verziónál az úgynevezett „steady state” állapotra állítottam a modellt, mely az általában jellemző állapotot jelenti.

A 34. számú ábrán látható, hogy a másodjára beállított értékeknek köszönhetően a leszívás mértéke nem volt annyira markáns, mint az első esetben, sőt, a folyó melletti sávban a beállított magasabb vízszintnek köszönhetően csak fél méteres talajvíz-leszívás érzékelhető a szomszédos területekről.



33. ábra: A folyó leszívó hatásának bemutatása magasabb vízszintnél, Processing MODFLOW programban (Saját szerkesztés)

Mint már korábban is említettem, a program egyik hátránya az, hogy a kisebb területen belül az alkalmazása pontatlan a nagy rácsháló-kiosztásnak köszönhetően. A rácsháló sűrítése csak indokolt esetben, például felszínközeli kutak esetében lényeges, mivel egy kút pontszerű létesítmény, így sűrűbb és pontosabb kiosztás szükséges a megfelelő futtatási eredmények megjelenítéséhez. Jelen modell esetében erre nem volt szükségem.

A folyó melletti területnek, ahogy az első futtatás alkalmával, most is 79,9 mBf-i magassági értéket adtam. Ennél a futtatásnál is igazolódik az a feltevés, miszerint a folyó magasabb vízállásánál annak leszívó hatása nem érvényesül, ellenben a felszín alatti rétegeket táplálja a folyó a felszíni vízből.

A program „water budget calculator” parancsával ki tudjuk számoltatni az általunk létrehozott modell vízmérlegét. A futtatás előtt az időintervallumot a 90 napos értékre állítottam, majd a megjelenő párbeszédablakban a periódus és az időlépcső beállítása után az „OK” gombbal lefuttatjuk a számítást. A számítás lefutását követően egy jegyzetomb-ablakot kapunk melyen láthatjuk, hogy a külön-külön beállított értékeknél mennyi lehet a vízmérleg. A

program a bemeneti, a kimeneti, valamint a kettő különbségét adja meg például kutak, szivárgók, vagy folyók esetében (Kovács – Szanyi, 2005).

A program vízmérleg számításai alapján a vizsgált folyószakaszba érkező szivárgó víz teljes hozama $5\,333\text{ m}^3/\text{d}$, ami 62 l/s -nak felel meg. Ha ezt az értéket elosztom az általam vizsgált folyószakasz teljes hosszával (amit AutoCAD program segítségével $22,7\text{ km}$ -ben határoztam meg), akkor megkapom, hogy mennyi l/s/km a hozzáfolyás értéke. Ez jelen esetben $2,73\text{ l/s/km}$ a folyó Tiszavárkonytól Cibakházig terjedő szakaszán. Bár lehetőségem nem nyílt pontos mérésekkel is alátámasztani ezt a számított értéket, az általam lokálisan bemért csurgások hozama $0,009 - 0,011\text{ l/s}$ értékek között alakult. Méréseim és a helyszíni bejárások tapasztalata azt mutatja, hogy a modellezéssel megállapított érték nagyságrendileg elfogadható.

Számításinkra alapozva, ha egymástól 10 km -re mérünk vízhozamot ezen a szakaszon, ahol nincs semmilyen egyéb hozzáfolyás vagy vízkivétel a lentebbi hozam a Tiszán $27,3\text{ l/s}$ -al növekszik. Ezt így kimérni szinte lehetetlen, mert a mérési hibahatár a vizsgált időszak nagyjából $60\text{ m}^3/\text{s}$ -os vízhozam tartományában $1,8\text{ m}^3/\text{s}$. Ehhez képest $0,027\text{ m}^3/\text{s}$ az elenyésző többletvíz jelent.

Fontos megjegyezni, hogy kalibrálatlan, becslő jellegű értékekkel feltöltött modellt tudtam elkészíteni, ezért a modelltől kinyert eredmények tájékoztató jellegűek. Precízebben felépített modellel, mely a helyi sajátosságok mellett pontos rétegrendet, geotechnikai tulajdonságokat tartalmaz sokkal megbízhatóbb eredményeket érhetünk el.

5, ÖSSZEGZÉS, KÖVETKEZTETÉSEK LEVONÁSA, JAVASLATTÉTEL

A terepi bejárás során gyűjtött adatok, a helyszínen elvégzett vizsgálatok, valamint a laboratóriumi eredmények összehasonlításával és elemzésével egy átfogó képet kaptam a kisvizes időszakban lezajló felszíni és felszín alatti folyamatokról, a közöttük lévő kapcsolatról egyaránt. Ezen vizsgálatokat kiegészítve a modellfuttatással egy mélyebb elemzés elvégzésére is lehetőségem volt.

A modellvizsgálatomat, így a modell felépítését is két lehetőség figyelembevételével dolgoztam ki. Az első esetben egy meghatározott időintervallumra vonatkozó, kivételes esetben előforduló kisvizes időszakot vizsgáltam. A futtatás eredményéből megállapítható, hogy a folyó vizsgált szakaszán 2,7 l/s/km szivárgási veszteséget szenved a talajvíz készlete. Ezt az értéket nagyságrendileg alátámasztották a helyszíni méréseim és tapasztalataim eredményei. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy dolgozatom keretében nem volt lehetőségem egy minden tekintetben megfelelő paraméterekkel rendelkező és kalibrált felszín alatti modellt készítenem. Ebből adódóan eredményem inkább tapasztalati összefüggésekre épülő, mérnöki becslésnek tekintendő.

A második, általam vizsgált időszakban egy átlagosnak mondható felszíni vízállással rendelkező adatsort vettem alapul, ahol a folyó felszíni vízszintje 100-150 cm között mozog. Ebben a verzióban kirajzolódott az, hogy a folyó leszívó hatása a középvizesnek mondható időszakban is érezteti ugyan a hatását, de az csak minimálisan érvényesül, és az is csak a folyó közvetlen közelében, a távolabbi helyeken egyáltalán nem. A fenti eredményeket figyelembe véve megállapítható, hogy egy tartós kisvizes időszakban az alacsony felszíni vízállás a talajvíz csökkenését eredményezi.

A 2022-es év tartósan vízhiányos időszakában tapasztalható volt, hogy a felszíni vizekre való odafigyelés mellett a felszín közeli, illetve a felszín alatti rétegek tulajdonságaira is oda kell figyelnünk, hiszen a vízhiány nem csak a szemmel látható, hanem a láthatatlan vízkészletekre is hatással van.

Ezen kisvizek hatásának enyhítésére megfelelő opció lehet a mesterségesen duzzasztott vízterek kialakítása, mely nem csak lokálisan, hanem sokkal hosszabb folyószakaszon éreztetné hatását. Jó példa erre a Kisköre-i vízlépcső szerepe a szolnoki és a környező települések ivóvízellátásának biztosítása a 2022. évi vízhiányos időszakban.

IRODALOMJEGYZÉK

Dankó E., - Mészárosné B. N. (2022): A tervezett csongrádi duzzasztómű hatása a talajvízszintekre Közép-Tisza 45. évfolyam

Dövényi Z. (2010): Magyarország kistájainak katasztere, Kiadó: MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest

Freeze, R. A., - Cherry, J. A. (1979): Groundwater – Prentice-Hall Inc., New Jersey

Garamvölgyi-Dankó E. (2016): Alsó-pannon korú tárolóból származó szénhidrogén kísérővizek felső-pannon korú tárolóba történő visszasajtolásának hatása egy magyarországi bányatelken

Kovács B. (2004): Hidrodinamikai és transzportmodellezés Processing MODFLOW környezetben. I. Miskolci Egyetem – Szegedi Tudományegyetem – GÁMA-GEO. pp. 1-159.

Kovács B., – Szanyi J. (2005): Hidrodinamikai és transzportmodellezés (Processing MODFLOW és Surfer for Windows környezetében) II. Miskolci Egyetem – Műszaki Földtudományi Kar; Szegedi Tudományegyetem, Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék GÁMA-GEO Kft. pp. 1-223.

KÖTIVIZIG Vízrajzi Osztály (Tóth Ildikó, Tóth Péter, Váriné Szöllősi Irén, Vizi Dávid Béla): Vízhiánykár-hidrológiai értékelés / A 2022. évi vízhiány elleni védekezés hidrometeorológiai előzményei és hidrológiai jellemzői, valamint a védelmi tevékenységek összefoglalása/

Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság Adatgyűjteménye, I. Kötet, Vízrajzi Adatok, 2021.

Láng I. (2022): Ki „vet” gátat Csongrádnak? Mérnök Újság, XXIX. évfolyam, 8.-9. szám, pp. 24-26.

Lászlóffy W. (1982): A Tisza. Vízi munkálatok és vízgazdálkodás a tiszai vízrendszerben. Akadémia Kiadó, Budapest, pp: 140-141.

Mádlné Szőnyi J., - Czauner B., - Simon Sz., - Erőss A., - Zsemle F., - Pulay E., - Havril T. (2013): Hidrogeológia, Eötvös Lóránd Tudományegyetem – Természettudományi Kar, pp: 16.

Mádlné Szőnyi J. (2022): Bevezetés a hidrogeológiába – Felszínalatti vizek hidrodinamikája, ELTE TTK egyetemi oktatási anyag.

Pálfalvi Z. (2022): Aszályos idők. Bonum Publicum –pp: 42-44.

- Rónai A. (1987): Az Alföld földtani atlasza. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest
- Rónai A. (1967): Magyarázó Magyarország 200.000-as földtani térképsorozatához (L-34-IV. Szolnok), kiadja: Magyar Állami Földtani Intézet
- Szalai J. (2011): Talajvízszint-változások az Alföldön. A Nagyalföldi alapítvány kötetei – Környezeti változások és az alföld, pp: 97-110.
- Vizi D. B. (2022): Felszín alatti beáramlás hatása a Tisza Vízminőségére a Közép-Tisza vidékén. Műszaki Katonai Közlöny. pp: 11-20.
- Völgyesi I. (1992): Folyók mederellenállásának meghatározása próbaszivattyúzással. MHT vándorgyűlés - tanulmány, Szeged, pp. 227-237.

INTERNETES HIVATKOZÁSOK JEGYZÉKE

<http://www.gwpszotar.hu/kifejezes/7285?kulcsszo=aridit%C3%A1si+t%C3%A9nyez%C5%91>

1. Letöltés dátuma: 2022. november

<https://dunaiszigetek.blogspot.com/2017/09/pleisztocen-agyugolyok-dunaszekcson.html>.

Letöltés dátuma: 2023. március

http://www.labor.koroserfejlesztese.hu/at_vki.html. Letöltés dátuma: 2023. március

<https://ttk.elte.hu/dstore/document/875/book.pdf>. Letöltés dátuma: 2023. március

https://www.kotivizig.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=2345:koetivizig-segitseg-szolnok-ivovizellatasahoz&catid=20:hirdetmenyek&Itemid=52. Letöltés dátuma: 2023. április

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Talajvíz hozzáfolyás a Tisza 311,6 fkm-es szelvényében (Saját felvétel, 2022. 07. 05.)	4
2. ábra: Kiválasztott mintaterület (Forrás: Google Térkép, 2022. november 04.)	5
3. ábra: A Vezsenyi kanyarulat és közvetlen környezete (Forrás: Google Térkép, 2022. 11. 04.).....	6
4. ábra: Szolnoki-ártér kistáj (Dövényi, 2010.)	7
5. ábra: Az Igazgatóság területére hullott havi csapadék, illetve a sokéves havi átlagot bemutató diagram (Saját szerkesztés, Forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O.)	11
6. ábra: Vízállások a Tisza Szolnoki szelvényében 2022. január 01 – 2022. december 31. között (Saját szerkesztés, Forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O.)	13
7. ábra: Szolnoki szelvény vízállás grafikonja 2022. évi nyári időszakban (Saját szerkesztés, forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O.).....	13
8. ábra: Vízhozammérési eredmények a Tisza 401,1 - 267,6 fkm között 2022. 08.08-án (Saját szerkesztés, forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O.)	16
9. ábra: Áttekintő helyszínrajz a hidrometeorológiai és csapadékmérő állomások elhelyezkedéséről a KÖTIVIZIG területén, 1:165 000 (Forrás: Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság Adatgyűjteménye, I. kötet, Vízirajzi Adatok, 2021.).....	19
10. ábra: Nagyrév 2022. évi csapadékdíagramja a sokéves havi átlaghoz viszonyítva. (Saját szerkesztés, forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O.)	20
11. ábra: Tiszavárkony 2022. évi csapadékdíagramja a sokéves havi átlaghoz viszonyítva. (Saját szerkesztés, forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O.)	20
12. ábra: Mezőhék 2022. évi csapadékdíagramja a sokéves havi átlaghoz viszonyítva. (Saját szerkesztés, forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O.)	21
13. ábra: Mérési helyek a 309,4 és a 296,0 fkm-ek között (Forrás: saját szerkesztés, ArcMap, 2022. 11. 04. Alaptárkép: 2019. MADOP.).....	23
14. ábra: Ötös számú mintavételi pont 2022. 07. 05.-én (Saját felvétel)	25
15. ábra: Ötös számú mintavételi pont 2022. 08. 31.-én (Saját felvétel)	25
16. ábra: Vízhozam mérése (Saját felvétel, 2022. 07. 05.)	26
17. ábra: Vízmintavételezés egy felszíni alatti hozzáfolyásból (Saját felvétel, 2022. 07. 05.)	28
18. ábra: A vizsgált talajvízkutak elhelyezkedése (Forrás: Vízirajzi Adatrögzítő és Feldolgozó Modul, 2022. november)	30
19. ábra: Vezseny 206239 számú üzemi állomás adatsora (Forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O., saját szerkesztés).....	31
20. ábra: Vezseny 206235 számú üzemi állomás adatsora (Forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O., saját szerkesztés).....	32
21. ábra: Vezseny 206238 számú üzemi állomás adatsora (Forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O., saját szerkesztés).....	32
22. ábra: Vezseny 206238 számú üzemi állomás adatsora (Forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O., saját szerkesztés).....	33
23. ábra: Vezseny 206236 számú üzemi állomás adatsora (Forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O., saját szerkesztés).....	33
24. ábra: Martfű 206285 számú üzemi állomás adatai (Forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O., saját szerkesztés)	34
25. ábra: Martfű 206285 számú üzemi állomás 2022. évi adatsora (Forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O., saját szerkesztés).....	35
26. ábra: A folyó és a talajvíz kapcsolata (Mádlné és társai, 2013).....	36
27. ábra: A folyó és a talajvíz kapcsolata magasabb felszíni vízszintnél (Mádlné et. al., 2013)	36
28. ábra: Vízmintavétel folyamata talajkútból (Saját felvétel, 2022. 07. 05.).....	37
30. ábra: A rácsháló kiosztása a vizsgált területre (Saját szerkesztés, Processing MODFLOW és Surfer 9)	41
31. ábra: A 320,0 fkm keresztszelvényének modellbe épített ábrázolása (Saját szerkesztés, AutoCAD Civil 3D).....	43
32. ábra: A folyó leszívó hatásának bemutatása Processing MODFLOW programban (saját szerkesztés).....	45
33. ábra: Leszívó hatást bemutató keresztszelvény (Saját szerkesztés, Processing MODFLOW)	47

34. ábra: A folyó leszívó hatásának bemutatása magasabb vízszintnél, Processing MODFLOW programban (Saját szerkesztés)	48
1. táblázat: A Szolnoki-ártér kistájának területhasználata (Dövényi, 2010.).....	7
2. táblázat: Felső-Tisza vízgyűjtőjére hullott csapadék 2022. évben, és a sokéves átlaghoz viszonyított eltérés (Saját szerkesztés, forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O.)	10
3. táblázat: Vízhozammérési eredmények a Tisza Szolnok-Martfű közötti szelvényekben 2022. 07.06-08.30. között (Forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O., Saját szerkesztés)	15
4. táblázat: 5., 8. és 12. mintavételi pontban mért vízhozamok (Saját szerkesztés)	26
5. táblázat: 2022. 07. 05-én vett felszín alatti hozzáfolyásokból nyert laboratóriumi elemzésnek eredményei (Saját szerkesztés, KÖTIVIZIG Regionális Laboratórium elemzés)	28
6. táblázat: 2022. 07. 27-én vett felszín alatti hozzáfolyások eredményei (Saját szerkesztés, KÖTIVIZIG Regionális Laboratóriumi elemzés)	29
7. táblázat: A vezsenyi kanyarban található kutak vízszintkülönbségei (Forrás: KÖTIVIZIG Vízirajzi O., saját szerkesztés).....	34
8. táblázat: Felszínközeli kutak vízkémiai paraméterei (Saját szerkesztés, KÖTIVIZIG Regionális Laboratóriumi elemzés)	38
9. táblázat: A modellben megadott rétegek paraméterei (Saját szerkesztés)	42

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Végül, de nem utolsó sorban szeretném megköszönni azoknak a segítségét, akik a dolgozatom elkészüléséhez hozzájárultak: A Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóságnak az adatok rendelkezésemre bocsátásáért, a Vízirajzi Osztály munkatársainak a terepre való kijutásomért és az ott elvégzett munkákban való segítségükért, a Regionális Laboratórium munkatársainak az általam gyűjtött adatok bevizsgálásáért, illetve a vízminta gyűjtésnél nyújtott segítségükért. A Vízvédelmi és Vízgyűjtő-gazdálkodási Osztály munkatársainak a modell felépítésében való segítségükért. Külön köszönet Keve Gábornak a sok hasznos tanácsért.